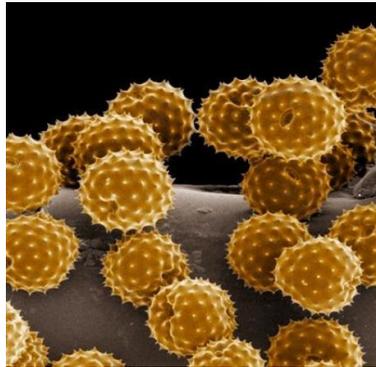


Master 2 Santé Publique et Risques Environnementaux

Impact sanitaire lié à l'exposition aux pollens



Dheliat Jesca IBARA

Maitre de stage : **Michel THIBAUDON**

11 Chemin de la Creuzille, Le Plat du Pin

69690 BRUSSIEU

Stage effectué du 04 mars au 03 septembre 2013

Étude réalisée grâce aux données PHD (Patient's Hayfever Diary)

U. Berger and M. Smith

Medical University Vienna, Department of Oto-Rhino-Laryngology

REMERCIEMENTS

J'adresse mes plus sincères remerciements à mon Maître de stage, Mr Michel Thibaudon, directeur du RNSA, pour m'avoir accueillie durant six mois au sein de l'association et m'avoir accordé toute sa confiance pour participer à la réalisation de ce projet. Ces 6 mois passés au RNSA ont été l'occasion d'un réel travail de collaboration et d'une véritable réflexion commune qui, je l'espère, conduira à enrichir le projet.

J'exprime toute ma reconnaissance à Charlotte Sindt, technicienne du RNSA, pour avoir consacré son temps à me former sur les pollens.

Je remercie également Gilles Olivier pour son aide essentielle, sa sympathie, et pour sa confiance durant toute la période de mon stage.

Un grand merci également à Solene Poilane pour le service du transport qu'elle m'a rendu tout le long de mon stage, c'est très touchant de sa part.

Merci encore à Mr Michel Thibaudon pour tout son soutien, son aide et pour ses actes de charité envers moi.

Je remercie toute l'équipe du RNSA pour leur accueil chaleureux et leur gentillesse.

Un grand merci à Mr Cyril Harpet, l'un des responsables pédagogiques de la formation, sans qui je n'aurais pu effectuer ce stage.

Je remercie beaucoup ma famille. Une reconnaissance toute particulière à mon grand frère Guy-Bruno Ibara, grâce à qui j'ai pu poursuivre mes études en France.

Enfin je remercie de tout cœur mon fiancé Rolle Itoua pour son soutien moral, sa charité et ses encouragements, qui m'ont été très précieux tout le long de mon stage.

Merci

LISTE DES ABRÉVIATIONS

DDP : Date de début de pollinisation

DFP : Date de fin de pollinisation

EAN : European Aeroallergen Network

Fig : Figure

GCP : granules cytoplasmiques

Jr : Jour

m³ : mètre cube

RAEP : Risque allergique lié à l'exposition aux pollens équivalent à l'indice allergo-pollinique.

PHD: Patient's Hay-fever Diary

RNSA : Réseau National de Surveillance Aérobiologique

R² : Coefficient de détermination

r_p: Coefficient de corrélation de Pearson

r_s: Coefficient de corrélation de Spearman

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

-TABLEAUX-

Tableau I : Résultats des tests statistiques année 2010

Tableau II : Résultats des tests statistiques année 2011

Tableau III : Résultats des tests statistiques année 2012

Tableau IV : Résultats des tests statistiques année 2010 à 2012 (sur 3 ans)

Tableau V : Résultats des tests statistiques pour le bouleau au niveau régional

-FIGURES-

Figure 1 : Organigramme du RNSA.

Figure 2 : Le grain de pollen.

Figure 3 : Le grain de pollen.

Figure 4 : Exemples de quelques pollens présentant des formes différentes.

Figure 5 : Questionnaire du "Journal pollinique".

Figure 6 : Concentration des pollens de bouleau en fonction du score-symptôme des patients.

Figure 7 : Concentration des pollens de Poacées en fonction du score-symptôme des patients.

Figure 8 : Concentration des pollens de Cupressacées en fonction du score-symptôme des patients.

Figure 9 : Concentration des pollens d'ambroisie en fonction du score-symptôme des patients

Figure 10 : Comparaison entre la sensibilité des patients vivant dans la région Sud-Est et celle des patients vivant dans la région Sud-Ouest.

Figure 11 : Comparaison entre la sensibilité des patients vivant dans la région lyonnaise et celle des patients vivant dans la région parisienne.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

LISTE DES ABRÉVIATIONS	1
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	1
SOMMAIRE	3
RESUME	5
ABSTRACT	5
PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	7
I. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	8
1. INTRODUCTION.....	8
2. CADRE RÉGLEMENTAIRE.....	9
3. LE POLLEN.....	10
3.1. Structure et aspect physiologique	10
3.2. Production et dispersion pollinique	10
3.3. La pollinose et mécanisme de l'allergie.....	11
3.3.1. L'hypersensibilité immédiate	11
3.3.2. L'hypersensibilité retardée	12
3.4. Potentiel allergisant	12
3.5. Risque allergique.....	12
3.6. Pollen et Pollution atmosphérique.....	12
II. ÉTUDE D'EXPOSITION ET D'IMPACT SANITAIRE	13
1. MATERIEL ET METHODE.....	13
1.1. Type d'étude.....	13
1.2. Recueil des données de l'étude.....	14
1.3. Données d'exposition aux pollens.....	14
1.3.1. Données métrologiques	14
a) Analyse pollinique	14
b) Identification des pollens	15
1.3.2. Données phénologiques.....	15
1.3.3. Paramètres météorologiques.....	16
1.4. Données d'impact sanitaire	16

1.4.1.	Journal pollinique.....	16
a)	Utilisation du journal pollinique.....	17
b)	Calcul du Score symptôme.....	17
1.4.2.	Sélection des patients et choix des taxons.....	18
1.4.3.	Réaction aux pollens dans différentes régions de la France.....	18
1.5.	Méthode statistique.....	18
1.5.1.	Représentation graphique.....	19
1.5.2.	Traitement statistique des données d'exposition et d'impact sanitaire.....	19
1.5.3.	Calcul du seuil minimal du déclenchement des symptômes.....	19
2.	RÉSULTATS.....	20
2.1.	Résultats des graphiques.....	20
2.1.1.	Bouleau (2010 à 2012).....	20
2.1.2.	Poacées (2010 à 2012).....	21
2.1.3.	Cupressacées sur 3 ans (2010 à 2012).....	22
2.1.4.	Ambrosie sur 3 ans (2010 à 2012).....	23
2.1.5.	Réaction des patients face aux pollens de bouleau au niveau régional (2010-2012).....	23
2.2.	Résultats des tests statistiques.....	24
3.	DISCUSSION.....	26
4.	CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	29
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	30
	LISTE DES ANNEXES.....	33

RESUME

La pollinose encore appelée rhume des foins est une allergie due aux pollens. La fréquence de cette affection a augmenté depuis plusieurs décennies. En France 10 à 20 % de la population est allergique aux pollens. Le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (RNSA) qui analyse le contenu biologique de l'air est chargé d'informer le public sur le risque allergique. De nombreux autres facteurs dont les polluants atmosphériques et les facteurs météorologiques sont également pris en compte.

Dans cette étude les objectifs étaient d'établir une relation dose-réponse entre la concentration pollinique et la gravité des symptômes, et aussi de déterminer le seuil de sensibilité de chaque patient en tenant compte de la région, des paramètres météorologiques, et des données phénologiques annuelles.

Les pollens étudiés ont été sélectionnés parmi les taxons les plus allergisants dont l'ambroisie, le bouleau, les familles de Cupressacées-Taxacées et de Poacées. Les données d'exposition pollinique étaient fournies par des capteurs et correspondent aux concentrations journalières de pollens. Les données d'impact sanitaire étaient obtenues à partir du score-symptôme des patients. Ce score-symptôme est calculé à partir des symptômes ressentis directement par les patients et dont les données sont accessibles en ligne dans une base de données appelée "journal pollinique" ou PHD. Les corrélations entre ces facteurs étaient effectuées en utilisant les coefficients de corrélation de Spearman et de Pearson.

Les résultats montrent bien qu'il y a une relation dose-réponse entre les concentrations polliniques et les symptômes ressentis par les patients pour tous les pollens allergisants étudiés. Les seuils de déclenchement des symptômes varient d'un taxon à un autre, mais peuvent aussi, pour un même taxon, varier légèrement d'une année à une autre. Les intensités de réaction face aux pollens peuvent aussi varier d'une région à une autre. Ces variabilités sont influencées d'une part par les facteurs climatiques, et d'autre part par la présence de polluants atmosphériques qui influenceraient non seulement la production et la dispersion des grains de pollens, mais aussi la sensibilité des patients.

En conclusion cette étude a pu mettre en évidence une relation entre impact sanitaire et exposition aux pollens. Cette relation peut donc être établie à partir des symptômes ressentis directement par les patients et dont les données découlent du questionnaire du journal pollinique ou PHD. Enfin l'allergie aux pollens nécessite une prise en charge par de nombreux acteurs, dont le RNSA, mais aussi les pouvoirs publics au niveau national ou régional, le corps médical, et l'ensemble des opérateurs chargés du choix, de la commercialisation et de l'entretien des espèces végétales.

Mots clés : Pollen, exposition, impact sanitaire, journal pollinique, corrélation.

ABSTRACT

Pollinosis also called hay fever is caused by an allergic reaction to pollen. The frequency of this disease has increased since several decades. In France from 10 to 20 % of the population is allergic to pollen. The National Network of Aerobiological Monitoring (NNAM) analyzing the organic content of the air is responsible for informing the public about the risk of allergies. Many other factors, including air pollutants and meteorological factors are also taken into account.

The objectives of this study were to establish a dose response relationship between pollen concentration and the severity of symptoms, and also to determine sensitivity threshold of each patient by taking into account the region, the meteorological parameters, and annual phonological data.

Pollens studied were selected among the most allergenic taxa and included ragweed, birch, Poaceae and Cupressaceae-Taxaceae families. Pollen exposure data were provided by sensors and correspond to the daily pollen concentrations. The health impact data were obtained from the score-symptom patients. This score-symptom is calculated from the symptoms experienced by the patients and the data are available online in a database called 'Pollen Diary' or PHD. The correlation between these factors was performed using the Spearman and Pearson coefficients of correlation.

Results showed that there is a dose response relationship between pollen concentrations and the symptoms experienced by patients for the allergenic pollens studied. The thresholds triggering symptoms vary from one taxon to another, but can also vary slightly, for one taxon, from one year to another. The intensity of the reaction to pollen may also vary from one region to another. This variability is influenced in part by climatic factors, and secondly by the presence of air pollutants that would affect not only the production and dispersal of pollen, but also the sensitivity of patients.

In conclusion this study has been able to demonstrate a relationship between health effects and exposure to pollens. This relationship can be derived from the symptoms experienced by patients and documented in the PHD. Finally, pollen allergy requires support from many actors, including the RNSA, but also public authorities at national or regional level, the medical profession, and all operators in charge of the selection, marketing and maintenance of plant species.

Keys words: Pollen, exposure, health effects, Pollen Diary, correlation.

PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

Le Réseau National de Surveillance Aérobiologique (R.N.S.A.) est une association loi de 1901, créée en 1996 pour poursuivre les travaux réalisés depuis 1985 par le laboratoire d'Aérobiologie de l'Institut Pasteur à Paris. Ce réseau a pour objet principal l'étude du contenu de l'air en particules biologiques pouvant avoir une incidence sur le risque allergique pour la population, c'est à dire l'étude du contenu de l'air en pollens et en moisissures ainsi que du recueil des données cliniques associées.

Le RNSA fonctionne grâce à un Conseil d'Administration composé de cliniciens, d'analystes et de membres fonctionnels et d'un Conseil Scientifique composé de membres représentant la Direction Générale de la Santé, l'Institut de Veille Sanitaire, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique, ainsi que des spécialistes en allergologie, en palynologie et en analyses biologiques.

Missions

Sa mission est avant tout celle de service public. Le RNSA est chargé de réaliser les bulletins d'information et de fournir ces informations auprès des autorités de santé, du corps médical et de la population. Ces bulletins d'information sont établis à partir des quantités de pollens mesurées grâce à des capteurs, des prévisions météorologiques pour les jours à venir, du stade phénologique des végétaux et de l'intensité des symptômes constatés par les médecins chez leurs patients allergiques aux pollens. Le RNSA est aussi chargé de publier chaque semaine sur son site internet, des cartes des vigilances afin de prévenir et ainsi diminuer les conséquences du risque allergique dans chaque ville.

Enfin le RNSA participe à des programmes de recherche français (Primequal, Polpat, etc.) et européens (Asthma, Monalisa, Hialine, Cost ES 0603, Cost FA 1206).

Le personnel

Le RNSA est composé d'un directeur, d'une secrétaire comptable, d'une formatrice, d'un responsable recherche développement, de 4 techniciens en aérobiologie chargés de la gestion des bases de données, de la gestion technique, et de l'assurance qualité. Certains de ces techniciens sont également formateurs et participent à la recherche et développement (Fig. 1).

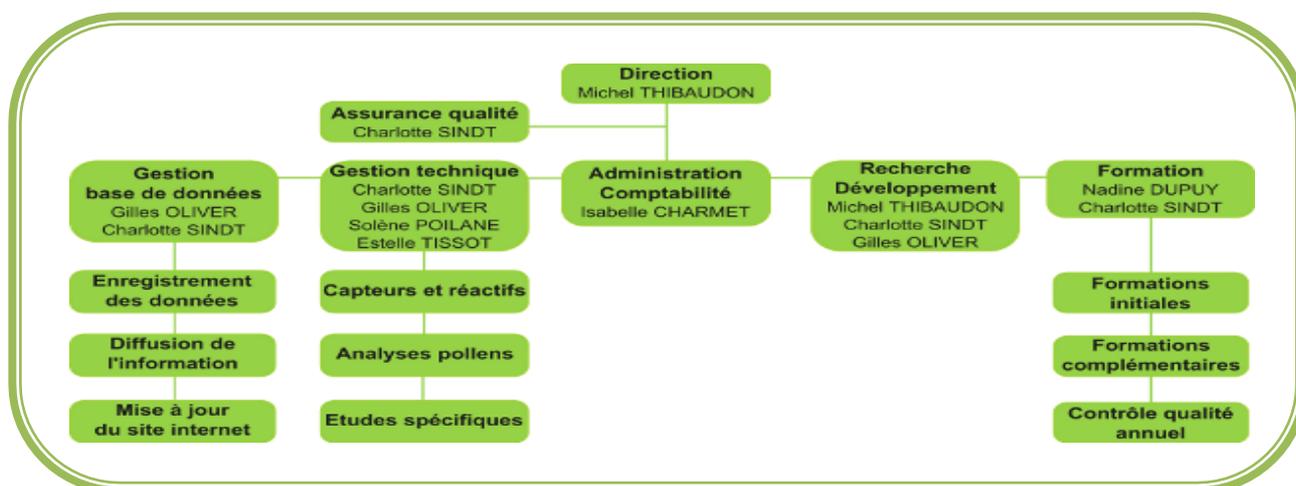


Fig. 1 : Organigramme du RNSA

I. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

1. INTRODUCTION

Comme tous les êtres vivants, les végétaux doivent se reproduire pour assurer leur descendance. Par exemple, les plantes à fleurs libèrent du pollen : la semence mâle qui renferme le matériel génétique de la plante. Emporté par le vent ou par les insectes, le pollen peut rencontrer éventuellement le stigmate, partie femelle d'une fleur d'une variété sexuellement compatible et ainsi féconder l'ovule pour produire une graine. Cet événement, appelé pollinisation, est capital pour la reproduction des plantes à fleur ; il est, par là, nécessaire à la préservation de notre environnement, à l'aspect de nos villes et même à notre moral.

Cependant, une fois les pollens en suspension dans l'air, l'homme fonctionne comme une sorte d'aspirateur à chaque inspiration et peut être sujet à des allergies. Les réactions allergiques aux pollens auraient doublé en dix ans ce qui justifie la surveillance de la qualité biologique de l'air.

En France, 10 à 20 % de la population est allergique aux pollens et les pollinoses semblent être en augmentation : les ventes de médicaments antihistaminiques augmentent en effet de 5 à 10 % chaque année depuis 20 ans (Charpin *et al.*, (2000)). Ainsi une étude transversale menée par interrogation des bases de données de remboursement de l'assurance maladie (régime général) sur l'année 2000 a estimé que le taux de prévalence annuel de patients ayant été remboursés pour des médicaments de la classe des antiasthmatiques était de 10,8 % en France. Au sein du territoire national, deux zones de forte prévalence se distinguaient : le Sud-Ouest et le Nord de la France. (Deprez *et al.*, (2004)). En effet les pollinoses peuvent provoquer chez les personnes allergiques, des symptômes comme les rhinites, les conjonctivites, mais aussi des complications respiratoires de gravité variable (toux irritative, trachéite, asthme,...) et plus rarement des manifestations cutanées (urticaire, eczéma) (Bousquet *et al.*, (2001) et Thibaudon *et al.*, (2004)).

