

Contribution Christophe LEGRAND et Olivier CANTAT

Objet : Synthèse pour le **GIEC Normand**, thème « **Qualité de l'air** »

Cette contribution s'inscrit dans le cadre de la première année de fonctionnement du GIEC Normand, structure créée fin 2019 dont la finalité est de « *donner à voir les conséquences prévisibles du changement climatique en Normandie* ».

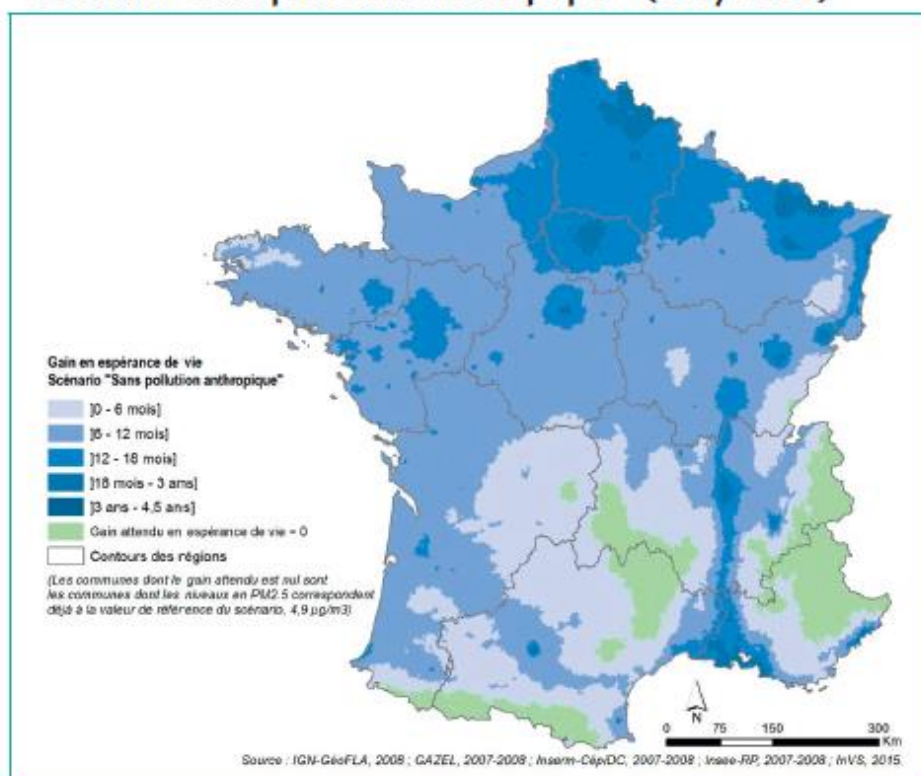
Les travaux de ce groupement pluridisciplinaire d'experts ont pour objectif de traduire les prévisions du GIEC international pour le territoire normand et de faire la synthèse des connaissances scientifiques normandes existant sur le sujet. À plus long terme, les objectifs sont de :

- informer et sensibiliser les décideurs, les populations et les acteurs du territoire
- faire évoluer les politiques publiques et privées, massifier l'action pour lutter contre et s'adapter au changement climatique
- réfléchir collectivement sur les mesures d'atténuation et d'adaptation les plus appropriées au territoire normand.

Parmi les neuf thèmes étudiés, un concerne la **qualité de l'air**. Comme pour les autres thèmes, il s'agit ici dans un premier temps de **faire un état des lieux de la connaissance scientifique**.

En France, il est établi que la pollution atmosphérique est la 3^{ème} cause de mortalité après le tabagisme et l'alcoolisme [ref 1]. La carte ci-après représente l'espérance de vie gagnée à 30 ans en l'absence de pollution d'origine anthropique. De plus, si les seuils de protection de la santé de l'OMS pour l'ozone et les particules étaient respectés, ce serait 17 000 décès évités annuellement en France. Enfin, Santé Public France établit dans son étude que **si toutes les communes atteignaient les concentrations les plus faibles observées dans les communes de typologie équivalente (en matière de type d'urbanisation et de taille)**, 34 000 décès seraient évités chaque année en France.

