

AtmoSud

Inspirer un air meilleur



OBSERVATOIRE REGIONAL DE LA SANTE
PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR



**Modélisation de la
répartition des pollens
d'ambroisie et
estimation de son impact
sanitaire en Provence-
Alpes-Côte d'Azur**

Novembre 2020 - Décembre 2021

RÉSUMÉ :

MODELISATION DE LA REPARTITION DES POLLENS D'AMBROISIE ET ESTIMATION DE SON IMPACT SANITAIRE EN PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR

La rapide prolifération de l'ambroisie dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur conduit en amont à développer l'information à son égard et en parallèle à renforcer la lutte pour son élimination. AtmoSud et l'Observatoire Régional de la Santé proposent dans ce projet partenarial de combiner les résultats de la modélisation de l'ambroisie avec son impact sanitaire au travers du risque d'exposition, apportant ainsi une vision complémentaire de ces deux thématiques. Les données de modélisation de la concentration en pollens d'ambroisie seront ainsi croisées avec des celles de consommation de soins, afin d'estimer les corrélations possibles entre ces paramètres.

► Un jeu de données relatives à l'ambroisie relativement faible

Les cartes de modélisation des pollens s'appuient sur le recensement des plants d'ambroisie, recueilli auprès de plusieurs plateformes de signalements. Cet inventaire doit être le plus exhaustif possible afin de disposer d'une modélisation affinée. La méthodologie utilisée dans ce projet a révélé un nombre de signalements relativement faible comparativement à la région Rhône-Alpes-Auvergne, fortement touchée par l'ambroisie. Cela requiert donc une bonne identification de la plante et de fait une réelle sensibilisation de la population au-delà des allergiques. De même, une répartition spatiale accrue des stations de mesure de pollens du RNSA, indispensables à la validation de la modélisation mais peu nombreuses dans la région, serait bénéfique à la modélisation.

► Le Vaucluse, département le plus exposé aux pollens d'ambroisie

Les cartographies indiquent une plus forte exposition aux pollens d'ambroisie dans le Vaucluse, en cohérence avec les données de terrains et de mesures relevées pendant la saison pollinique : certaines villes affichent jusqu'à 37 jours avec un RAEP ≥ 3 .

► Il existe un lien entre la prévalence de l'allergie à l'ambroisie et l'offre de soins

Dans cette étude, la prévalence estimée de l'allergie à l'ambroisie est approchée par la part de personnes ayant eu au moins un remboursement de médicaments antiallergiques « traceurs » durant la période de pollinisation de l'ambroisie. La prévalence varie selon les communes, avec des valeurs plus élevées sur le pourtour de l'Etang de Berre et les villes de Marseille, Toulon, Nice et leurs environs. Les valeurs les plus faibles sont principalement observées dans les départements alpins.

La recherche des facteurs explicatifs des variations de prévalences observées montre un lien entre prévalence de l'allergie à l'ambroisie et qualité de l'air mais exclut un lien avec la précarité.

Contact Pilote de projet : Florence Péron ; florence.peron@atmosud.org	Date de parution 31/12/2021
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

REMERCIEMENTS

Ce projet sur l'ambrosie a bénéficié des travaux de modélisation d'Atmo Auvergne Rhône-Alpes, des données de pollens issues des stations de mesure du Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA), des données des plateformes SILENE et « Signalement Ambrosie » et du financement de l'Agence Régionale de Santé de Provence-Alpes-Côte d'Azur. AtmoSud tient à les en remercier.

PARTENAIRES

- ARS PACA (commanditaire)
- ORS

AUTEURS DU DOCUMENT

- AtmoSud : Sonia Oppo, Florence Péron
- Observatoire Régional de la Santé Provence-Alpes-Côte d'Azur : Marie Jardin, Pierre Verger,

SOMMAIRE

1. Présentation et contexte de l'étude	5
1.1 L'ambrosie, une espèce invasive	5
1.2 Méthodes de lutte : prévention et surveillance	6
1.3 Cadre de l'étude et objectifs	6
2. Modélisation des concentrations d'ambrosie	7
2.1 Méthodologie	7
2.2 Résultats : cartographies de risque allergique et exposition de la population en 2019	16
2.3 Conclusion	20
3. Estimation de l'impact sanitaire de l'ambrosie en Provence-Alpes-Côte d'Azur	21
3.1 Aspects méthodologiques	21
3.2 Cartographies de prévalences estimées de l'allergie à l'ambrosie en 2019.....	23
3.3 Analyses complémentaires sur les facteurs explicatifs des variations de prévalences observées	26
4. Conclusions	27
GLOSSAIRE	30
ANNEXE 1	31
ANNEXE 2	33
ANNEXE 3	35
ANNEXE 4	36

1. Présentation et contexte de l'étude

1.1 L'ambroisie, une espèce invasive

Parmi les quatre espèces d'ambrosies présentes en France, trois sont classées comme nuisibles à la santé humaine selon l'observatoire des ambrosies :

- Ambroisie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia* L.)
- Ambroisie trifide (*Ambrosia trifida* L.)
- Ambroisie à épis lisses (*Ambrosia psilostachya* DC.)

Le pollen est produit de la fin juillet jusqu'aux premiers gels d'automne. La principale période de pollinisation de l'ambroisie se situe en août et septembre.

En période de pollinose, une plante émet plusieurs centaines de grains de pollen par jour. Or, 10 grains par mètre cube d'air sont suffisants pour entraîner des symptômes allergiques. Ce pollen, fortement allergisant, est facilement transportable sur de longues distances, constituant ainsi un enjeu de santé publique important. En effet, la pollinose est caractérisée par des réactions allergiques au niveau des muqueuses respiratoires et oculaires (rhinite et conjonctivite) et notamment :

- La rhinite allergique
- L'asthme allergique
- L'eczéma ou l'urticaire

Le pollen d'ambroisie est recensé en France principalement dans la Vallée du Rhône mais des cartographies récentes¹ ont mis en évidence une extension de la présence de la plante en France au cours des dernières années.

L'instruction interministérielle n°2018/201 du 20 août 2018 relative à l'élaboration d'un plan d'action local de prévention et de lutte contre l'ambroisie a permis de classer les départements en fonction de leur niveau d'infestation (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Niveau d'infestation à l'ambroisie des départements de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Niveaux d'infestation		Départements	Définition des zones
Zone 1	Fortement infestée	Vaucluse (84) Bouches-du-Rhône (13) Hautes-Alpes (05)	+ de 50 communes par départements
Zone 2	En front de colonisation	Alpes-de-Haute-Provence	10 à 50 communes par département
Zone 3	Peu ou pas infestée	Var et Alpes-Maritimes	0 à 10 communes

¹ Dessaint, F., B. Chauvel, et F. Bretagnolle. 2005. "L'ambroisie : chronique de l'extension d'un « polluant biologique » en France." *M/S* 21 (2):207-209.doi: 10.7202/010556ar.

1.2 Méthodes de lutte : prévention et surveillance

En France, l'Observatoire des ambrosies a pour mission d'organiser la prévention et la lutte contre l'ambrosie dont la prolifération est nuisible à la santé humaine. Piloté par FREDON France, un consortium d'acteurs complète à l'échelle nationale cet observatoire : l'Anses, Santé Publique France, le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA), les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et l'Association des Pollinarius Sentinelles de France (APSF).

En Provence-Alpes-Côte d'Azur, le pilotage de l'action de lutte de la prolifération de l'ambrosie est réalisé par l'ARS PACA.

Un rapport publié en 2020 par l'ANSES [1] sur l'ambrosie rappelle que la surveillance et la modélisation contribuent à l'information des populations à la problématique de l'ambrosie. Elle complète en conseillant de moderniser le système de surveillance du pollen d'ambrosie en le couplant à un système de modélisation de la dispersion du pollen à l'échelle de la France métropolitaine, à l'instar de ce qui a été mis en place dans la région Auvergne-Rhône-Alpes.

1.3 Cadre de l'étude et objectifs

La présente étude s'inscrit dans la stratégie du 3^{ème} plan national santé-environnement qui prévoit la surveillance et l'évaluation de l'ambrosie en France. En Europe, la plante est très présente en Hongrie, dans le nord de l'Italie et dans la Vallée du Rhône. Au cours des dernières années, la plante s'étend en France notamment en descendant la Vallée du Rhône.

En conséquence, l'évaluation de l'exposition à l'ambrosie et la surveillance de son expansion géographique sont primordiales et constituent l'un des objectifs de la thématique « Air » retenu dans le Plan National Santé Environnement (PRSE) 2015-2021 (déclinaison de l'action 11 du Plan National Santé Environnement 3). Par ailleurs, dans le cadre de l'instruction interministérielle du 20 août 2018, un plan d'action de prévention et de lutte contre l'ambrosie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur a été élaboré.

AtmoSud et l'Observatoire Régional de la Santé Provence-Alpes-Côte d'Azur (ORS PACA) proposent de conduire une étude air et santé liée à la problématique de l'ambrosie sur le territoire régional dont la plus-value consiste à apporter une vision complémentaire de ces deux thématiques. Elle vise, en effet, à articuler les résultats des prévisions de pollinisation issus de la modélisation (réalisée par AtmoSud) avec l'évaluation du risque sanitaire pour la population (réalisée par l'ORS).

La proposition d'étude visait en premier lieu un département pilote (Le Vaucluse), initialement choisi car étant le plus concerné par la présence d'ambrosie sur la région. Toutefois, au cours de l'avancement du projet, afin de s'appuyer sur une méthodologie plus robuste et s'affranchir du faible échantillonnage disponible, il est apparu plus pertinent d'élargir une partie des calculs à l'ensemble de la région. Un zoom sera néanmoins établi sur le Vaucluse.

2. Modélisation des concentrations d'ambroisie

2.1 Méthodologie

La méthodologie présentée dans ce document pour évaluer les concentrations d'ambroisie a été développée et testée par l'Association de qualité de l'air Atmo Auvergne-Rhône-Alpes² qui, depuis 2011, réalise une étude annuelle visant à évaluer l'exposition des populations à ce pollen allergisant et très répandu dans leur région. Leur méthodologie a été adaptée pour prendre en compte les spécificités de notre territoire.

L'estimation des concentrations de pollens d'ambroisie a été réalisée avec un modèle déterministe capable de disperser les émissions de pollens au pas de temps horaire (voir **Figure 1**) sur toute la saison pollinique 2019.

La modélisation se réalise en plusieurs étapes :

- La constitution des données d'entrée qui comprend l'inventaire des émissions, c'est-à-dire le recensement de la présence d'ambroisie et la météorologie.
- La génération des émissions horaires de grains de pollens en appliquant au cadastre annuel recensé des profils temporels d'émissions afin de reproduire au mieux la cinétique des émissions.
- L'estimation des concentrations brutes de grains de pollens via l'intégration des données d'émissions et de météorologie dans le modèle eulérien de dispersion.
- Le croisement avec les données d'observation pour ajuster les résultats bruts du modèle. Cette étape conduit à la création de cartographies des concentrations journalières des pollens d'ambroisie et du risque allergique d'exposition aux pollens d'ambroisie. Les comparaisons entre les estimations et les mesures visent à ajuster le modèle sur les points de mesure afin que les calculs théoriques soient le plus réalistes sur les autres mailles de la zone d'étude.

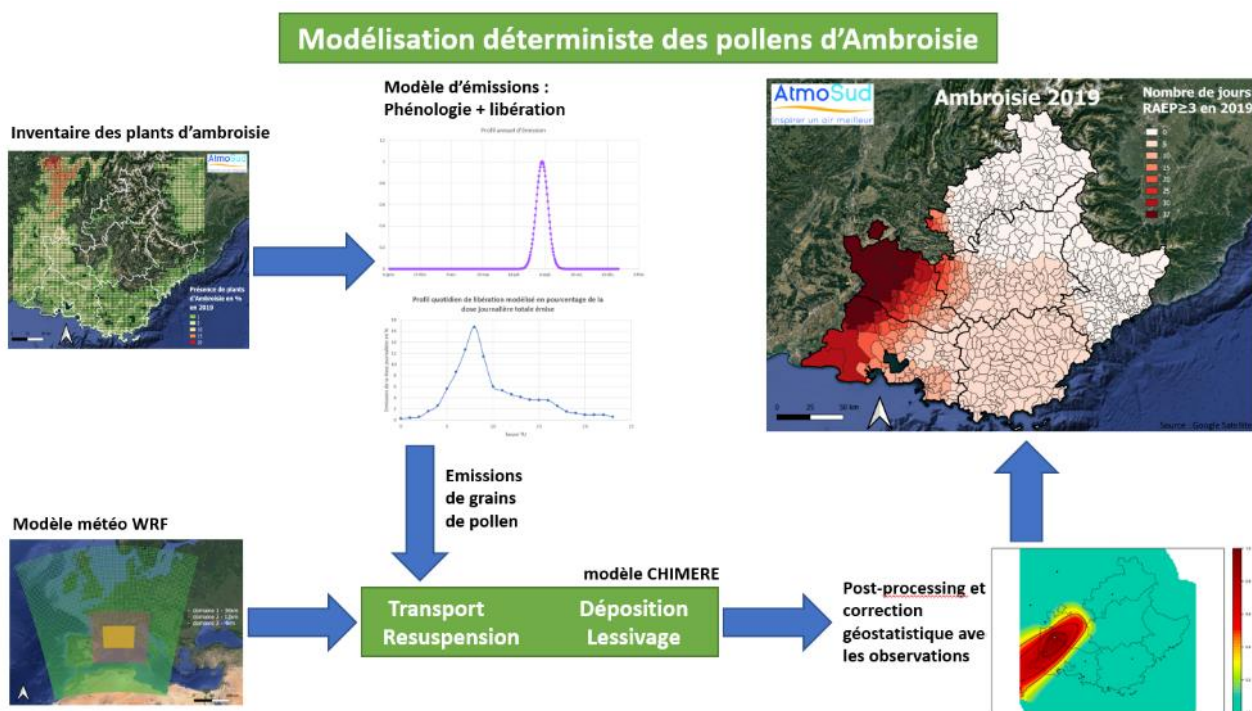


Figure 1 : Méthodologie pour évaluer les concentrations de pollens d'ambroisie en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

² AtmoAURA Cartographie 2010 des concentrations atmosphériques d'ambroisie en région Rhône-Alpes – Synthèse

2.1.1 Inventaires des plants d'ambrosies

Les données d'émissions doivent reposer en premier lieu sur une cartographie détaillée et à jour de la **distribution géographique de la plante** et sur la modélisation des processus aboutissant à l'émission des grains de pollen. Ainsi, la première étape consiste à recenser sur la zone d'étude la présence des plants d'ambrosie pouvant libérer les pollens. Pour cela, un inventaire des plants d'ambrosies a donc été réalisé sur la région mais également dans les départements limitrophes, afin d'estimer la position et la quantité présente sur et autour du territoire de la région. Les moyens pour estimer la répartition des sources de grains de pollens ont été transverses afin d'évaluer au mieux sa présence sur notre territoire.

Deux approches ont été couplées pour la modélisation de la distribution spatiale de l'ambrosie :

- Une approche basée sur un inventaire de la plante : cette méthode dite « bottom-up/ascendante » engendre une distribution spatiale construite à partir d'observations, provenant de deux plateformes de signalements.
- Une approche qui s'appuie sur les relevés polliniques en station couplés à des données d'occupation des sols : cette méthode « top-down/descendante » a été documentée dans 3 publications scientifiques depuis 2010 et a notamment permis la création d'un inventaire européen de l'ambrosie (Skjøth et al. 2019) [2].