L'ampleur du problème ainsi posé pour la santé publique a justifié, comme dans la plupart des pays, la création d'un réseau de mesure du contenu pollinique de l'air. En France, c'est le RNSA (réseau national de surveillance aérobiologique) qui étudie le contenu de l'air en particules biologiques. Le dénombrement et l'identification des grains de pollen sur plusieurs années par ce réseau permettent d'estimer et, par la suite, de prévoir les dates de pollinisation de diverses familles de végétaux (donc de mettre en place une action préventive au bénéfice des allergiques), mais aussi de déceler d'éventuelles modifications de la flore atmosphérique et d'en avertir les allergologues. Or, en un lieu donné, les dates de pollinisation et les quantités de pollen présentes dans l'air varient fortement d'une année à l'autre, en fonction du temps qu'il fait au moment de la floraison et du temps qu'il a fait durant les semaines ou les mois qui l'ont précédée. L'étude des pollens et des pollinoses ne peut donc pas être séparée de celle du contexte météorologique (Halevy *et al.*, (2001) et Vázquez *et al.*, (2003)).

Certaines études ont également montré que les symptômes cliniques causés par les allergies au pollen sont directement liés à la concentration et au type d'aéroallergènes auxquels est exposé le patient (Rapiejko *et al.*, (2007)). La relation à court terme entre les variations

journalières des rhinites et conjonctivites et les variations journalières des comptes polliniques a également été mise en évidence (Zeghnoun *et al.*, (2005)). Cet impact sanitaire dû à l'exposition au pollen peut également se mesurer par l'étude de la consommation médicamenteuse (Fuhrman *et al.*, (2007)).

Dans cette étude le but est d'établir une relation dose-réponse entre l'impact sanitaire et l'exposition aux pollens. Les données d'exposition pollinique seront fournies par des capteurs, les données d'impact sanitaire seront obtenues à partir du score-symptôme des patients. Le score-symptôme est calculé à partir des symptômes ressentis par le patient et dont les données sont accessibles en ligne dans une base de données appelée "journal pollinique". Toutes ces informations permettront d'établir une relation dose-réponse entre la concentration pollinique et la gravité des symptômes et aussi de déterminer le seuil de sensibilité de chaque patient en tenant compte des paramètres météorologiques, et des données phénologiques annuelles.

2. CADRE RÉGLEMENTAIRE

Il n'existe pas de réglementation spécifique concernant la mesure de pollens dans l'atmosphère. Pourtant, le pollen peut-être considéré comme un « polluant » biologique puisqu'il agit sur la santé humaine. En considérant le pollen comme une simple particule, alors il faut faire référence aux réglementations appliquées à la mesure des particules dans l'atmosphère. Notamment, le décret n°2003-1085 du 12 novembre 2003, transposition de la directive 2002/3/CE du Parlement européen et du Conseil européen du 12 février 2002 et modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, qui fixe les objectifs de qualité d'air, les seuils d'alerte et les valeurs limites des particules fines ($\leq 10 \mu\text{m}$). Cependant peu de pollens ont un diamètre inférieur à $10 \mu\text{m}$.

Seuls quelques arrêtés ont été établis par quelques préfets concernant le pollen d'ambrosie qui est une plante sauvage très allergisante se développant dans des espaces dépourvus d'autres espèces végétales (endroits désherbés, champs,...). Pour exemple, l'arrêté préfectoral du Rhône N°2000-3261 du 20 Juillet 2000 impose la destruction de l'ambrosie par tous les propriétaires, les locataires, les ayants droit ou quelque occupant que ce soit. La mesure est différente de celle appliquée aux polluants chimiques où un seuil de concentration des rejets est fixé, puisqu'elle agit directement à la source de la dissémination des pollens.

Mais depuis la loi du 12 juillet 2010 appliquée à la surveillance de la qualité de l'air, le code de l'environnement oblige d'ajouter les particules biologiques aux particules inertes afin qu'elles fassent l'objet d'une surveillance dans l'environnement (Article L221-1, modifié par la LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 - art. 180 du code de l'environnement).

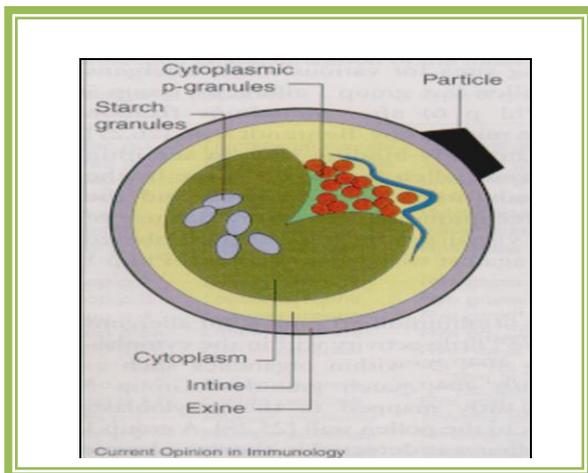
3. LE POLLEN

3.1. Structure et aspect physiologique

Le grain de pollen (Renault-Miskovsky et Petzold, (1992)) est le gamète mâle des végétaux supérieurs. Il est produit au niveau des anthères à l'extrémité des étamines. Une fois libéré, le pollen est transporté vers le stigmate (organe femelle) soit par autofécondation, soit par fécondation croisée, et il émet un tube pollinique qui traverse le style pour acheminer les gamètes mâles jusqu'à l'ovule afin de le féconder, c'est la fertilisation. La partie vivante du grain de pollen est entourée de deux parois formant le sporoderme: la paroi interne, ou intine pectocellulosique, est la membrane squelettique qui caractérise toutes les cellules végétales ; la paroi externe, ou exine, est constituée pour l'essentiel de sporopollénine et se subdivise en deux couches, l'endexine et l'ectexine (Fig. 2).

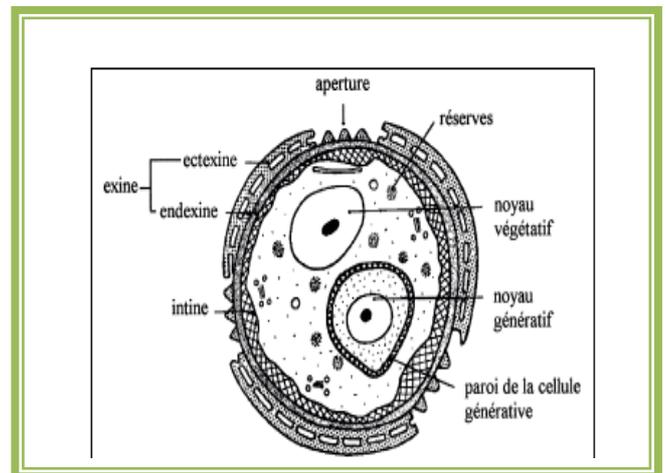
Le cytoplasme contient les granules cytoplasmiques (GCP) riches en particules allergisantes appelées allergènes (Abou-Chakra *et al.*, (2011)). Les granules cytoplasmiques sont de petites particules qui se trouvent, comme leur nom l'indique, dans le cytoplasme de pollen. Il n'y a pas jusqu'à présent une appellation commune, on entend parler des particules submicroniques, subpolliniques ou paucimicroniques (Bacsi *et al.*, (2006) et Currie *et al.*, (2000)).

Les GCP regroupent 2 types de granules, les granules d'amidon ou "starch granules" qui sont les réserves énergétiques du pollen et les particules polysaccharidiques ou *p-particles* qui sont les précurseurs de la membrane pollinique (Abou-Chakra *et al.*, (2009) (Fig. 3). Dans un grain de pollen on peut trouver entre 700 et 1000 granules d'amidon et près de 1 million de *p-particles* (Taylor *et al.*, (2002) et Heslop-Harrison *et al.*, (1982)).



Source Behrendt, (2001)

Fig. 3 : le grain de pollen



Source groupement de recherche « climat et santé »

Fig. 2 : le grain de pollen

3.2. Production et dispersion pollinique

La dispersion des grains en vue de la fécondation fait intervenir différents vecteurs : les êtres vivants, notamment les insectes butineurs (plantes entomogames), l'eau (plantes hydrogames)

et le vent (plantes anémogames). Les grains de pollen sont sphériques ou ovoïdes, leur taille varie de 5 µm pour le myosotis à 250 µm pour certaines gymnospermes (sapin, épicéa). Le diamètre des pollens anémophiles, qui nous intéressent plus spécialement ici, est compris entre 10 µm pour les Urticacées (ortie, pariétaire) et 100 µm pour le maïs, avec une moyenne de l'ordre de 25 à 40 µm. Ces pollens sont généralement délivrés dans l'atmosphère en grande quantité (6 à 7 milliards de grains par an pour un seul pin ; 2,5 milliards en une semaine pour un seul pied d'ambroisie). Ils sont lisses, légers, secs et pulvérulents, presque toujours plus fins que ceux des plantes entomogames.

3.3. La pollinose et mécanisme de l'allergie

La pollinose, ou allergie au pollen, ou encore communément appelée " Rhume des foins ", est une affection saisonnière liée à la présence des grains de pollen dans l'air. L'allergie aux pollens ou « pollinose » se caractérise par 2 symptômes majeurs (Phipatanakul, (2005)):

- La rhinite allergique saisonnière: nez bouché, éternuements, nez qui coule et démangeaisons nasales.
- La conjonctivite allergique saisonnière : yeux rouges qui piquent, avec sensation de sable dans les yeux, larmoiement.

Mais elle peut aussi provoquer des symptômes bronchiques (asthme) et cutanées (eczéma). Les otites, les sinusites et bronchites sont des complications possibles de la pollinose. De plus elle provoque une grande fatigue et des insomnies se traduisant bien souvent par une baisse des capacités intellectuelles.

Les réactions aux pollens vont dépendre de leurs contenus en allergènes et de la réponse immunologique de la personne. Généralement ces allergènes s'arrêtent au niveau du nez et provoquent ainsi le fameux « rhume des foins » et libèrent, au contact de la muqueuse des voies respiratoires hautes, des GCP. Seules les particules de diamètre inférieur à 0,5 µm atteignent les voies respiratoires basses. Deux conditions d'hypersensibilité regroupent la plupart des cas d'allergie. L'hypersensibilité immédiate est la plus fréquente. L'hypersensibilité retardée est plus généralement réservée à l'allergie de contact.

3.3.1. L'hypersensibilité immédiate

L'allergie est un mécanisme à deux temps. Lors de la première exposition dite de sensibilisation, l'allergène va induire une réponse immunitaire de l'organisme vis-à-vis de cette substance. Au cours de cette première phase, l'individu produit des anticorps particuliers, les IgE, qui reconnaissent précisément l'allergène en cause. Ces anticorps vont se fixer sur certaines cellules des muqueuses des voies respiratoires hautes. Ensuite, lors d'un nouveau contact l'allergène va rencontrer les cellules porteuses de ces IgE (les mastocytes) et les stimuler, provoquant la libération de facteurs inflammatoires comme l'histamine. C'est cette réaction inflammatoire qui entraîne les troubles caractéristiques : écoulement nasal, picotements, éternuements, parfois associés à un larmoiement et à une perte de l'odorat. L'affection débute généralement dans l'enfance ou au début de l'âge adulte, et peut

disparaître avec le vieillissement. Elle n'est pas grave en soi, mais peut devenir très gênante, entraînant insomnies et fatigue.

3.3.2. L'hypersensibilité retardée

Contrairement à l'allergie immédiate, l'hypersensibilité retardée ne fait pas intervenir d'anticorps. Elle correspond à la dermatite ou l'eczéma de contact. Là encore, il s'agit d'un mécanisme en deux temps. Lors d'une première exposition, l'allergène traverse la peau et se fixe sur des cellules appelées cellules de Langerhans. Ces cellules qui repèrent l'allergène, migrent alors vers les ganglions lymphatiques où elles "présentent" l'allergène aux autres cellules (lymphocytes T CD4+). Lors du deuxième contact avec l'allergène, les cellules de Langerhans migrent vers les lymphocytes désormais activés. Les lymphocytes affluent vers la zone d'allergie et y créent des lésions vésiculeuses intradermiques, qui ne sont visible que 48 à 72 heures après le contact avec l'allergène. On parle ainsi d'allergie retardée.

3.4. Potentiel allergisant

Toutes les espèces anémophiles n'émettent pas un pollen allergisant. Par exemple, parmi les Urticacées, si la pariétaire émet un pollen à fort pouvoir allergisant, le pollen d'ortie ne présente aucun risque allergisant. Ce pouvoir allergisant est lié à la présence, à la surface des grains et au sein des granules cytoplasmiques, de glycoprotéines reconnues, par les personnes allergiques, comme des « ennemis » provoquant la réaction immunologique allergique.

Au sein d'une espèce réputée allergisante, le contenu en allergènes majeurs des grains de pollens peut varier d'une année à l'autre, ainsi que d'une situation géographique à l'autre, pouvant provoquer une symptomatologie plus ou moins forte (Buters *et al.*, (2008)). Le potentiel allergisant est noté de 0 (nul) à 5 (très élevé).

3.5. Risque allergique

Le risque allergique est lié à l'exposition aux pollens (RAEP) et dépend : du type de pollen (de son potentiel allergisant), de la durée de la saison pollinique, des conditions météorologiques, des comptes polliniques, de la situation géographique du site, mais aussi de la sensibilité des individus

Il est noté, de la même manière que le potentiel allergisant, de 0 à 5. Le risque allergique prévisionnel est établi à partir des quantités de pollens mesurées, des prévisions météorologiques pour les jours à venir, du stade phénologique des végétaux et de l'intensité des symptômes constatés par les médecins chez leurs patients allergiques aux pollens. Il est établi sous forme d'un bulletin allergo-pollinique qui établit les risques par ville (Annexe 1).

3.6. Pollen et Pollution atmosphérique

Bien que les symptômes de pollinose coïncident avec les périodes de pollinisation, il est maintenant bien établi qu'il n'existe pas de relation univoque entre ces deux phénomènes et que de nombreux autres facteurs doivent être pris en compte (Davies *et al.*, (1998)). Parmi ceux-ci, les polluants atmosphériques semblent jouer un rôle aggravant dans l'incidence des allergies et de la sensibilisation des populations (Pauli *et al.*, (1989) et Von, (2000)).

Ainsi, de nombreuses études épidémiologiques ont établi un lien entre le nombre de visites aux urgences pour asthme et les niveaux de certains polluants atmosphériques, notamment les dérivés soufrés (Lebowitz, (1996)). En France, une étude réalisée en 2007 dans la ville d'Amiens a montré des relations significatives et positives entre la teneur atmosphérique en oxydes d'azote (NOx) et les consultations pour allergies respiratoires (Abou-Chakra *et al.*, (2009)). En Angleterre, la sensibilisation d'enfants à divers allergènes (issus d'acariens ou de pollen) apparaît plus importante en zone polluée qu'en zone non polluée (Luczynska *et al.*, (1995)). Enfin, des études épidémiologiques réalisées au Japon ont montré que, pour une quantité similaire de pollen dans l'air, les riverains de voies à grande circulation bordées de *cryptomeria* développaient plus de rhinoconjonctivites que les personnes vivant près de forêts de *cryptomeria* où le trafic automobile est moins intense (13,2 % contre 5,1 %) (Ishizaki *et al.*, (1987)).

Ces études suggèrent que la pollution automobile est, en partie, responsable de l'augmentation de la fréquence des rhino-conjonctivites. En effet, la pollution atmosphérique fragilise la paroi externe du grain de pollen libérant ainsi plus facilement les protéines allergisantes. De même, les polluants tels que l'ozone, le dioxyde d'azote sont des gaz irritants pour les muqueuses respiratoires et oculaires, engendrant une sensibilisation accrue aux pollens et leur rôle néfaste (Motta, (2004) et Motta *et al.*, (2006)). Intervient également une relation entre les particules diesel et les pollens, par la fixation des grains sur les particules, permettant ainsi aux allergènes de pénétrer plus profondément dans les voies respiratoires (Knox, (1997)).

II. ÉTUDE D'EXPOSITION ET D'IMPACT SANITAIRE

Dans cette étude, les données cliniques utilisées sont des scores-symptômes des patients, qui proviennent du "journal pollinique". Ceci dans le but de vérifier s'il existe un lien entre les quantités de pollens et la gravité des symptômes ressentis par les patients. Le score-symptôme est issu du calcul réalisé à partir des réponses aux questionnaires du "Journal Pollinique". Ces réponses correspondent au ressenti direct du patient. Cette sensation est variable d'un individu à l'autre mais son évolution au fil des jours reste constante. Par contre, le patient est le seul juge de la gravité des symptômes qu'il ressent.

1. MATERIEL ET METHODE

1.1. Type d'étude

La méthode utilisée est une analyse de séries temporelles. Elle consiste à étudier l'association entre les variations temporelles d'un certain nombre d'événements de santé (les symptômes de la pollinose) et les variations temporelles du niveau d'indicateurs environnementaux (la présence des pollens dans l'air ambiant) sur la même période et pour le même pas de temps. Cette approche a été largement utilisée dans le domaine de la pollution atmosphérique et ses effets sur la santé. On peut citer en France l'étude Erpurs (Medina *et al.*, (1994)) et le Programme de surveillance air et santé (Quénel *et al.*, (1997) et Quénel *et al.*, (1999)) et en Europe l'étude Aphea (Katsouyanni *et al.*, (1995) et Katsouyanni *et al.*, (1996)).

