



Disponible en ligne sur

ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte
www.em-consulte.com

REVUE FRANÇAISE
D'**Allergologie**

Revue française d'allergologie xxx (2018) xxx–xxx

Article original

Les enseignements de la veille phénologique

The lessons provided by phenological monitoring

M. Grégori^{a,*}, K. Benkhelifa^b, F. Pautz^b, J.-P. Schmitt^a, M. Bonnefoy^c, E. Gardeur^c, G. Seznec^b,
C. Pallares^a, M. Boulangé^d, G. Kanny^d

^a Atmo Grand-Est, 5, rue de Madrid, 67300 Schiltigheim, France

^b Jardin botanique Jean-Marie Pelt, 100, rue du Jardin-Botanique, 54600 Villers-lès-Nancy, France

^c ORS Grand-Est, 2, rue Doyen-Parisot, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France

^d Laboratoire d'hydrologie et climatologie médicales, faculté de médecine, 9, rue de la Forêt-de-Haye, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy, France

Reçu le 27 juillet 2018 ; accepté le 17 octobre 2018

Résumé

L'allergie IgE-dépendante aux pollens concerne un quart de la population. Elle se manifeste par des rhinites, conjonctivites, de l'asthme, des poussées de dermatite atopique et peut se compliquer d'allergies alimentaires aux fruits et légumes. La progression de cette allergie est en lien avec les modifications de l'environnement extérieur (pollution atmosphérique, changement climatique) et de l'exposition microbienne des individus (théorie hygiéniste). La veille phénologique mise en place dans le Jardin botanique Jean-Marie Pelt (Villers-lès-Nancy, France) en 2014 consiste en la surveillance de 24 plantes émettant des pollens allergisants. L'objectif principal est d'informer en temps réel les personnes allergiques et les professionnels de santé de la pollinisation des espèces allergisantes. La pollinisation des noisetiers a commencé dès fin décembre lors des hivers peu rigoureux de 2014 et 2015. Le début de la pollinisation de cette espèce peut varier jusqu'à 10 semaines selon l'exposition. Le vulpin des prés apparaît être un indicateur du début de la saison de pollinisation des graminées et la phléole des prés clôture la saison. La remontée de floraison des herbacées en automne est en lien avec la pratique de fauches tardives. La veille phénologique donne une information en temps réel et permet d'étudier l'influence du climat et des activités humaines sur la pollinisation des espèces à risque. La diffusion par voie numérique de ces informations permet de mettre en œuvre de façon concomitante des actions de prévention des symptômes allergiques.

© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Phénologie ; Pollen ; Allergie respiratoire ; Observatoire ; Aérobiologie ; Environnement ; Réseau participatif

Abstract

IgE-mediated allergy to pollen affects a quarter of the population. It is responsible for rhinitis, conjunctivitis, asthma and exacerbation of atopic dermatitis, and it may be complicated by food allergies to fruits and vegetables. The current rise in pollen allergy is related to changes in the outdoor environment (air pollution, climate warming) and microbial exposure (hygiene hypothesis). Phenological monitoring set up in the Jean-Marie Pelt botanical garden (Villers-lès-Nancy, France) in 2014 consists of monitoring 24 plants emitting pollen allergens. The main objective is to inform allergic persons and health professionals in real time of the pollination of allergenic species.

* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : marielle.gregori@atmo-grandest.eu (M. Grégori), karim.benkhelifa@grand-nancy.org (K. Benkhelifa), frederic.pautz@grand-nancy.org (F. Pautz), jean-pierre@atmo-grandets.eu (J.-P. Schmitt), michel.bonnefoy@orsas.fr (M. Bonnefoy), emilie.gardeur@orsas.fr (E. Gardeur), guy-xavier.seznec@univ-lorraine.fr (G. Seznec), cyril.pallares@atmo-grandest.eu (C. Pallares), michelboulange@sfr.fr (M. Boulangé), gisele.kanny@univ-lorraine.fr (G. Kanny).

<https://doi.org/10.1016/j.reval.2018.10.010>

1877-0320/© 2018 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Hazel pollination began in late December during the mild winters of 2014 and 2015. The start of pollination of this species can vary by up to 10 weeks depending on exposure. Meadow foxtail appears to be an indicator of the beginning of the grass pollination season, with timothy closing the season. The rise of flowering herbaceous plants in autumn is linked to the practice of late mowing. Phenological monitoring yields information in real time and allows investigation of the influence of climate and human activities on the pollination of species that entail risk. Through digital transmission of this information, preventive action against the relevant allergic symptoms can be initiated immediately.

© 2018 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Keywords: Phenology; Pollen; Inhalant allergy; Observatory; Aerobiology; Environment; Participative network

1. Introduction

L'allergie pollinique correspond à l'ensemble des manifestations cliniques engendrées par le développement d'une inflammation IgE-dépendante en réponse à l'exposition à différents pollens. La prévalence de la rhinite allergique est estimée à 24,5 % en France et semble avoir triplée en 25 ans [1,2]. La prévalence de l'allergie aux pollens est estimée à 18,5 % chez les adultes et de 11 % à 27 % chez les adolescents [3]. La progression de cette allergie est en lien avec les modifications de l'environnement en particulier la pollution atmosphérique et les changements climatiques [4]. Historiquement appelée « rhume des foins », la pollinose se manifeste par des rhinites, des conjonctivites, de l'asthme voire des urticaires et eczéma de contact et aéroportés. Chaque année à la même saison, ce sont les mêmes symptômes qui reviennent et concernent de plus en plus de personnes [5]. L'allergie pollinique peut se compliquer d'allergies alimentaires à des fruits et légumes [6–8]. Chez les sujets atteints de rhinite allergique, 23 % à 76 % rapportent un syndrome oral à un fruit ou légume [7]. Les manifestations peuvent être plus sévères avec des réactions systémiques chez 8,7 % d'entre eux [9].

Les pays développés sont confrontés à une épidémie allergique en lien avec les modifications de l'écosystème : changement des modes de vie, hygiène, pollution, modifications des pratiques agraires et changements climatiques [10,11]. Il est démontré que l'augmentation des températures et des concentrations en dioxyde de carbone induit une augmentation de la production de pollens et de leur allergénicité, une précocité et un allongement de la saison pollinique. Le coût de la rhinite allergique a été estimé à 355 euros par patient et par mois en Europe [12]. Le fardeau que représente cette maladie est souligné par l'académie européenne d'allergologie et immunologie clinique et le parlement européen [13]. Au-delà du syndrome d'hyperréactivité nasale, la rhinite allergique affecte considérablement la qualité de vie, les performances scolaires et professionnelles, la vie sociale, les activités sportives par la fatigue et les troubles du sommeil qu'elle induit [14]. La rhinite allergique est la pathologie la plus fréquente en pédiatrie et affecte le sommeil et les apprentissages [15,16].