Espérance de vie gagnée à 30 ans (en mois) dans le scénario « sans pollution anthropique » (2007-2008)



Au regard de l'impact sanitaire majeur de la pollution atmosphérique sur la population française, il convient de comprendre les évolutions possibles de la qualité de l'air imputables aux modifications du climat à venir.

Cette synthèse s'appuie sur les publications concernant les relations entre climat, changement climatique et qualité de l'air, et plus précisément à l'échelle régionale sur les synthèses déjà réalisées par ou à partir des données d'Atmo Normandie depuis la création de son réseau d'observation, en croisement avec les données météorologiques disponibles sur la même période. Cette information n'est pas dissociée des impacts des changements de la qualité de l'air induit par le climat, notamment sur la santé, la végétation et les matériaux qui font l'objet plus spécifiquement d'autres thématiques retenues par le GIEC Normand. Cet état des lieux permet de dégager **les « cibles » à prioriser et la manière d'appréhender les interactions entre les états de l'atmosphère et la pollution atmosphérique** (dans sa diversité spatiale et sa variabilité temporelle), dans le contexte climatique actuel et celui projeté dans les prochaines décennies à l'aide des sorties de modèles régionalisés pour différents niveaux de forçage radiatifs (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 et RCP 8.5).

Présentation des dispositifs de suivi de la qualité de l'air

(extrait du profil environnemental de Normandie : *L'air en Normandie*)

L'association de surveillance de la qualité de l'air, Atmo Normandie, gère 45 stations de mesures automatiques de la pollution sur l'ensemble de la Normandie. Ces stations sont équipées d'un ou plusieurs analyseurs mesurant chacun les concentrations d'un polluant défini. En complément, plusieurs laboratoires mobiles de surveillance permettent de réaliser des campagnes de mesures sur les territoires non couverts par des stations fixes. Les stations sont généralement implantées dans des lieux représentatifs de l'exposition de la population. Elles peuvent caractériser :

- la **pollution de fond**, à l'écart des sources importantes de polluants ;
- la **pollution de proximité**, telle que celle rencontrée au bord d'un axe routier très fréquenté ou d'une source industrielle.

En complément de ces mesures directes, Atmo Normandie dispose de plusieurs **moyens de modélisation** :

- les **modèles régionaux et nationaux** permettent de prévoir les concentrations d'ozone, de dioxyde d'azote et de poussières PM 10 et PM 2,5 pour le jour même et les deux jours suivants à l'échelle des grandes régions françaises ;
- les **modèles urbains** permettent de spatialiser les concentrations de polluants à l'échelle de la rue (Cherbourg en Cotentin, Caen la mer, Métropole Rouen Normandie et Dieppe Maritime sont les territoires modélisés début 2021) ;
- l'**inventaire des émissions** modélise les émissions de polluants atmosphériques, de gaz à effet de serre et les consommations d'énergie à l'échelle des communes et des intercommunalités.

Les cibles prioritaires en lien avec le changement climatique

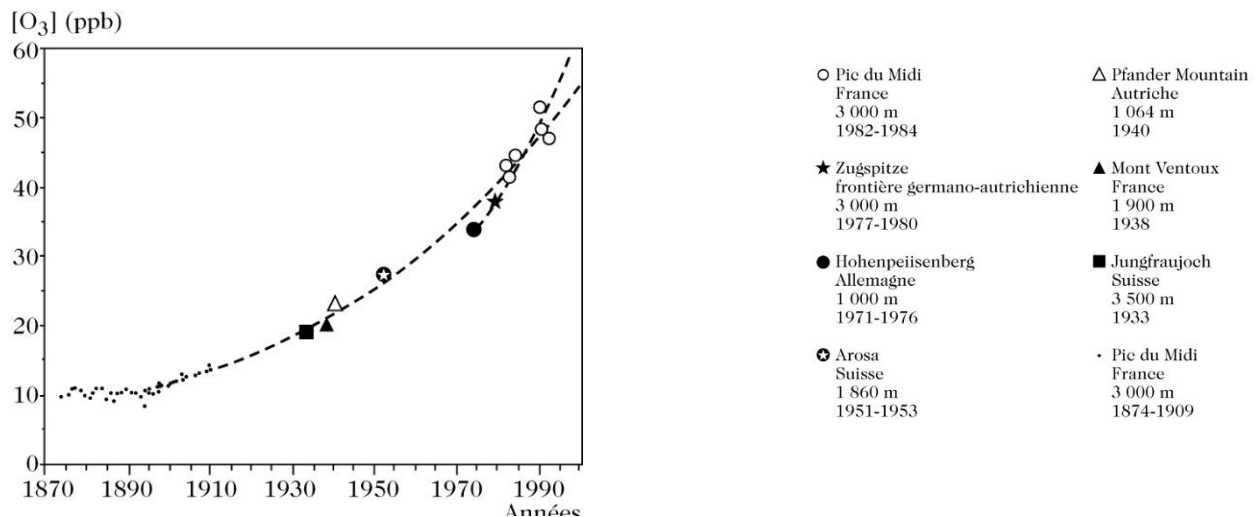
Concernant les « **cibles** » **prioritaires**, 3 ont été retenues, en parallèle de la recherche de descripteurs météorologiques.