Dans cette étude, l'indicateur d'exposition aux pollens est agrégé et reflète l'exposition journalière de la population, dans son ensemble, au contenu pollinique de l'air ambiant.

L'indicateur sanitaire est également agrégé et représente le nombre patients souffrant de pollinose dans la population étudiée.

1.2. Recueil des données de l'étude

Les variables d'exposition (données polliniques) sont des données journalières : les comptes polliniques proviennent directement du RNSA.

Les variables d'impact sanitaire (données cliniques) reflètent le ressenti des patients et sont accessibles en ligne dans une base de données appelée "Journal Pollinique". Ce sont des données nationales journalières de personnes présentant des symptômes de pollinose. L'impact sanitaire peut donc être mesuré à partir du score-symptôme issu du "journal pollinique".

1.3. Données d'exposition aux pollens

1.3.1. Données météorologiques

La mesure de l'exposition au pollen est réalisée grâce à l'utilisation de capteurs de type Hirst (Burkard ou Lanzoni). Il s'agit de girouettes aspirantes qui impactent les particules présentes dans l'air sur une bande transparente enduite. La bande défilant à raison de 2 mm / heure devant la buse d'aspiration, il est possible d'enregistrer en continu la présence des nuages polliniques (Hirst, 1952). Le débit d'aspiration est proche de la respiration moyenne de l'homme, soit 10 litres d'air par minute (Thibaudon *et al.*, (2009)). Les pollens aspirés sont alors piégés sur un tambour recouvert d'une bande adhésive (Annexe 2). Cette dernière défile pendant 7 jours devant la buse d'aspiration grâce à un mécanisme d'horlogerie. Ces appareils, destinés à mesurer l'exposition « de fond » au pollen pour une large partie de la population, sont situés sur des toits, en agglomération. Une telle situation dite « de fond » permet d'éviter les contaminations de proximité liées à une végétation locale ponctuelle. De ce fait, les capteurs sont estimés représentatifs dans un rayon de 20 à 30 kilomètres, au moins en plaine (Thibaudon *et al.*, (2002)). Le réseau actuel, qui compte près de 75 sites (Annexe 2), permet une couverture d'au moins 60 % de la population métropolitaine. La carte des différents sites de capteurs en France est représentée en annexe 2. Le mode d'analyse des bandes reste manuel ; il s'agit d'une analyse au microscope optique (Käpyla et Penttinen, (1981)). Chaque grain de pollen est identifié selon des critères de détermination mis au point par le RNSA (Sulmont, (2005)).

a) Analyse pollinique

La bande adhésive récoltée est découpée en 7 parties correspondant aux 7 jours de la semaine. Chaque partie est montée entre lame et lamelle dans une solution colorante permettant de révéler les pollens. Leur comptage ainsi que leur caractérisation sont ensuite effectués par des analystes à l'aide d'un microscope optique et d'un ordinateur contenant préalablement trois logiciels spécifiques et indispensables au bon déroulement de la lecture: Via Voice, Stamp et C Scope.

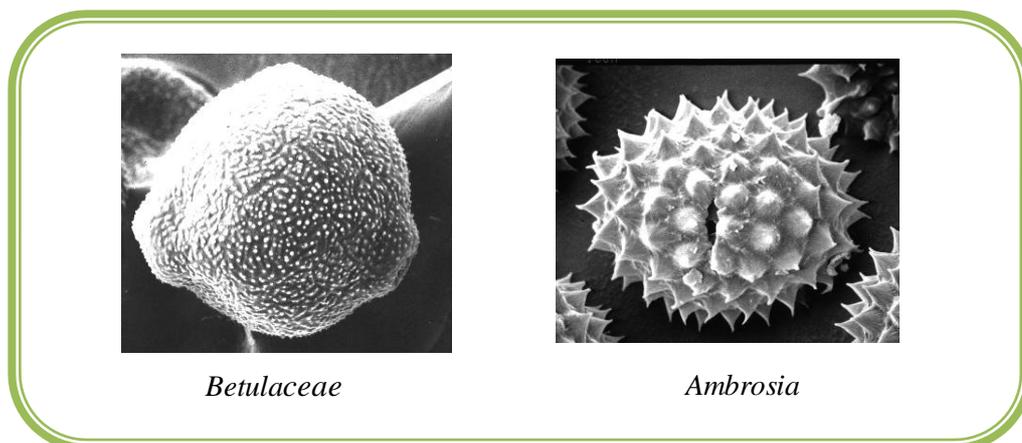
Via Voice est un logiciel de reconnaissance vocale. Il permet d'énoncer à voix haute les noms des pollens à l'aide d'un casque équipé d'un microphone.

Stamp est un logiciel permettant de connecter la platine du microscope. Ce paramètre est indispensable dans la localisation des pollens au cours du temps. Il enregistre chaque position des pollens lus sur la lame par le biais des coordonnées (abscisse X et ordonnée Y) de la platine. Chaque pollen ainsi identifié est incrémenté sur la base de données en une position indiquant son lieu, sa date et son heure de capture.

C-scope, accessible par Microsoft Excel, permet d'obtenir un nombre de grains de pollens par espèce par mètre cube d'air et par jour (Annexe 3). Il est ainsi possible, d'une part, d'établir des concentrations journalières en grains de pollen par mètre cube d'air et, d'autre part, de tracer les courbes du rythme nyctéméral de la plante.

b) Identification des pollens

L'identification est une étape très importante car elle conduit à la reconnaissance des pollens, ce qui permet de les analyser par différenciation et comptage. Selon la clé de détermination du RNSA, l'identification des grains de pollen repose sur des critères bien précis : la taille, la morphologie, l'ornementation de l'exine et la disposition des apertures. Chaque pollen présente une forme bien particulière. Par exemple le pollen de bouleau présente 3 pores au niveau de sa membrane externe, on dit qu'il est triporé, tandis que celui de l'ambrosie présente à la fois 3 pores et 3 sillons et on dit qu'il est tricolporé (Fig. 4).



Source RNSA, clé d'identification des pollens.

Fig. 4 : Exemples de quelques pollens présentant des formes différentes

1.3.2. Données phénologiques

Ces données sont fournies par des observateurs phénologiques qui sont des personnes travaillant dans des jardins botaniques, et espaces paysagers en France. Ce qui permettra par la mise en place d'un système de prévisions polliniques sous forme d'un bulletin (Annexe 4) informant sur les dates d'apparition des pollens allergisants.

1.3.3. Paramètres météorologiques

Selon les données de Météo France, la situation météorologique la plus propice à la libération et à la dispersion des pollens est une journée très ensoleillée, sans précipitation, avec des températures élevées et un vent modéré (Pehkonen *et al.*, (1994) et D'Amato *et al.*, (2007)).

Le vent : En période de pollinisation, le vent joue un rôle déterminant dans le transport des grains de pollen et leur quantité dans l'air respiré. Par vent faible, le pollen est déposé rapidement, souvent à proximité de la plante. Un vent modéré maintient les grains en suspension dans l'air et favorise leur concentration.

Les précipitations et l'humidité : La pluie empêche la libération des pollens et leur dispersion par le vent : le pollen, alourdi par l'eau retombe à faible distance de sa source. Lorsqu'il pleut plusieurs jours pendant la saison pollinique, la plante conserve son pollen pour le relâcher ensuite dans des conditions favorables. Le taux pollinique est donc faible par temps pluvieux ou lorsque l'air est très humide (brouillard, brume, rosée matinale).

La température : Un hiver doux accélère le développement des plantes et déclenche une pollinisation précoce. En revanche un hiver froid avec épisodes de gel retarde la croissance des plantes et le début de la pollinisation. Une forte amplitude thermique au cours d'une journée contribue à la libération des grains de pollen.

L'ensoleillement : Un bon ensoleillement favorise un déclenchement précoce de la pollinisation et l'émission abondante de pollens.

1.4. Données d'impact sanitaire

Dans cette étude, le "journal pollinique" représente l'outil de l'évaluation de l'impact sanitaire (Berger *et al.*, (2011) et Brandt *et al.*, (2013)).

1.4.1. Journal pollinique

Ce sont les données du journal pollinique qui feront l'objet de cette étude. Le "Journal Pollinique", version en français du PHD (Pollen Hay-fever Diary) est un système d'enregistrement au quotidien des symptômes par les patients allergiques eux-mêmes, tout cela dans le but de corréler exposition aux pollens et impact sanitaire.

Le "Journal Pollinique" s'adresse en particulier aux personnes qui souffrent de pollinoses. Il permet aussi aux personnes inscrites de visualiser sur une courbe leurs symptômes en relation avec l'exposition aux pollens auxquels elles sont sensibles dans leur région. Le "Journal pollinique", disponible gratuitement auprès de PHD, en coopération avec la banque de données européenne sur les pollens (EAN), vise à aider les patients allergiques en leur montrant rapidement la relation entre leurs symptômes et les taux de pollens (Berger *et al.*, (2011)) dans l'air. Les personnes atteintes de rhume des foins ou d'asthme allergique causés par le pollen peuvent utiliser le "Journal pollinique" pour voir si un lien existe entre le début de leurs symptômes cliniques au niveau des yeux, du nez ou des bronches, et la pollinisation d'un type particulier de pollen comme le bouleau.

a) Utilisation du journal pollinique

Pour s'inscrire sur le "journal pollinique", il faut aller sur l'adresse suivante : <https://www.pollendiary.com/Phd/> ou alors il suffit de se rendre sur le site du RNSA (<http://www.pollens.fr/accueil.php>) où il existe un lien direct vers le journal pollinique à la page du bulletin allergo-pollinique : <https://www.pollendiary.com/Php/fr/start>.

État de santé général	
Très mauvais Moyen Très bon	

Lieu	Pays	Lieu
	France	

Yeux	Problèmes	Symptômes
	<input type="radio"/> Aucun <input type="radio"/> Faible <input type="radio"/> Modéré <input type="radio"/> Sévère	<input type="checkbox"/> Démangeaisons <input type="checkbox"/> Sensation de corps étranger <input type="checkbox"/> Rougeur <input type="checkbox"/> Larmolement

Nez	Problèmes	Symptômes
	<input type="radio"/> Aucun <input type="radio"/> Faible <input type="radio"/> Modéré <input type="radio"/> Sévère	<input type="checkbox"/> Picotements dans le nez <input type="checkbox"/> Éternuements <input type="checkbox"/> Nez qui coule <input type="checkbox"/> Nez bouché

Poumons	Problèmes	Symptômes
	<input type="radio"/> Aucun <input type="radio"/> Faible <input type="radio"/> Modéré <input type="radio"/> Sévère	<input type="checkbox"/> Stiffement respiratoire <input type="checkbox"/> Souffle court <input type="checkbox"/> Toux <input type="checkbox"/> Asthme

Médicaments
<input type="checkbox"/> Aucun <input type="checkbox"/> Collyre <input type="checkbox"/> Gouttes nasales (ou spray nasal) <input type="checkbox"/> Comprimés antiallergiques <input type="checkbox"/> Remèdes homéopathiques <input type="checkbox"/> Autres

Commentaires

Sauvegarder

Source www.pollendiary.com

L'utilisateur doit d'abord procéder à la saisie de quelques données personnelles obligatoires (date de naissance, email, pays, code postal, commune), et ensuite remplir quotidiennement un questionnaire en précisant son état de santé général, les symptômes rencontrés, les types de médicaments utilisés (Fig.5). Après sept à dix jours (qui sont indispensables pour l'analyse pollinique), en cliquant sur les différents types de pollen, l'utilisateur pourra alors consulter une courbe de visualisation de ses symptômes pour savoir quels pollens sont présents dans l'air de sa région au moment où il ressent des symptômes (Annexe 5).

Fig. 5 : Questionnaire du "Journal pollinique"

b) Calcul du Score symptôme

Le score-symptôme est calculé selon la méthode dite méthode PHD, et les organes pris en compte sont les poumons, le nez et les yeux.

Le score total des symptômes s'échelonne de 0 à 26:

- 9 points pour la sévérité des symptômes sur chaque zone du corps, sur une échelle de 0-3 (total des points disponibles pour les poumons, le nez et les yeux: $3 \times 3 = 9$)
- 12 points pour chaque symptôme supplémentaire ($3 \times 4 = 12$)
- 5 points supplémentaires pour les prises de médicaments. Ceci peut être calculé de deux façons :
 - Approche des médicaments pondérés
 - Approche des médicaments simples (Voukantsis *et al.*, (2012)). On attribue un point à chaque type de médicament jusqu'à un maximum de cinq : (1) collyre, (2) gouttes nasales, (3) comprimés antiallergiques, (4) homéopathie, (5) autres.

Le type de symptôme et de taxon pollinique sont affichés en colonnes et les jours de l'année sont affichés en ligne dans un fichier de type Excel (Annexe 6). Chaque cellule indique un score-symptôme journalier qui permet d'établir une relation dose-réponse entre la concentration journalière des pollens et la sévérité des symptômes.

1.4.2. Sélection des patients et choix des taxons

L'étude porte sur 4 types de taxons sélectionnés parmi les pollens les plus allergisants, il s'agit des pollens de trois familles (Cupressacées, Betulacées, Poacées) et d'une espèce (Ambrosia). Les différents types de taxa et régions choisis pour l'étude sont représentés en Annexe 7. Les régions d'étude sont choisies suivant que le risque allergique y est maximal pour un taxon donné:

- L'ambrosie, pour 2010 à 2012, dans les régions du Sud-Est, Centre et la région Lyonnaise
- Le bouleau et les graminées, pour 2010 à 2012, dans les régions Sud-Est, Sud-Ouest, Nord, Ouest, Est, Centre, la région Lyonnaise et la région parisienne.
- Les Cupressacées-Taxacées, pour 2010 à 2012, dans les régions Sud-Est et Sud-Ouest

Les critères de sélection des patients sont les suivants :

- Le nombre minimal de patients dans chaque région doit être supérieur ou égal à 10
- Les patients sélectionnés doivent avoir un coefficient de corrélation positif pour le taxon étudié. Le coefficient de corrélation est positif lorsque la valeur du "correlation overall symptoms" est en gras et encadré en noir (Annexe 6). Il prend en compte tous les symptômes et indique bien qu'il y a une corrélation entre la sévérité des symptômes et la présence du pollen présent dans la région ou la ville.
- Les données polliniques sont celles depuis la DDP (date de début de pollinisation) jusqu'à la DFP (date de fin de pollinisation) du taxon pollinique étudié.

1.4.3. Réaction aux pollens dans différentes régions de la France

Le taxon choisi était le bouleau, les régions sélectionnées étaient le Sud-Est, Sud-Ouest et les villes de Lyon et Paris. Seules ces données ont permis de faire une comparaison sur les seuils de sensibilité afin de voir comment les patients réagissaient face à ce type de taxon dans différentes régions ou villes.

1.5. Méthode statistique

Il existe diverses façons de mesurer la relation ou la liaison, selon qu'il s'agisse de variables quantitatives (exemple : le nombre de grains de pollen), ou ordinales (exemple : l'état dans lequel se sent un patient sur une échelle de 1 à 7). Contrairement à la régression linéaire, qui exige de définir une variable explicative et une variable dépendante, cela n'est pas nécessaire dans le cas de la corrélation.

Dans cette étude, les deux variables à étudier sont : les données polliniques qui sont les données quantitatives continues, et les données sanitaires (scores-symptômes) qui sont des données qualitatives ordinales (il y a un ordre entre les valeurs, par exemple, un score-symptôme de 5 indique une pollinose plus sévère qu'un score-symptôme de 2).

L'ensemble des tests statistiques a été réalisé avec le logiciel « Sigma Stat ».

1.5.1. Représentation graphique

Avant de procéder au calcul de la force de la relation statistique entre deux variables métriques, par exemple à celui de leur coefficient de corrélation, il faut commencer par représenter graphiquement les deux séries de données dans un diagramme de dispersion appelé nuage de points. Dans un diagramme de dispersion, chaque couple d'observations complet est représenté sous la forme d'un point dont les coordonnées sont les données d'un individu qui correspondent aux deux variables à étudier, ce qui donne lieu à un «nuage de points». Dans cette étude, les données d'impact sanitaire ont été représentées en abscisses et celles d'exposition en ordonnées. Une courbe de tendance linéaire ou logarithmique est ajoutée, suivant l'allure de la dispersion des points et le coefficient de détermination R^2 . Ce coefficient revient à étudier l'intensité de la liaison qui peut exister entre deux variables. Autrement dit, il mesure leur degré de ressemblance et permet de mesurer l'intensité de la relation linéaire entre le score-symptôme et la concentration pollinique, et il n'est autre que le carré du coefficient de corrélation. Cette méthode est réalisée pour chaque taxon et sur toutes les années de l'étude.