L'inflammation allergique de la muqueuse est responsable d'une hyperréactivité nasale, induisant une réactivité à des doses de plus en plus faibles de pollens (*priming effect*) [17–19]. Il a été montré que la précocité de l'information de l'apparition des pollens contribue à diminuer les symptômes des personnes souffrant de rhinoconjonctivite allergique [20]. Ces informations

permettent de mettre en œuvre les traitements et d'adopter les mesures comportementales visant à limiter l'exposition. Pour les allergiques, l'anticipation des périodes de pollinisation apparaît comme la promesse d'un mieux-être. La prévention vise à éviter l'aggravation de la maladie et la survenue de nouvelles sensibilisations.

Les mesures aérobiologiques sont réalisées à Nancy depuis 1986 par capteur Lanzoni, situé sur le toit de la Tour Marcel Brot à 36,10 mètres du sol. Les comptes polliniques donnent une information quantitative sur le contenu en pollens de l'air. Cette information est différée dans le temps en lien avec la durée de recueil (7 jours) et le temps de lecture des lames. Le réseau national de surveillance aérobiologique (RNSA) calcule le risque allergique prévisionnel d'exposition aux pollens (RAEP) établi à partir des quantités de pollens mesurées, des prévisions météorologiques, du stade phénologique des végétaux et de l'intensité des symptômes constatés par les médecins sentinelles chez leurs patients allergiques aux pollens [21].

La phénologie est l'étude de l'apparition d'événements périodiques dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat. En botanique les événements périodiques sont la floraison, la feuillaison, la pollinisation, la fructification et la coloration des feuilles des végétaux. La veille phénologique des plantes émettant un pollen allergisant [22] a été mise en place dans le Jardin botanique Jean-Marie Pelt à Villers-lès-Nancy (54600) en 2014. Elle consiste en l'étude de la croissance, du développement, de leur date de début et de fin de libération du pollen de 24 plantes émettant un pollen allergisant. L'objectif principal de ce projet est d'informer en temps réel les professionnels de santé et les personnes allergiques de la situation pollinique afin d'adapter les stratégies thérapeutiques. Air Lorraine (à présent Atmo Grand Est) et l'observatoire régional de la santé et des affaires sociales en Lorraine (à présent ORS Grand Est), codirigent le projet « Observatoire des pollens », en partenariat avec le Jardin botanique Jean-Marie Pelt, l'Agence régionale de santé et le laboratoire d'hydrologie et climatologie médicales (université de Lorraine). Les comptes polliniques permettent l'identification des pollens à l'échelle de la famille botanique. La veille phénologique permet la caractérisation de la plante responsable de l'émission, et donc de l'espèce. L'intérêt de l'information délivrée est sa précocité. L'étude de Guillaum et al. a montré la quasi-concomitance entre la libération de pollen de graminées et l'apparition des premiers symptômes [20].

Nous présentons les résultats de la veille phénologique réalisée dans le Jardin botanique entre avril 2014 et décembre 2016.

Tableau 1

Liste des 24 plantes émettant des pollens à risque allergique observées lors de la veille phénologique.

Famille	Nom vernaculaire	Nom latin
Betulaceae	Bouleau verruqueux	<i>Betula pendula</i> Roth
	Noisetier commun	<i>Corylus avellana</i> L.
	Aulne glutineux	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.
	Charme commun	<i>Carpinus betulus</i> L.
Cupressaceae	Cèdre du Japon	<i>Cryptomeria japonica</i> (L.f.) D. Don
Fagaceae	Chêne pédonculé	<i>Quercus robur</i> L.
Oleaceae	Frêne commun	<i>Fraxinus excelsior</i> L.
Salicaceae	Saule marsault	<i>Salix caprea</i> L.
Asteraceae	Armoise commune	<i>Artemisia vulgaris</i> L.
	Ambroisie à feuilles d'Armoise	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.
Plantaginaceae	Plantain lancéolé	<i>Plantago lanceolata</i> L.
	Plantain majeur	<i>Plantago major</i> L.
Polygonaceae	Oseille sauvage	<i>Rumex acetosa</i> L.
Urticaceae	Ortie dioïque	<i>Urtica dioica</i> L.
	Pariétaire officinale	<i>Parietaria officinalis</i> L.
Poaceae (Graminées)	Dactyle aggloméré	<i>Dactylis glomerata</i> L.
	Fétuque des prés	<i>Festuca pratensis</i> Huds.
	Fléole des prés	<i>Phleum pratense</i> L.
	Flouve odorante	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.
	Fromental	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) P. Beauv.
	Houlque laineuse	<i>Holcus lanatus</i> L.
	Ivraie vivace, Ray-grass	<i>Lolium perenne</i> L.
	Paturin des prés	<i>Poa pratensis</i> L.
	Vulpin des prés	<i>Alopecurus pratensis</i> L.

2. Méthodes

2.1. Veille phénologique

Une liste de 24 espèces végétales émettant des pollens à risque allergique et correspondant à la phytogéographie lorraine a été établie par les botanistes du Jardin botanique Jean-Marie Pelt (Villers-lès-Nancy, 54600) en concertation avec les allergologues (Tableau 1).

Sur le terrain, le choix des plants a été réalisé par un botaniste expert pour valider l'identité botanique de l'espèce. Pour chaque plante observée, étaient renseignés les critères environnementaux, en particulier, l'exposition. Les plants sont repérés à l'aide d'un piquet attaché à la tige (pour les herbacées) ou une étiquette (pour les ligneux) afin d'étudier la croissance des plants tout au long de l'année quel que soit le stade de développement.

Dix stades de développement botaniques ont été observés :

- pré-débourrement : bourgeon fermé ;
- débourrement : ouverture du bourgeon ;
- feuillaison : feuille présente ;
- pré-floraison : fleur fermée ;
- floraison : fleur ouverte ;
- anthèse : présence de pollen, fleur complètement ouverte et fonctionnelle ;
- pré-maturité : maturité en cours ;
- maturité : fruit mature ;

- jaunissement : feuille devenant jaune ;
- défeuillaison : perte des feuilles.

La date de première libération de pollen correspond au début de l'anthèse. La date de dernière libération de pollen correspond à la fin de l'anthèse/début de pré-maturité. Ces dates ont été consignées et communiquées aux professionnels de santé et au grand public via le site internet d'Air Lorraine.