Les études du GIEC pointent le **faible degré de confiance dans les évaluations de l'impact des changements climatiques sur la qualité de l'air** [ref 2]. Le groupe d'experts relève cependant deux types de pollution pour lesquelles les conséquences de l'évolution du climat doivent être étudiées : l'ozone et les particules. Un troisième sujet, lié à la migration des espèces végétales vers le nord, serait l'apparition de nouveau type de pollen en Normandie pouvant avoir un impact sanitaire important.

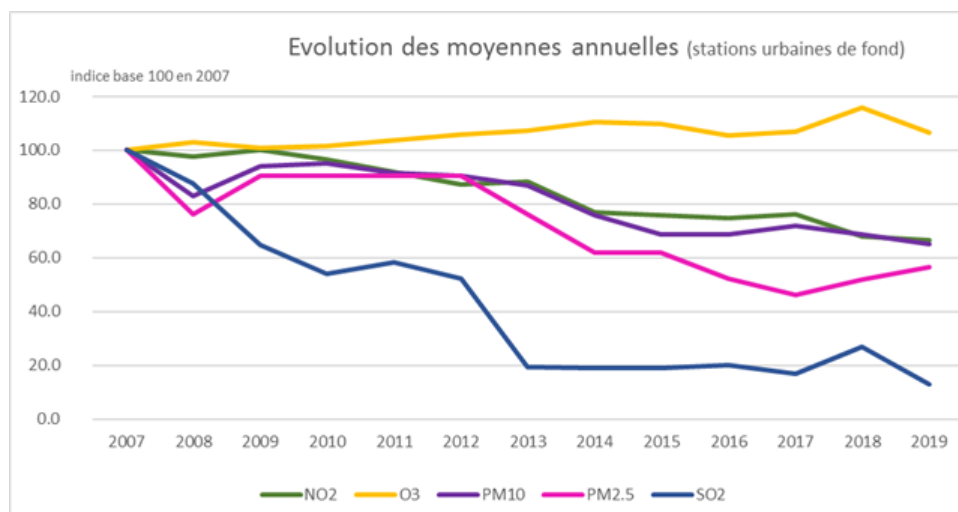
1) L'ozone (O₃)

L'ozone est le polluant gazeux de l'air le plus préoccupant et le plus complexe en raison de ses interrelations complexes avec les NO_x et des sources variées de ses précurseurs (transport, végétation, combustion de biomasse...), de sa répartition géographique atypique (campagnes plus impactées que les villes). L'ozone est un polluant toxique, phytotoxique et un gaz à effet de serre. L'ozone est un polluant secondaire répondant à une chimie non linéaire complexe.

Le graphique ci-dessous montre l'évolution d'un facteur 5 de l'ozone troposphérique depuis l'ère préindustrielle sur l'Europe de l'Ouest [Ref 3].