1.5.2. Traitement statistique des données d'exposition et d'impact sanitaire

La relation dose/réponse entre les variables a été étudiée en utilisant le coefficient de corrélation de rangs de Spearman et le coefficient de corrélation de Pearson. Le coefficient de corrélation indique le degré de relation linéaire entre les deux séries de données, et il prend des valeurs situées entre -1 et 1 . S'il n'y a pas de relation linéaire entre les deux séries de données, le coefficient de corrélation sera très proche de zéro, et on dira que les deux variables ne sont pas corrélées. Dans ce cas, il pourrait tout de même y avoir une relation entre les deux variables, mais alors elle ne sera pas linéaire. Le signe du coefficient de corrélation indique le sens de la corrélation: s'il est positif, la valeur d'une des variables tend à augmenter en même temps que celle de l'autre variable, s'il est négatif, la valeur d'une variable tend à diminuer quand celle de l'autre augmente.

Le coefficient de corrélation de rangs de Spearman s'applique dans le cas d'une ou de deux variables non normales et/ou si au moins une des deux séries est constituée de données qualitatives ordinales. La corrélation permet d'estimer l'association entre deux variables. Un coefficient de corrélation r_s proche de 1 indique qu'il existe une forte association positive entre les deux variables. Plus la p-value est faible, plus la probabilité que les variables soient corrélées est forte.

Le coefficient de corrélation de Pearson r_p s'applique dans le cas des séries de données provenant de l'échantillonnage d'une ou de deux variables métriques (quantitatives). Il s'interprète de la même façon que le coefficient de corrélation de Spearman r_s .

1.5.3. Calcul du seuil minimal du déclenchement des symptômes

Le seuil minimal de déclenchement des symptômes est déterminé d'après le graphique en nuage de points avec en abscisse les données d'impact sanitaire (score-symptôme journalier) et en ordonnées les données d'exposition (concentrations polliniques journalières en racine carrée). Le seuil correspond à la valeur de la concentration pollinique pour laquelle les symptômes commencent à apparaître.

Il s'obtient de la manière suivante : il faut se placer sur la courbe de tendance au niveau du point où le score-symptôme = 3, puis regarder à quelle valeur ce point correspond sur l'axe des ordonnées, ce qui donne le seuil pollinique auquel correspond un score-symptôme = 3.

2. RÉSULTATS

Cette étude a permis de quantifier la relation exposition-impact sanitaire pour 4 taxons polliniques en utilisant les analyses de séries temporelles. Les concentrations polliniques ont été représentées en racine carrée sur les graphiques, il a suffi de les transformer en puissance carrée pour avoir la quantité de pollen par m^3 d'air et par jour. Pour un taxon, les données de toutes les régions sélectionnées ont été regroupées et ensuite représentées pour chacune des années depuis 2010 jusqu'en 2012, mais dans certains cas elles ont été groupées. Les associations entre les deux variables étudiées (concentration pollinique et score-symptôme) ont été testées en utilisant les coefficients de détermination et les coefficients de corrélation (Spearman et Pearson). En considérant l'ensemble des résultats, les tests statistiques montrent que les associations entre les deux variables sont positives pour tous les pollens allergisants étudiés. De plus les différences observées d'une année à une autre ne sont pas trop importantes pour un taxon donné, mais elles peuvent exister d'un taxon à un autre compte tenu des seuils à partir desquels les individus peuvent développer les symptômes de la pollinose.

2.1. Résultats des graphiques

2.1.1. Bouleau (2010 à 2012)

La répartition des points sur les graphiques ci-dessous indique que les courbes sont de type linéaire. Les coefficients de détermination R^2 sont élevés (environ 0,5 à 0,6 pour chaque année), ce qui indique une forte relation entre la concentration pollinique et le score-symptôme. Le coefficient de corrélation de Spearman r_s montre une forte corrélation positive pour chacune des années et même lorsque les années sont combinées : r_s est voisin de 0,7 (Tableaux I à IV). La p-value = 0,000 vient confirmer cette hypothèse en montrant bien qu'il existe une association significative entre les deux variables pour ce taxon. Quant aux seuils de déclenchement des symptômes, pour un score symptôme de 3, ils ont été fixés à 4 grains/jr/ m^3 de bouleau pour l'année 2010 (Tableau I), environ 20 et 25 grains/ m^3 /jr respectivement pour les années 2011 et 2012, et 18 grains/ m^3 /jr lorsque les années sont groupées.

————— *Seuil de déclenchement des symptômes*

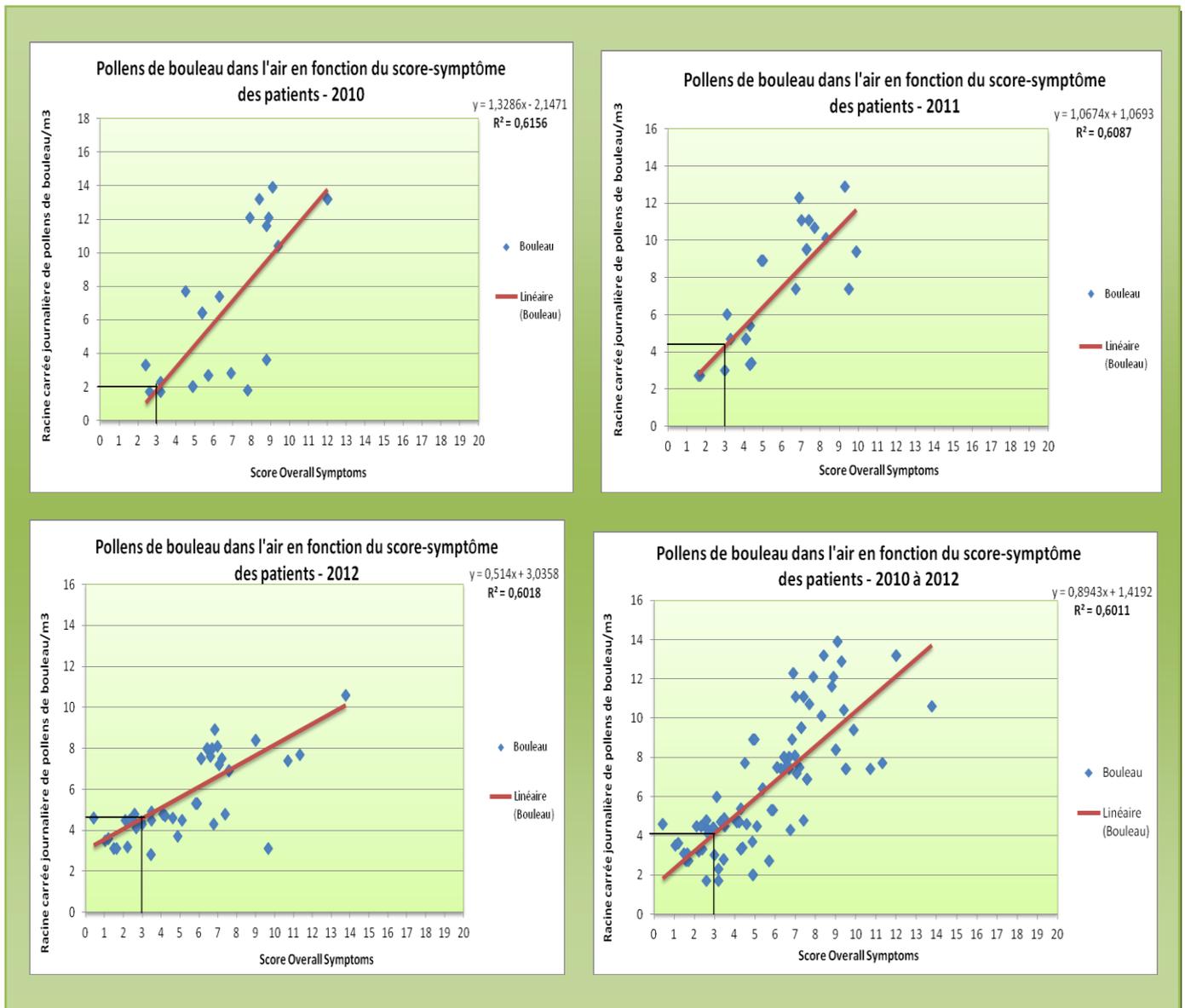


Fig.6 concentration des pollens de bouleau en fonction du score-symptôme des patients

2.1.2. Poacées (2010 à 2012)

La répartition des points sur les graphiques a été de type logarithmique pour les années 2011, 2012 et lorsque les années sont groupées, sauf pour l'année 2010 où la courbe a été de type linéaire. Les coefficients de détermination R^2 sont assez élevés (de 0,3 à 0,7) et traduisent une forte relation entre les deux variables étudiées. Le coefficient de corrélation de Spearman r_s montre également une forte corrélation positive (Tableaux I à IV) surtout pour l'année 2011 ($r_s = 0,8$). La p-value étant égale à 0,000 (inférieure à 0,05), ceci montre bien que les deux variables étudiées sont très significativement associées. Le seuil de déclenchement des symptômes est d'environ 16 grains/m³/jr pour l'année 2010, 25 pour l'année 2011 et lorsque les années sont groupées, et 36 grains/m³/jr pour l'année 2012 (Tableaux I à IV).

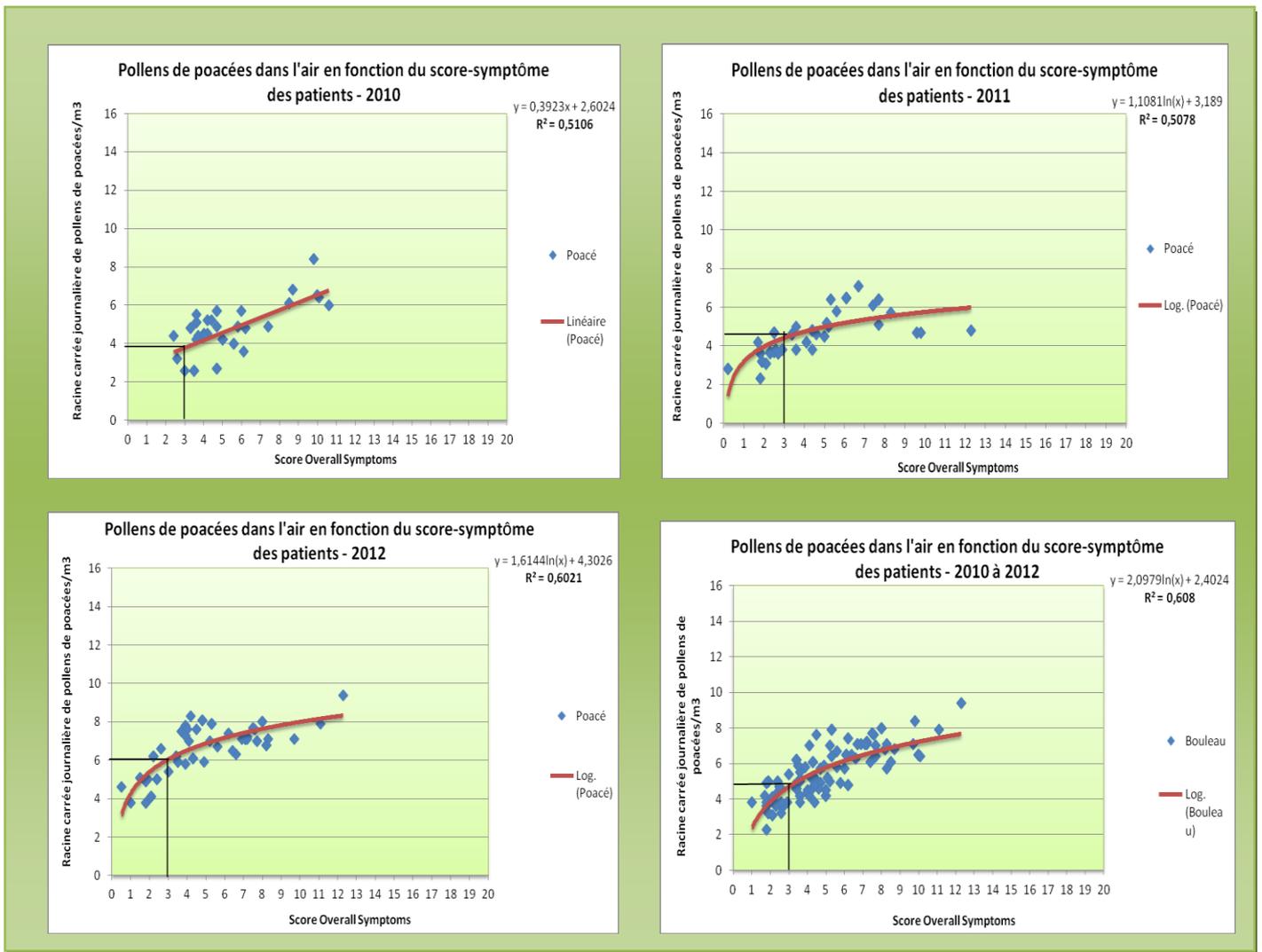


Fig. 7 concentration des pollens de poacées en fonction du score-symptôme des patients

2.1.3. Cupressacées sur 3 ans (2010 à 2012)

Le nombre de patients selon les critères de sélection n'étant pas suffisant pour chaque année, les données ont été représentées uniquement sur 3 ans pour avoir des résultats représentatifs. La courbe est de type linéaire pour ce taxon. Bien que le coefficient de Pearson reste correct avec $r_p = 0,632$, les résultats d'association entre les deux variables ne sont pas significatifs mais restent positifs. Ainsi le coefficient de détermination traduit une faible relation entre les concentrations journalières de Cupressacées et le score-symptôme attribué à chacun des patients ($R^2 = 0,4$). Le seuil de déclenchement est d'environ 9 grains/m³/jr.

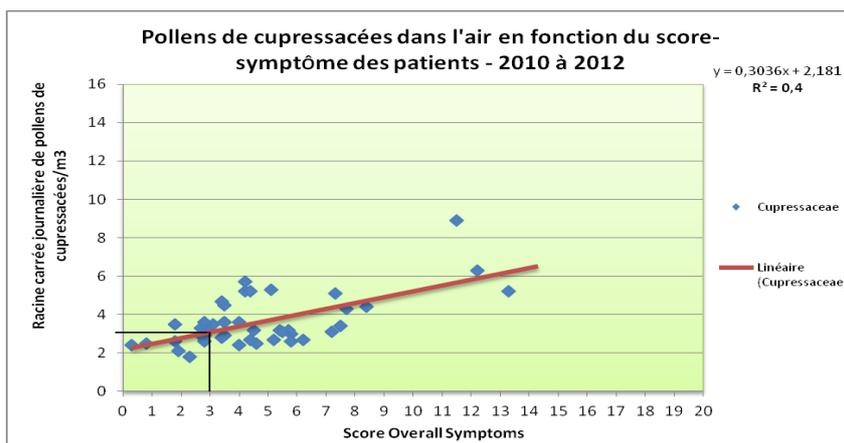


Fig. 8 : Concentration des pollens de Cupressacées en fonction du score-symptôme des patients.

2.1.4. Ambroisie sur 3 ans (2010 à 2012)

Comme pour les Cupressacées, le nombre de données dans chacune des années était insuffisant, il a fallu donc travailler uniquement sur les trois années groupées. Le graphique obtenu est de type logarithmique, les résultats pour ce taxon montrent une bonne corrélation et une forte relation entre les variables étudiées (Tableau IV). Le seuil de déclenchement des symptômes est par contre bas par rapport aux autres taxons (environ 4 grains/m³/jr).

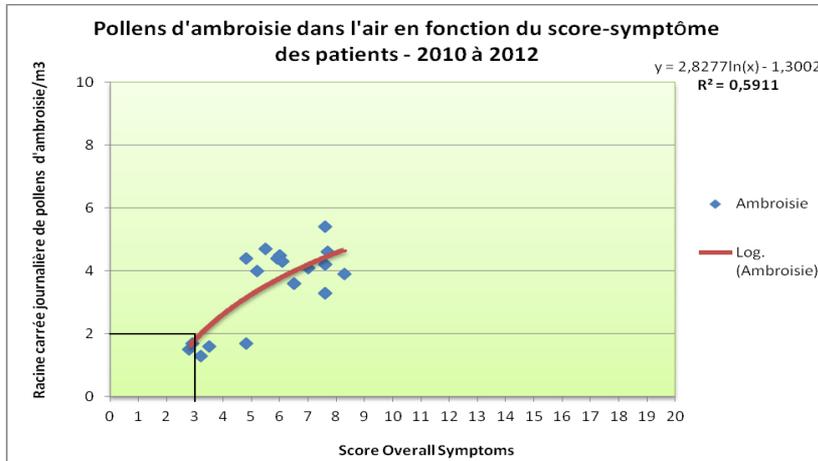


Figure. 9 : Concentration des pollens d'ambroisie en fonction du score-symptôme des patients.

2.1.5. Réaction des patients face aux pollens de bouleau au niveau régional (2010-2012)

Les graphiques ci-dessous (Fig 12 et 13) traduisent pour un même type de taxon, une comparaison entre les sensibilités pour des patients vivant dans deux régions différentes de la France. La répartition des points sur les deux graphiques est de type exponentiel. En ce qui concerne les tests statistiques, il a été préférable d'utiliser pour ce cas le coefficient de corrélation de Pearson, car il s'agit de comparer deux variables quantitatives. Les coefficients de détermination R² sont positifs mais restent relativement bas pour la région Sud-Est (Fig. 12) et assez faibles pour la ville de Lyon (Fig. 13). Les coefficients de corrélation de Pearson r_p sont élevés pour la région parisienne et la région Sud-Ouest (environ 0,7), et restent faibles pour les régions lyonnaises et Sud-Est, mais leurs p-value < 0,05 traduisent quand même une bonne association entre les deux variables (Tableau IV).