2.2. Veille aérobiologique

La veille aérobiologique est réalisée à Nancy depuis 1986 à l'aide d'un capteur Lanzoni. Celui-ci suit la méthode Hirst, basée sur l'aspiration d'un volume d'air connu avec impaction des particules (grains de pollen et spores) sur une surface piège [23]. Le capteur est constitué d'une pompe électrique montée sur une girouette qui prélève par une buse (14 mm × 2 mm) un volume d'air constant (10 litres d'air/minute), représentatif de la respiration d'un homme. Les particules ainsi aspirées sont projetées et piégées sur une bande de cellophane adhésive, située sur une pièce cylindrique, appelée tambour durant une période de 7 jours. À Nancy, le relevé du tambour est réalisé tous les mardis à 9 h, de février à octobre. Cette bande, de 19 mm de largeur, est fixée sur le tambour qui défile devant la buse d'aspiration du capteur grâce à un mécanisme d'horlogerie à une vitesse de 2 mm par heure. La buse d'aspiration est orientée face aux vents dominants à l'aide d'un empennage. Après une semaine de fonctionnement, la bande est découpée en 7 segments qui correspondent à chaque jour de la semaine. Chaque segment est placé dans un milieu de montage solide (composé de gélatine, glycérine et eau distillée) entre lame et lamelle et analysé directement au microscope. Le milieu d'enduction qui permet l'adhérence des grains de pollen sur la bande de cellophane ainsi que le milieu de montage coloré est réalisé par le RNSA. Les analyses consistent à identifier et compter les grains de pollen captés durant l'exposition du tambour, sur 3 lignes horizontales avec l'objectif × 40 (grossissement 400). Les données sont envoyées au RNSA qui diffuse les résultats exprimés en concentrations journalières en grains de pollens par mètre cube d'air.

2.3. Période d'observation

Pour l'année 2014, la veille phénologique au Jardin botanique Jean-Marie Pelt a débuté le 17 avril. Les observations étaient réalisées deux fois par semaine jusqu'au 22 juillet, puis une fois par semaine jusqu'au 29 décembre. Le capteur de pollens situé Tour Marcel Brot à Nancy a été en activité du 17 février au 23 septembre. La lecture des lames avec identification des pollens a été effectuée jusqu'au 6 juillet, puis du 12 août au 22 septembre.

En 2015, les observations phénologiques étaient réalisées une fois par semaine du 6 janvier au 2 juin, puis deux fois par semaine, et une fois par semaine du 2 septembre au 29 décembre. Le capteur à pollens a fonctionné du 10 février au 19 juillet.

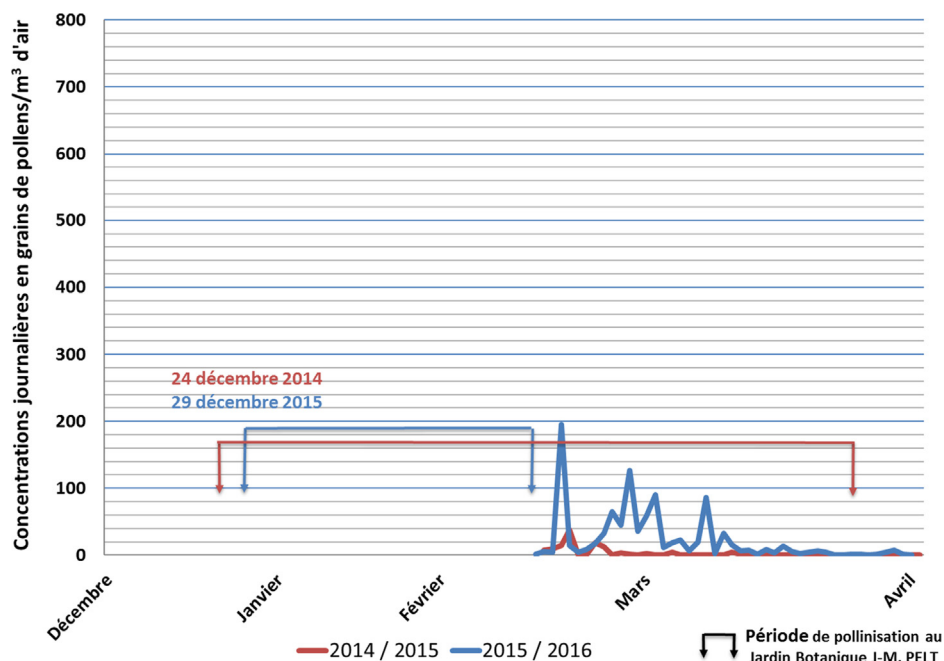


Fig. 1. Périodes de pollinisation du noisetier (flèches) identifiées lors de la veille phénologique au Jardin botanique Jean-Marie Pelt et courbes des comptes polliniques au cours des années 2014/2015 et 2015/2016.

En 2016, les observations phénologiques ont eu lieu une fois par semaine, du 5 janvier au 9 décembre. Le capteur a été mis en route le 2 février et n'a pas été arrêté de l'année.

2.4. Analyse des données

Les données issues de la veille phénologique et des comptes polliniques font l'objet d'une analyse descriptive.

3. Résultats

Les résultats sont présentés pour les arbres puis pour les herbacées, par ordre alphabétique des familles des plantes observées. Au sein de chaque famille, nous présentons les plantes par chronologie de pollinisation.

3.1. Arbres

3.1.1. Bétulacées

Les bétulacées sont les premiers végétaux allergisants à émettre du pollen en Lorraine.

La pollinisation des noisetiers communs (*Corylus avellana*) est la plus précoce. Elle est survenue le 24 décembre 2014 et 29 décembre en 2015. À cette période, le capteur à pollens ne fonctionnait pas et cette pollinisation précoce n'a pu être observée par ce moyen (Fig. 1). Il peut exister d'importantes variations de début de pollinisation selon l'exposition. Durant la saison 2014–2015, un décalage de 10 semaines est noté entre le début de pollinisation de deux noisetiers observés au Jardin botanique : le premier arbre était à l'anthèse le 24 décembre 2014 et le dernier le 3 mars 2015.

Les comptes polliniques annuels identifient 124 grains de pollens de noisetier en 2014, 1019 en 2015 et 1560 en 2016. En

2015, le nombre de pollens comptés lors du pic pollinique a été 4 fois plus important qu'en 2014, et le nombre total de pollens identifiés sur la saison, 8 fois supérieur. Il est possible que le pic pollinique ait eu lieu avant la mise en route du capteur en 2014, ce qui expliquerait le faible nombre de grains de pollens comptés.

Les aulnes glutineux (*Alnus glutinosa*) sont la deuxième espèce d'arbres à émettre du pollen. La veille phénologique a permis d'observer leur pollinisation durant 3 semaines du 3 au 24 mars en 2015, et du 10 février au 5 avril en 2016, soit 8 semaines. La période de pollinisation a été plus précoce et plus longue la deuxième année.

Concernant la veille aérobiologique, des pollens d'aulne étaient recensés sur le capteur dès sa mise en route en février 2014, 2015 et 2016 (Fig. 2) : 237 grains de pollens en 2014, 1067 en 2015 et 3914 en 2016. Le pic identifié le 5 février 2016 n'est pas mis en évidence en 2014 et 2015 en lien avec une mise en route plus tardive du capteur.