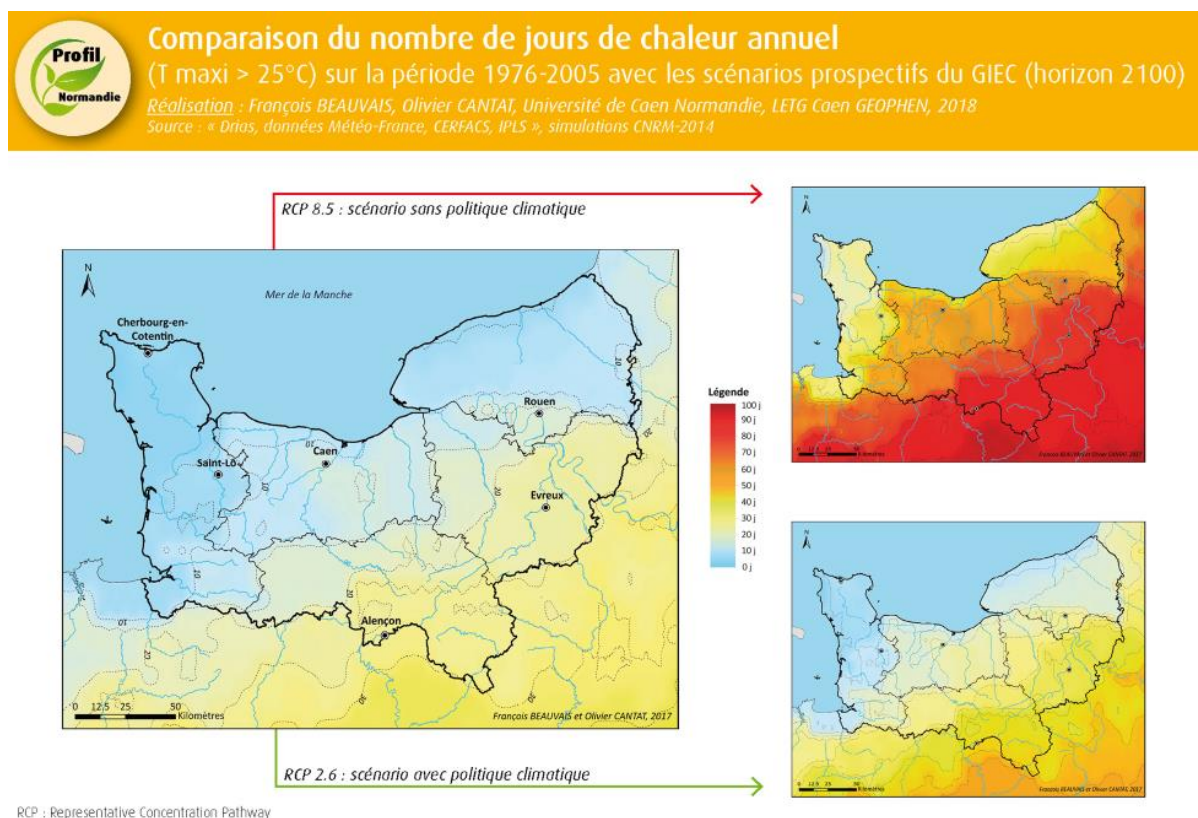


La courbe suivante traduit l'évolution entre 2007 et 2019 des principaux polluants sur la Métropole de Rouen (Source Atmo Normandie). L'ozone montre une tendance à l'augmentation, illustrant la difficulté d'engager des actions efficaces pour la réduction des concentrations dans la basse troposphère.



La production d'ozone dans la troposphère nécessite un fort ensoleillement et l'augmentation actuelle de la fréquence du nombre de jours de chaleur et des canicules, renforcée dans l'optique du changement climatique, pourrait induire une augmentation des épisodes de pollution par l'ozone.

Les études du GIEC international, hormis pour le scénarios RCP8.5 (avec une augmentation de l'ordre de 25%), ne mettent pas en évidences une augmentation des concentrations de fond de l'ozone à l'horizon 2100. En revanche, le nombre et l'intensité des pics de pollution par l'ozone pourraient augmenter sensiblement du fait de l'accroissement du nombre de jours de chaleur et de canicule. Cette évolution serait probablement très sensible à la trajectoire suivie par le forçage radiatif (voir carte ci-après issue du Profil Environnemental de Normandie de la DREAL, fascicule : Le climat en Normandie).