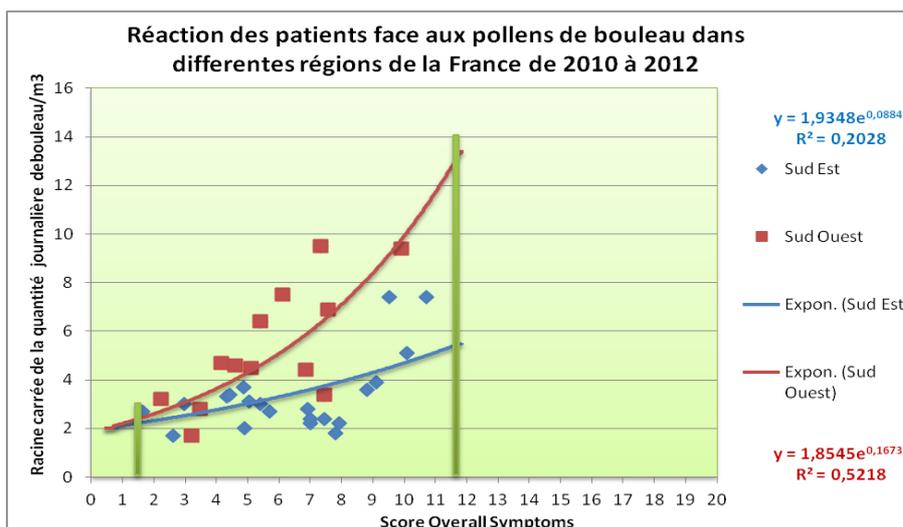


Fig. 10 : Comparaison entre la sensibilité des patients vivant dans la région Sud-Est et celle des patients vivant en région Sud-Ouest.

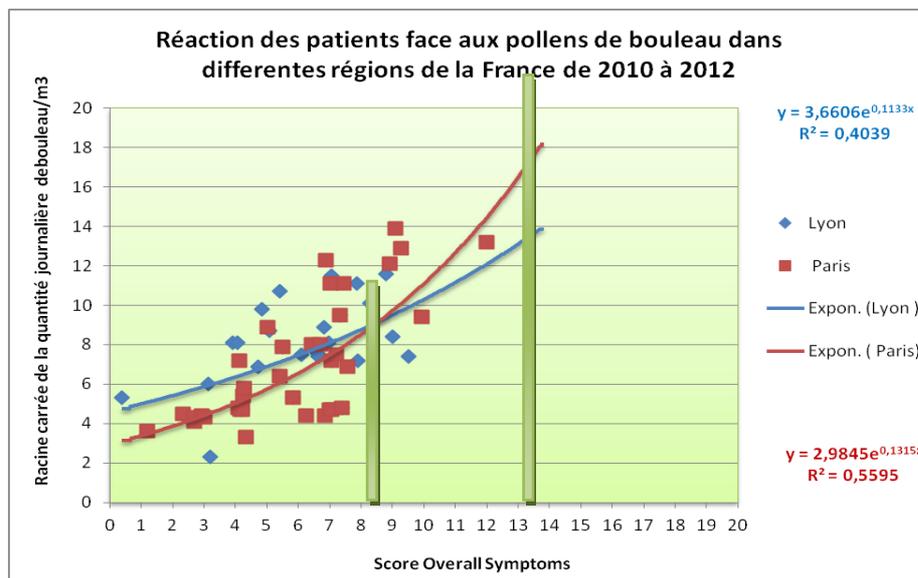


Fig. 11. Comparaison entre la sensibilité des patients vivant dans la région lyonnaise et celle des patients vivant en région parisienne.

Fig. 10 : Un score-symptôme de 1,5 est atteint dans les régions Sud-Est et Sud-Ouest lorsque la quantité de pollen se trouve à environ 6 et 8 grains/m³/jr de bouleau, et un score d'environ 12 est déjà évoqué à environ 30 grains de pollens dans la région du Sud-Est, alors qu'il faut une quantité d'environ 180 grains dans la région Sud-Ouest pour la même intensité de réaction.

Fig. 11 : Pour une même intensité de réaction (score-symptôme d'environ 14), il suffit seulement 196 grains de bouleau dans la région lyonnaise contre 324 dans la région parisienne.

NB : ces résultats sont obtenus par extrapolation en supposant que l'allure de la courbe reste constante.

2.2. Résultats des tests statistiques

Les tableaux ci-dessous récapitulent le nombre de patients retenus pour le Journal Pollinique, les résultats des coefficients de détermination (R^2), des coefficients de corrélation de Spearman (r_s) et de Pearson (r_p), et des différents seuils, en fonction de l'année et de chacun des taxons étudiés pour le score-symptôme. Les résultats statistiques du logiciel «Sigma stat» sont présentés en Annexe 8. Les résultats du coefficient R^2 qui sont entre parenthèse résultent du calcul automatique d'Excel, et sont présents sur les graphiques. Ils sont dans certains cas plus ou moins proches de ceux calculés par la formule $R^2 = (r_s \text{ ou } r_p)^2$.

Tableau I : Résultats des tests statistiques année 2010

Score-symptôme	Nombre de patients	Coefficients de détermination (R^2)	Coefficient de corrélation de Spearman (r_s)	Seuil minimal de déclenchement de symptômes/m ³ /jour
Bouleau	34	0,52 (0,6156)	0,721 (p<0,05)	4
Poacées	50	0,31 (0,5106)	0,559 (p<0,05)	16

Tableau II : Résultats des tests statistiques année 2011

Score-symptôme	Nombre de patients	Coefficients de détermination (R^2)	Coefficient de corrélation de Spearman (r_s)	Seuil minimal de déclenchement de symptômes/ m^3 /jour
Bouleau	34	0,57 (0,6087)	0,756 ($p<0,05$)	20
Poacées	67	0,70 (0,5078)	0,836 ($p<0,05$)	25

Tableau III : Résultats des tests statistiques année 2012

Score-symptôme	Nombre de patients	Coefficients de détermination (R^2)	Coefficient de corrélation de Spearman (r_s)	Seuil minimal de déclenchement de symptômes/ m^3 /jour
Bouleau	65	0,50 (0,6078)	0,710 ($p<0,05$)	25
Poacées	79	0,49 (0,6021)	0,700 ($p<0,05$)	36

Tableau IV : Résultats des tests statistiques année 2010 à 2012 (sur 3 ans)

Score-symptôme	Nombre de patients	Coefficients de détermination (R^2)	Coefficient de corrélation de Spearman (r_s)	Coefficient de corrélation de Pearson (r_p)	Seuil minimal de déclenchement de symptômes/ m^3 /jour
Ambroisie	23	0,51 (0,5911)		0,717 ($p<0,05$)	4
Bouleau	129	0,61 (0,6011)	0,783 ($p<0,050$)		18
Cupressacées	45	0,4 (0,4)		0,632 ($p<0,05$)	9
Poacées	153	0,61 (0,608)	0,778 ($p<0,050$)		25

Tableau V : Résultats des tests statistiques pour le bouleau au niveau régional

Score-symptôme	Nombre de patients	Coefficients de détermination (R^2)	Coefficient de corrélation de Pearson (r_p)
Lyon	29	0,24 (0,4039)	0,490 ($p=0,007$)
Paris	36	0,56 (0,5595)	0,744 ($p<0,05$)
Sud-Est	26	0,2 (0,2028)	0,450 ($p=0,02$)
Sud-Ouest	13	0,57 (0,5218)	0,753 ($p<0,05$)

3. DISCUSSION

Les résultats des tests effectués montrent qu'il existe bel et bien une relation entre les symptômes ressentis directement par les patients et les concentrations polliniques journalières enregistrées dans leurs régions. Il ya bien une relation dose-réponse entre ces deux variables, comme le montrent les résultats sur les graphiques, le score-symptôme augmente avec les concentrations en pollen, les coefficients de détermination viennent confirmer cette hypothèse et indiquent une association malgré certaines faibles valeurs obtenues dans quelques cas.

Concernant les résultats régionaux, on pourrait dire que sur les trois dernières années (2010-2012), les habitants de la région Sud-Ouest étaient plus tolérants aux pollens de bouleau que ceux de la région Sud-Est (Fig. 12), et que ceux de la région lyonnaise étaient plus sensibles que ceux de la région parisienne (Fig. 13). Cette hypothèse ne peut être confirmée que si l'on dispose d'un grand échantillon or il ya peu de données car le nombre de patients sélectionné dans chaque ville pour cette étude n'est pas suffisamment grand (Tableau V). Mais il est tout à fait possible de comparer la sensibilité des patients d'une région à une autre pour un type de pollen donné. Une étude semblable a déjà été réalisée au niveau européen en Finlande et en Autriche où il a été montré que les Finlandais étaient plus tolérants aux pollens de bouleau que les Autrichiens, il en découle donc que les Autrichiens seraient plus sensibles que les Finlandais en ce qui concerne les allergies aux pollens de bouleau (Données EAN). Cette étude devrait se faire normalement pour tous les pollens allergisants afin de mieux appréhender la sensibilité des habitants d'une région à une autre ou encore d'un pays à un autre.

Concernant les seuils de déclenchement des symptômes, ils se situent : entre 4 et 25 grains / m³ / jr pour les pollens de bouleau, 16 et 36 grains / m³ / jr pour les Poacées, 4 pour l'ambrosie et 9 grains / m³ / jr pour les Cupressacées. Le seuil de déclenchement des symptômes peut donc, pour un même taxon, varier légèrement d'une année à une autre, et il n'est pas forcément le même pour tous les taxons.

Lorsque les années sont groupées, on peut constater une différence d'un taxon à un autre, le seuil de sensibilité est faible pour l'ambrosie et les Cupressacées (Tableau IV). La réaction des patients vis-à-vis d'un pollen n'est pas du tout la même, on pourrait être plus sensible à un pollen plutôt que l'autre.

Dans cette étude, en ce qui concerne les pollens de bouleau et Poacées, les seuils obtenus en 2010 restent plus faibles par rapport à ceux obtenus en 2012 et 2011, ceci pourrait s'expliquer, par la sensibilité des patients qui pourrait varier d'une saison pollinique à une autre. Les facteurs climatiques peuvent avoir une influence indirecte sur la sensibilité des patients car, les paramètres météorologiques jouant un rôle important tant dans la production, que dans la dispersion et émission des pollens, ce qui aboutit à des différences très importantes d'une saison à l'autre, d'une partie de l'année à l'autre et d'une région à l'autre (Thibaudon *et al.*, (2005)). En effet selon les données de Météo France, l'année 2011 a été la plus chaude et sèche, tandis que l'année 2012 a été, globalement sur la France, proche de la normale qu'il s'agisse des températures, des précipitations ou de l'ensoleillement. L'année 2010 par contre se positionne en France métropolitaine comme la plus fraîche de ces deux dernières décennies à égalité avec l'année 1996. Ce qui a pour conséquence de perturber la saison pollinique, les dates d'apparition des pollens ont eu une à deux semaines de décalage

lors de ces trois dernières années. Les bulletins phénologiques permettent de constater que les graminées (Poacées) et les pollens de cyprès (Cupressacées) ont pollinisé un peu plus tôt en 2010 par rapport aux années suivantes (Annexe 4). Plusieurs espèces ont aussi pollinisé en même temps, le bulletin phénologique de 2011 par exemple montre que la pollinisation du bouleau a lieu en même temps que celle du charme, du cyprès, du frêne, du platane, et des Graminées entre autres. Ainsi, il était d'autant plus difficile de distinguer à quel pollen les personnes sensibles répondaient.

Cette variabilité du contenu pollinique pourrait se manifester d'un jour à l'autre, et même d'une heure à l'autre. À ces fluctuations répétées de haute fréquence, se surimpose une variabilité interannuelle souvent forte (Ruffaldi et Richard, (1991)). Il y a des années à pollens et des années beaucoup plus parcimonieuses. Un exemple, parmi beaucoup d'autres, peut être fourni par les données phénologiques de l'année 1988 sur une large moitié nord de la France : après un hiver extrêmement doux, la pollinisation a été très précoce (en avance de quatre à six semaines sur le calendrier moyen); en revanche, les quantités recueillies pour la plupart des taxons sont restées inférieures aux valeurs habituelles d'au moins un tiers, et souvent de moitié. Une conséquence notable de cette variabilité est, suivant les années, la présence ou l'absence de pollinisations simultanées de plusieurs espèces, dont les exigences climatiques ne sont pas les mêmes. Le châtaignier, normalement très peu allergisant, le devient lorsqu'un sujet sensible inhale son pollen en même temps que celui de graminées. Certaines années, les deux pollinisations se suivent : dans l'air de Paris, en 1986, il n'y avait pour ainsi dire pas de pollen de graminées autour du 5 juillet, lorsque le châtaignier a fleuri. Mais l'année précédente, les graminées ayant présenté un retard sensible, les deux pics ont coïncidé aux alentours du 15 juillet : il y a eu alors multiplication des allergies et il s'est agi très souvent d'allergies sévères car ce n'est pas seulement le nombre de cas cliniques qui augmente lors de ces pollinisations concomitantes, c'est surtout leur gravité chez les sujets polysensibles (Sutra, (1988)). Les mêmes effets nocifs pourraient être décrits les années où se chevauchent la floraison du platane et celle du bouleau...

Tout cela aide à comprendre le détail des calendriers polliniques. Au-delà, il est tentant de s'engager dans le domaine de la prévision, la finalité de toute prévision étant une meilleure gestion du risque, en l'occurrence la mise en place d'une prévention efficace.

On ajoutera qu'en dehors même des facteurs météorologiques classiques, la pollution joue un double rôle dans les pollinoses. D'une part, elle agit directement sur certains pollens, en renforçant leur pouvoir allergisant. D'autre part, elle affecte les muqueuses des patients dont elle augmente l'hyperréactivité, les rendant plus sensibles à l'action des allergènes polliniques. Parmi les polluants ainsi incriminés, l'ozone semble exercer des effets pathogènes majeurs, en abaissant le seuil de réponse de l'asthmatique aux substances auxquelles il est sensibilisé. Ce sont surtout les polluants liés à la circulation automobile (ozone, particules, etc.) et leurs associations qui entraînent des microlésions de l'épithélium bronchique, facilitant ainsi la pénétration des macromolécules allergéniques (Gervais, (1994)).

Notons que les résultats obtenus au cours de cette étude sont plus ou moins proches de ceux obtenus par certains auteurs car Laaidi, 2001 a défini des seuils cliniques : ils correspondent à la définition des seuils de déclenchement de cette étude. L'auteur trouve des seuils cliniques variant entre 35 et 205 pollens de bouleau / m³ / jr pour la rhinite, entre 35 et 252 pollens de

bouleau / m³/ jr pour la conjonctivite ; ainsi que 25 à 58 grains de pollens de Poacées / m³/ jr pour les deux symptômes. Les études épidémiologiques réalisées par Polpat (un programme de recherche français) montrent que : pendant toute la pollinisation du bouleau, pour chaque augmentation de 10 grains / m³, le pourcentage de patients avec des symptômes modérés à sévères augmente également, avec des Odds Ratios (OR) de 2,01 [1,36-3,00] pour les symptômes nasaux, 4,80 [2,14-10,80] pour les symptômes oculaires et 2,97 [1,30-6,75] pour les symptômes bronchiques. Les symptômes respiratoires augmentent pour chaque augmentation de 10 grain/m³ pendant toute la pollinisation des Poacées, cette augmentation est significative avec un OR de 1,03 [1,01 à 1,05]. En ce qui concerne l'ambrosie, en 2009, il y a eu une augmentation moyenne de 32,4% de la prévalence des symptômes oculaires modérés à sévères, de 13,9% pour les symptômes respiratoires et 42,6% pour les symptômes nasaux pour une augmentation de 10 grains de pollen / m³. Cette augmentation a été plus faible en 2010. Les seuils de déclenchement obtenus par détermination graphique sont voisins de 10 grains / m³ pour chaque symptôme. Mais ces seuils résultent d'une définition complexe, ils peuvent varier selon le type de symptômes, la position dans la saison pollinique, et le pollen étudié.