2.1.1.1 Distribution spatiale de l'ambrosie sur la base de l'inventaire de la plante

En France, plusieurs acteurs contribuent à structurer la surveillance de présence et de propagation de l'ambrosie, principalement le réseau FREDON, le réseau des Conservatoires botaniques nationaux et le réseau des « Centres permanents d'initiatives pour l'environnement ». Deux plateformes permettent le recensement des signalements pour le public et les professionnels et donnent l'accès à un historique de ces saisies : la plateforme SILENE et la plateforme Signalement Ambrosie.

► Plateforme SILENE

La plateforme SILENE est un outil collaboratif de mise à disposition de données de localisation d'espèces natives et envahissantes (SILENE Flore et SILENE Faune). Soutenue par la DREAL et le Conseil Régional, la plateforme est développée et administrée par les conservatoires suivants :

- Conservatoire botanique national Alpin
- Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi Pyrénées
- Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles

Les données disponibles s'étendent des années 1960 jusqu'à 2020. Mais l'information sur le nombre de plants associés à chaque signalement n'est pas relevée par les observatoires. En conséquence, la prise en compte des données de la plateforme SILENE est difficilement possible car les informations de densité sont importantes pour construire un cadastre représentatif. En effet, la sous-évaluation du nombre de plants induit une sous-estimation des quantités de pollens émises.

Une cartographie de la localisation des plants d'ambrosie par la plateforme SILENE est représentée à la **Figure 2**.

► Plateforme Signalement Ambrosie

Cette plateforme est disponible sous forme de site internet mais également d'application mobile, offrant ainsi à chacun la possibilité de signaler la présence d'ambrosie. Ceci permet de coordonner les actions de lutte pour éliminer l'ambrosie notamment via l'action du référent Ambrosie de chaque commune.

Les données de 2017 à 2020 ont été récoltées avec l'information pour chaque signalement de la position, la date et le nombre de plants présents (exemple : inférieur à 10, entre 10 et 50, supérieur à 50).

Une cartographie de la localisation des signalements recensés sur la plateforme « Signalement Ambrosie » est également représentée à la **Figure 2**.

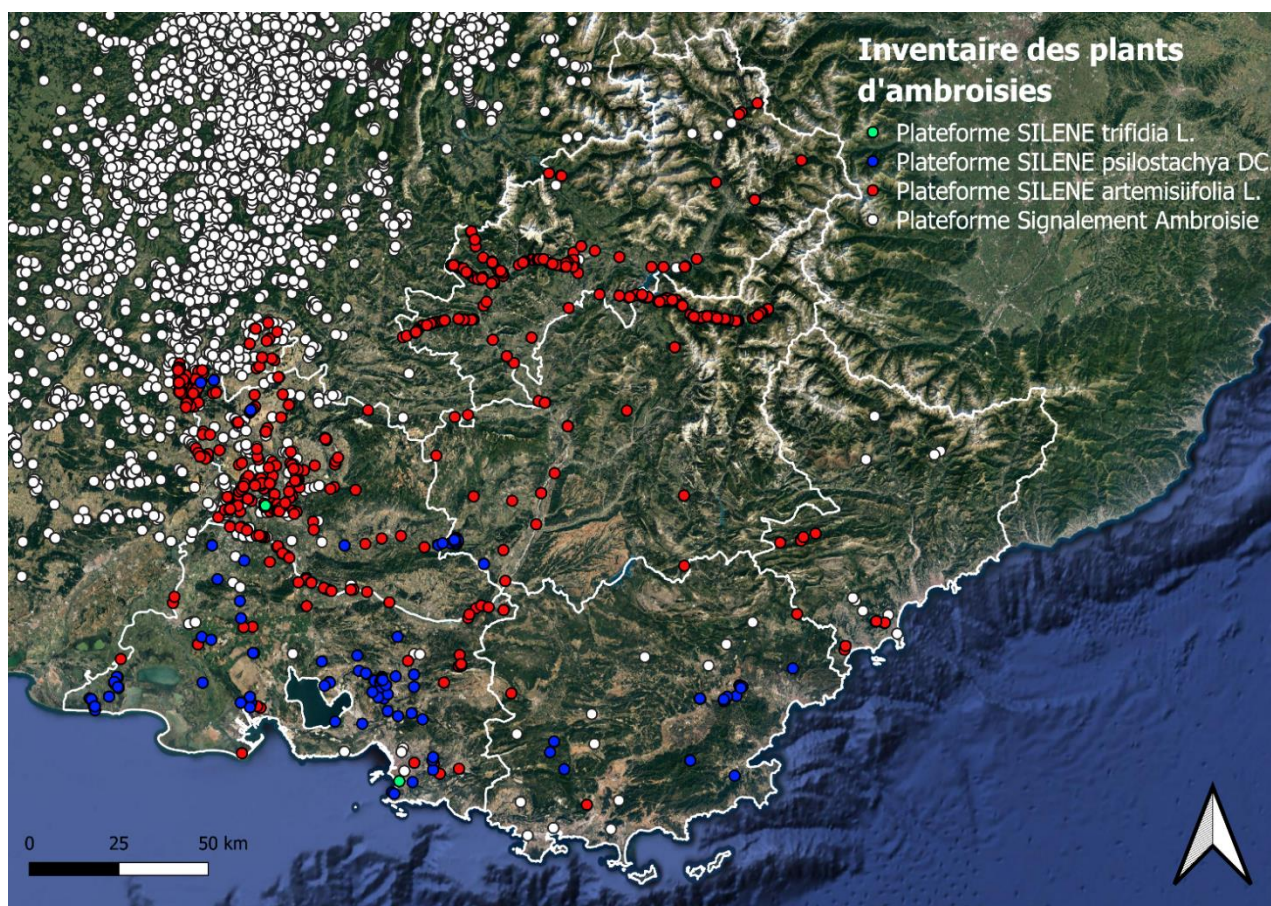


Figure 2 : Cartographie de signalement de plants d'ambrosie (Source : plateforme Signalement Ambrosie et SILENE, Novembre 2020)

Comme le montre la carte ci-dessus, une grande partie des recensements de plants d'ambrosie par la plateforme SILENE se situe dans le Vaucluse (*artemisiifolia*) et les Bouches-du-Rhône (*psilostachya* DC). En ce qui concerne la plateforme de signalements d'ambrosie, la très grande majorité se trouve dans la vallée du Rhône sur la région Auvergne Rhône Alpes et, dans une moindre mesure, dans le Vaucluse pour la région Provence Alpes Côte d'Azur.

2.1.1.2 Distribution spatiale de l'ambrosie sur la base de la probabilité de présence

La méthodologie de l'approche « top-down/descendante » se base sur l'exploitation des comptages polliniques couplés à des données d'occupation du sol. La méthodologie (voir [Figure 3](#)) repose sur 4 hypothèses (Skjøth et al. 2010) :

- La quantité de pollen enregistrée peut être considérée comme représentative des émissions de la plante sur une aire géographique de 30 km autour de la station de mesure. Cette distance de 30km reflète grossièrement la zone de captation des pollens et est basée sur la distance que peut parcourir un pollen en une journée
- La quantité de pollen mesurée est représentative du nombre de plantes sur une aire géographique de 30 km autour de la station.
- L'ambrosie se développe fortement dans certains types d'habitats et faiblement dans d'autres.
- Il est possible d'interpoler un niveau d'infestation sur une aire géographique homogène.

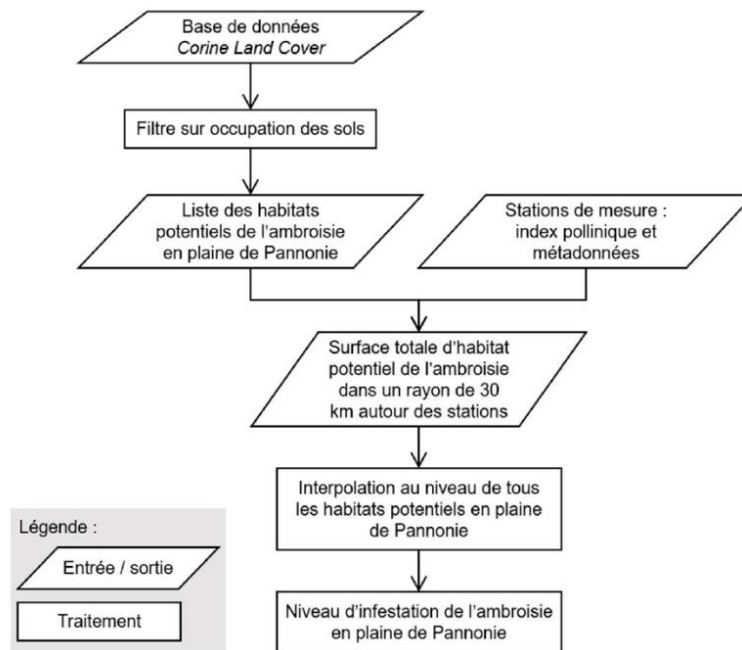


Figure 3 : méthode de production de la cartographie de la distribution de l'ambrosie par une approche descendante

Cette méthode montre néanmoins plusieurs limites comme :

- l'index pollinique annuel utilisé reflète à la fois l'impact de pollens émis localement ainsi que le transport de pollens émis depuis des zones distantes.
- l'évolution de l'occupation des sols au cours du temps, notamment en lien avec la gestion des sols agricoles et l'urbanisation, qui doit être prise en compte annuellement³ dans le processus.

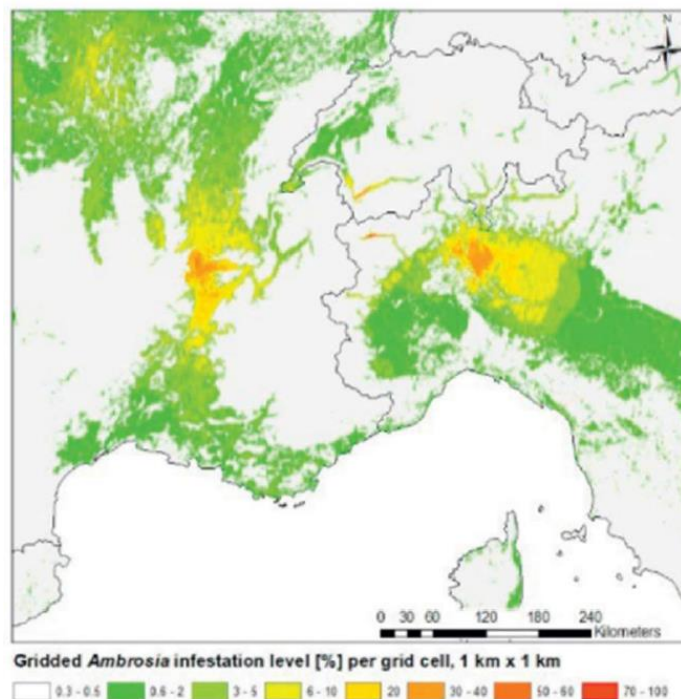


Figure 4 : Taux d'infestation (en %) par l'ambrosie en France et en Italie sur une grille de 1km x 1km de résolution

³ Cette méthode réalisée par des chercheurs n'est pas appliquée tous les ans → en cas de scénarios antérieurs ou postérieurs à l'année de calcul 2019, l'occupation des sols pourraient être légèrement différente.

2.1.2 Cadastre des sources d'émissions de pollens d'ambroisie

Les signalements issus des deux plateformes ont été pondérés par rapport aux critères suivants :

Date de signalement :	Classement des signalements par leur densité :	Classement des signalements par taux de présence
<ul style="list-style-type: none"> • Date antérieure à 1980 -> 0,25 • Date postérieure à 1980 et antérieure à 2000 -> 0,5 • Date postérieure à 2000 -> 1 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de précision sur la densité -> 5 • Densité inférieure à 10 -> 5 • Densité comprise entre 10 et 50 -> 30 • Densité supérieure à 50 -> 100 	<ul style="list-style-type: none"> • Validé et détruit -> 1 • Validé non détruit -> 1 • A valider -> 0,5 • Doubleton -> 0

Le cadastre des plants d'ambroisie a été fait en combinant à la fois les signalements recueillis mais également la densité de probabilité proposée en 2019 par Skjøth et al. En effet, les signalements issus du public et des conservatoires sont pour certains incomplets ou imprécis et ne permettent pas d'établir un cadastre représentatif et robuste de la présence d'ambroisie sur le territoire. La combinaison des deux a été possible pour pallier le manque d'information des deux types de méthodes.

Le cadastre des sources d'émissions est une grille de 3 km de résolution s'étendant sur toute la région. Il intègre les signalements ainsi que la probabilité de présence représentée sur la Figure 5. Pour ne pas créer des doublons, et ainsi surestimer le nombre de plants d'ambroisie, les signalements localisés sur une zone où la densité de présence de la plante est précisée n'ont pas été pris en compte. La grille choisie comme cadastre sera le domaine utilisé dans le modèle permettant d'estimer la concentration des grains de pollens dans l'air pendant la saison pollinique.

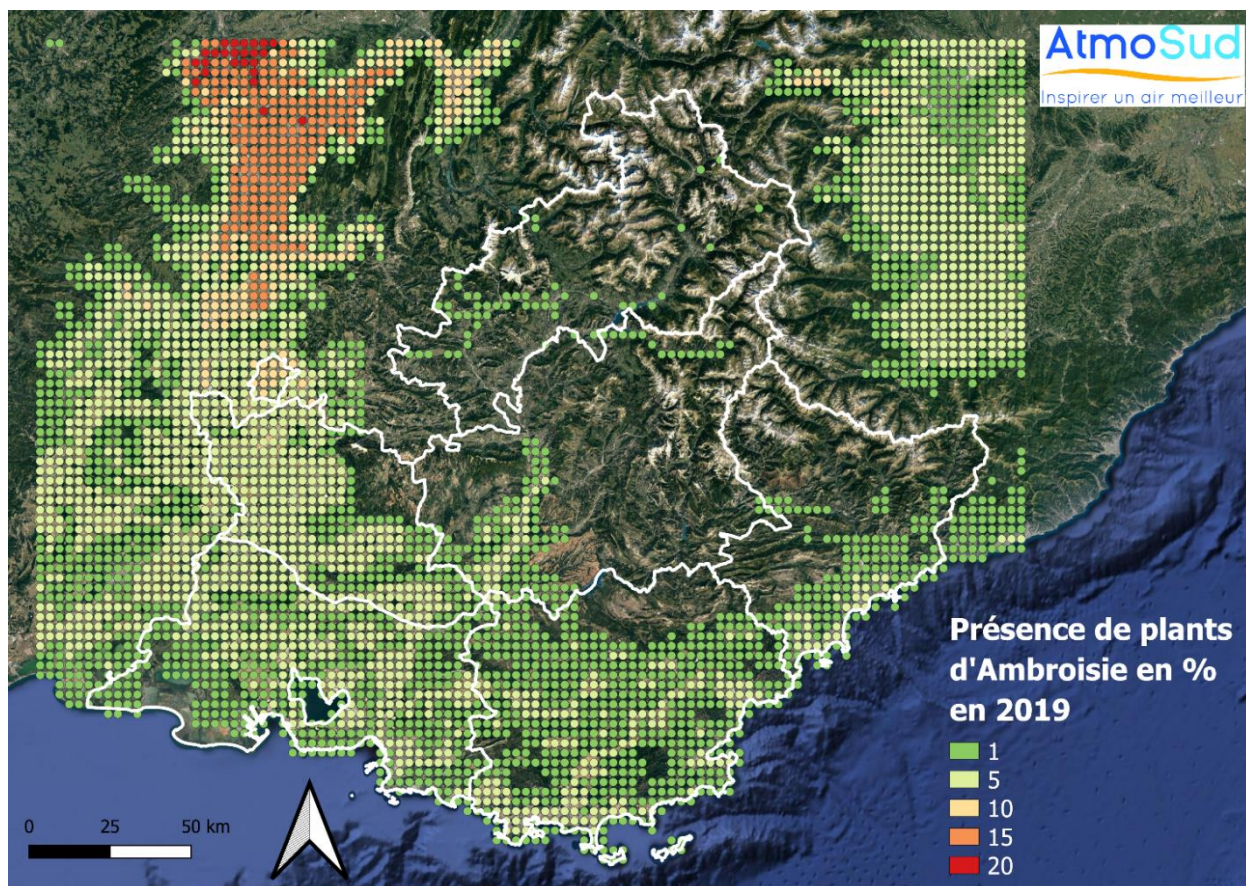


Figure 5 : Cadastre de la présence des plants d'ambrosies sur une grille de résolution 3km centrée sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur

2.1.3 Modèles de génération des grains de pollens

La deuxième étape de la modélisation des émissions de grains de pollens dans l'air depuis les plants répertoriés est possible une fois le cadastre établi. Le modèle aboutissant à la génération des grains de pollens doit tenir compte le plus justement possible de la phénologie de l'ambrosie, c'est-à-dire de son cycle de « vie ».

