

POLLENS, POLLINOSES ET MÉTÉOROLOGIE

Karine Laaidi, Mohamed Laaidi et Jean-Pierre Besancenot

Centre national de la recherche scientifique

Groupement de recherche « Climat et Santé »

Faculté de médecine

7, boulevard Jeanne-d'Arc, 21033 Dijon Cedex

RÉSUMÉ

De nombreux malades se plaignent d'une accentuation de leurs symptômes allergiques lors de certaines conditions météorologiques, ou immédiatement après. En s'appuyant sur la littérature récente, cet article vise à confronter données polliniques, données météorologiques et données cliniques pour confirmer ou infirmer cette impression. Une première partie présente les caractéristiques, avantages et inconvénients des principaux appareils utilisés pour la collecte des grains de pollen aéroportés. La partie suivante est consacrée à la comparaison des comptes polliniques et des données météorologiques concomitantes ou antécédentes, pour en tirer tendances et corrélations susceptibles d'être utilisées dans des modèles de prévision du contenu pollinique de l'air ou des dates initiales de pollinisation. La dernière partie porte sur les risques (conjonctivite, rhinite et asthme) que les pollens peuvent constituer pour la santé des sujets allergiques. L'influence sur le processus allergénique d'autres paramètres de l'environnement, comme la pollution atmosphérique, fait également l'objet d'une brève discussion.

ABSTRACT Pollen, hay fever and meteorology

Many patients complain of an increase in severity allergic symptoms during or immediately after some weather conditions. This paper aims to compare pollinic, meteorological and clinical data to test this point through an analysis of the recent literature. The first part presents the characteristics, advantages and disadvantages of the main instruments used for the collection of airborne pollen. Next pollen counts are compared with meteorological data before and during the event to test for trends and correlations. This, potentially, provides a basis for models predicting both pollen concentration in the air and the beginning of the pollen season. The health hazards (conjunctivitis, rhinitis, or asthma) which the pollen content of the atmosphere may cause to allergic people are investigated in the last part. The significance of some other environmental factors, such as air pollution in relation to allergies, is also briefly discussed.

Si l'existence du pollen et son rôle dans la fécondation des plantes étaient déjà pressentis par Hérodote quatre siècles avant J.-C., il a fallu attendre le XVII^e siècle et l'invention du microscope pour que cette « poussière végétale », comme on disait à l'époque, soit réellement découverte et décrite dans sa fonction reproductrice. Mais, jusqu'au siècle dernier, les travaux sont restés purement descriptifs et consacrés presque exclusivement aux pollens fossiles. C'est seulement dans les années 1870 que la responsabilité des « corpuscules organisés disséminés dans l'atmosphère » commença à être suspectée en tant qu'origine de manifestations pathologiques que l'on n'appelait pas encore des allergies : l'Anglais C. Blackley fut ainsi le premier à apporter la preuve du rôle joué par le

pollen dans le rhume et l'asthme des foins. Après quoi la découverte de l'**anaphylaxie**⁽¹⁾ en 1902 par les Français C. Richet et P. Portier permit d'expliquer que certains sujets se sensibilisent à des substances qui n'ont que peu ou pas d'effets sur les autres. Puis, dans les années vingt, le médecin R. Cooke suscita une avancée décisive des connaissances, avec ses recherches sur le rôle de l'hérédité chez les allergiques et sur la sensibilisation au pollen de graminées, à l'origine de la rhinite saisonnière. À sa suite, L. Noon prépara les premiers extraits allergéniques, grâce auxquels il put réaliser des « vaccinations » ou désensibilisations (Peumery, 1984).

L'étude scientifique du contenu aérobiologique de l'air a débuté au lendemain de la deuxième guerre mondiale, avec la mise au point des premiers capteurs performants. Aujourd'hui, on admet que 20 % des Français sont allergiques, dont environ la moitié souffre d'allergies au pollen (ou pollinoses). 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. Le dénombrement et l'identification des grains de pollen sur plusieurs années permettent d'estimer et, par 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. C'est dire que l'étude des pollens et des pollinoses ne peut pas être séparée de celle du contexte météorologique.