Bien que la méthode utilisée pour le Journal Pollinique ne suive pas réellement de procédures standardisées, la détermination d'une valeur seuil pour les concentrations en pollens dépend de la fiabilité accordée aux résultats et de leur interprétation. Ce genre d'étude est particulièrement difficile à réaliser compte-tenu de la variabilité existant d'un patient à l'autre. En effet, aucun contrôle sur la manière dont le patient est exposé n'est faisable. Il dispose d'une liberté qui lui est propre : il peut décider d'être potentiellement exposé aux pollens à n'importe quel moment, n'importe où. De ce fait il existe une multitude d'expositions entre tous les patients inscrits au Journal Pollinique.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude menée au cours de ce stage vient confirmer l'hypothèse selon laquelle il existe une corrélation positive entre l'exposition aux pollens allergisants et la survenue des symptômes. La relation entre impact sanitaire et exposition aux pollens peut donc être établie à partir des données du journal pollinique qui découlent directement du ressenti des patients. Les seuils des déclenchements des symptômes varient d'un taxon à un autre, mais aussi, peuvent varier légèrement d'une année à une autre pour un même taxon, il y a donc des variabilités interannuelles. Ces variabilités sont influencées d'une part par les facteurs climatiques, et d'autre part par la présence d'autres polluants atmosphériques tels que ceux liés au trafic routier et qui peuvent aussi avoir un impact sur la sensibilité des patients. Le PHD mesure donc l'impact sanitaire. Un nouvel ajout aux services PHD pourrait être l'identification des seuils de développement général des symptômes (symptômes nasaux, oculaires, respiratoires). Cette analyse est déjà en cours (Voukantsis *et al.*, (2012)). Un autre service de PHD envisagé serait de définir des seuils par catégorie de patients atteints, par taxons et par situation géographique. En outre, les rapports journaliers sur les types de symptômes et leurs scores qui ont été apportés par les utilisateurs du PHD permettront de créer une base de données unique. Ces ensembles de données seront liés pour créer un tout nouveau service de prévision des symptômes individuels dans le PHD, et qui sera disponible sur une base opérationnelle (Voukantsis *et al.*, (2012)): le modèle CIM (méthodes d'intelligence computationnelle).

Ces services seront complétés par deux nouvelles fonctionnalités : la catégorisation de la sensibilité et de prévision des symptômes. Ces caractéristiques seront offertes dans un régime personnalisé basé sur l'historique des symptômes et des niveaux locaux de concentration de pollen. Cela fournira une mise à jour des informations pertinentes et des avertissements relatifs à la santé de chaque utilisateur individuel. Le service d'information basé sur la catégorisation de sensibilité sur une base individuelle sera disponible pour tous les utilisateurs du PHD. L'identification de seuils et la prévision des symptômes personnalisée est prévue pour être disponible dans un premier temps en Autriche et en Allemagne, qui ont le plus grand nombre d'entrées PHD. Ce sera ensuite développé pour d'autres pays en Europe.

Même si les mesures de prévisions doivent être développées, l'allergie aux pollens nécessite tout d'abord une prise en charge transversale par de nombreux acteurs, dont les pouvoirs publics au niveau national ou régional, le corps médical, et l'ensemble des opérateurs chargés du choix, de la commercialisation et de l'entretien des espèces végétales.

La composante santé doit être un paramètre naturel dans le choix de l'implantation d'espèces et de leur entretien. Aussi les principales recommandations concernent :

- Le choix d'espèces non allergisantes en espaces urbains / péri urbains,
- L'indication d'un indice de risque allergisant sur les espèces végétales, destinées à la vente aux collectivités ou au public,
- les réflexes "haies alternatives" en lieu et place des haies allergisantes (ex. : Cupressaceae),
- L'utilisation de graminées ornementales seulement à titre de pieds isolés, et éviter une forte concentration d'espèces potentiellement allergisantes sur le même lieu,
- Assurer l'entretien des espèces pour limiter la pollinisation : taille des haies de cyprès juste avant la floraison, tonte régulière des graminées avant la floraison, arrachage des espèces à risque comme l'ambrosie avant la floraison et avant la grenaison.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abou-Chakra OR, Sutra JP, Rogerieux F, Peltre G, Sénéchal H, Lacroix G. (2011) Cross allergenicity between pollen grains and their cytoplasmic granules on Brown Norway rats. *World Allergy Organization Journal*, 2(9): 201–207.

Abou-Chakra OR., Lacroix G., Senechal H., Thibaudon M. (2009) Synergie pollen–polluants et rôle des facteurs météorologiques sur le risque de pollinose : évolution des consultations dans la région amiénoise pendant la saison pollinique 2007. *Rev Fr Allergol*, doi : 10.1016/j.reval.2009.11.002.

Bacsi A., Choudhury BK., Dharajiya N., Sur S., Boldogh I. (2006) Subpollen particles: Carriers of allergenic proteins and oxidases. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 118, 844-850.

Behrendt H., Becker WM. (2001) Localization, release and bioavailability of pollen allergens: the influence of environmental factors. *Current Opinion in Immunology*. 13, 709-715.

Berger U., Jaeger S., Bergmann KC. (2011) PHD, the electronic patient's hay-fever diary. ERS Congress Amsterdam, oral presentation. *Eur Respiratory J.*, 38(s55): 569s, abstract 3213.

Bousquet J., Van Cauwenberge P., Khaltaev N., Aria Workshop Group., World Health Organization. (2001) Allergic rhinitis and its impact on asthma. *J Allergy Clin Immunol.*, 108: Suppl. 5, S147–S334.

Brandt O., Berger U., Karatzas K., Zuberbier T., Bergmann KC. (2013) Electronic pollen diary – experiences gained with its application during the last 3 years in Germany. *Allergo J.*, 22:112–117.

Buters J.T.M., Kasche A., Weichenmeier I., Schober W., Klaus S., Traidl-Hoffmann C. (2008) Year-to-year variation in release of Bet v 1 allergen from birch pollen: evidence for geographical differences between west and south Germany. *Int. Arch. Allergy Immunol.*, 145, 122-130.

Charpin D., Raheison C., Dutau H., Taytard A. (2000) Épidémiologie des allergies respiratoires : données actuelles. *Rev. Mal. Resp.*, 17, 139-158.

Currie AJ., Stewart GA., McWilliam AS. (2000) Alveolar macrophages bind and phagocytose allergen-containing pollen starch granules via C-type lectin and integrin receptors: implications for airway inflammatory disease. *J Immunol*. 164, 3878-86.

Davies RJ., Rusznak C., Devalia JL. (1998). Why is allergy increasing? Environmental factors. *Clin Exp Allergy.*, 28 (Suppl. 6): 8–14.

D'Amato G., Cecchi L., Bonini S., Nunes C., Annesi-Maesano I., Behrendt H. *et al.* (2007) Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*, 62, 976-990.

Deprez P.H., Chinaud F., Clech S., Vallier N., Germanaud J., Weill A. *et al.* (2004) La population traitée par médicaments de la classe des antihistaminiques en France métropolitaine : données du régime général de l'assurance maladie, 2000. *Rev. Méd. Ass. Maladie.*, 35, 1: 3-11.

Fuhrman C., Sarter H., Thibaudon M. *et al.* (2007) Short-term effect of pollen exposure on antiallergic drug consumption. *Ann Allergy Asthma Immunol.*, 99 : 225-31.

- Gervais P. (1994) Maladie asthmatique et agression chimique. *Rev. Fr. Allergol.*, 34, 5, 403-407.
- Halevy AH., Shlomo E., Shvartz M. (2001) Environmental factors affecting flowering of rice flower (*Ozothamnus diosmifolius*, Vent.). *Sci Hortic (Amst)* 87:303–309.
- Heslop-Harrison J., Heslop-Harrison Y. (1982) The growth of the grass pollen tube: 1. Characteristics of the polysaccharide particles (“P-particles”) associated with apical growth *Protoplasma*. 112, 71-80.
- Hirst J. M. (1952) An automatic volumetric spore trap. *Ann. Appl. Biol.*, 39, 257-265.
- Ishizaki T., Koizumi K., Ikemori R., Ishiyama Y., Kushibiki E. (1987) Studies of prevalence of Japanese cedar pollinosis among the residents in a densely cultivated area. *Ann Allergy.*, 58:265–70.
- Käpylä M., Penttinen A. (1981) An evaluation of the microscopical counting method of the tape in Hirst-Burckard pollen and spore trap. *Grana.*, 20 : 131-41.
- Katsouyanni K., Zmirou D., Spix C., Sunyer J., Schouten JP., Ponka A *et al.* (1995) Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiological time-series data. The APHEA project: background, objectives, design. *Eur Respir J.*, 8(6):1030-8.
- Katsouyanni K., Schwartz J., Spix C., Touloumi G., Zmirou D., Zanobetti A *et al.* (1996) Short-term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time-series data: the APHEA protocol. *J Epidemiol Community Health.*, 50: S12-8.
- Knox RB., Suphioglu C., Taylor P., Desai R., Watson HC., Peng JL., Bursill LA. (1997). Major grass pollen allergen Lol p 1 binds to diesel exhaust particles: implications for asthma and air pollution. *Clin Exp Allergy.*, 27, 246-51.
- Laaidi K. (2001) Pollen et pollinoses, estimation des seuils d'action clinique de quelques taxons allergisants. *Climat et Santé.*, 22, 95-113.
- Lebowitz MD. (1996) Epidemiological studies of the respiratory effects of air pollution. *Eur Respir J.*, 9:1029–54.
- Luczynska CM., Walker LA., Burney PGJ. (1995) Skin sensitivity in school children in two different areas of London. *Eur Respir J.*, 8: 250s.
- Marks GB., Colquhoun JR., Girgis ST., Koski MH., Treloar AB., Hansen P. *et al.* (2001) Thunderstorm outflows preceding epidemics of asthma during spring and summer. *Thorax.*, 56: 468–71.
- Medina S., Le Tertre A., Quénel P., Le Moullec Y. (1994) Evaluation de l'impact de la pollution atmosphérique urbaine sur la santé en Île-de-France (Etude Erpurs). ISBN 2-7371-1246-X. ORS Ile-de-France., 104 p.
- Motta A. (2004) Effets de polluants atmosphériques gazeux sur l'allergénicité du pollen de *Phleum pratense* et sur la réponse allergique respiratoire. Paris, *Clin Exp Allergy*. 34,310-4.
- Motta AC., Marliere M., Peltre G., Sterenberg PA., Lacroix G. (2006). Traffic-related air pollutants induce the release of allergen-containing cytoplasmic granules from grass pollen. *Int Arch Allergy Immunol*. 139, 294-8.

- Pauli G., Bessot JC., Quoix E. (1989) Effect of the environment on the development of respiratory allergies. *Rev Pneumol Clin.*, 45: 231–6.
- Pehkonen E., Rantio-Lehtimäki A. (1994) Variations in airborne pollen antigenic particles caused by meteorological factors. *Allergy.*, 49 : 472-7.
- Phipatanakul W. (2005) Allergic rhinoconjunctivitis: epidemiology. *Immunol Allergy Clin North Am.*, 25(2): p. 263-81, vi.
- Quénel P., Le Goaster C., Cassadou S., Eilstein D., Filleul L., Pascal L. *et al.* (1997) Surveillance des effets sur la santé de la pollution atmosphérique en milieu urbain : étude de faisabilité dans 9 villes françaises. Objectifs et principes. *Pollution atmosphérique.*, 156:88-95.
- Quénel P., Cassadou S., Declercq C., Eilstein D., Filleul L., Le Goaster C. *et al.* (1999) Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain : rapport d'étude. ISBN 2-11-091169-7. Institut de veille sanitaire., 148p.
- Rapiejko P., Stanlaewicz W., Szczygielski K., Jurkiewicz D., Otolaryngologii K., Warszawa W. *et al.* (2007) Threshold pollen count necessary to evoke allergic symptoms. *Otolaryngol Pol.*, 61: 591-4.
- Renault-Miskovsky J., M. Petzold. (1992) Pollens et spores. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, Suisse, 360 p.
- Ruffaldi P., Richard H. (1991) Calendriers polliniques et facteurs météorologiques en Franche-Comté (France). In : Ier Colloque sur les applications de la météorologie et leurs intérêts économiques. Labo. de Chrono-Écologie, Besançon, 271-288.
- Sulmont G. (2005) Le contenu pollinique de l'air : clé d'identification. Saint-Genis-L'Argentière (France) : RNSA-Studio Bouquet (cédérom).
- Sutra J.-P. (1988) Le rôle du pollen de châtaignier (*Castanea sativa*) dans les pollinoses d'été en France. *Bull. Ass. Géogr. Franç.*, 65, 5, 377-382.
- Taylor PE., Flagan RC., Valenta R., Glovsky MM. (2002) Release of allergens as respirable aerosols: A link between grass pollen and asthma. *J Allergy Clin Immunol.*, 109: 51-6.
- Thibaudon M., Burnichon A., Deruaz D., Laurent O. (2002) Etude de la couverture du capteur de pollen de Lyon sur trois saisons (1999, 2000, 2001). *Allerg Immunol (Paris).*, 34 : 161-3.
- Thibaudon M., Elias K., Besancenot J.P. (2004) Ambroisie et allergie. Le cas de la France. *Environnement, Risques & Santé.*, 3, 6, 353-367.
- Thibaudon M., Lachasse C. (2005). Intérêts et méthodes en aérobiologie, *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique.*, 45, p 194-195.
- Thibaudon M., Oliver G., Sindt C. (2009) Le capteur de pollen un outil pour déterminer l'origine des grains de pollens d'ambroisie. *Rev. Fr. Allergol.*, 49, 7, 515-523.
- Vázquez L. M., Galán C. E., Domínguez-Vilches. (2003) Influence of meteorological parameters on *Olea* pollen concentrations in Córdoba (South-western Spain). *Int J Biometeorol.*, 48:83–90.

Von Mutius E. (2000) The environmental predictors of allergic disease. *J Allergy Clin Immunol.*, 105:9–19.

Voukantsis D., Karatzas K., Jaeger S., Berger U., Smith M. (2012) Personalized information services concerning airborne pollen induced symptoms. *Aerobiologia.*, doi: 10.1007/s10453-012-9271-1

Zeghnoun A., Ravault C., Fabres B. *et al.* (2005) Short-term effects of airborne pollen on the risk of allergic rhinoconjunctivitis. *Arch Environ Occup Health.*, 60: 170-6.

ATMO Poitou-charente - Surveillance de la qualité de l'air : <http://www.atmo-poitou-charentes.org> Consulté le 20/04/2013

Code de l'environnement: <http://www.legifrance.gouv.fr> Consulté le 06/06/2013

Données Météo France – Bilans climatiques :
http://climat.meteofrance.com/chgt_climat2/bilans_climatiques/ Consulté le 09/07/2013

European Aeroallergen Network database : <https://dl.dropbox.com/u/3524339/pdf/EAN.pdf>
Consulté le 04/06/2013

Le mécanisme de l'allergie :
http://www.doctissimo.fr/html/dossiers/allergies/sa_5373_allergies_mecanisme.htm consulté le 02/08/2013

Météo France – influence de la météorologie :
http://comprendre.meteofrance.com/jsp/site/Portal.jsp?&page_id=11999 Consulté le 09/07/2013

PHD- Base de données sur les score-symptômes des patients :
<https://www.pollendiary.com/Phd/fr/diary> Consultation quotidienne

RNSA – Réseau National de Surveillance Aérobiologique : www.pollens.fr. Consultation quotidienne

Végétation en ville - Guide d'information : <http://www.pollens.fr/le-reseau/doc/Guide-Vegetation.pdf> Consulté le 03/04/2013

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Bulletin allerge-pollinique (carte de vigilance des pollens)

Annexe 2 : Capteur de pollen

Carte de répartition des différents sites des capteurs en France

Annexe 3 : Analyse pollinique

Annexe 4 : Bulletins phénologiques

Annexe 5 : Courbe de visualisation des symptômes

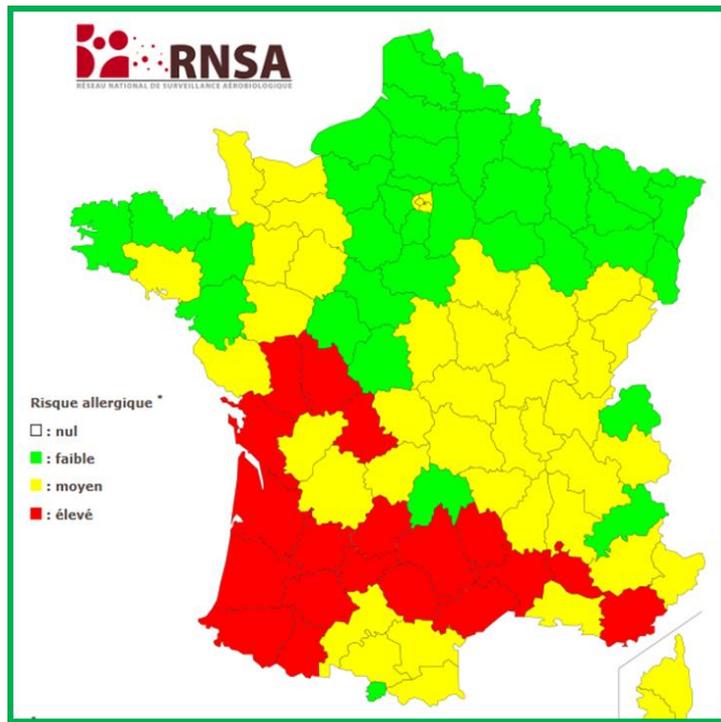
Annexe 6 : Fichier Excel présentant les score-symptômes et corrélations par type de symptômes et par taxon pour un patient.