La veille phénologique a permis d'identifier la pollinisation des bouleaux verruqueux (*Betula pendula*) à partir du 14 avril en 2015 et 12 avril en 2016. Le début de pollinisation n'est pas influencé par l'exposition. La pollinisation des bouleaux a été plus longue en 2016 (1 mois) qu'en 2015 (2 semaines), mais n'était pas plus précoce.

Le capteur de Nancy a relevé des pollens de bouleau durant 2 mois : du 9 mars au 15 mai en 2014, du 30 mars au 29 mai en 2015 et du 24 mars au 22 mai en 2016. Le décalage est de 3 semaines entre 2014 et 2015, et 2 semaines entre 2014 et 2016 (Fig. 3). Le nombre de pollens comptés en 2015 (3145) et 2016 (2363) est moindre qu'en 2014 (4541), pour une même durée de pollinisation.

Les observations phénologiques n'ont pas permis d'identifier la période de pollinisation du charme commun (*Carpinus*

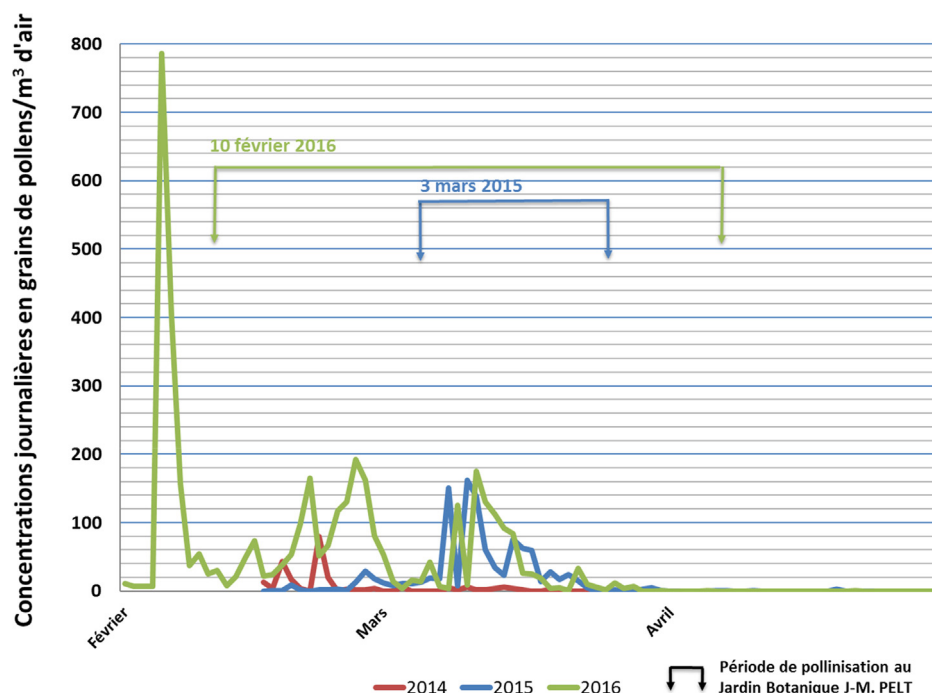


Fig. 2. Périodes de pollinisation de l'aulne (flèches) identifiées lors de la veille phénologique au Jardin botanique Jean-Marie Pelt et courbes des comptes polliniques au cours des années 2014, 2015 et 2016.

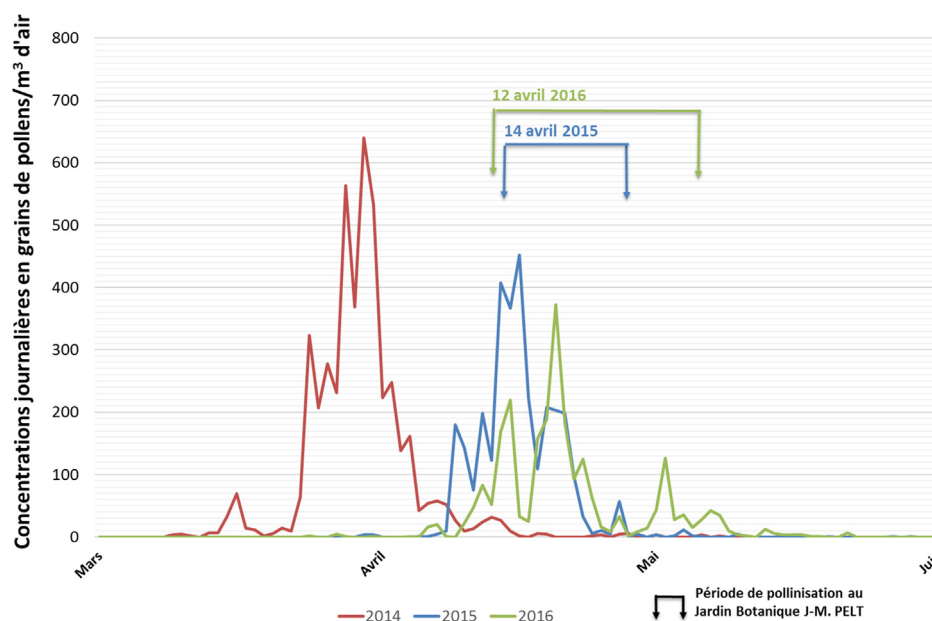


Fig. 3. Périodes de pollinisation du bouleau (flèches) identifiées lors de la veille phénologique au Jardin botanique Jean-Marie Pelt et courbes des comptes polliniques au cours des années 2014, 2015 et 2016.

betulus) puisqu'aucun des deux arbres suivis au Jardin botanique n'a fleuri en 2015. En 2016, la pollinisation a eu lieu à partir du 12 avril et a duré 1 semaine.

En 2014, les pollens de charme ont été présents sur le capteur du 8 mars au 6 avril, soit 4 semaines (1616 grains). En 2015, la période s'est étendue du 26 mars au 5 mai, soit 6 semaines (1897 grains). En 2016, les pollens ont été recensés du 9 mars au 10 mai, soit 9 semaines s (1472 grains).

3.1.2. Cupressacées

Les observations phénologiques au Jardin botanique ont permis d'observer la pollinisation du cèdre du Japon (*Cryptomeria japonica*) du 17 mars au 1^{er} avril 2015 (2 semaines) et du 10 février au 12 avril en 2016, soit 9 semaines. La période de pollinisation a été plus précoce et allongée en 2016 par rapport à 2015.

Que ce soit en 2014, 2015 ou 2016, les pollens de cupressacées ont été retrouvés durant toute la saison de mesure, dès la

mise en route du capteur, soit de février à septembre en 2014, de février à juillet en 2015 et de février au 9 décembre en 2016. Les pics polliniques ont été observés en mars.

3.1.3. Fagacées

L'anthèse du chêne pédonculé (*Quercus robur*) a été observée le 22 avril en 2014, le 5 mai en 2015 et le 30 avril en 2016, à chaque fois durant une semaine.