2) Les particules (PM10, PM 2.5)

Les particules en suspension dans l'air ambiant sont caractérisées par leur diamètre et sont dénommées « PM 10 » ou « PM 2,5 » :

- PM 10 : catégories de particules dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres ;
- PM 2,5 : catégories de particules au diamètre inférieur à 2,5 micromètres.

Elles peuvent être primaires (émises directement) ou secondaires (résultant de réactions physico-chimiques dans le milieu atmosphérique).

Les effets des particules fines dépendent de leurs tailles (leur permettant de pénétrer plus ou moins loin dans le système respiratoire) **et de leurs compositions** (métaux, hydrocarbures, matières carbonées).

Les particules fines de l'air (PM 10 et PM 2,5) peuvent favoriser, même à des concentrations basses, la survenue de pathologies cardiovasculaires et respiratoires, voire de décès, que ce soit pour des expositions ponctuelles ou chroniques. Par ailleurs, les particules de l'air extérieur sont classées cancérigènes certains par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC).

D'autres effets ont récemment été suggérés par la recherche : maladies neurodégénératives et troubles cognitifs, maladies chroniques comme le diabète. Les enfants, les personnes âgées, les personnes présentant des pathologies respiratoires ou cardiovasculaires et les personnes immunodéprimées sont plus vulnérables.

Les particules fines proviennent majoritairement :

- du chauffage individuel et collectif, en particulier le chauffage au bois ;
- des activités agricoles (travail des terres, épandage d'engrais...) ;
- du transport ;
- des activités industrielles (carrières, combustions diverses...) ;
- et de certains phénomènes naturels (érosion, embruns...).

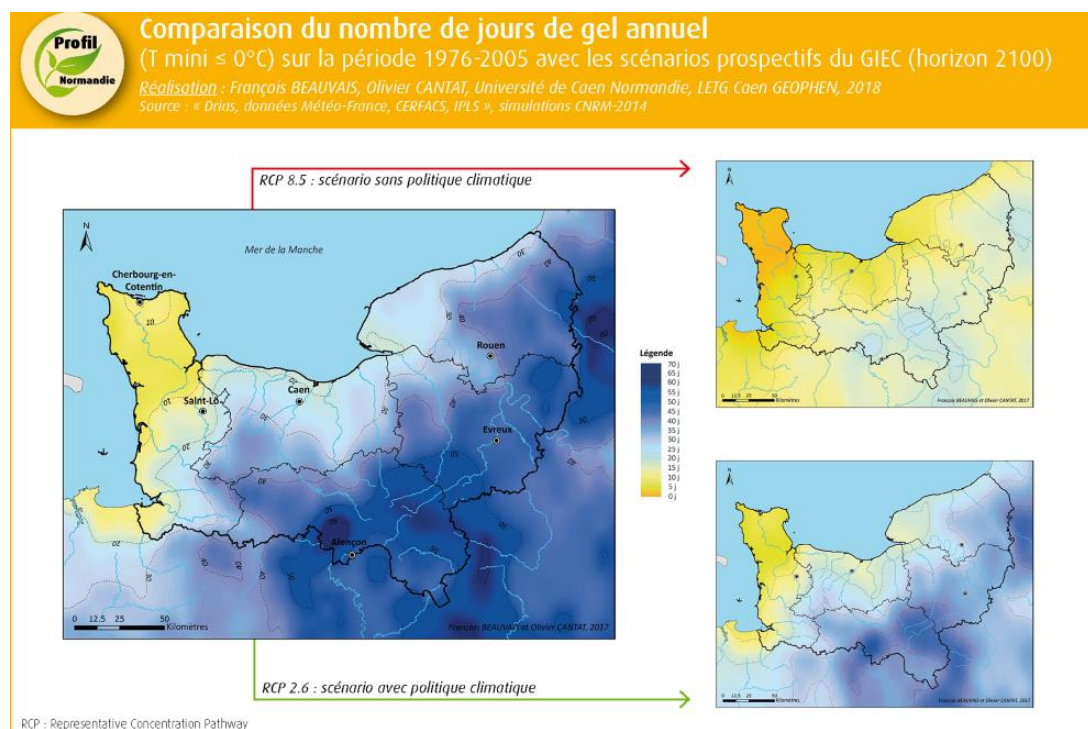
Le graphique précédent montre une tendance à la baisse des concentrations de particules sur la métropole de Rouen depuis 2007, probablement liée aux actions mises en œuvre pour la réduction des émissions.