Annexe 7 : Différents taxons de l'étude

Cartes de risque allergique pour les taxons de l'étude

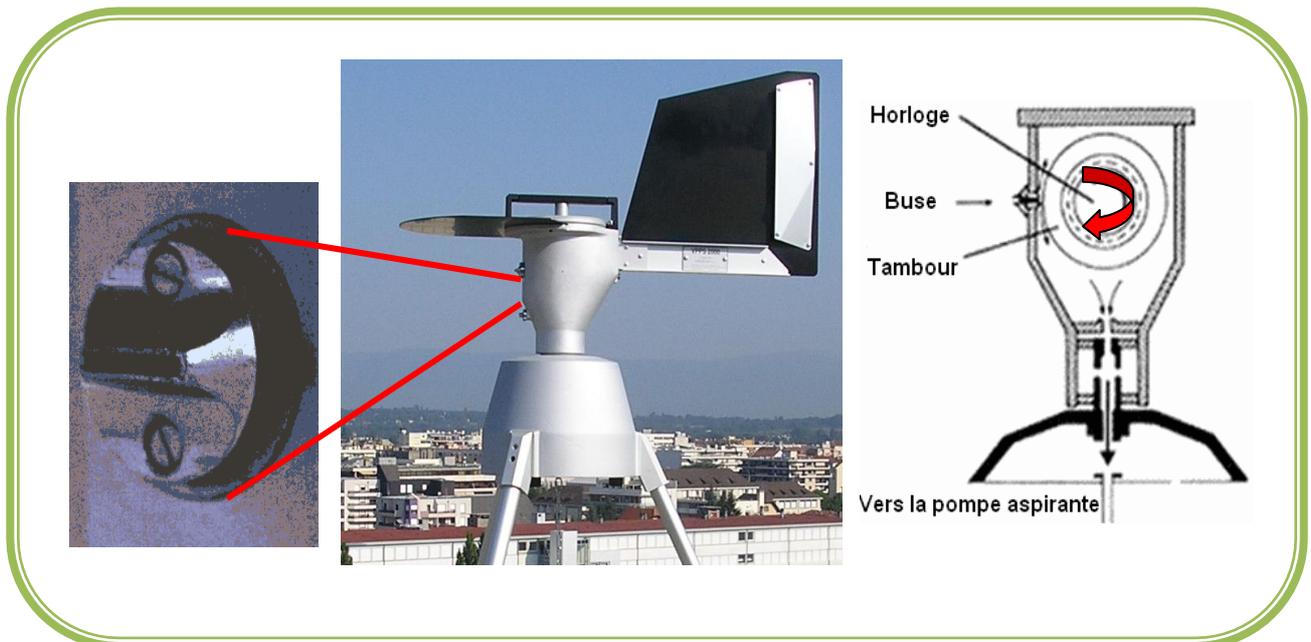
Annexe 8 : Résultats des tests statistiques avec le logiciel « Sigma stat ».

ANNEXE 1 : Carte de vigilance des pollens - du 31 Mai au 07 Juin 2013



ANNEXE 2

Capteur de pollen (Hirst, 1952)



Carte de répartition des différents sites des capteurs en France



ANNEXE 3 : Analyse pollinique par C scope

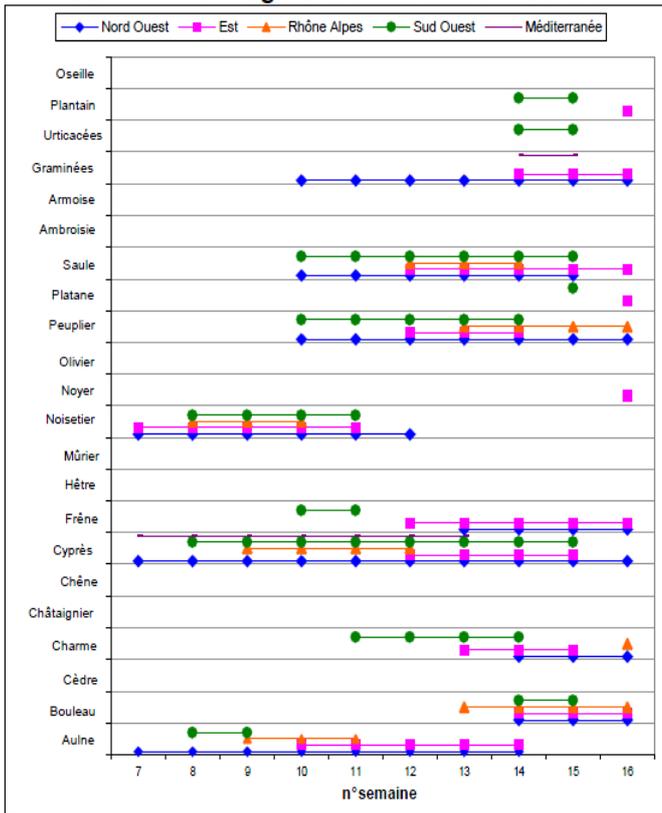


ANNEMASSE du 16/04/13 au 22/04/13 FOCUS : 0.97

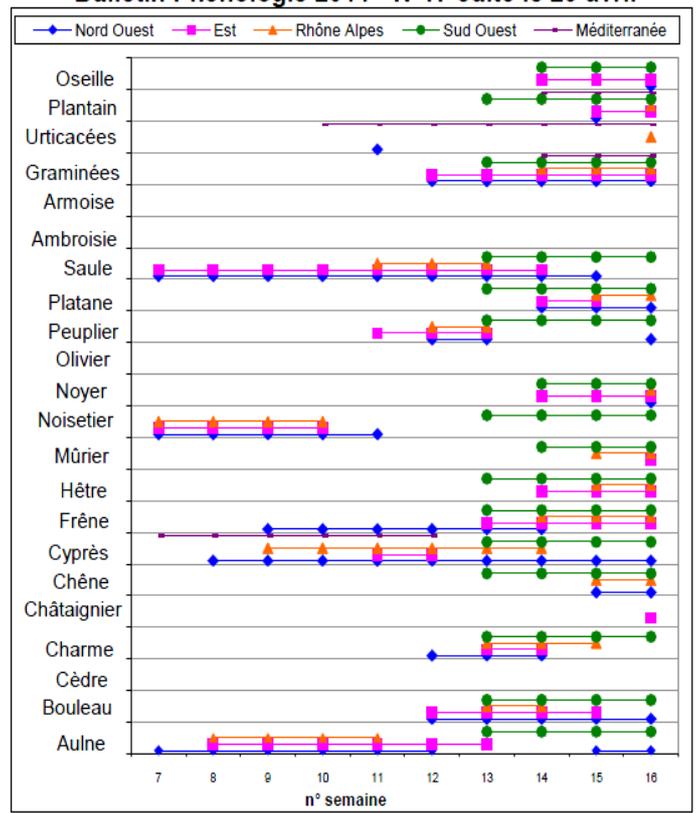
	16/04/13	17/04/13	18/04/13	19/04/13	20/04/13	21/04/13	22/04/13	Total/m3	E
Fraxinus	2716	2262	1894	140	407	950	2596	10965	
Betula	522	771	673	29	64	70	274	2403	
Populus	181	324	162	14	32	82	407	1202	
Cupressaceae-									
Taxaceae	46	148	240	33	38	398	182	1085	
Carpinus	61	110	95	7	6	13	25	317	
Buxus	65	22	25	5	3	2	23	145	
Poaceae	17	88	17	2	1	-	5	130	
Salix	17	30	31	1	2	18	21	120	
Platanus	3	8	50	1	2	4	21	89	
Ulmus	7	13	22	2	6	22	16	88	
Pinus	1	9	27	-	-	-	6	43	
Juglandaceae	11	4	1	-	-	-	12	28	
Quercus	-	5	8	3	-	2	2	20	
Cyperaceae	3	1	2	-	-	1	4	11	
Rosaceae	-	1	2	-	4	1	2	10	
Joncaceae	1	4	-	-	2	-	2	9	
Plantaginaceae	2	5	2	-	-	-	-	9	
Alnus	-	-	3	2	2	1	-	8	
Juglans	2	-	-	-	1	-	4	7	
Sambucus	1	-	1	1	3	1	-	7	
Indetermines	-	1	1	2	1	1	-	6	
Morus	2	-	2	-	-	-	-	4	
Rumex	-	-	1	-	-	2	1	4	
Fagus	-	-	1	-	-	-	2	3	
Larix	-	-	-	-	1	-	1	2	
Ericaceae	-	-	1	-	-	-	-	1	
TOTAUX	3658	3806	3261	242	575	1568	3606	16716	

ANNEXE 4 : Bulletins phénologiques

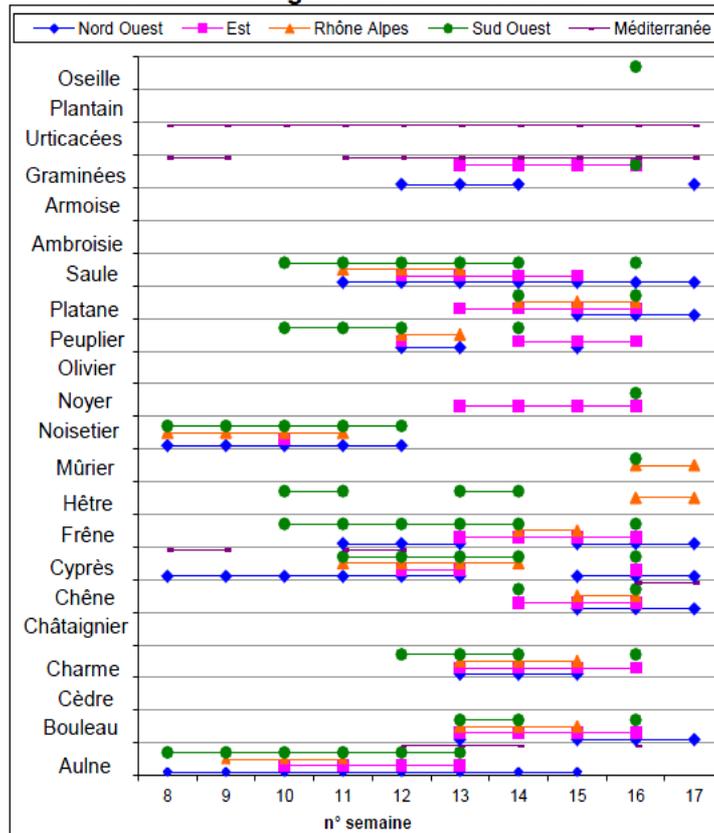
Bulletin Phénologie 2010 - N°16 édité le 23 avril



Bulletin Phénologie 2011 - N°17 édité le 29 avril

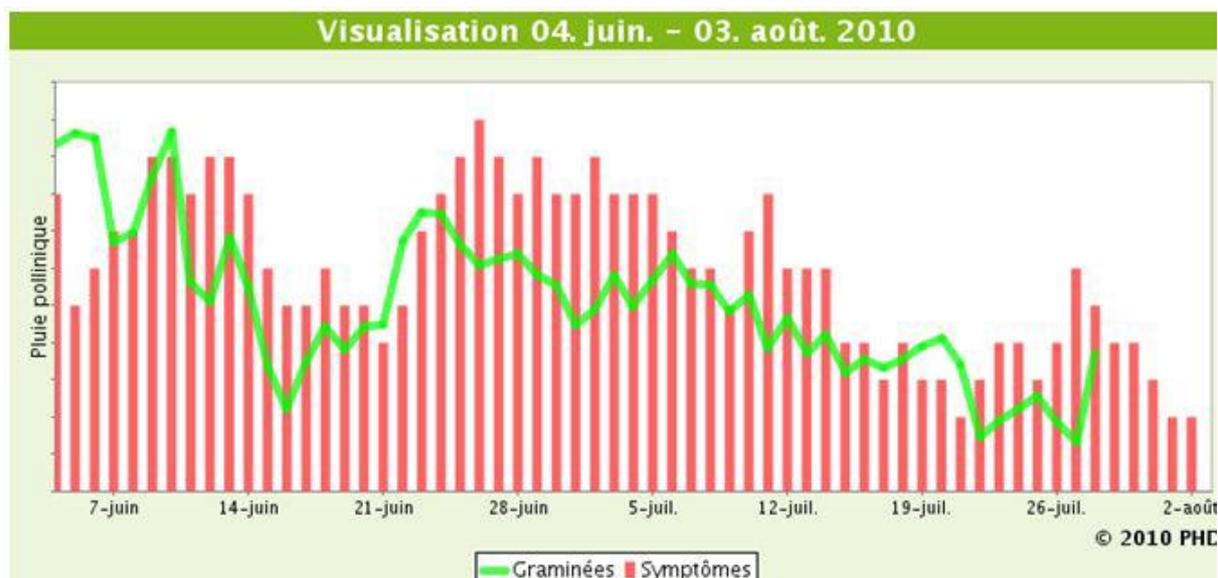


Bulletin Phénologie 2012 - N°17 édité le 27 Avril



ANNEXE 5

Courbe de visualisation des symptômes d'un patient



ANNEXE 6 : Fichier Excel présentant Scores-symptôme et corrélations par type de symptômes et par taxon pour un patient.

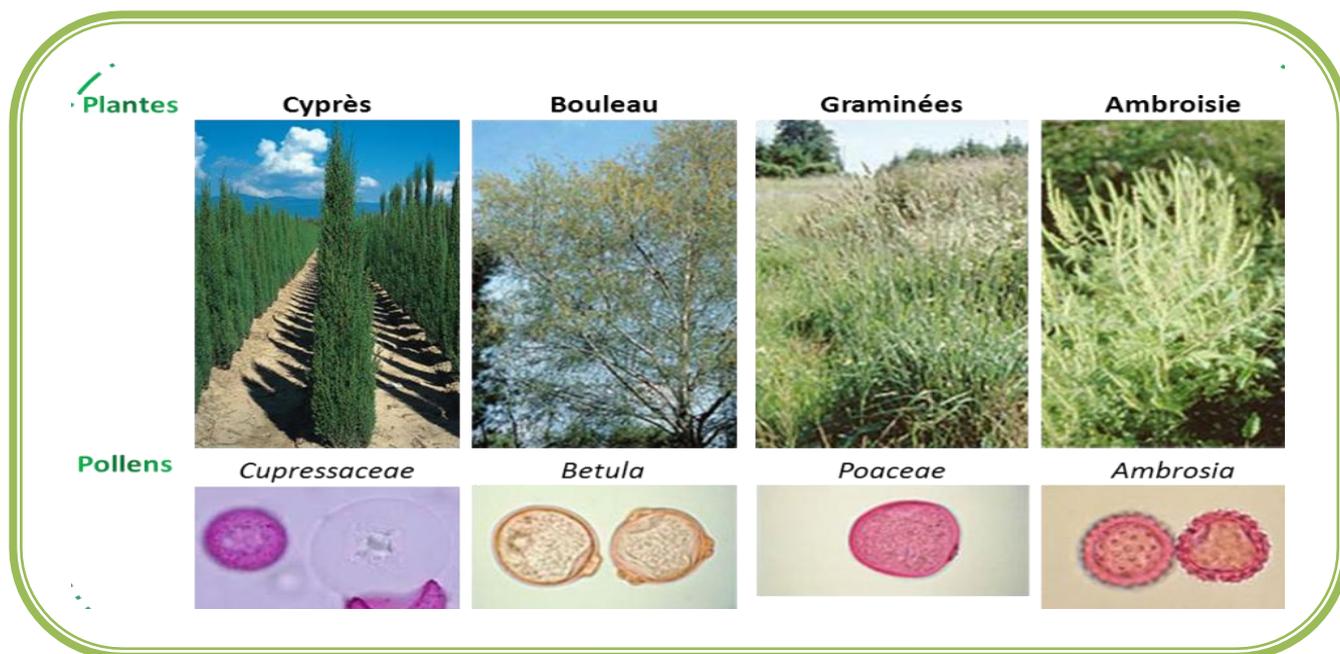
Id	Date	Country	Region	Overa	Eye	Symptoms	Nose	Symptoms	Lungs	Symptoms	Medicine	Eye	Medicine	Nose	Medicine	Tablets	Medicine	Homoepath	Medicine	Other
5049	2010-04-12	FR	frse	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
5049	2010-04-13	FR	frse	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-04-14	FR	frse	4	1,00	1,00	1,00	1,00	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-04-15	FR	frse	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
5049	2010-04-16	FR	frse	5	1,00	0,00	0,00	0,00	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
5049	2010-04-17	FR	frse	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
5049	2010-04-18																			
5049	2010-04-19	FR	frse	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	
5049	2010-04-20	FR	frse	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
5049	2010-04-21	FR	frse	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
5049	2010-04-22	FR	frse	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
5049	2010-04-23	FR	frse	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
5049	2010-04-24	FR	frse	5	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
5049	2010-04-25	FR	frse	5	1,00	2,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-04-26	FR	frse	4	1,00	2,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-04-27	FR	frse	4	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-04-28																			
5049	2010-04-29	FR	frse	4	2,00	2,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-04-30	FR	frse	5	2,00	2,00	2,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-01	FR	frse	4	1,00	2,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-02	FR	frse	4	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-03	FR	frse	5	1,00	2,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-04	FR	frse	3	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-05	FR	frse	5	1,00	1,00	2,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-06	FR	frse	4	0,00	1,00	2,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-07	FR	frse	4	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-08	FR	frse	5	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-09	FR	frse	4	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-10	FR	frse	4	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-11	FR	frse	4	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-12	FR	frse	4	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-13	FR	frse	4	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-14	FR	frse	5	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-15	FR	frse	4	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-16	FR	frse	4	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-17	FR	frse	4	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-18	FR	frse	4	0,00	2,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-19	FR	frse	4	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-20	FR	frse	4	0,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-21	FR	frse	4	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-22	FR	frse	4	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-23	FR	frse	4	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-24	FR	frse	4	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-25	FR	frse	10	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-26	FR	frse	4	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	
5049	2010-05-27	FR	frse	4	1,00	1,00	1,00	1,00	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	