Les pollens de chêne ont été piégés par le capteur du 12 mars au 15 mai en 2014 (2 mois), du 1^{er} avril au 31 mai en 2015 (2 mois), et du 21 avril au 22 mai en 2016 (1 mois). Tous les ans, le début de pollinisation est retardé de 3 semaines : soit 6 semaines de décalage entre 2014 et 2016. Le nombre total de grains de pollens comptés est proche pour les trois années 1770 ± 79 grains de pollen.

3.1.4. Oléacées

En 2015 et 2016, la pollinisation des frênes communs (*Fraxinus excelsior*) a été observée à deux jours d'intervalle, respectivement le 14 et 12 avril, durant une semaine en 2015, et deux semaines en 2016. Le début de pollinisation n'a pas été influencé par l'exposition, ni par les variations climatiques annuelles, car les dates sont similaires.

Les pollens de frêne ont été piégés par le capteur pendant deux mois en mars et avril. Un pic de pollinisation est observé le 10 avril 2015 avec 785 pollens comptés sur une seule journée. L'anthèse des frênes est observée 4 jours plus tard au Jardin botanique J.-M. Pelt. En 2015, 7 fois plus de grains de pollens ont été captés (3155) par rapport à 2014 (423 grains) et 2016 (479 grains).

3.1.5. Salicacées

Le saule marsault (*Salix caprea*) a été observé en 2015 et 2016. En 2015, la pollinisation est survenue le 24 mars et a duré une semaine. En 2016, la pollinisation a duré pratiquement un mois, du 31 mars au 26 avril.

Le capteur a recensé des pollens de saule du 14 mars au 6 mai 2014 (616 grains), 17 mars au 14 mai en 2015 (726 grains) et du 1^{er} mars au 5 juin 2016 (446 grains). En 2014 et 2015, les pollens ont été captés durant 2 mois, et 3 mois en 2016, ce qui coïncide avec les observations phénologiques. Même si la période de pollinisation a été plus longue d'un mois en 2016, le nombre de grains récoltés est plus faible qu'en 2014 et 2015.

3.2. Herbacées

3.2.1. Astéracées

La veille phénologique relève une activité pollinique de l'armoise commune (*Artemisia vulgaris*) d'une durée de 2 à 3 semaines en août.

Les pollens d'armoise sont captés de mi-mai à mi-septembre en faibles quantités (de 44 à 154 grains).

Les observations phénologiques ont permis d'observer la pollinisation de l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*) sur des plants cultivés dans les collections du Jardin botanique Jean-Marie Pelt. La première libération de pollen et la durée de pollinisation sont variables selon les années. En 2014, la

plante a émis du pollen pendant deux semaines à partir du 2 septembre. En 2015, deux périodes de pollinisation de la plante ont été observées : l'une débutant le 13 août, l'autre le 2 septembre et a duré jusqu'au 15 septembre. En 2016, la plante était à l'anthèse du 9 septembre au 18 octobre. La plante étant invasive et à fort potentiel allergisant, elle a été taillée avant la dissémination des graines.

Le pollen d'ambrosie est mis en évidence en très faibles quantités par le capteur de Nancy. Du 7 juin au 18 septembre 2014, 16 grains de pollen ont été recensés sur 15 semaines. Du 26 août 2016 au 17 septembre 2016, 24 grains ont été captés sur 3 semaines.

3.2.2. Urticacées

Les pariétaires officinales (*Parietaria officinalis*) ont émis du pollen pendant une semaine en juin 2015, avec une nouvelle émission le 15 septembre. En 2016, l'émission de pollen s'est étendue pour certaines plantes du 14 juin au 22 juillet, soit plus de 5 semaines. Une nouvelle émission de pollen a eu lieu du 27 septembre au 8 novembre. Chaque année, la pariétaire officinale pollinise deux fois.

Les orties dioïques (*Urtica dioica*) ont émis du pollen durant une semaine à partir du 12 juin 2015, et du 21 juin au 12 juillet en 2016, soit 3 semaines. Le 27 septembre au 18 octobre 2016, une nouvelle émission de pollen a eu lieu.

Les premiers grains de pollens d'urticacées ont été piégés par le capteur à partir de juin en 2014 et 2015, début mai en 2016. Le nombre de grains de pollen d'urticacées retrouvés varie en fonction des années : du 17 février au 6 juillet 2014 : 502 grains, 2015 : 2390 grains et 2016 : 1336 grains. Les pollens d'urticacées étaient recueillis sur le capteur jusqu'à la date de son arrêt en septembre. La seconde pollinisation de la pariétaire n'a donc pas pu être mise en évidence dans les comptes polliniques.

3.2.3. Polygonacées

La pollinisation de l'oseille sauvage (*Rumex acetosa*) a été observée à partir du 25 avril 2014, du 5 mai 2015 et 3 mai 2016, avec une durée de 1 à 2 semaines.

Le pollen d'oseille sauvage est mis en évidence sur le capteur de mai à juillet en faible quantité : 83 grains en 2014, 197 en 2015 et 76 en 2016.

3.2.4. Graminées

La pollinisation des graminées a lieu du 22 avril au 4 juillet en 2014, du 5 mai au 10 juillet en 2015, et du 26 avril au 12 juillet 2016, soit une période d'activité pollinique annuelle similaire. Les premières graminées qui pollinisent sont le vulpin des prés (*Alopecurus pratensis*) et la flouve odorante (*Anthoxanthum odoratum*) le 22 avril en 2014, les 5 et 10 mai en 2015, le 26 avril et 3 mai en 2016. Les autres graminées pollinisent ensuite de façon variable selon les années : le pâturin des prés, le dactyle aggloméré, la houlque laineuse, l'ivraie vivace, le fromental, la fétuque des prés. La saison se termine par la pollinisation de la phléole des prés (*Phleum pratense*) le 4 juillet en 2014, le 10 juillet en 2015 et le 12 juillet en 2016 (Fig. 4). La date de début de pollinisation de chaque espèce de graminées n'est pas identique d'une année à l'autre : de quelques jours de