L'ambrosie est caractérisée par une période d'émissions (saison pollinique) de 2 mois, généralement de début août à début octobre.

La phénologie de l'ambrosie est complexe à prévoir puisque le début de la floraison est caractérisé par :

- la réduction de la durée du jour observée après le solstice d'été
- une durée de photopériode inférieure à 14h⁴

À noter que la floraison est impactée par le cumul des températures favorables à la croissance au cours de l'année ce qui induit un gradient temporel Nord-Sud et Ouest-Est. Ce constat conduit également à des périodes de pollinisation plus longues dans le futur sous l'effet du changement climatique⁵.

Grâce au cadastre établi à la section précédente, il est ainsi possible d'affecter chaque maille du domaine de résolution 3 kilomètres, un taux de présence des espèces d'ambrosie, c'est-à-dire le pourcentage d'occupation de l'espèces sur les sols. A partir de ce pourcentage, 2 hypothèses (voir Figure 6) sont retenues :

- On considère 1 500 000 plants par km² pour une occupation de 100% des sols
- Un nombre de 100 000 000 grains de pollens sont émis au maximum par jour par un plant

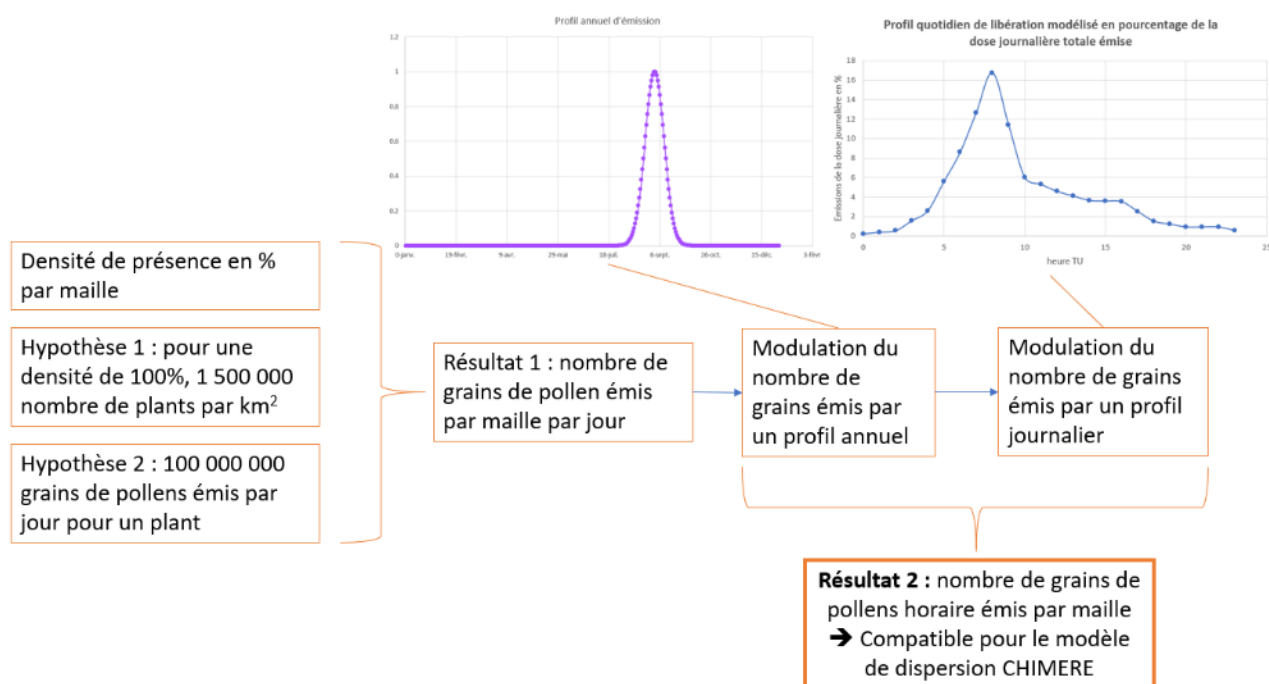


Figure 6 : Méthode de production des émissions horaires de pollens d'ambrosie

Une fois ces deux hypothèses considérées, deux modulations temporelles de ces émissions de grains journaliers ont été appliquées : une modulation des émissions sur l'ensemble de la saison pollinique (voir Figure 7) et une modulation journalière (voir Figure 8).

⁴ W. Deen, T. Hunt, et C. J. Swanton 1998. "Influence of temperature, photoperiod, and irradiance on the phenological development of common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*)."

⁵ Ziska et al. 2011. "Recent warming by latitude associated with increased length of ragweed pollen season in central North America."

Pour cela, un modèle empirique de type gaussien d'émissions des grains de pollens a été utilisé en analysant les données de comptage pollinique de 2019 des stations présentes dans notre région, données fournies par le RNSA. Ce modèle permet de reproduire la cinétique générale des émissions de pollens au cours de la saison.

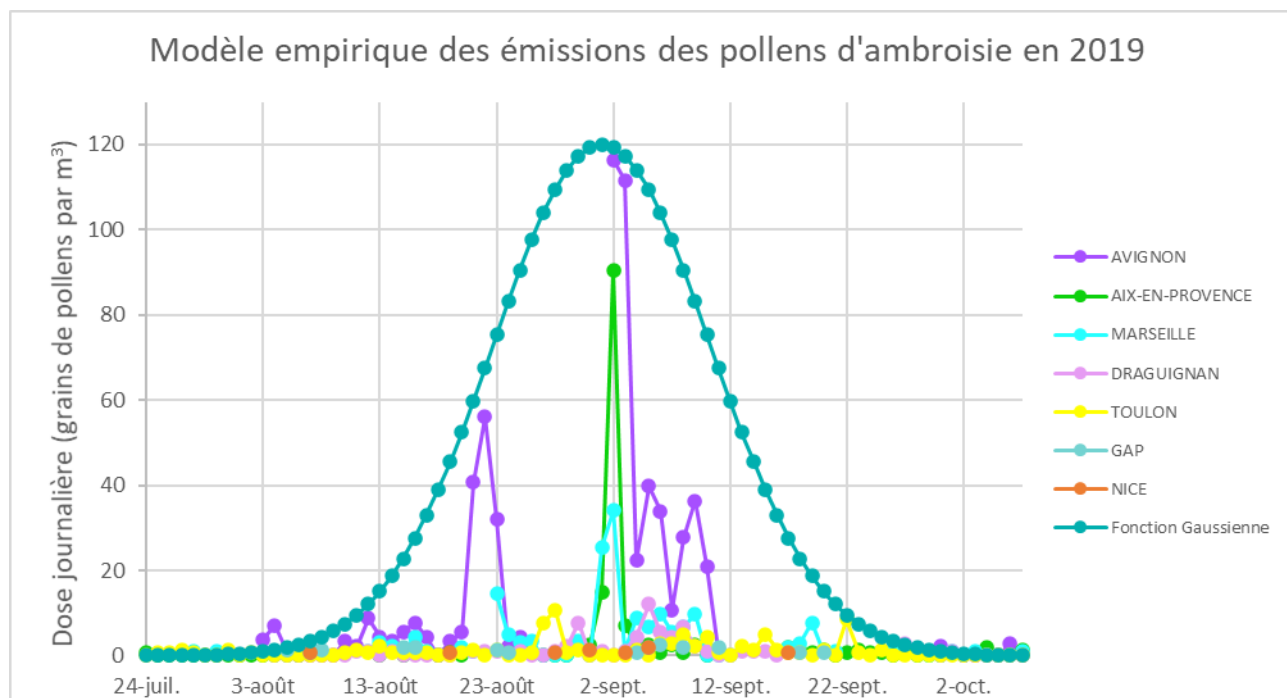


Figure 7 : Modulation des émissions sur l'année 2019 avec une fonction gaussienne

Ensuite, une étape a été réalisée pour moduler pour chaque heure d'une journée les émissions de pollens. Cette modulation repose également sur les comptages polliniques en station.

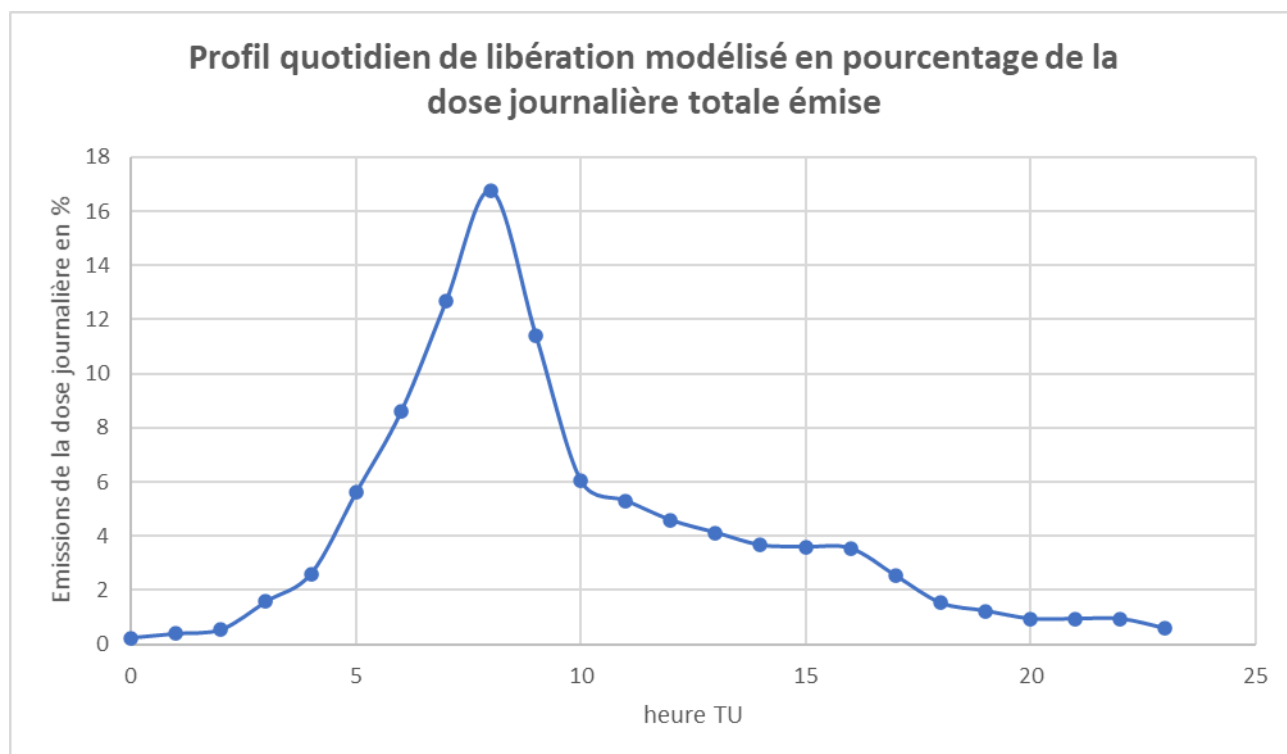


Figure 8 : Modulation des émissions journalières en %

2.1.4 Dispersion des grains de pollens

L'objectif de cette section est de s'appuyer sur une modélisation de type déterministe pour obtenir le nombre de grains de pollens par m³ d'air, cumulé sur les journées de la saison pollinique de 2019 en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. La méthodologie utilisée pour obtenir les concentrations de pollens s'apparente directement à celle utilisée pour obtenir les concentrations de polluants atmosphériques, soit l'utilisation d'un modèle météorologique suivi d'un modèle de chimie-transport dans lequel les grains de pollens sont considérés comme des grosses particules inertes (voir Annexe 2 pour plus de détails sur les modèles utilisés).

La période modélisée s'étend du 07 juillet au 28 octobre 2019, au-delà de la saison pollinique pour bien prendre en compte les conditions initiales et les émissions hors de notre région.

Les résultats bruts révèlent que les concentrations d'ambrosie sont en partie calquées sur la spatialisation de l'inventaire des plants. Au plus fort de la période pollinique (autour de fin août/début septembre), le modèle parvient à modéliser des concentrations significatives de pollens uniquement dans la Vallée du Rhône et une partie du Vaucluse. De plus, les niveaux modélisés dans les zones impactées sont très en-dessous des niveaux habituellement mesurés.

Pour comparer aux mesures d'ambrosie en station mais également déterminer le risque allergique, les résultats de modélisation bruts en sortie de CHIMERE sont convertis en grains/m³ et sommés sur la journée pour obtenir la dose journalière d'ambrosie.

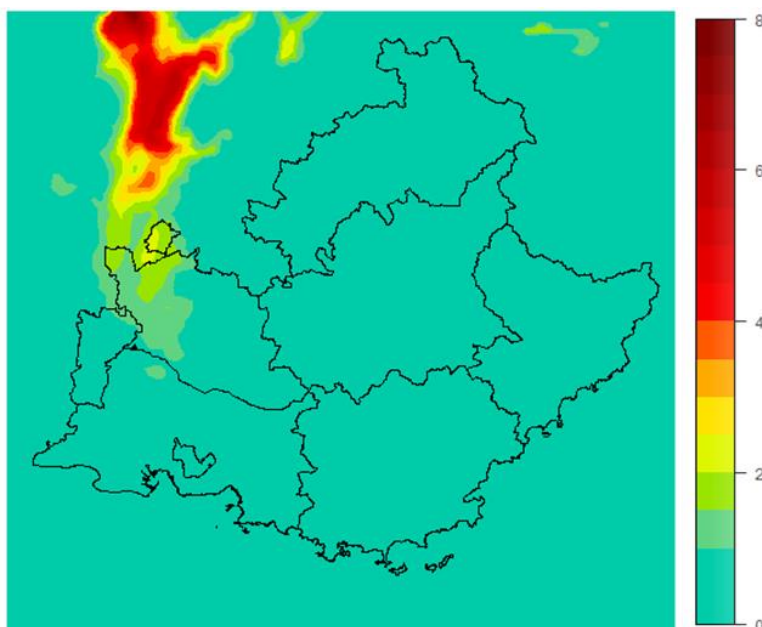


Figure 9 : Concentration cumulée journalière brute (grains/m³) des pollens d'ambrosie le 01/09/2019

Dans l'état actuel de la modélisation, les données brutes du modèle CHIMERE ne peuvent pas être utilisées sans croisement avec les données mesurées puisqu'elles présentent des erreurs relatives importantes par rapport à la dose journalière en pollen d'ambrosie les jours où le risque allergique est le plus important. Pour les besoins de la cartographie, l'assimilation de données avec des méthodes géostatistiques a été mise en œuvre.