Id	Date	Overall Symptoms Total	ABIE	ACER	AESC	AILA	ALNU	ALTE	AMBR	APIA	ARTE	ASTE	BETU	BRAS	CARP	CARY
5049	2010-04-10	6.50	0.0	1.9		0.8	1.2	5.6		1.0		0.8	7.4	1.3	4.1	
5049	2010-04-11	9.25	0.0	1.0			1.3					0.8	7.3	2.1	4.5	
5049	2010-04-12	8.25	0.0	1.0									5.5	1.6	3.2	
5049	2010-04-13	9.50	0.0	1.3	1.8								6.8	1.2	2.3	
5049	2010-04-14	9.50	0.0	1.7		0.8	0.9	5.6				1.1	4.4	1.5	2.1	1.0
5049	2010-04-15	8.25	0.0	1.3		1.6	0.8			1.0			3.4	1.5	1.7	
5049	2010-04-16	4.25	0.0			0.8	0.8					0.8	3.4	0.8	2.5	
5049	2010-04-17	8.25	0.0	1.2	1.0			0.8				0.9	5.5	1.0	1.8	
5049	2010-04-18															
5049	2010-04-19	8.25	0.0	1.0				5.6				0.8	5.0	1.1	1.6	
5049	2010-04-20	8.25	0.0				1.1			1.0		0.8	8.2	1.3	2.2	1.4
5049	2010-04-21	8.25	0.0							1.3			5.9	1.4	1.2	
5049	2010-04-22	8.25	0.0	1.0	0.8								7.1		2.1	
5049	2010-04-23	8.25	0.0	1.4						0.7			5.7		2.1	
5049	2010-04-24	9.25	0.0	1.7			1.4	5.6		0.7		0.8	8.3		2.0	
5049	2010-04-25	11.50	0.0		0.9		0.8		0.7				8.3	1.1	2.0	
5049	2010-04-26	11.50	0.0	1.0	0.9					1.0		0.8	11.8	1.2	3.0	
5049	2010-04-27	10.50	0.0	1.0	1.3	1.0		5.6					8.2	1.3	2.5	
5049	2010-04-28															
5049	2010-04-29	13.50	0.7		1.0			5.6	0.8	0.7		0.8	3.2	1.0	1.1	
5049	2010-04-30	14.50	0.0		1.5	1.0							2.7	1.0	0.9	
5049	2010-05-01	12.50	0.0	1.0	1.0			7.9				1.0	2.0	1.2	0.8	
5049	2010-05-02	10.50	0.0		1.0					1.0			2.0		1.1	
5049	2010-05-03	12.50	0.0		0.9					1.0			2.1		1.1	
5049	2010-05-04	7.50	0.0		0.9					0.8			0.9	0.8	1.2	
5049	2010-05-05	12.50	0.0	1.0	1.2							1.0	1.0			
5049	2010-05-06	10.50	0.0	1.0									1.4			
5049	2010-05-07	7.50	0.0		1.0			0.9					1.0	0.9		
5049	2010-05-08	8.50	0.0									1.0	1.2		1.0	
5049	2010-05-09	7.50	0.0										1.0	0.8	1.0	
5049	2010-05-10	7.50	0.0		1.8			9.6		0.7			1.5	1.0		
5049	2010-05-11	7.50	0.0		1.9								1.1	1.8	0.9	
5049	2010-05-12	8.50	0.0	1.4	2.3			1.0					1.1			
5049	2010-05-13	7.50	0.0					1.0					1.0			
5049	2010-05-14	8.50	0.0		1.5			7.9					1.0		0.8	
5049	2010-05-15	7.50	0.0	0.7	1.0			13.6				1.1	2.1	1.0		
5049	2010-05-16	7.50	0.0		0.9								3.2	1.2	1.0	
5049	2010-05-17	8.50	1.0	1.0	1.6		1.0	5.6		0.9		1.1	3.4	1.4	1.0	
5049	2010-05-18	9.50	1.0		1.2		1.0	7.9	1.0				3.1	1.0	1.0	
5049	2010-05-19	9.50	1.3		0.9			7.9		0.7			2.5	0.9	1.4	
5049	2010-05-20	7.50	0.0	1.5	1.5			5.6		1.0			1.7	0.9		
5049	2010-05-21	9.50	0.0		2.1		1.1			0.9	1.0	1.0	2.2		1.0	
5049	2010-05-22	9.50	3.4	1.0	2.3		1.0						2.3	1.0	1.2	
5049	2010-05-23	9.50	4.1		2.3		0.9	5.6		0.8	1.0		1.9		1.0	
5049	2010-05-24	9.50	1.8		2.9						1.0		1.3			

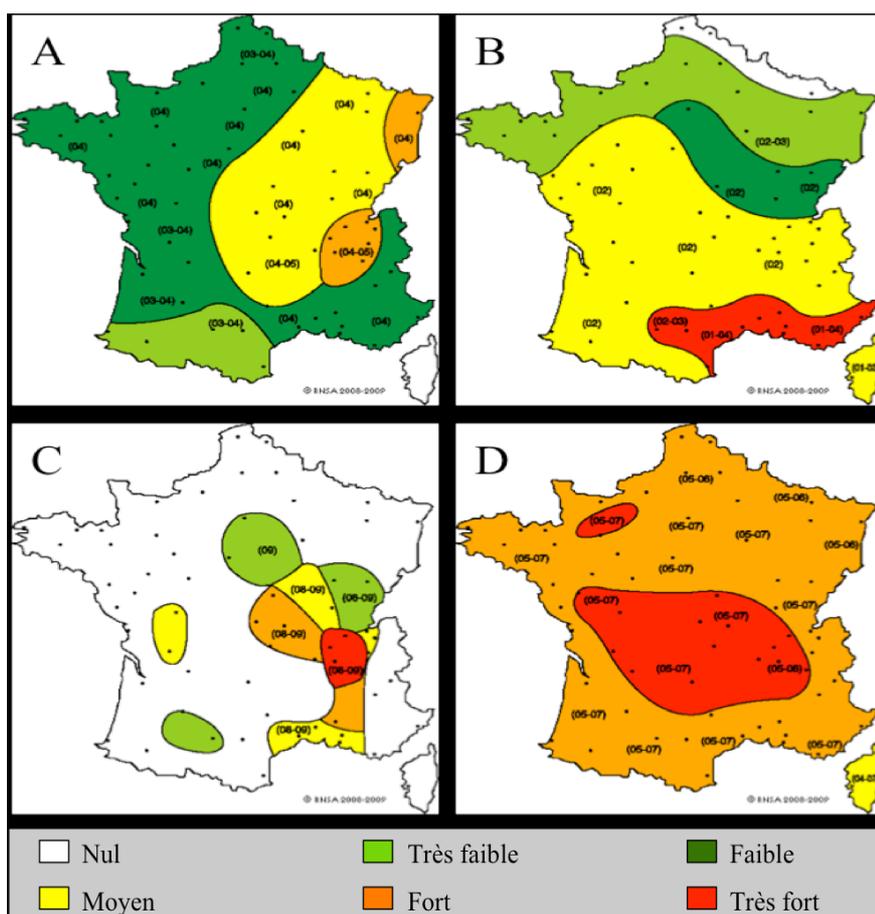
Id	Date	ABIE	ACER	AESC	AILA	ALNU	ALTE	AMBR	APIA	ARTE	ASTE	BETU	BRAS	CARP	CARY	CAST	CHEN	CICH	CLAD	CORY	CUPR	CYPE	EPIC	ERIC
Corr. Overall Symptoms		0.008	0.176	0.275	-0.118	-0.236	0.185	-0.245	-0.097	-0.216	0.417	0.175	0.279	0.956	0.227	-0.126	-0.149	-0.434	0.551	0.264	0.299		0.475	
Sig. C		0.958	0.515	0.067	0.550	0.017	0.104	0.008	0.370	0.047	0.007	0.145	0.158	0.190	0.034	0.114	0.173	0.000	0.336	0.000	0.012		0.000	
N Overall Symptoms		50	16	45	28	102	78	117	87	85	40	71	27	3	88	159	85	156	5	207	69		93	
Corr. Eye Symptoms		0.285	-0.316	0.052	-0.015	-0.289		-0.234		-0.183	0.439	0.069	0.033			0.004	-0.181	-0.402	-0.942	0.365	0.300		0.319	
Sig. E		0.045	0.234	0.735	0.940	0.003		0.011		0.093	0.005	0.567	0.871			0.961	0.097	0.000	0.017	0.000	0.012		0.002	
N Eye Symptoms		50	16	45	28	102	78	117	87	85	40	71	27	3	88	159	85	156	5	207	69		93	
Corr. Eye Symptoms + M		0.285	-0.271	0.080	0.056	-0.248	-0.229	-0.322	-0.184	-0.199	0.281	-0.002	-0.122	-0.956	0.334	-0.123	-0.103	-0.185	-0.944	0.181	0.237		0.271	
Sig. E		0.045	0.309	0.599	0.778	0.012	0.044	0.000	0.088	0.067	0.079	0.988	0.543	0.190	0.001	0.124	0.347	0.021	0.016	0.009	0.050		0.008	
N Eye Symptoms + Med		50	16	45	28	102	78	117	87	85	40	71	27	3	88	159	85	156	5	207	69		93	
Corr. Eye Total		0.287	-0.316	0.055	-0.001	-0.294		-0.237		-0.210	0.498	0.095	0.113			0.006	-0.183	-0.423	-0.942	0.368	0.300		0.338	
Sig. E		0.043	0.234	0.722	0.994	0.003		0.010		0.054	0.001	0.429	0.575			0.940	0.093	0.000	0.017	0.000	0.012		0.001	
N Eye Total		50	16	45	28	102	78	117	87	85	40	71	27	3	88	159	85	156	5	207	69		93	
Corr. Eye Total + Med		0.287	-0.317	0.071	0.042	-0.279	-0.229	-0.309	-0.184	-0.225	0.432	0.047	0.025	-0.956	0.334	-0.083	-0.146	-0.303	-0.996	0.260	0.271		0.316	
Sig. E		0.043	0.232	0.643	0.833	0.005	0.044	0.001	0.088	0.039	0.005	0.697	0.903	0.190	0.001	0.298	0.182	0.000	0.000	0.000	0.024		0.002	
N Eye Total + Med		50	16	45	28	102	78	117	87	85	40	71	27	3	88	159	85	156	5	207	69		93	
Corr. Nose Symptoms		0.030	-0.282	-0.208	0.132	-0.113	0.397	0.004	0.083	-0.095	0.144	0.016	-0.248			0.091	0.200	-0.062	-0.092	-0.160	0.087		0.126	
Sig. N		0.837	0.290	0.171	0.502	0.257	0.000	0.965	0.447	0.385	0.376	0.893	0.212			0.401	0.012	0.572	0.254	0.021	0.478		0.229	
N Nose Symptoms		50	16	45	28	102	78	117	87	85	40	71	27	3	88	159	85	156	5	207	69		93	
Corr. Nose Symptoms + M		0.030	-0.163	-0.152	0.158	-0.100	0.080	-0.185	-0.068	-0.130	-0.078	-0.036	-0.316	-0.956	0.332	-0.020	0.048	0.135	0.319	-0.124	-0.044		0.120	
Sig. N		0.837	0.548	0.320	0.422	0.319	0.486	0.045	0.530	0.235	0.634	0.766	0.109	0.190	0.002	0.800	0.664	0.092	0.600	0.074	0.722		0.254	
N Nose Symptoms + Med		50	16	45	28	102	78	117	87	85	40	71	27	3	88	159	85	156	5	207	69		93	
Corr. Nose Total		-0.030	-0.164	-0.173	0.070	-0.179	0.397	-0.046	0.083	-0.142	0.066	0.058	-0.221			0.242	0.144	-0.037	-0.140	0.600	-0.089	0.131	0.241	
Sig. N		0.837	0.544	0.255	0.724	0.072	0.000	0.619	0.447	0.194	0.684	0.633	0.268			0.023	0.070	0.739	0.081	0.285	0.203	0.283	0.020	
N Nose Total		50	16	45	28	102	78	117	87	85	40	71	27	3	88	159	85	156	5	207	69		93	
Corr. Nose Total + Med		-0.030	-0.124	-0.153	0.108	-0.173	0.201	-0.154	-0.016	-0.157	-0.028	0.019	-0.257	-0.956	0.379	0.024	0.014	-0.010	0.638	-0.089	0.077		0.219	
Sig. N		0.837	0.647	0.317	0.585	0.082	0.077	0.098	0.880	0.152	0.864	0.874	0.195	0.190	0.000	0.768	0.902	0.900	0.247	0.203	0.531		0.035	
N Nose Total + Med		50	16	45	28	102	78	117	87	85	40	71	27	3	88	159	85	156	5	207	69		93	
Corr. Lungs Symptoms			-0.540	0.010	0.181	-0.017	0.119	-0.129	-0.259	-0.080	-0.243	-0.013	-0.443			0.226	-0.051	0.091	0.105	-0.942	-0.099	0.225	0.147	
Sig. L			0.031	0.949	0.357	0.861	0.300	0.164	0.016	0.468	0.131	0.917	0.021			0.034	0.527	0.407	0.193	0.017	0.156	0.063	0.161	
N Lungs Symptoms		50	16	45	28	102	78	117	87	85	40	71	27	3	88	159	85	156	5	207	69		93	
Corr. Lungs Symptoms + M			-0.483	0.048	0.179	-0.023	0.053	-0.161	-0.251	-0.075	-0.351	-0.051	-0.508	-0.956	0.262	-0.080	0.120	0.166	-0.996	-0.108	0.091		0.103	
Sig. L			0.058	0.752	0.363	0.818	0.644	0.082	0.019	0.495	0.027	0.675	0.007	0.190	0.014	0.317	0.273	0.038	0					

ANNEXE 7

Différents types de taxons choisis pour l'étude



Cartes de risque allergique pour le bouleau (A), le cyprés (B), l'ambroisie (C) et les Graminées (D), au cours des mois mentionnés entre parenthèse. (www.pollens.fr).



Annexe 8 : Résultats des tests statistiques avec le logiciel Sigma stat

Poacées Score-symptome Année 2011

Spearman Rank Order Correlation

mercredi, juillet 24, 2013, 10:33:12

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	Col 2
Col 1	0,836
	0,000
	67

Col 2

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.

Poacées Score-symptome Année 2012

Spearman Rank Order Correlation

mercredi, juillet 24, 2013, 10:35:56

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	Col 2
Col 1	0,700
	0,000
	79

Col 2

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	Col 2
Col 1	0,778
	0,000
	153

Col 2

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	Col 2
Col 1	0,721
	0,000
	34

Col 2

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	Col 2
Col 1	0,756
	0,000
	34

Col 2

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	Col 2
Col 1	0,710
	0,000
	65

Col 2

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.

Bouleau Score-symptome Années 2010-2012
Spearman Rank Order Correlation

jeudi, juillet 25, 2013, 09:40:40

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	Col 2
Col 1	0,783
	0,000
	129

Col 2

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.

Cupressacées-Taxacées Score-symptome sur 3 ans (2010-2012)
Pearson Product Moment Correlation

jeudi, juillet 25, 2013, 10:35:39

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:
Correlation Coefficient
P Value
Number of Samples

	Col 2
Col 1	0,632
	0,00000315
	45

Col 2

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.

Pearson Product Moment Correlation

jeudi, juillet 25, 2013, 10:25:15

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:
 Correlation Coefficient
 P Value
 Number of Samples

	Col 2
Col 1	0,717
	0,000116
	23

Col 2

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.

Comparaison sensibilité bouleau régions Sud-est et Sud-ouest

Pearson Product Moment Correlation

vendredi, août 02, 2013, 12:13:06

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:
 Correlation Coefficient
 P Value
 Number of Samples

	Col 2	Col 3
Col 1	0,450	0,743
	0,0210	0,00362
	26	13

Col 2	1,000
	0,000
	5

Col 3

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.

Pearson Product Moment Correlation

Data source: Data 1 in Notebook

Cell Contents:

Correlation Coefficient

P Value

Number of Samples

	Col 2	Col 3
Col 1	0,490	0,744
	0,00702	0,000000195
	29	36
Col 2		1,000
		0,000
		7
Col 3		

The pair(s) of variables with positive correlation coefficients and P values below 0,050 tend to increase together. For the pairs with negative correlation coefficients and P values below 0,050, one variable tends to decrease while the other increases. For pairs with P values greater than 0,050, there is no significant relationship between the two variables.