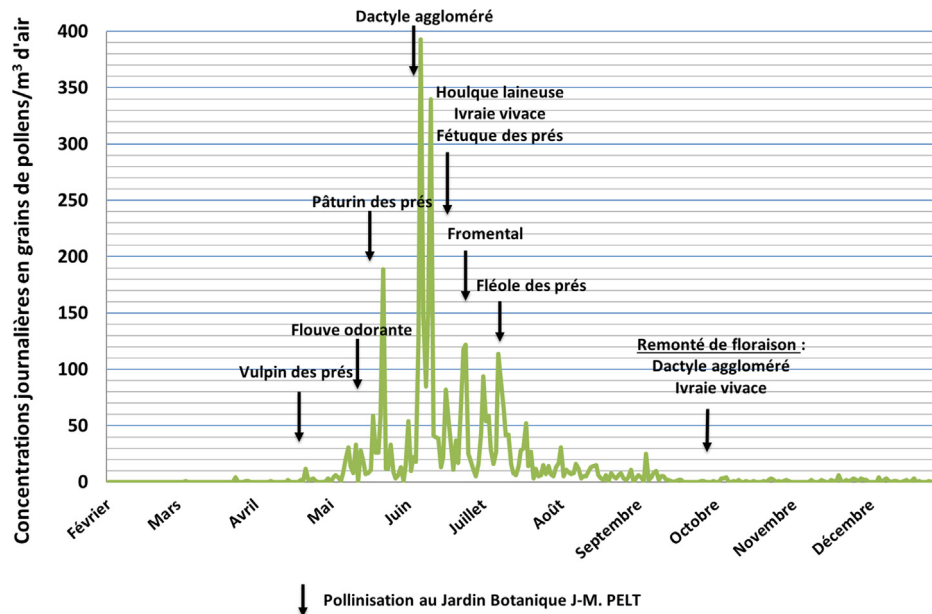


Fig. 4. Début de la pollinisation des différentes espèces de Graminées (flèches) identifiée lors de la veille phénologique au Jardin botanique Jean-Marie Pelt et courbes des comptes des pollens de la famille des Graminées au cours de l'année 2016.

différence entre 2015 et 2016 pour la fétuque des prés, jusqu'à un mois pour le pâturin des prés. Une remontée de floraison des graminées est observée le 1^{er} octobre 2014 pour la houlique laineuse et l'ivraie vivace. Dix jours plus tard, le dactyle aggloméré libérait du pollen, ce qui n'a pas été mis en évidence sur le capteur car celui-ci était déjà arrêté. Une fauche a été réalisée mi-octobre, empêchant d'étudier l'évolution des autres plants, plus tardifs. En 2016, le dactyle aggloméré et l'ivraie vivace ont à nouveau pollinisé du 27 septembre au 18 octobre.

Les quantités de pollens de graminées comptés étaient de 3029 grains en 2014 (du 5 avril au 22 septembre, puis arrêt du capteur), 4930 en 2015 (9 mars au 19 juillet, puis arrêt du capteur) et 4205 en 2016 (du 4 mars jusqu'au 31 décembre). La cinétique des courbes des comptes polliniques est proche au cours des 3 années.

3.2.5. Plantaginacées

La veille phénologique a permis d'observer la pollinisation des plantains lancéolés (*Plantago lanceolata*) au Jardin botanique Jean-Marie Pelt du 19 mai au 15 septembre 2015, 17 mai au 8 novembre en 2016. Les observations tardives sont en lien avec la remontée de floraison secondaire aux fauches tardives.

Le plantain majeur (*Plantago major*) a pollinisé plus tard et moins longtemps : une semaine en juin 2014, une semaine en juillet 2015, et du 5 juillet au 16 août 2016 (6 semaines).

Les pollens de plantain sont mis en évidence du 11 avril 2014 jusqu'à l'arrêt du capteur en septembre (156 grains), du 16 avril 2015 jusqu'à l'arrêt du capteur en juillet (257 grains), du 6 mai au 22 novembre 2016 (214 grains). La plus forte période d'activité pollinique se situe de mai à septembre.

3.3. Comparaison des périodes de pollinisation des plantes en 2015 et 2016

La veille phénologique a permis d'observer des périodes de pollinisation plus longues en 2016 en comparaison à 2015 (Fig. 5), pour tous les arbres (aulnes, bouleaux, cèdre du japon, chêne, frêne et saule) à l'exception du noisetier. En 2016, la pollinisation des saules et noisetiers était plus tardive d'environ une semaine, alors qu'elle était plus précoce pour les cinq autres espèces d'arbres.

Concernant les herbacées, la période de pollinisation s'est également allongée en 2016 pour l'ambrosie à feuilles d'armoise, la pariétaire commune, l'ortie dioïque et les plantains. Quant aux graminées, le début de la pollinisation et la durée sont similaires pour 2015 et 2016.

4. Discussion

La veille phénologique permet d'observer les variations saisonnières de la pollinisation des espèces, qu'elles soient liées au climat ou à la mise en œuvre de nouvelles pratiques dans la gestion des espaces verts. Elle renseigne qualitativement sur la pollinisation des espèces en complément des données quantitatives obtenues par les comptes polliniques.

Les comptes polliniques mesurent avec une précision de date les pollens en suspension dans l'air mais ne permettent pas de connaître la date d'émission, les pollens présents dans l'air recueilli par le capteur étant influencés par les conditions météorologiques, en particulier, le vent et les courants de convection. Les données issues de la veille phénologique et celles des comptes polliniques sont complémentaires. Comme l'écrivaient Thibaudon et Lachasse, les données polliniques sont des

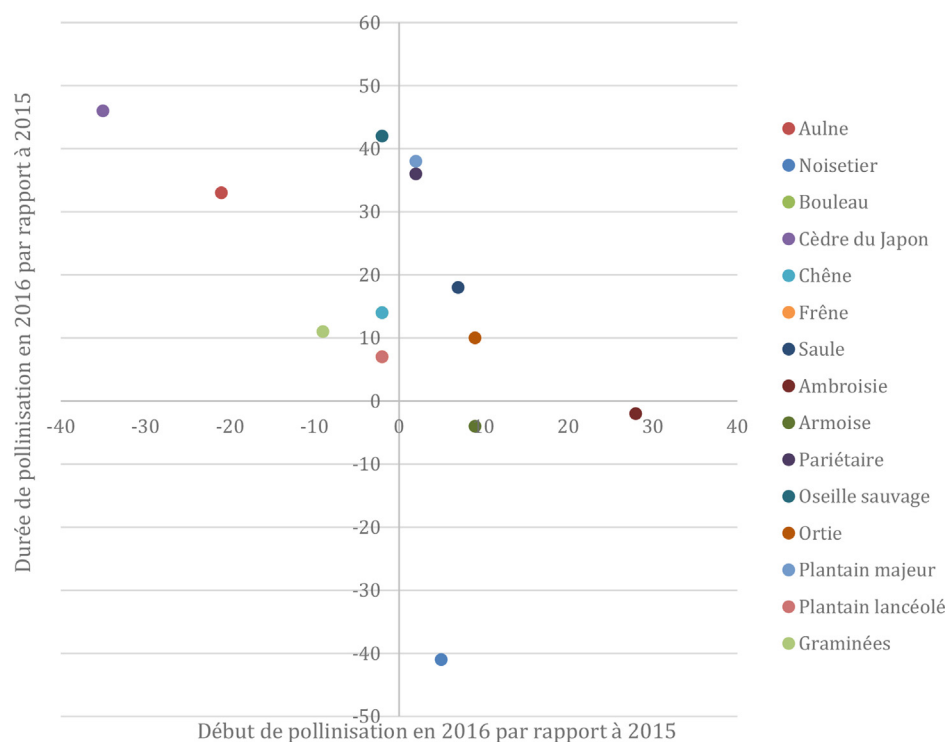


Fig. 5. Comparaison du début et de la durée de pollinisation des plantes observées lors de la veille phénologique en 2015 et 2016.

données de fond alors que les données phénologiques sont des informations de proximité [22].