Les travaux du GIEC international ne mettent pas en évidence d'évolution des concentrations de fond des particules quel que soit le scénario d'émissions de gaz à effet de serre retenu. Cependant, dans les régions polluées, les fortes températures de surface pourraient être facteur d'augmentation de la fréquence et de l'intensité des pics de pollution pour les PM2.5. Enfin, le changement climatique pourrait altérer les sources naturelles d'aérosols, ainsi que le lessivage des aérosols par les précipitations, mais aucun degré de confiance n'est fourni quant à l'incidence du changement climatique sur la distribution des PM2.5

Deux situations météorologiques sont favorables sur la Normandie pour l'apparition d'épisodes de fortes concentrations de particules :

- Les épisodes hivernaux calmes et froids (temps anticyclonique d'hiver) lors desquels les particules fines sont notamment émises par le transport routier, l'industrie et le secteur résidentiel, en particulier par le chauffage individuel au bois. Les polluants émis se trouvent piégés au niveau du sol sur le lieu de leur émission. Ce phénomène est dû, par grand froid, à la faible dispersion des polluants dans l'atmosphère à cause d'une inversion de température dans les basses couches (air plus dense près du sol). L'intensité de la pollution est fortement liée aux émissions locales dans ce type d'épisode ;
- Les épisodes printaniers de beau temps d'origine continentale : les particules sont majoritairement de type secondaire, c'est-à-dire qu'elles se créent dans l'atmosphère à partir de polluants précurseurs à la suite d'un processus chimique complexe, par beau temps avec une influence continentale des masses d'air (import de pollution d'autres régions ou d'autres pays). Les polluants précurseurs sont notamment émis par l'agriculture et le secteur du transport routier (ammoniac et NO₂). Lors de ces épisodes, les intensités de pollution sont homogènes sur de vastes territoires, qu'ils soient ruraux ou urbains. Les actions de restriction des émissions auront un effet pour la diminution des émissions de certains gaz précurseurs des particules.

La probabilité de réduction du froid (voir carte ci-dessous issue du Profil Environnemental de Normandie de la DREAL, fascicule : Le climat en Normandie), notamment des périodes de grands froids liées à des inversions de températures générées par des anticyclones hivernaux, pourrait réduire la fréquence des pics de pollution hivernaux liés aux combustions (transport, chauffage...). Une mutation du chauffage vers le combustible biomasse pourrait cependant entraîner une augmentation des émissions de particules de combustion dans la troposphère.



Concernant les épisodes de pollutions printaniers par les particules, les travaux du GIEC international montre la difficulté de dégager une tendance d'évolution. Cependant, ces épisodes sont étroitement liés aux émissions de composés azotés (NH₃ et NO_x). Si les émissions de NO_x en Normandie sont multi sectoriels, avec des contributions du secteur routier, de l'industrie, de l'agriculture et dans une moindre mesure du résidentiel (en inter-saison l'activité de chauffage diminue sensiblement), les émissions d'ammoniac sont en grande partie attribuables aux activités agricoles. L'évolution de l'occurrence des pics de pollution printaniers pourrait donc être étroitement liée aux évolutions dans les pratiques d'épandage d'engrais par les activités agricoles.