2.1.5 Croisement des données estimées avec les mesures

Cette étape permet de s'assurer de la cohérence des résultats de la cartographie avec les mesures réalisées par le réseau de stations du RNSA. A l'issue de cette étape d'assimilation, une échelle de Risque Allergique lié à l'Exposition au Pollen (RAEP) allant de « aucun » à « très élevé » est évaluée à partir de critères simples (voir [Tableau 3](#)).

Des méthodes géostatistiques habituellement utilisées pour les concentrations de qualité de l'air ont été adaptées afin d'ajuster les résultats du modèle CHIMERE notamment grâce à l'assimilation des mesures de pollens. Cette étape est primordiale pour valider la cohérence de nos cartographies avec les comptages polliniques réalisés par les stations du RNSA, décrites ci-dessous. In fine, une cartographie du risque allergique journalier sera établie pour chaque maille du domaine permettant ainsi de calculer l'exposition de la population régionale à des concentrations significatives d'ambrosie (RAEP ≥ 3).

En région Provence-Alpes-Côte d'Azur, 7 sites de mesure sont présents et mesurent en continu l'ensemble des pollens :

Tableau 2 : Stations de mesure du RNSA en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Départements	Hautes-Alpes	Alpes-Maritimes	Bouches-du-Rhône	Var	Vaucluse
Ville	Gap	Nice	Aix-en-Provence, Marseille	Draguignan, Toulon	Avignon

Pour la correction de la modélisation brute, les mesures des stations de Bagnols-sur-Cèze (Gard), Saint-Alban (Ardèche) et Valence (Drôme) ont également été intégrées.

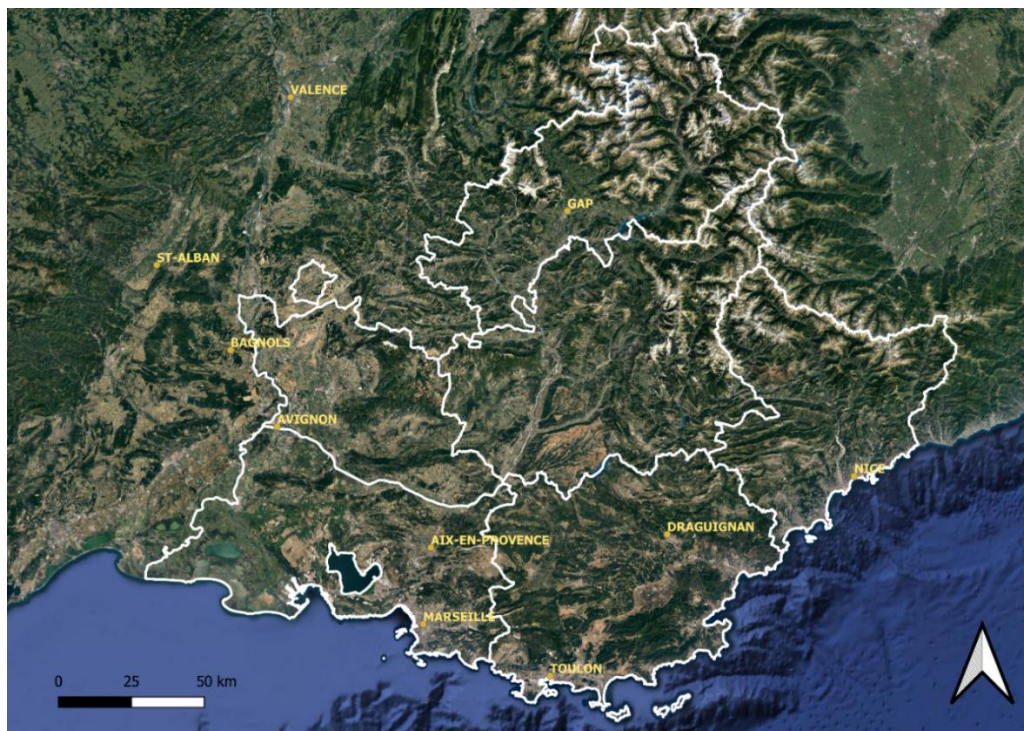


Figure 10 : Localisation des stations de mesure du RNSA prises en compte pour la correction géostatistique

Principe de mesure

Les mesures se font à partir d'appareil dits « respirants » (aspirant la même quantité d'air que la respiration humaine) situés sur le toit d'immeubles. Un tambour présent dans le capteur tourne pendant une semaine et fait défiler une bande collante devant l'entrée d'aspiration sur laquelle se déposent les particules présentes dans l'air.

L'échantillon recueilli est envoyé au RNSA, à une AASQA ou un laboratoire qui effectue une identification et un comptage des grains de pollen par microscopie optique.



Figure 11 : Capteur RNSA (source : Rapport 2020 de surveillance des moisissures et des pollens dans l'air ambiant en France)

2.2 Résultats : cartographies de risque allergique et exposition de la population en 2019

Pour obtenir le risque allergique, le RNSA se base sur l'échelle suivante, calculée à partir des concentrations de pollens d'ambroisie dans l'air :

Tableau 3 : Définition des niveaux de Risque Allergique lié à l'Exposition au Pollen (RAEP) en fonction de la dose journalière d'ambroisie dans l'air

Risque allergique	Code couleur	Dose journalière (en grains/m ³)
Aucun	0	0 à 1
Très faible	1	1 à 2
Faible	2	2 à 6
Moyen	3	6 à 12
Élevé	4	12 à 30
Très élevé	5	≥ 30

Un RAEP (Risque Allergique lié à l'Exposition au Pollen) supérieur ou égal à 3 est considéré cliniquement pertinent, c'est-à-dire que les personnes allergiques ont de fortes chances de présenter des symptômes allergiques.

2.2.1 Sur le Vaucluse

Dans le cadre de ce projet, AtmoSud devait fournir à l'ORS une carte du nombre de jours où le RAEP ≥ 3 à une résolution de 3 km par 3km (carte ci-dessous).

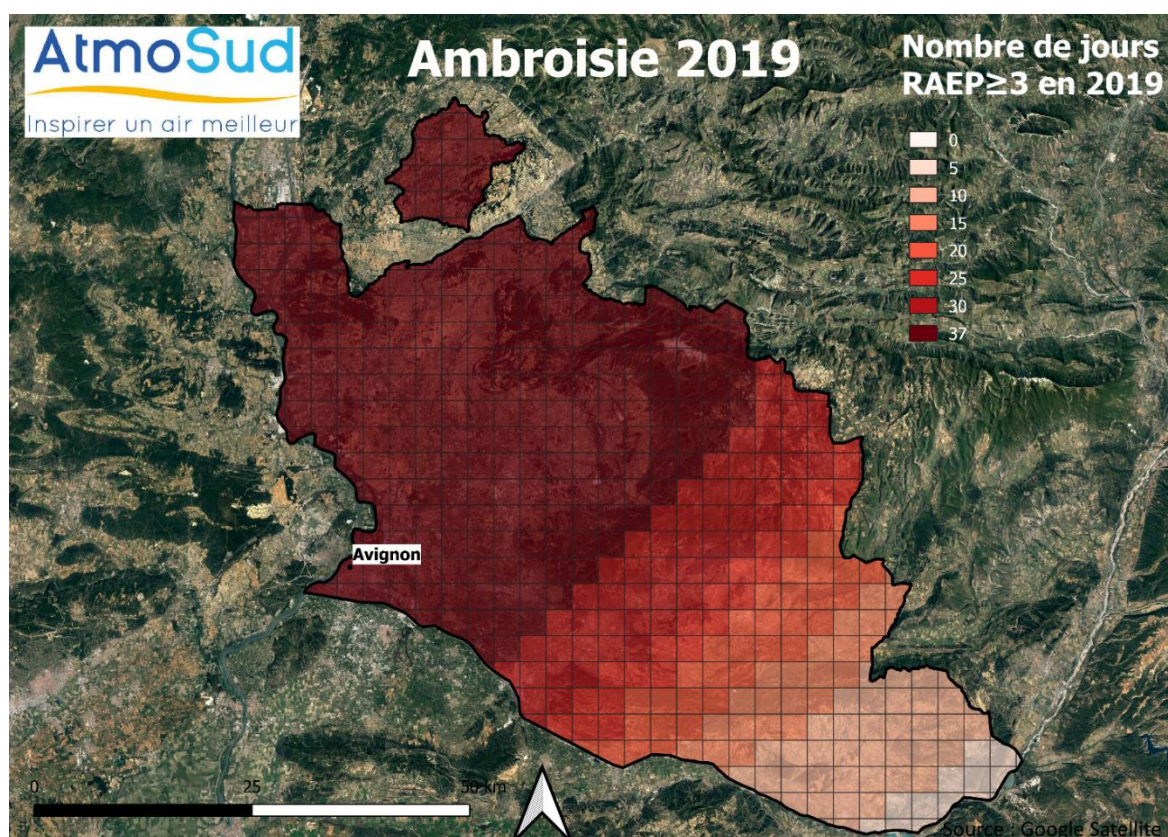


Figure 12 : Cartographie du nombre de jours où le risque allergique aux pollens d'ambroisie est supérieur ou égal à 3 (sur le Vaucluse, à une résolution de 3km par 3km)

A la demande de l'ORS, la cartographie du risque lié à l'exposition aux pollens d'ambroisie a également été réalisée à l'échelle communale. Pour obtenir cette résolution, la cartographie des concentrations sur la grille régulière initiale (3*3 kilomètres de résolution) a été interpolée sur les communes, à l'aide d'une moyenne pondérée des indices en fonction de la surface de la maille dans la commune.

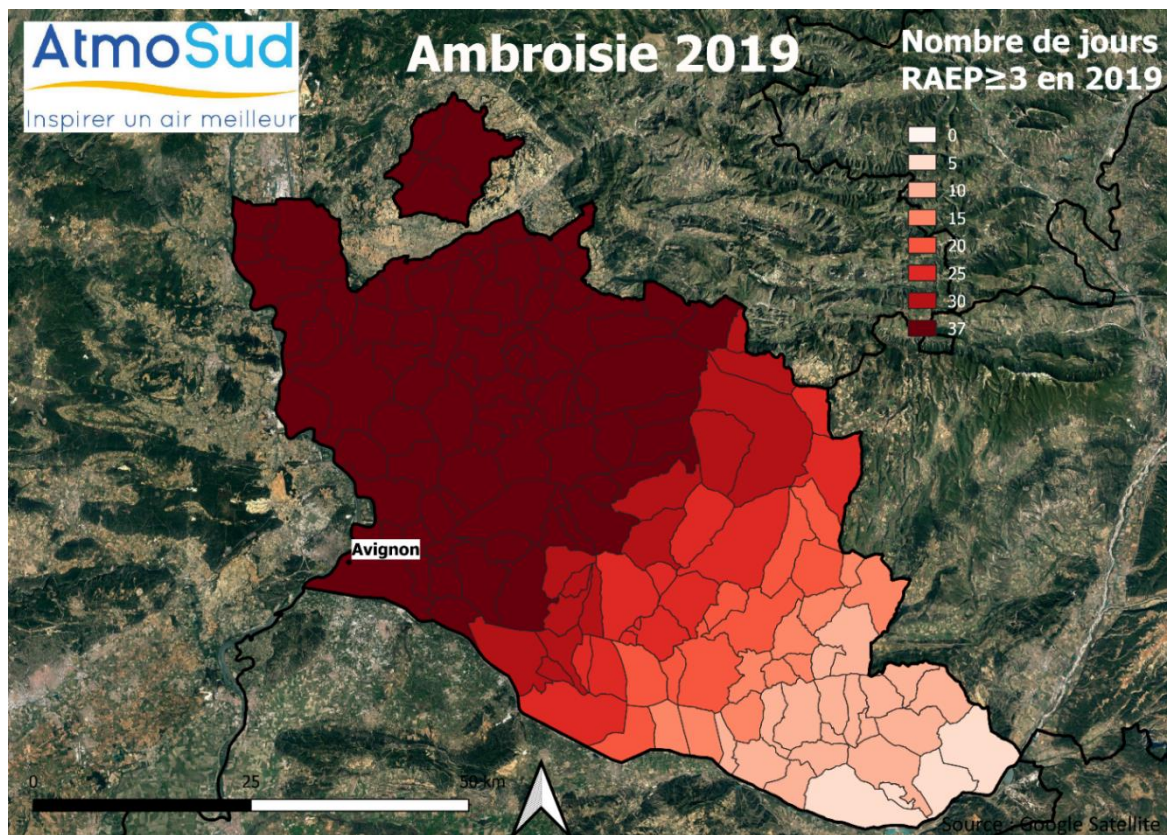


Figure 13 : Cartographie du nombre de jours où le risque allergique aux pollens d'ambroisie est supérieur ou égal à 3 (sur le Vaucluse, à l'échelle communale)

Il apparaît que le Vaucluse est fortement touché en 2019 par l'ambroisie avec des communes présentant un RAEP supérieur ou égal à 3 atteignant 37 jours sur la période modélisée (07 juillet – 28 octobre 2019), celles-ci se situant dans la partie Nord-Ouest du département (vallée du Rhône).

2.2.2 Sur la région

Les cartographies sur tout le territoire régional à l'échelle communale ont également été produites du fait de la modélisation sur un grand domaine d'étude de la dispersion de l'ambroisie.

2.2.2.1 Carte communale 2019 du nombre de jours où le RAEP ≥ 3

L'ouest des Bouches-du-Rhône est également longuement touché en 2019 avec certaines communes atteignant jusqu'à 33 jours avec un RAEP ≥ 3 .

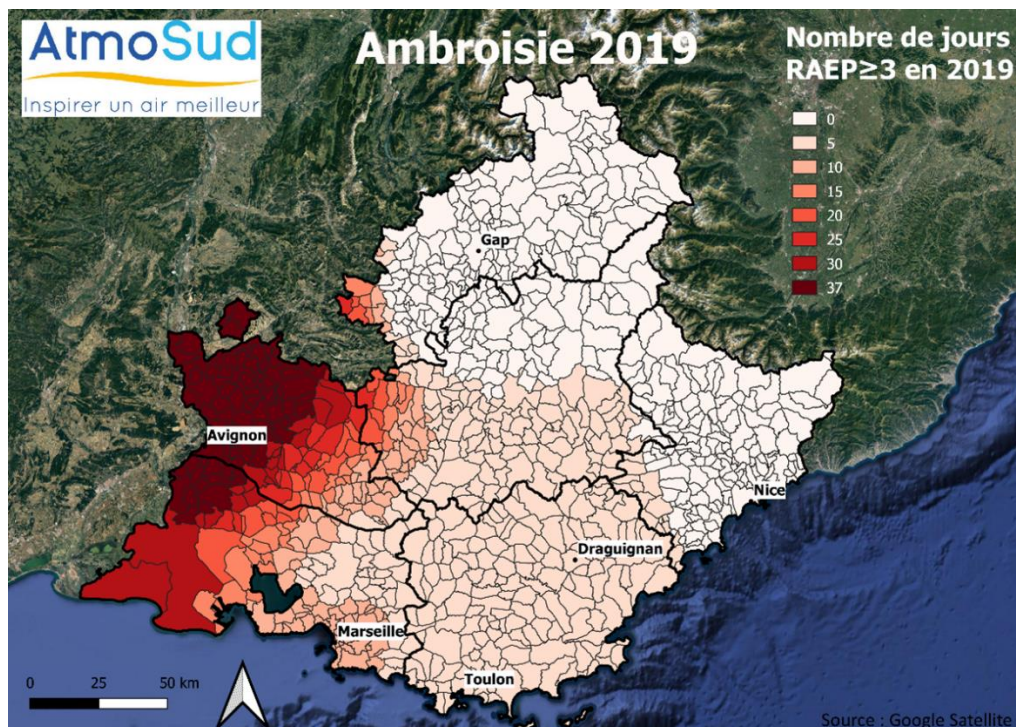


Figure 14 : Cartographie du nombre de jours où le risque allergique aux pollens d'ambroisie est supérieur ou égal à 3

2.2.2.2 Cartes communales journalières du risque allergique

Des cartes représentant le risque journalier allergique ont également été produites à l'attention de l'ORS afin que le croisement des données de consommation des médicaments et celui du risque allergique soit possible (voir [paragraphe 3](#)). Ces cartes sont issues de la validation des modélisations CHIMERE avec les données journalières aux stations grâce à l'interpolation par la méthode des voisinages décrites en [Annexe 2](#).