Ce qui peut apparaître comme un paradoxe, à savoir la mise en évidence de pollens sur le capteur avant leur identification par la veille phénologique relève de différentes explications. Les pollens impactés sur les capteurs peuvent être importés. Selon les conditions météorologiques, en particulier, anémologiques et pluviométriques des pollens de plantes à floraison plus précoce, issues de zones plus méridionales, peuvent être captés avant la pollinisation des plantes de proximité [22]. La veille phénologique a recueilli les informations dans le Jardin botanique, il est possible que dans le rayon de 30 km, considéré comme représentatif d'un capteur [24], des pollinisations plus précoces aient eu lieu. D'où l'intérêt de développer le réseau de sentinelles Pollin'air pour avoir une information géolocalisée au plus proche du patient [25]. En ce qui concerne la détection des pollinisations par l'observation, elle est soit en retard par rapport aux comptes polliniques, soit concomitante. En revanche, en ce qui concerne l'accès à l'information d'émission des pollens, les données sont disponibles en temps réel pour la veille phénologique. Le RNSA communique l'information lorsque le risque allergique est avéré et non au début de l'apparition des pollens sur le capteur.

Grâce à la veille phénologique, il est possible de déterminer le début de la pollinisation des espèces allergisantes sur un site et en temps réel. Le vulpin des prés apparaît être un indicateur du début de la période de pollinisation des graminées, et la phléole des prés clôturée la saison pollinique des graminées. Si l'on compare aux données issues de la veille réalisée par le réseau des Pollinariums sentinelles de France [26], les observations ne sont pas exactement superposables. La pollinisation de la flouze précède souvent celles du vulpin dans les observations

des Pollinariums. La fléole est de manière univoque la dernière graminée à polliniser. Il convient de souligner que les plantes observées dans les Pollinariums sont des plantes cultivées. La veille phénologique instaurée au Jardin botanique consiste une observation des plantes dans leur milieu naturel, ce qui peut expliquer des variations de dates de pollinisation qui dépendent de l'écotype et de l'exposition.

En ce qui concerne les données issues de l'observation de *Parietaria officinalis*, nous mettons en évidence deux pics de pollinisation évoluant entre 5 à 6 semaines de mi-juin à mi-juillet et une seconde période de fin septembre à début novembre. En Italie, Ariano et al. font état d'une pollinisation de la pariétaire pendant 6 à 7 mois avec identification de 2 pics polliniques [27]. Les données présentées dans ce travail qui font état d'une longue pollinisation sont issues des comptes polliniques effectués par la méthode du capteur de Hirst. Cette méthode ne permet pas de distinguer dans la famille des urticacées le genre (pariétaires et orties) et l'espèce (*officinalis*, *judaica*), ce qui peut expliquer le recueil de pollens d'urticacées sur une si longue période.

Le fauchage est une pratique ancestrale qui consiste à gérer une zone enherbée. Lorsqu'il s'agit d'un fauchage tardif, une seule action de coupe est réalisée par an, assez tard en été, pour qu'un maximum d'espèces (faune et flore) puissent accomplir leur cycle biologique. Cette pratique récente est notamment utilisée pour la gestion des espaces verts dans les villes. Elle entraîne une remontée de floraison, appelée le regain, qui se sera influencée par trois facteurs environnementaux majeurs : l'ensoleillement, la disponibilité en eau et la température.

Grâce au retour d'une pluviométrie plus favorable, l'automne permet un regain de productivité qui sera limité par la réduction de l'ensoleillement et des températures [28]. La reprise de

l'activité pollinique des herbacées au Jardin botanique J.-M. Pelt est observée en septembre-octobre. La remontée de floraison des herbacées (particulièrement le plantain lancéolé, le dactyle aggloméré, la houlque laineuse et l'ivraie vivace) en automne, va induire une nouvelle libération de pollen durant quelques semaines, tant que les ressources seront suffisantes. Ce phénomène, probablement en lien avec la pratique de fauches tardives, justifie l'attention du clinicien face à l'impact de nouvelles pratiques pour le maintien de la biodiversité sur la saisonnalité des rhinites allergiques aux pollens de graminées.

De manière générale, les comptes polliniques révèlent une pollinisation plus précoce des plantes en 2014 par rapport à 2015 et 2016.

Malgré une période de pollinisation plus courte en 2015 qu'en 2016, les quantités de pollens récoltés en 2015 sont plus importantes (indice annuel de pollinisation : 29 887 grains en 2015, 24 332 grains en 2016 [29,30]). La veille phénologique a également permis d'observer des arbres qui n'ont pas pollinisé. Des gelées peuvent expliquer le fait que les charmes n'aient pas fleuri au Jardin botanique en 2015.

L'exposition a une influence variable sur la date de début de pollinisation variable selon les espèces. Des écarts de dix semaines peuvent être observés pour le noisetier, de l'ordre de 15 jours pour certaines herbacées (le fromental, la houlque laineuse, le dactyle aggloméré ou l'oseille sauvage). D'autres espèces comme le plantain lancéolé, l'ivraie vivace ou le pâturin des prés semblent moins sensibles aux différences d'exposition. Des espèces d'arbres tel que le bouleau, le frêne sont également peu impactées par l'exposition.

Les conditions climatiques jouent un rôle sur le développement des plantes. Les hivers 2014 et 2015 n'ont pas été rigoureux et les arbres tels que les noisetiers ont émis du pollen dès fin décembre alors que la pollinisation a habituellement lieu en février.

Les observations phénologiques nous conduisent à nous interroger sur l'opportunité d'élargir la période des comptes polliniques pour observer la pollinisation précoce de certaines espèces comme le noisetier et l'aulne, et des pollinisations tardives liées aux remontées de floraison du fait des fauches.

Les durées de pollinisation semblent s'allonger pour la plupart des espèces observées, ce qui est concordant avec les données de la littérature [31].

5. Conclusion

Ce travail préliminaire souligne l'intérêt de la veille phénologique qui donne une information géolocalisée en temps réel. Elle permet d'étudier les influences du climat et des activités humaines sur la pollinisation des espèces à risque [4,31,32], et de mettre en place des actions de prévention des allergies polliniques.

La rapidité de la diffusion et l'accessibilité de ces informations auprès des patients et professionnels de santé, sont essentielles pour mettre en œuvre des actions préventives. L'élément clé de cette action sanitaire de la veille phénologique est la possibilité de disposer d'un outil numérique permettant un accès facile en temps réel.