LE POLLEN ET SA CAPTURE

Le grain de pollen (Renault-Miskovsky et Petzold, 1992) est le gamète mâle des végétaux supérieurs. Sa partie vivante est entourée de deux parois formant le sporoderme (figure 1) : 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.

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). Mais ce sont essentiellement les pollens anémophiles (disséminés par le vent) que recueillent les capteurs et qui sont à l'origine des allergies.

Les grains de pollen sont sphériques ou ovoïdes, généralement jaunes, parfois rouges, noirs ou bleuâtres. 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

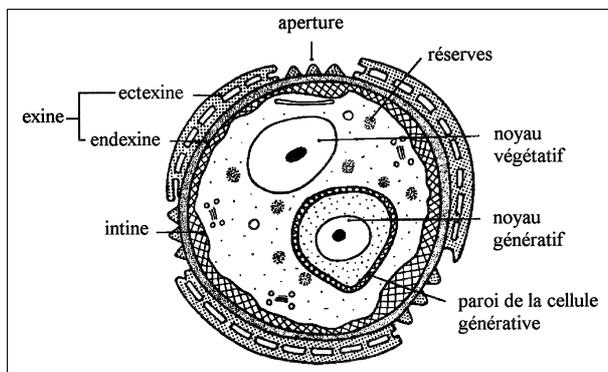
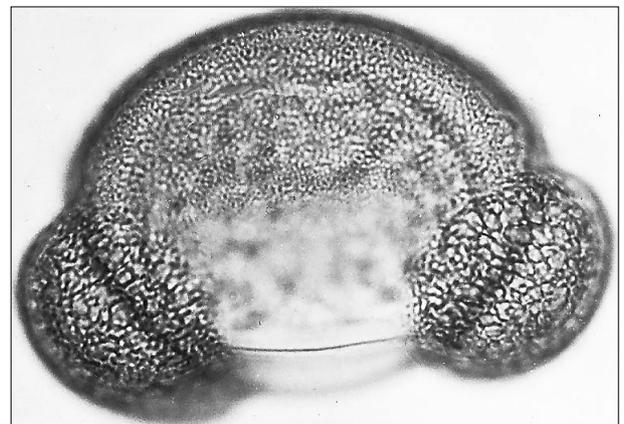


Figure 1 - Le grain de pollen.



Pollen du pin, *Pinus sylvestris*. (Cliché J. Charpin, © Photothèque Inserm)

(1) Les expressions en caractères gras sont explicitées dans le glossaire à la fin de cet article.

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 journée pour un seul pied d'ambrosie). Ils sont lisses, légers, secs et pulvérulents, presque toujours plus fins que ceux des plantes entomogames.

Différents types d'appareils, aux performances inégales, ont été mis au point pour récolter les grains de pollen, afin que l'on puisse les dénombrer et procéder à leur identification. Les uns recueillent la pluie pollinique, c'est-à-dire les grains qui tombent par sédimentation, du seul fait de la pesanteur, et se déposent pendant l'unité de temps sur une unité de surface horizontale (on parle alors de capteurs gravimétriques). Les autres sont de véritables « machines » qui saisissent les flux de pollen, rapportés au volume d'air (d'où l'expression de capteurs volumétriques).

Les capteurs gravimétriques

C. Blackley, qui fut le premier à mener des études sur le contenu pollinique de l'air dès 1873, a utilisé comme capteurs passifs de simples lames de microscope enduites d'une substance adhésive. La méthode a ensuite été améliorée et standardisée par O. C. Durham (1946), grâce à son échantillonneur par gravité (figure 2). L'appareil, rudimentaire et d'un coût négligeable, est là encore constitué d'une lame recouverte de vaseline, mais elle est maintenue entre deux disques métalliques qui assurent une protection contre la pluie. Le dépôt vient pour l'essentiel de la chute des grains par gravité, mais la projection des particules par les turbulences y contribue également, dans une proportion que l'on a du mal à évaluer (Solomon, 1984).