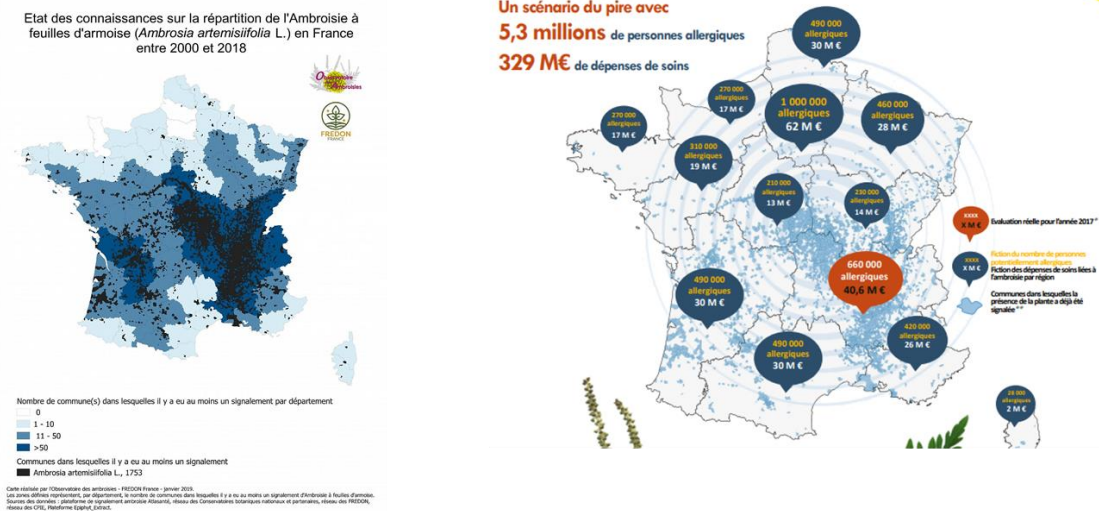
3) Les pollens et les moisissures et bactéries

Les pollens sont des minuscules grains, éléments reproducteurs mâles des végétaux, qui germent une fois en contact avec l'organe femelle d'une plante de la même espèce. Ils sont en général transportés par les insectes qui butinent les fleurs. Cependant, d'autres plantes utilisent un moyen beaucoup plus simple : le vent. Les plantes produisent une quantité massive de pollens que l'on retrouve dans l'air au moment de la pollinisation. Les pollens ont donc des fonctionnalités écologiques essentielles pour l'environnement et l'alimentation humaine mais ils peuvent provoquer des réactions physiologiques, accentuées lors de pics de pollution.

Le réchauffement des températures lié au changement climatique permet la progression d'espèces invasives vers le nord. Cela menace la biodiversité et l'agriculture et provoque des réactions allergiques chez les personnes sensibles. Un exemple préoccupant est **l'apparition récente de l'Ambroisie en Normandie**, dont le pollen est extrêmement allergisant et l'impact sanitaire important.

L'Ambroisie est une « *plantes invasives originaires d'Amérique du nord et capables de se développer rapidement dans de nombreux milieux (parcelles agricoles, bords de route, chantiers, friches, etc.). Leur pollen, émis en fin d'été, provoque de fortes réactions allergiques (rhinites, etc.) chez les personnes sensibles. C'est également une menace pour l'agriculture (pertes de rendement dans certaines cultures) et pour la biodiversité (concurrence avec certains végétaux en bords de cours d'eau).* ». <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/especes-nuisibles-et-parasites/ambroisie-info/>

Le changement climatique (particulièrement le réchauffement des températures) entraîne la propagation d'espèces invasives qui menacent la biodiversité et l'agriculture et dont les pollens provoquent des réactions allergiques chez les personnes sensibles.



Les perspectives

Peu d'études ont porté sur l'impact du changement climatique sur la qualité de l'air à venir en Normandie.

Pour la phase 2 du GIEC Normand, d'un point de vue méthodologique, une réflexion pourra être proposée pour la caractérisation des journées de pollution atmosphérique à partir d'une **approche croisée par seuil et par cumul**, permettant en amont de cerner plus précisément les configurations météorologiques qui les génèrent. Cette approche s'appuiera sur la mise en évidence des grands « types de circulation atmosphérique » (à partir de classifications existantes à l'échelle euro-atlantique) et de leur déclinaison à l'échelle régionale en « types de temps » (définition par combinaison de paramètres météorologiques mesurées).

[ref 1] : Blanchard M., 2016 : Impact de l'exposition chronique à la pollution de l'air sur la mortalité en France : point sur la région Normandie. Saint-Maurice : Santé publique France. 2 p. Disponible à partir de l'URL : www.santepubliquefrance.fr

[ref 2] : Contribution du groupe de travail 1 au cinquième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

[ref 3] : Marengo A., Gouget H., Nédélec P., Pagés J.-P., Karcher F., 1994 : Evidence of a longterm increase in tropospheric ozone from pic du midi data series : Consequences : Positive radiative forcing. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 99(D8) : 16617–16632