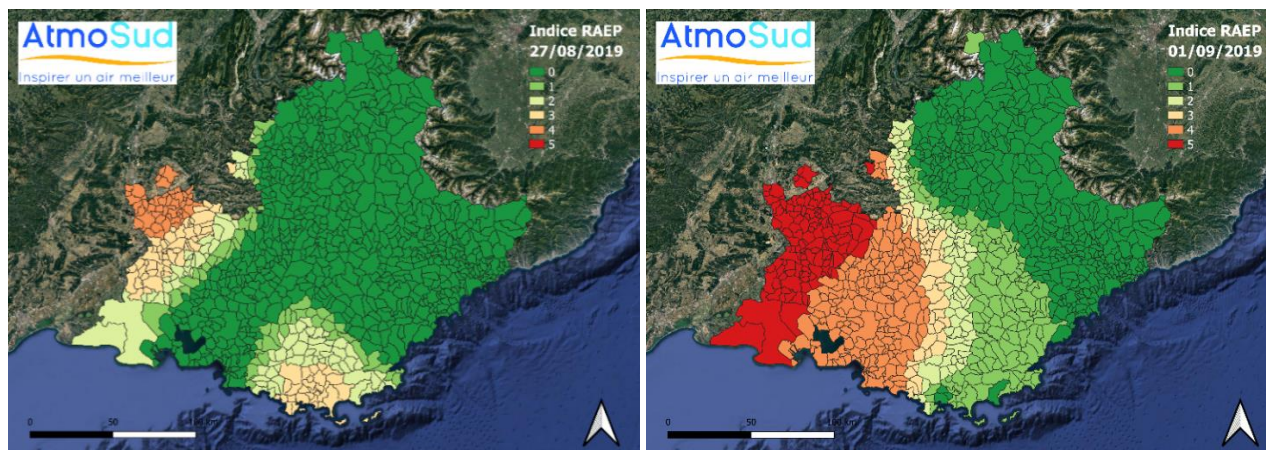


Figure 15 : Carte de risque allergique à l'ambroisie : à gauche, le 27/08/2019 et à droite, le 01/09/2019

2.2.3 Exposition de la population

L'exposition des populations a été calculée à partir des cartographies de modélisation à 3 kilomètres de résolution et d'un fichier de répartition de la population dans le bâti datant de 2017. La source des chiffres de population provient de la base de données MAJIC⁶ du LCSQA qui fournit la population répartie à l'échelle du bâti. Le graphique ci-dessous permet de représenter la population exposée à un RAEP supérieur ou égal à 3 selon le nombre de jours (par classe).

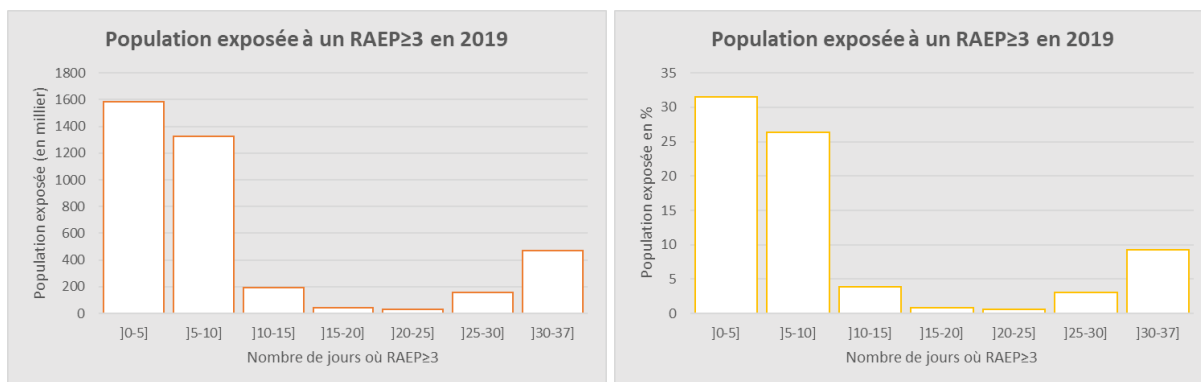


Figure 16 : Population exposée à un risque allergique lié à l'exposition aux pollens d'ambrosie supérieur à 3 en 2019 en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Ainsi, en 2019, on estime à environ 3 800 000 habitants de la région susceptibles d'avoir été exposés à un risque allergique supérieur ou égal à 3 pour l'ambrosie pendant au moins une journée, dont 1 580 000 pour cinq jours ou moins. Ce chiffre représente plus de 75% de la population de la région Provence-Alpes Côte d'Azur.

Le graphique ci-dessous permet de faire des zooms spécifiques sur cette population exposée par département.

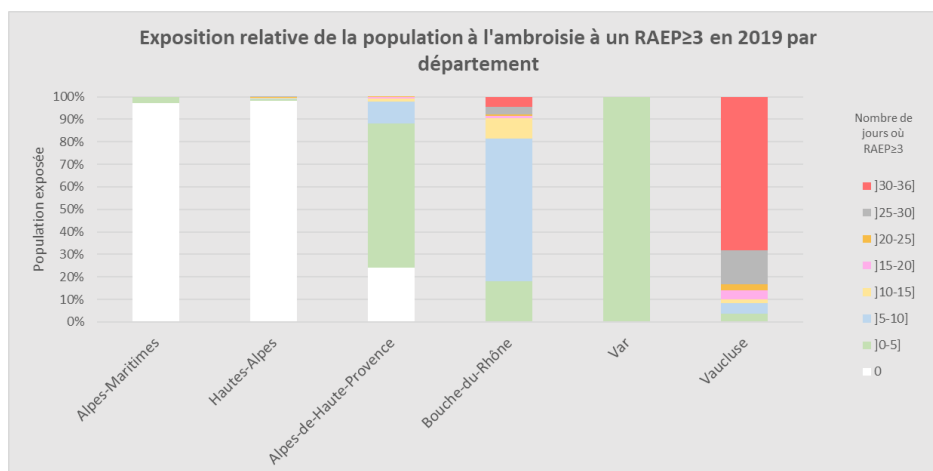


Figure 17 : Exposition de la population à un risque allergique supérieur à 3 pour chaque département

Dans le département du Vaucluse, mais également dans le Var et les Bouches-du-Rhône, c'est ainsi l'intégralité de la population qui a été estimée comme soumise à au moins une journée présentant un RAEP ≥ 3. En revanche, dans les Alpes maritimes et les hautes Alpes, ce pourcentage ne dépasse pas les 3%.

De plus, dans le Vaucluse (département le plus touché), près de 70% de la population est estimée comme soumise à plus de 30 jours à un RAEP ≥ 3, ce qui représente plus de 380 000 personnes impactées. Dans les Bouches-du-Rhône, ce chiffre n'atteint que 4%.

En comparaison par rapport à la région Auvergne-Rhône-Alpes [5], les départements de l'Ardèche et de la Drôme ont la quasi-totalité de leur population exposée à plus de 20 jours à un RAEP ≥ 3 quand pour le Vaucluse cette proportion de la population exposée atteint 86%.

⁶ https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/drc-15-144366-01026a_methodologiepopulation_vf.pdf

2.3 Conclusion

La méthodologie utilisée dans le cadre de la partie modélisation de ce projet a été adaptée de celle depuis longtemps appliquée par l'AASQA Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Celle-ci a permis, à partir des données d'inventaire, d'aboutir dans un premier temps à des concentrations journalières de nombre de grains de pollens d'ambroisie dans l'air ambiant, dont les résultats bruts ont été retraités à partir des mesures réalisées par le RNSA) l'aide de méthodes géostatistiques habituellement utilisées pour les concentrations de qualité de l'air.

A partir de ce résultat il a pu être proposé à l'attention de l'ORS

- Le Risque Allergique lié à l'Exposition au Pollen (RAEP) par commune et pour chaque jour de la saison pollinique
- La population exposée à un RAEP supérieur ou égal à 3 par commune et pour chaque jour de la saison pollinique

Les résultats confirment ce que les données de terrain et de mesures révèlent pendant la saison pollinique : sur la région, **le Vaucluse est le département le plus touché**, avec certaines communes présentant une estimation du RAEP supérieur ou égal à 3 jusqu'à 37 jours. Il est également estimé que sur ce département, comme pour les Bouches-du-Rhône et le Var, c'est l'intégralité de la population qui a été estimée comme soumise à au moins une journée présentant un RAEP ≥ 3 .

Ces résultats **restent à consolider** avec :

- Des **meilleures données d'entrée**, à savoir :
 - Un inventaire des plants d'ambroisie plus robuste, avec des informations sur la densité et un recensement accru qui sont indispensables pour obtenir de meilleurs résultats.
 - Des mesures mieux réparties spatialement avec le déploiement d'autres stations de mesure : seuls 7 sites de mesures sont disponibles sur la région (et 3 supplémentaires hors région), ainsi que l'absence de mesures sur le département des Alpes-de-Haute-Provence qui est particulièrement difficile à modéliser en raison de ce manque.
- Une **amélioration des performances du modèle** pourra également être entreprise en prenant en compte les températures et l'humidité dans un modèle phénologique de libération des pollens.

L'ensemble de ces développements permettront à l'été 2022 de finaliser une plateforme de prévision d'ambroisie, permettant de prévoir le risque allergique hebdomadaire sur la région.

3. Estimation de l'impact sanitaire de l'ambroisie en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Afin d'estimer l'impact sanitaire de l'ambroisie en Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'Observatoire régional de la santé (ORS) Provence-Alpes-Côte d'Azur s'est appuyé sur la méthodologie utilisée dans les travaux réalisés en Auvergne-Rhône-Alpes [ORS ARA, 2018], en prenant en compte certaines recommandations formulées par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) suite à son expertise sur ces travaux [1].

3.1 Aspects méthodologiques

3.1.1 Données de consommation de soins du Système national des données de santé (SNDS)

Afin de réaliser cette analyse de l'impact sanitaire de l'ambroisie dans la région, les bases de données du Système National des Données de Santé (SNDS) ont été utilisées, l'ORS bénéficiant d'un accès permanent à celui-ci. Ce système rassemble notamment les données de l'Assurance Maladie (base de remboursements de médicaments, tables référentielles de bénéficiaires « consommateurs », etc ...).

Les données de remboursements nécessaires à l'étude ont été extraites de la base Datamart Consommation Inter-Régimes Simplifié (DCIRS). Cette base concerne l'ensemble des régimes de l'Assurance Maladie (régime général y compris les sections locales mutualistes et l'ex-régime social des indépendants, régime agricole et régimes spéciaux).

La sélection de la population de l'étude a été faite à partir des tables annuelles de « consommateurs » fournies par la Caisse nationale d'assurance maladie (bénéficiaires tous régimes enregistrés dans le référentiel l'année considérée et ayant eu au moins un remboursement de soins au cours de cette année).

3.1.2 Population cible

Dans le cadre de cette étude, la population cible retenue a été définie comme les personnes âgées de 6 à 74 ans résidant en Provence-Alpes-Côte d'Azur ayant eu au moins un remboursement de médicaments antiallergiques « traceurs »⁷ durant la période de pollinisation de l'ambroisie⁸ dans la région, à savoir, pour 2019, entre le 17 juillet et le 11 octobre. Cette période de pollinisation de l'ambroisie a été définie par le RNSA à partir des mesures de pollens des 7 capteurs de la région.

Dans cette population « cible », deux sous-populations ont été distinguées pour certaines analyses :

- les personnes « fortement présumées allergiques à l'ambroisie » (ayant eu une délivrance de médicaments antiallergiques seulement durant la période de pollinisation de l'ambroisie)
- les personnes « allergiques probables » (ayant eu une délivrance de médicaments antiallergiques durant la période de pollinisation de l'ambroisie mais également hors pollinisation ambroisie, sur la période du 25/10/2019 au 31/12/2019⁹).

⁷ Médicaments identifiés comme tels dans les travaux d'Auvergne-Rhône-Alpes (médicaments étant utilisés pour le traitement de l'allergie à l'ambroisie et présentant un pic de consommation significatif sur la période de pollinisation de l'ambroisie).

⁸ La pollinisation de l'ambroisie se trouve individualisée dans sa période de floraison.

⁹ La fin d'année correspond à une période plus neutre en termes d'allergie (plus de pollens, fin des moisissures...) que le reste de l'année.

3.1.3 Population d'étude

Afin de pouvoir calculer des taux, la population cible doit être rapportée à un dénominateur correspondant à la population des personnes âgées de 6 à 74 ans résidant dans la région. En pratique, l'utilisation d'une source de données différente du SNDS n'étant pas recommandée au dénominateur pour des calculs de taux, la sélection de la population d'étude a été faite à partir des tables annuelles de « consommateurs » fournies par la Caisse nationale d'assurance maladie (CNAM), les consommateurs étant définis comme les bénéficiaires de tous régimes enregistrés dans le référentiel l'année considérée et ayant eu au moins un remboursement de soins au cours de cette année.

Pour cette étude, ont ainsi été considérés comme bénéficiaires de l'Assurance Maladie au cours de l'année 2019 tous les individus identifiés par la CNAM comme consommant au cours des années 2017 à 2019 (i.e., ayant reçu au moins un remboursement de soins au cours des 3 dernières années, permettant ainsi de comptabiliser les « non consommateurs » de l'année 2019 ayant consommé au cours des deux années précédentes). Parmi ces bénéficiaires, seuls les bénéficiaires résidant dans la région et âgés de 6 à 74 ans ont été retenus.

3.1.4 Définition de la prévalence de l'allergie à l'ambroisie

Dans le cadre de cette étude, la prévalence estimée de l'allergie à l'ambroisie est approchée par la part de personnes ayant eu au moins un remboursement de médicaments antiallergiques « traceurs » durant la période de pollinisation de l'ambroisie, dont la liste présentée en [Annexe 3](#), fournie par l'ORS Auvergne-Rhône-Alpes.

Les prévalences estimées de l'allergie à l'ambroisie ont été calculées en rapportant le nombre de bénéficiaires de 6 à 74 ans résidant dans la région ayant eu au moins un remboursement de médicaments antiallergiques « traceurs » au cours de la période de pollinisation de l'ambroisie (17 juil. – 11 oct.) au nombre de bénéficiaires de 6 à 74 ans résidant dans la région la même année (identifiés à partir des bases de consommateurs – voir § précédent).

Afin de pouvoir comparer les prévalences estimées observées sur différents territoires, celles-ci ont été standardisées sur l'âge, permettant de prendre en compte les différences de structures d'âges entre les territoires.