Pour améliorer les performances du dispositif, a été mis en place en 2016 un réseau participatif de sentinelles permettant d'obtenir des informations de la pollinisation des espèces allergisantes sur différents sites répartis sur le territoire lorrain [25]. Les informations phénologiques sont recueillies par des botanistes experts ou amateurs et sont diffusées par le réseau Pollin'air (www.pollinair.fr) offrant aux professionnels et aux citoyens une information géolocalisée et en temps réel. La veille environnementale est essentielle pour la mise en œuvre de stratégies adaptatives et planifier les besoins de santé [32]. Le réchauffement climatique influence la date de début de la pollinisation, la durée de la saison de pollinisation, les quantités de pollens produits et leur contenu allergénique [4]. La surveillance de la floraison des espèces est un des indicateurs les plus pertinents pour suivre les modifications du climat. La veille phénologique permettra de suivre les effets du climat sur les espèces allergisantes.

Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

- [1] Bauchau V. Prevalence and rate of diagnosis of allergic rhinitis in Europe. *Eur Respir J* 2004;24:758–64.
- [2] Charpin D, Caillaud D. Épidémiologie de l'allergie pollinique. *Rev Mal Respir* 2014;31:365–74.
- [3] Guillemin M-T, Ségala C. Pollens et effets sanitaires : synthèse des études épidémiologiques. *Rev Fr Allergol Immunol Clin* 2008;48:14–9.
- [4] Laaidi M, Chinot T, Aegerter P. Allergies au pollen, pollution et climat : revue de la littérature. *Rev Fr Allergol* 2011;51:622–8.
- [5] État des connaissances sur l'impact sanitaire lié à l'exposition de la population générale aux pollens présents dans l'air ambiant [Internet]. ANSES; 2014 [cited 2018 Oct 4]. Available from: <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2011sa0151Ra.pdf>.
- [6] Pauli G, Metz-Favre C. Allergies croisées pollens-aliments. *Rev Mal Resp* 2013;30:328–37.
- [7] Sicherer SH. Clinical implications of cross-reactive food allergens. *J Allergy Clin Immunol* 2001;108(6):881–90.
- [8] Osterballe M, Hansen TK, Mortz CG, Bindslev-Jensen C. The clinical relevance of sensitization to pollen-related fruits and vegetables in unselected pollen-sensitized adults. *Allergy* 2005;60:218–25.
- [9] Ortolani C, Pastorello EA, Farioli L, Ispano M, Pravettoni V, Berti C, et al. IgE-mediated allergy from vegetable allergens. *Ann Allergy* 1993;71(5):470–6.
- [10] Alexandre-Silva GM, Brito-Souza PA, Oliveira ACS, Cerni FA, Zottich U, Pucca MB. The hygiene hypothesis at a glance: early exposures, immune mechanism and novel therapies. *Acta Trop* 2018;188:16–26.
- [11] Platts-Mills TA. The allergy epidemics: 1870–2010. *J Allergy Clin Immunol* 2015;136:3–13.
- [12] Bousquet J, Demarteau N, Mullol J, van den Akker-van Marle ME, Van Ganse E, Bachert C, et al. Costs associated with persistent allergic rhinitis are reduced by levocetirizine. *Allergy* 2005;60:788–94.
- [13] Nathan RA. The burden of allergic rhinitis. *Allergy Asthma Proc* 2007;28:3–9.
- [14] Bousquet J, Khaltaev N, Cruz AA, Denburg J, Fokkens WJ, Togias A, et al. Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) 2008 update (in collaboration with the World Health Organization, GA(2)LEN and AllerGen). *Allergy* 2008;63(Suppl 86):8–160.
- [15] Wise SK, Lin SY, Toskala E, Orlandi RR, Akdis CA, Alt JA, et al. International Consensus Statement on allergy and rhinology: allergic rhinitis. *Int Forum Allergy Rhinol* 2018;8:108–352.

- [16] Mir E, Panjabi C, Shah A. Impact of allergic rhinitis in school going children. *Asia Pac Allergy* 2012;2:93–100.
- [17] Connell JT. Quantitative intranasal pollen challenges. 3. The priming effect in allergic rhinitis. *J Allergy* 1969;43(1):33–44.
- [18] Braun J-J, Devillier P, Wallaert B, Rancé F, Jankowski R, Acquaviva J-L, et al. Recommandations pour le diagnostic et la prise en charge de la rhinite allergique (épidémiologie et physiopathologie exclues) – Texte long. *Rev Mal Respir* 2010;27:S79–105.
- [19] Caillaud DM, Martin S, Segala C, Besancenot J-P, Clot B, Thibaudon M. Nonlinear short-term effects of airborne Poaceae levels on hay fever symptoms. *J Allergy Clin Immunol* 2012;130:812–4.
- [20] Guillam M-T, Antoine L-C, Chevallier D, Dubreil Y, Figureau C, Morin O, et al. Prévention des pollinoses : étude d'une intervention par information et mise sous traitement des patients. *Rev Fr Allergol* 2010;50:493–500.
- [21] Thibaudon M, Caillaud D, Besancenot J-P. Méthodes d'étude des pollens atmosphériques et calendriers polliniques. *Rev Mal Respir* 2013;30(6):463–79.
- [22] Thibaudon M, Lachasse C. Phénologie : intérêt et méthodes en aérobiologie. *Rev Fr Allergol Immunol Clin* 2005;45:194–9.
- [23] Thibaudon M, Caillaud D, Besancenot J-P. Méthodes d'étude des pollens atmosphériques et calendriers polliniques. *Rev Mal Respir* 2013;30:463–79.
- [24] Katelaris CH, Burke TV, Byth K. Spatial variability in the pollen count in Sydney, Australia: can one sampling site accurately reflect the pollen count for a region? *Ann Allergy Asthma Immunol* 2004;93:131–6.
- [25] Gregori M, Schmitt JP, Pautz F, Benkhelifa K, Wilcke C, Bonnefoy M, et al. Pollin'air, réseau de sentinelles du pollen. *Rev Fr Allergol* 2018;58:251.
- [26] <http://www.airpl.org/Pollens/pollinariums-sentinelles>.
- [27] Ariano R, Cecchi L, Voltolini S, Quercia O, Scopano E, Ciprandi G, et al. Parietaria pollination duration: myth or fact? *Eur Ann Allergy Clin Immunol* 2017;49(1):6–10.
- [28] <http://www.defis-ruraux.fr/images/stories/Documentation/Elevages/Herbe/ClasseurTechnique/Fiche-I3-fonctionnement-des-prairies-normandes.pdf>.
- [29] Données aéro-polliniques françaises 2016, RNSA. http://www.pollens.fr/docs/brochure_toustaxons_2016.pdf.
- [30] Données aéro-polliniques françaises 2015, RNSA. http://www.pollens.fr/tous_taxons_2015.pdf.
- [31] Besancenot J-P, Thibaudon M. Changement climatique et pollinisation. *Rev Mal Respir* 2012;29:1238–53.
- [32] Katelaris CH, Beggs PJ. Climate change: allergens and allergic diseases. *Intern Med J* 2018;48:129–34.