La prévalence standardisée¹⁰ de l'allergie à l'ambroisie est la prévalence que l'on observerait dans la population étudiée si celle-ci avait la même structure d'âge qu'une population de référence (ici la population de la France métropolitaine au recensement de la population 2017 - deux sexes, groupes d'âges décennaux 6-14, 14-24, ..., 65-74 ans).

3.1.5 Analyses complémentaires

Du fait de résultats non concordants entre la carte d'exposition aux pollens d'ambroisie et la carte de prévalence standardisée estimée de l'allergie à l'échelle des communes en 2019, des analyses complémentaires ont été menées sur la prévalence de l'allergie à l'ambroisie.

Ainsi, des analyses de régressions linéaires ont été conduites intégrant des facteurs susceptibles d'impacter les résultats : la précarité, l'offre de soins et la qualité de l'air. Trois variables ont ainsi été intégrées dans les modèles, représentant chacune de ces dimensions :

- Pour la précarité, c'est l'indice de désavantage social « French DEPrivation index » (FDEP) de 2015 de l'Insee qui a été retenu. Il s'agit d'un indicateur synthétique combinant 4 variables (taux de chômage, taux d'ouvriers, taux de bacheliers et revenu médian déclaré par unité de consommation) disponible sur l'ensemble du territoire à une échelle fine.
- Pour l'offre de soins, l'indicateur d'accessibilité potentielle localisée (APL) au médecin généraliste en 2018 de la Drees a été intégré. Cet indicateur correspond à un indicateur de densité « amélioré » car il tient compte de l'offre et de la demande des communes environnantes, du niveau d'activité des professionnels et de la structure par âge de la population.
- Pour la qualité de l'air, l'indice synthétique de qualité de l'air (ISA) en 2019 d'AtmoSud a été retenu. Il s'agit d'un indicateur synthétique d'exposition aux principaux polluants : dioxyde d'azote (NO₂), particules fines (PM10) et ozone (O₃) qui permet d'évaluer le niveau de pollution annuelle global, sur une échelle de 0 (très bon) à 100 (très mauvais) sur l'ensemble de la région.

¹⁰ La prévalence standardisée est la prévalence que l'on observerait dans la population étudiée si celle-ci avait la même structure d'âge qu'une population de référence.

3.2 Cartographies de prévalences estimées de l'allergie à l'ambroisie en 2019

Afin de prendre en compte certaines recommandations formulées par l'Anses [1] et d'étudier la sensibilité de l'indicateur, plusieurs cartographies ont été réalisées. Pour chacune d'elle, des paramètres différents ont été retenus (inclusion ou non des antiasthmatiques dans la liste de médicaments pris en compte, inclusion ou non des allergiques probables dans la définition prise en compte, niveau territorial représenté, ...).

En 2019, en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, plus de 434 000 personnes de 6 à 74 ans ont eu un remboursement de médicaments antiallergiques « traceurs » sur la période de pollinisation de l'ambroisie, soit une prévalence standardisée estimée de l'allergie à l'ambroisie de 8,9 % dans cette tranche d'âges.

La prévalence standardisée estimée de l'allergie à l'ambroisie varie de 0 % à 14,3 % selon les communes, avec des valeurs plus élevées sur le pourtour de l'Etang de Berre et les villes de Marseille, Toulon, Nice et leurs environs (voir Figure 19). À l'inverse, les valeurs les plus faibles sont principalement observées dans les départements alpins.

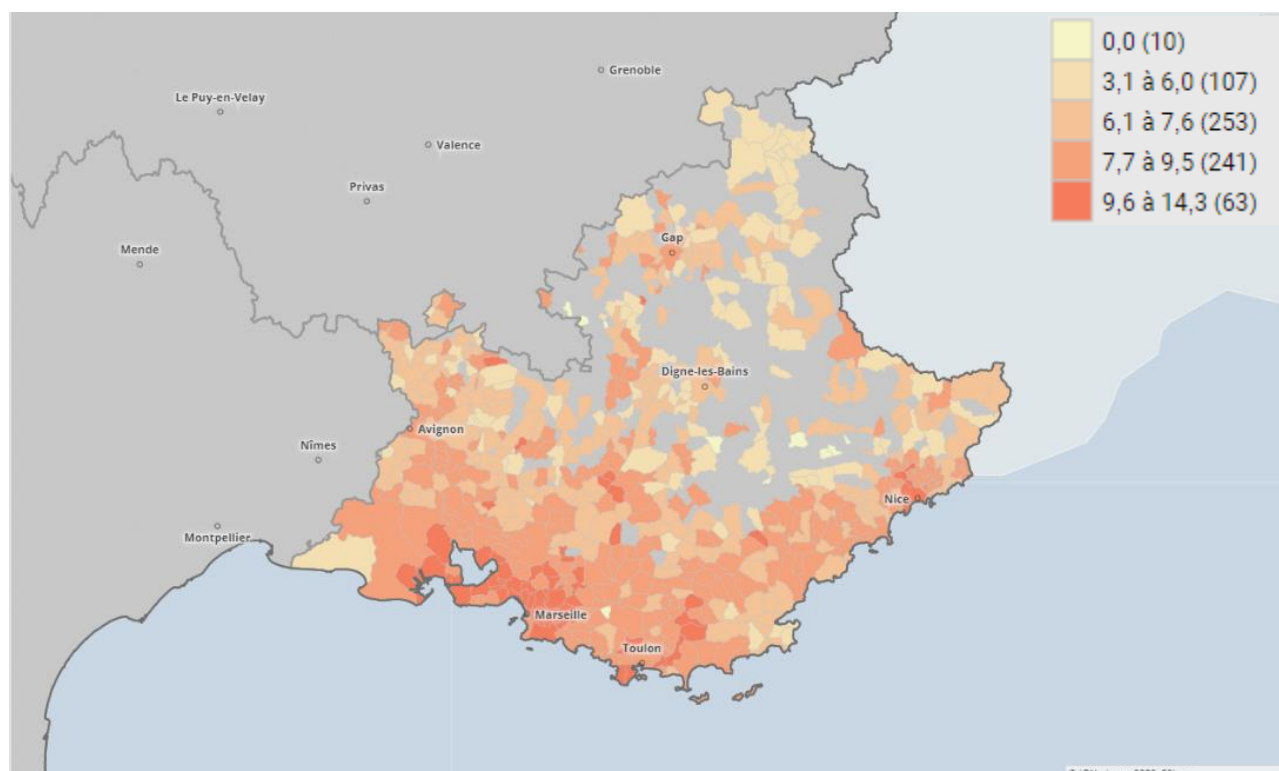


Figure 19 : Carte de la prévalence standardisée estimée de l'allergie à l'ambroisie chez les 6-74 ans en 2019 par commune (arrondissement pour Marseille)

Source : SNDS – exploitations ORS Paca

Les territoires grisés sur la carte correspondent à des effectifs faibles (effectifs non nuls inférieurs à 20)

Afin de lisser les variations observées, la cartographie a été réalisée au niveau des Espaces de santé de proximité¹¹ (ESP).

A cette échelle géographique, ce sont les espaces de santé de proximité du sud de la région et principalement ceux situés autour de l'Etang de Berre, de Marseille, Toulon et Nice qui ressortent comme étant les plus concernés par l'allergie à l'ambroisie (voir Figure 20).

¹¹ Ce niveau géographique correspond à un zonage défini par l'Agence régionale de santé, construit de manière à répondre simultanément à différentes contraintes : finesse géographique, conformité à la géographie physique, accès à des équipements de base et disponibilité à un moindre coût de données robustes en rapport avec la santé. Il y a 133 Espaces de santé de proximité (ESP) dans la région.

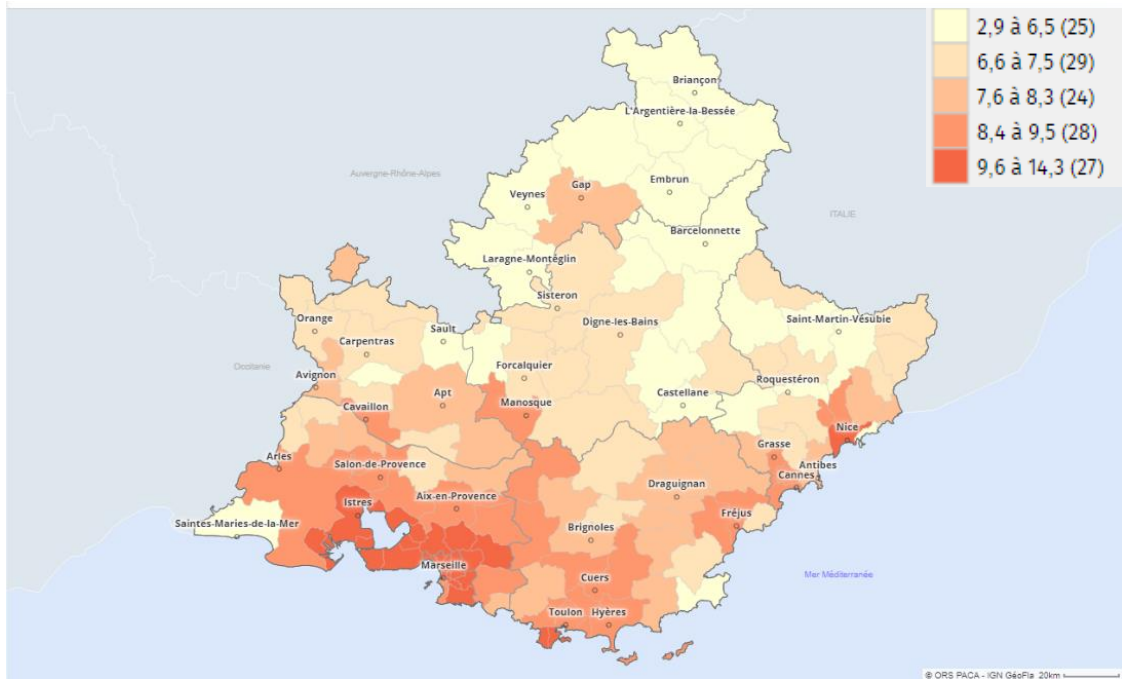


Figure 20 : Carte de la prévalence standardisée estimée de l’allergie à l’ambroisie chez les 6-74 ans en 2019 par espace de santé de proximité

Source : SNDS – exploitations ORS Paca

Ces données ne se superposent pas complètement aux résultats de l’étude réalisée par AtmoSud sur l’exposition aux pollens d’ambroisie, dans laquelle le Vaucluse est le département le plus exposé aux pollens d’ambroisie (voir **Figure 21**).

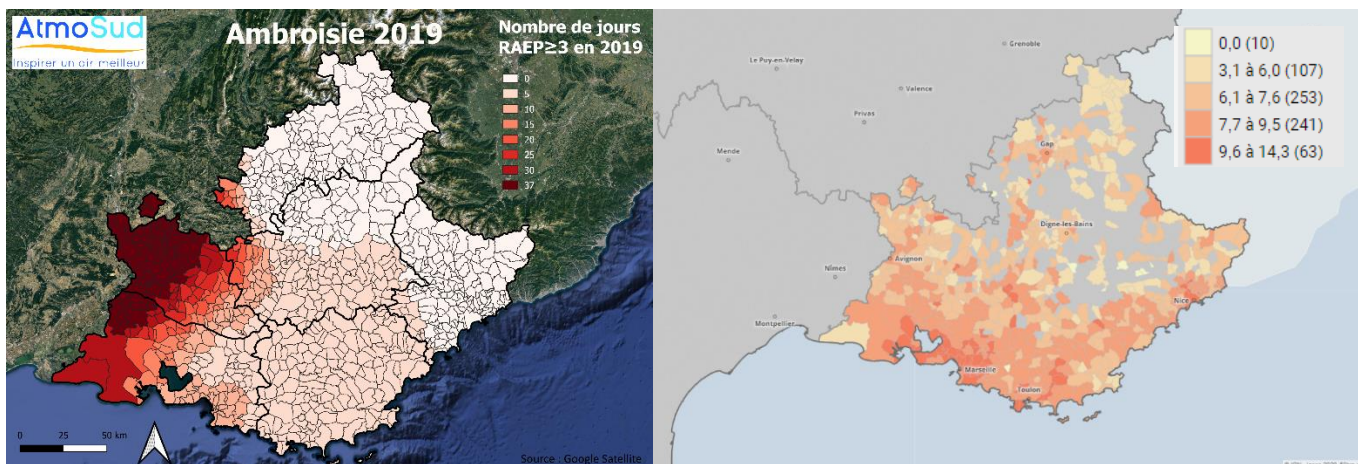


Figure 21 : Cartes du nombre de jours où le risque allergique aux pollens d’ambroisie est supérieur ou égal à 3 et de la prévalence standardisée estimée de l’allergie à l’ambroisie chez les 6-74 ans en 2019 par commune (arrondissement pour Marseille)

Source : AtmoSud / SNDS – exploitations ORS Paca

Les territoires grisés sur la carte correspondent à des effectifs faibles (effectifs non nuls inférieurs à 20)

Afin de disposer d'une fourchette haute et basse de l'estimation de la prévalence de l'allergie à l'ambroisie, une analyse a été menée en ne retenant que la population fortement présumée allergique (i.e. ayant eu au moins un remboursement de médicaments antiallergiques traceurs durant la période de pollinisation de l'ambroisie mais aucun remboursement dans la période hors pollinisation). En région, on estime à 5,6 % la population de 6-74 ans fortement présumée allergique à l'ambroisie (contre 8,9 % lorsque l'on ne distingue pas population fortement présumée allergique et population probablement allergique). La répartition spatiale est relativement similaire avec cette définition, avec des prévalences notamment plus élevées sur le pourtour de l'étang de Berre et autour de Marseille (voir [Figure 22](#)).

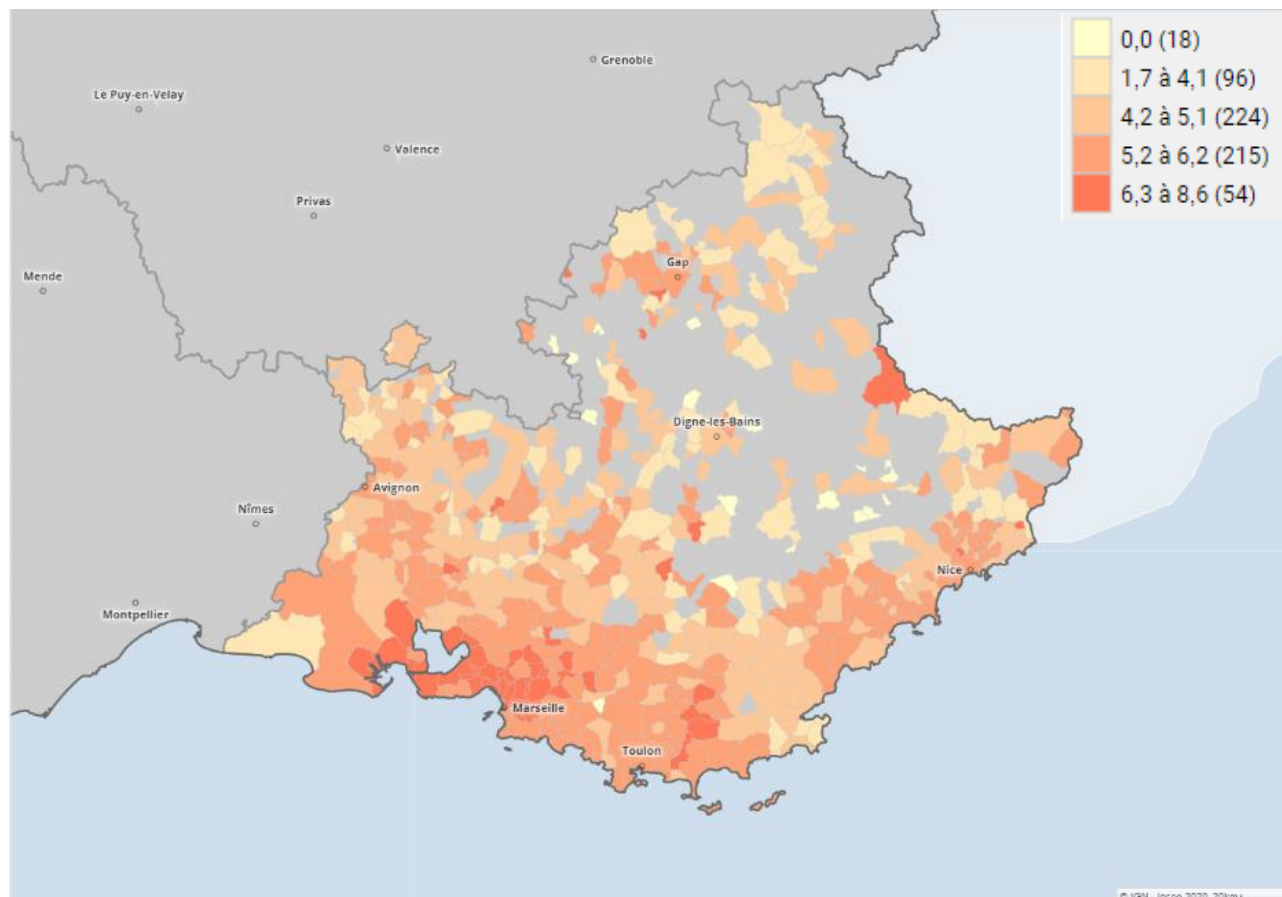


Figure 22 : Carte de la prévalence standardisée estimée de l'allergie à l'ambroisie (fortement présumée) chez les 6-74 ans en 2019 par commune (arrondissement pour Marseille)

Source : AtmoSud / SNDS – exploitations ORS Paca

Les territoires grisés sur la carte correspondent à des effectifs faibles (effectifs non nuls inférieurs à 20)

Comme le souligne le rapport Anses publié en 2020, les médicaments destinés aux maladies obstructives des voies respiratoires telles que l'asthme (classe thérapeutique R03) ne sont en général pas considérés dans la littérature pour identifier des individus allergiques sur la base des médicaments car la moitié des prescriptions de ces médicaments serait destinée à des sujets non asthmatiques (et donc sans lien avec une allergie). Une analyse excluant ces médicaments antiasthmatiques des médicaments « traceurs » retenus a été menée afin de donner une indication de l'incertitude de nos indicateurs selon les définitions retenues. En retenant cette définition, la prévalence estimée à l'allergie à l'ambroisie chez les 6-74 ans est très peu modifiée dans la région en 2019 : 8,8 % (contre 8,9 % lorsque l'on intègre l'ensemble des médicaments antiallergiques « traceurs » retenus dans l'étude d'Auvergne-Rhône-Alpes).

3.3 Analyses complémentaires sur les facteurs explicatifs des variations de prévalences observées

Les analyses de régressions linéaires simples menées sur les données communales ont montré :

- Un lien entre la prévalence estimée de l'allergie à l'ambroisie et la qualité de l'air (moins la qualité de l'air est bonne, plus la prévalence standardisée estimée de l'allergie à l'ambroisie est élevée).
- Un lien entre la prévalence estimée de l'allergie à l'ambroisie et l'offre de soins (plus l'offre de soins en médecins généralistes est élevée, plus la prévalence standardisée estimée de l'allergie à l'ambroisie est élevée).

Les analyses n'ont pas montré de lien entre prévalence de l'allergie à l'ambroisie et précarité.

Ces résultats ont également été retrouvés après ajustements sur les autres variables (modèle de régression multiple avec 3 variables dépendantes : indice de désavantage social - FDEP -, indice synthétique de qualité de l'air - ISA - et accessibilité potentielle localisée - APL -) (voir [Annexe 4](#)), la qualité de l'air expliquant 24 % de la variabilité observée de la prévalence standardisée estimée de l'allergie à l'ambroisie et l'offre de soins 2 %.

4. Conclusions

La présente étude, inscrite dans la stratégie du 3^{ème} plan national santé-environnement qui prévoit la surveillance et l'évaluation de l'ambrosie en France, a mené AtmoSud et l'Observatoire Régional de la Santé Provence-Alpes-Côte d'Azur (ORS PACA) à la conduite d'une étude air et santé liée à la problématique de l'ambrosie sur le territoire régional, dont l'objectif principal était d'articuler les résultats des prévisions de pollinisation **issus de la modélisation** (réalisée par AtmoSud) avec une **estimation de l'impact sanitaire pour la population** (réalisée par l'ORS).

En ce qui concerne la modélisation, la cartographie du Risque Allergique lié à l'Exposition de Pollen (RAEP) d'ambrosie en 2019 en Provence-Alpes-Côte d'Azur s'appuie sur la mise en œuvre d'une méthodologie adaptée pour notre région. Les principaux axes de cette méthodologie sont basés sur l'expérience d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes sur cette thématique et ont été consolidés par le rapport 2020 de l'ANSES [1], qui décrit en détail l'état de l'art de la modélisation des pollens en France et en Europe.

Les résultats confirment ce que les données de terrains et de mesures révèlent pendant la saison pollinique : **le Vaucluse et l'ouest des Bouches-du-Rhône sont particulièrement touchés** (certaines villes, jusqu'à 37 jours où le RAEP \geq 3). On dénombre sur toute la région 3 800 000 habitants susceptibles d'avoir été exposés à un risque allergique supérieur à 3.

Cependant, il apparaît que cette modélisation est dépendante de la **qualité des données d'entrée** et notamment celles relatives aux émissions de pollens. Trois axes d'amélioration doivent être mis en œuvre pour améliorer les concentrations modélisées :

- L'inventaire des plants d'ambrosie doit être le plus complet possible avec idéalement un dénombrement grossier du nombre de plants par signalement,
- Les mesures des concentrations de pollens d'ambrosie sont indispensables pour valider les résultats de modèle. Or, sur la région, la densité des points de mesure est très faible (Hautes-Alpes et Alpes-Maritimes) à nulle (Alpes-de-Haute-Provence).
- La libération des grains de pollens doit reposer sur des modèles phénologiques plus complexes prenant en compte la température et l'humidité, paramètres majeurs dans les émissions de pollens.

Ce projet est la première étape pour la mise en place d'une plateforme de modélisation des pollens d'ambrosie à l'échelle régionale visant à la **prévision** de carte hebdomadaire de risque allergique sur l'ensemble de notre région. A terme, elle pourrait également s'ouvrir à la prévision de pollens d'autres espèces.

En ce qui concerne l'analyse de l'impact sanitaire, elle s'appuie sur la prévalence estimée de l'allergie à l'ambrosie, approchée par la part de personnes ayant eu au moins un remboursement de médicaments antiallergiques « traceurs » durant la période de pollinisation de l'ambrosie.

Cette prévalence standardisée, de l'allergie à l'ambrosie varie selon les communes, avec des valeurs plus élevées sur **le pourtour de l'Etang de Berre et les villes de Marseille, Toulon, Nice et leurs environs**. À l'inverse, les valeurs les plus faibles sont principalement observées dans les départements alpins. **Ces données ne se superposent ainsi pas complètement aux résultats de la modélisation.**

Des analyses complémentaires menées sur les données communales ont montré un lien entre la prévalence estimée de l'allergie à l'ambrosie et la **qualité de l'air** ainsi que **l'offre de soins**, mais pas avec la **précarité**.

Le choix d'une période de pollinisation de l'ambrosie unique sur l'ensemble de la région a pu avoir des impacts sur les résultats, cette période pouvant varier d'un territoire à l'autre. L'approche d'une période de pollinisation unique pour l'ensemble de la région ou spécifique à chaque département semble insuffisante, la situation pouvant fortement varier d'une extrémité à l'autre du département. Une réflexion sur la façon de mieux prendre en compte la variation de la période de pollinisation sur le territoire pourrait être menée pour affiner ces travaux.

Par ailleurs, les analyses complémentaires permettent d'éclairer les résultats sur l'estimation de la prévalence de l'allergie à l'ambrosie calculée à partir des médicaments antiallergiques. En effet, d'autres facteurs peuvent être associés à cette consommation de médicaments comme une offre médicale plus importante et une moindre qualité de l'air.

Afin de suivre l'évolution de ces indicateurs et notamment l'étude des concentrations de pollens d'ambrosie avec le développement de nombreuses actions entraînant une montée en charge des signalements d'ambrosie sur la plateforme, il pourrait être envisagé de mettre à jour cette étude à moyen terme.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **ANSES** ; État des connaissances sur les impacts sanitaires et les coûts associés à l'ambroisie à feuilles d'armoise en France; 2020. 332 p. Disponible à partir de l'URL : <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2018SA0088Ra.pdf>
- [2] **Carsten Ambelas Skjøth, Yan Sun, Gerhard Karrer, Branko Sikoparija, Matt Smith, Urs Schaffner, Heinz Müller-Schärer.** ; Predicting abundances of invasive ragweed across Europe using a « top-down » approach ; 2019. Science of the Total Environment. 11p.
- [3] **L. Menut, R. Vautard, A. Colette, D. Khvorostyanov, A. Potier, L. Hamaoui-Laguel, N. Viovy, and M. Thibaudon.** ; A new model of ragweed pollen release based on the analysis of meteorological conditions ; 2014. Atmospheric Chemistry and Physics. 19p.
- [4] **Kurganskiy, A., Skjøth, C. A., Baklanov, A., Sofiev, M., Saarto, A., Severova, E., ... Kaas, E.** ; Incorporation of pollen data in source maps is vital for pollen dispersion models ; 2020. Atmospheric Chemistry and Physics. 24p
- [5] **Atmo Auvergne-Rhône-Alpes** ; Bilan de l'exposition de la population aux pollens d'ambroisie ; 2019. 20p. Disponible à partir de l'URL : https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/sites/ra/files/atoms/files/exposition_regionale_ambroisie_2019.pdf
- [6] **OS Auvergne-Rhône-Alpes** ; L'impact sanitaire de l'ambroisie en Auvergne-Rhône-Alpes : analyse des données médico-économiques 2017 ; 2018. 10p.

GLOSSAIRE

Sigles

Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ARS : Agence Régionale de Santé

Cnam : Caisse nationale d'Assurance Maladie

ESP : Espaces de santé de proximité

ISA : Indice Synthétique Air

ORS : Observatoire Régional de la Santé

SNDS : Système National des Données de Santé

Unité de mesures

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramme par mètre cube d'air
($1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{g} = 0,000001 \text{g}$)

Polluants

NO_2 : dioxyde d'azote

O_3 : ozone

PM 10 : Particules d'un diamètre $< 10 \mu\text{m}$

PM 2.5 : Particules d'un diamètre $< 2,5 \mu\text{m}$

ANNEXE 1

Modèle météorologique WRF

WRF¹² est un modèle méso-échelle de prévision météorologique utilisé par le National Weather Service des États-Unis et pour la recherche en simulation de l'atmosphère. La version 3.8 a été utilisée avec 34 niveaux verticaux jusqu'à 50 hPa avec des données analysées de type FNL (Final Analysis) utilisées comme conditions initiales. Les prévisions ont été réalisées sur trois domaines imbriqués de résolutions respectives 36 km, 12 km et 4 km (voir **Figure 18**). Les fichiers météo utilisés pour le modèle de dispersion sont uniquement ceux du plus petit domaine centré sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

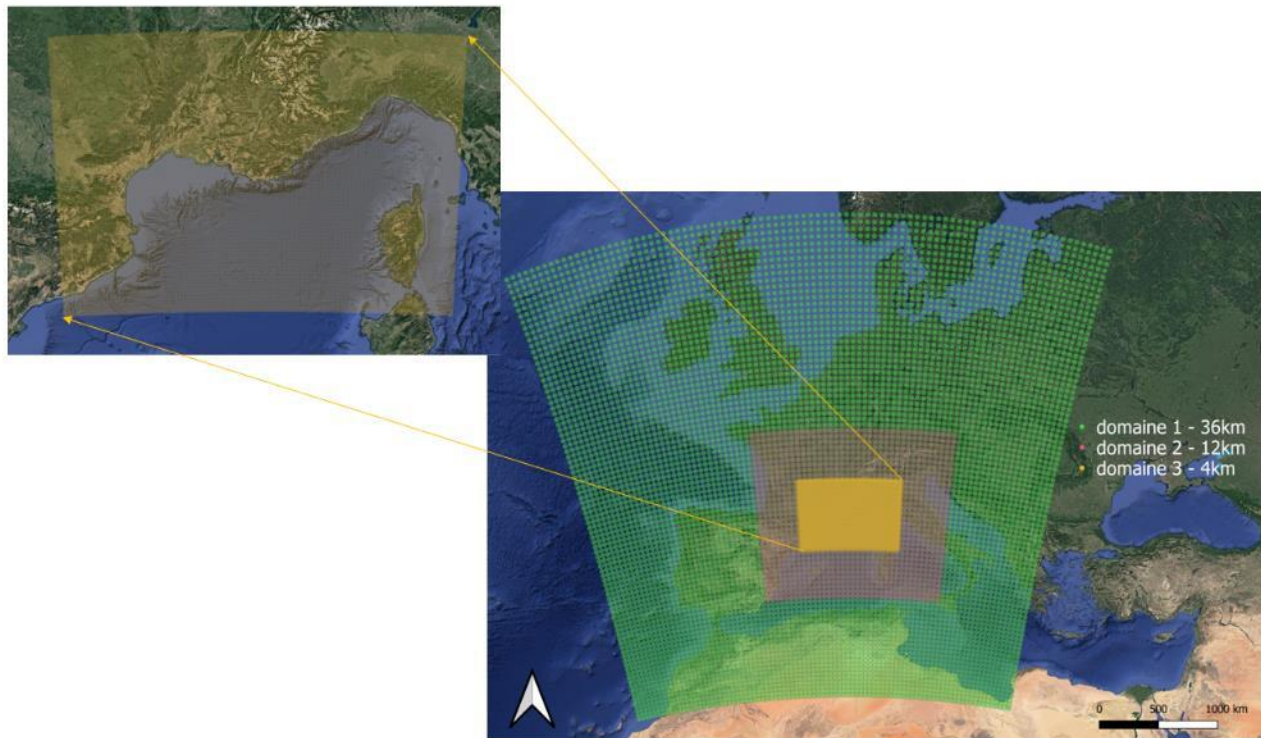


Figure 18 : Domaines de modélisation pour la météorologie

Modèle de chimie transport CHIMERE

CHIMERE¹³ est un modèle offline de chimie-transport développé par le LMD-IPSL/CNRS (Laurent Menut and Dimitry Khvorostyanov). Nous avons utilisé la version v2014b qui a été adaptée et configurée par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes pour la dispersion des pollens d'ambrosie. Nous avons défini un domaine d'une résolution de 3 km (102 x 95 mailles, voir **Figure 19**) avec une résolution verticale de 9 niveaux avec un premier niveau à 20-25m. Dans CHIMERE, les grains de pollens seront considérés comme des grosses particules inertes (un diamètre moyen de 25µm).

¹² Weather Research and Forecasting

¹³ <https://www.lmd.polytechnique.fr/chimere/>

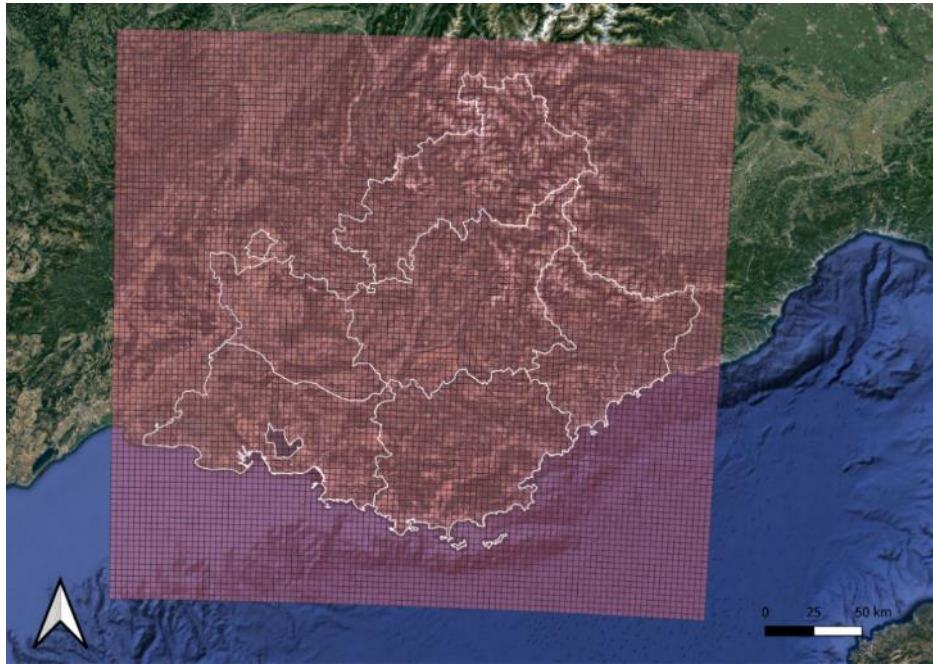


Figure 19 : Domaine de résolution de 3 km, utilisé dans le modèle CHIMERE

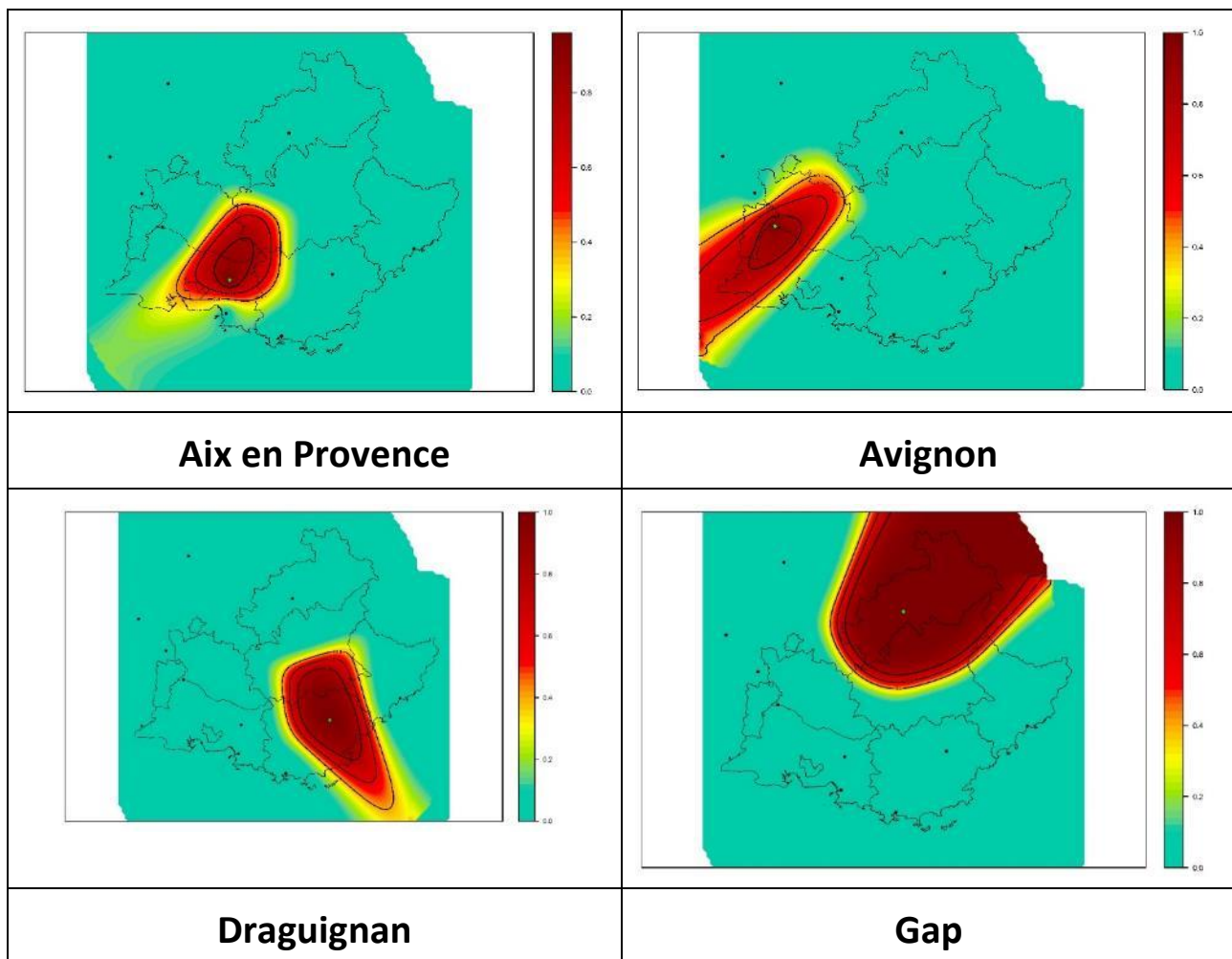
ANNEXE 2

Zone d'influence des stations considérées dans la correction géostatistique : calcul par la méthode des voisinages

L'assimilation des résultats de mesures de pollens se fait pour chaque journée de la saison pollinique 2019. La valeur modélisée au point de la station de mesure est corrigée par celle mesurée. Ailleurs dans le domaine, on applique une méthode d'interpolation sur l'écart « estimation-mesure » : on calcule des poids pour chaque station et pour chaque maille de la grille modélisée en appliquant une formule d'inverse distance où la puissance p de décroissance est une fonction exponentielle dépendante de la distance de la maille à la station de mesure :

$$\text{formule des poids} = \frac{1}{\text{distance}^p}$$
$$\text{où } p = 1 + \left(1 - e^{-\left(\frac{\text{distance}}{\text{portée}}\right)^{\text{degrés}}}\right)$$

Des tests de sensibilité ont été réalisés pour fixer une portée de 120km et un degré de décroissance de 2. Ces poids permettent d'attribuer à chaque station une zone d'influence (voir [Figure 20](#)). Ce calcul a été réalisé pour chaque station du RNSA considérée dans cette étude.



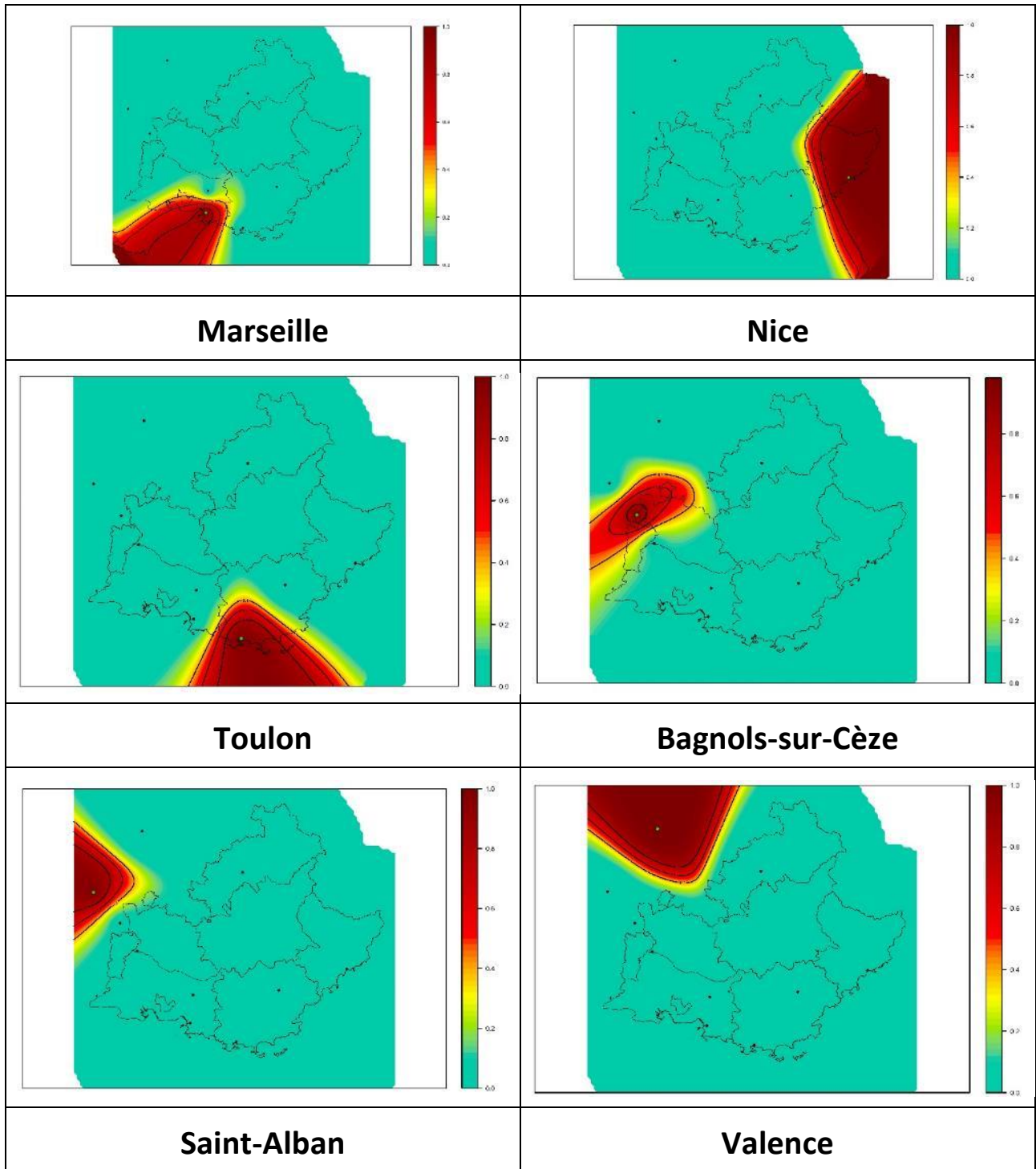


Figure 20 : Zone d'influence des stations de mesure (l'échelle de couleur représente le poids relatif de la station par rapport aux stations voisines)

ANNEXE 3

Liste des médicaments antiallergiques « traceurs » retenus dans l'étude

Libellé de la classe thérapeutique ATC	Codes de la classe thérapeutique ATC
Azelastine	R01AC03, S01GX07
Bilastine	R06AX29
Carbinoxamine	R06AA08
Cetirizine	R06AE07
Cromoglicique acide	R01AC01, S01GX01
Desloratidine	R06AX27
Epinastine	S01GX10
Fexofenadine	R06AX26
Flunisolide	R01AD04
Fluticasone furoate	R01AD12
Levocabastine	S01GX02
Levocetirizine	R06AE09
Lodoxamide	S01GX05
Loratadine	R06AX13
Mizolastine	R06AX25
Mometasone	R03BA07, R01AD09
Nedocromil	S01GX04, R03BC03
Olopatadine	S01GX09
Oxatomide	R06AE06
Rupatadine	R06AX28
Spaglumique acide	S01GX03
Tixocortol	R01AD07
Triamcinolone	R01AD11, H02AB08
Beclometasone	R01AD01
Fluticasone	R03BA05
Ketotifene	R06AX17
Budesonide	R01AD05
Ebastine	R06AX22

ANNEXE 4

Résultats de la régression linéaire multiple

Variable d'intérêt : prévalence standardisée estimée de l'allergie à l'ambroisie chez les 6-74 ans en 2019 par commune

Variables dépendantes : FDEP (indice de défavorisation sociale), ISA (indice synthétique de qualité de l'air) et APL (accessibilité potentielle localisée, indicateur d'offre de soins en médecine générale)

Prévalence standardisée de l'allergie à l'ambroisie - N=674 (R ² = 0.26)				
Régression linéaire multiple ajustée sur les 4 variables de stratification	Valeur estimée	95% CL	Pr > |t|	R ² partiel
ISA_2019 (réf. [20-30])				
[30-40[	1,49	[1.13;1.85]	<.0001	0,24
[40-50[	2,25	[1.87;2.63]	<.0001	0,24
[50-60[	3,17	[2.60;3.74]	<.0001	0,24
[60-70[	5,19	[3.75;6.63]	<.0001	0,24
Indicateur APL MG 2018 [0;26.9]				
	0,14	[0.07;0.21]	<.0001	0,02
Indicateur FDEP 2015 [-4.8;3.8]				
	0,05	[-0.06;0.16]	0.3838	0,00

Analyses réalisées sur 674 communes (arrondissements pour Marseille) de la région, communes pour lesquelles l'effectif est non nul et supérieur à 20

95% CL : intervalle de confiance à 95 % du paramètre estimé

AtmoSud, votre expert de l'air en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur



Un large champ d'intervention : air/climat/énergie/santé

La loi sur l'air reconnaît le droit à chaque citoyen de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Dans ce cadre, AtmoSud évalue l'exposition des populations à la pollution atmosphérique et identifie les zones où il faut agir. Pour s'adapter aux nouveaux enjeux et à la demande des acteurs, son champ d'intervention s'étend à l'ensemble des thématiques de l'atmosphère : polluants, gaz à effet de serre, nuisances, pesticides, pollens... Par ses moyens techniques et d'expertise, AtmoSud est au service des décideurs et des citoyens.

Des missions d'intérêt général

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 confie la surveillance de la qualité de l'air à des associations agréées :

- Connaître l'exposition de la population aux polluants atmosphériques et contribuer aux connaissances sur le changement climatique
- Sensibiliser la population à la qualité de l'air et aux comportements qui permettent de la préserver
- Accompagner les acteurs des territoires pour améliorer la qualité de l'air dans une approche intégrée air/climat/énergie/santé
- Prévoir la qualité de l'air au quotidien et sur le long terme
- Prévenir la population des épisodes de pollution
- Contribuer à l'amélioration des connaissances

Recevez nos bulletins

Abonnez-vous à l'actualité de la qualité de l'air : <https://www.atmosud.org/abonnements>

Conditions de diffusion

AtmoSud met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ces travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur notre site Internet.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'AtmoSud. Toute utilisation de données ou de documents (texte, tableau, graphe, carte...) doit obligatoirement faire référence à AtmoSud. Ce dernier n'est en aucun cas responsable des interprétations et publications diverses issues de ces travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.



Siège social : 146, rue Paradis « Le Noilly Paradis » - 13294 Marseille cedex 06
Établissement de Martigues : route de la Vierge 13500 Martigues
Établissement de Nice : 37 bis, avenue Henri Matisse - 06200 Nice
Tél. 04 91 32 38 00 - Télécopie 04 91 32 38 29 - contact.air@atmosud.org



Suivez-nous sur