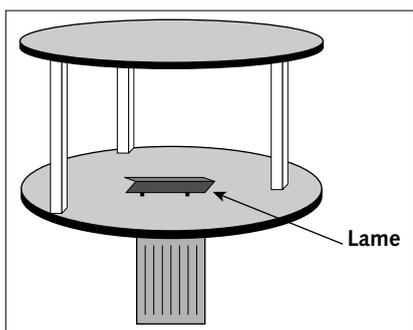


Figure 2 - L'appareil de Durham.

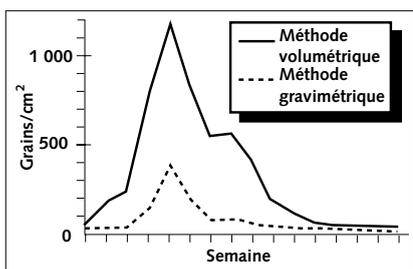
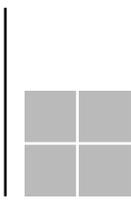


Figure 3 - Comparaison des méthodes volumétrique et gravimétrique : concentration des grains de pollen de graminées à Paris de mai à août 1967. (D'après D. Charpin et al., 1991)

Ce dispositif comporte plusieurs inconvénients :

- Son emplacement conditionne en grande partie la récolte : il recueille surtout des pollens d'arbres lorsqu'il est placé en hauteur, et des pollens d'herbacées en situation basse (Besancenot, 1989).
- Il capte relativement peu de grains (car le disque supérieur gêne la sédimentation) et laisse échapper les plus fins. Ainsi, il privilégie les taxons (groupes) fortement représentés aux dépens des pollens de très petit calibre, tels que ceux des genres *Urtica*, *Parietaria*, *Salix* et *Ambrosia*. Certes, D. Charpin et al. (1991) ont montré que l'évolution interhoraire ou interjournalière était semblable, que les comptes polliniques aient été obtenus par la méthode gravimétrique ou par la méthode volumétrique. Mais, comme on peut le vérifier sur la figure 3, la première récolte approximativement cinq fois moins de grains que la seconde.
- Les échantillons récoltés par l'appareil de Durham n'ont pas de dénominateur volumétrique commun. Quand ils sont captés sous des conditions météorologiques différentes, ils ne peuvent pas être comparés entre eux. À fortiori, ils ne peuvent pas non plus être comparés aux résultats des capteurs volumétriques. Or, il est essentiel pour l'allergologue de connaître les concentrations de pollen par mètre cube d'air, à partir desquelles sont déterminés les seuils capables de déclencher des manifestations allergiques. C'est pourquoi Durham (1946) a cherché un facteur de conversion qui permettrait de transformer le nombre de grains recueillis par centimètre carré de lame gravimétrique en nombre de grains présents par mètre cube d'air. Il a trouvé un chiffre de 3,6 pour l'ambrosie et en a déduit les coefficients applicables à quarante autres taxons. Cependant, l'expérience montre que ce facteur de conversion varie notablement selon les jours (de 1,1 à 6,7) et selon le diamètre des grains (Blumstein et Spiegelman, 1959 ; Gagnon et Comtois, 1992). La méthode n'est donc pas totalement fiable ; en tout état de cause, elle reste peu pratique.
- Le capteur de Durham fournit des résultats très dépendants des conditions météorologiques, en particulier de la vitesse et de la direction du vent, des turbulences et des précipitations (qui « lavent » littéralement la lame).
- Le dernier inconvénient de ce dispositif tient à la cadence des relevés. Si l'on veut recueillir par simple gravité un nombre de grains suffisant pour assurer la représentativité de l'échantillon, on doit en pratique se contenter de totaux hebdomadaires, ce qui ne permet évidemment pas de s'appuyer sur les résultats obtenus pour réaliser des prévisions.



Malgré ces défauts, l'appareil de Durham a été et est encore utilisé, notamment aux États-Unis. Il donne une idée assez satisfaisante de la végétation d'une région et de la tendance saisonnière, mais on doit convenir que son intérêt en allergologie reste limité.

Les capteurs volumétriques

Avec les capteurs volumétriques, ce n'est plus la pluie pollinique mais le flux pollinique que l'on saisit. En France, on utilise le capteur Cour et, surtout, la trappe de Hirst.

Le capteur Cour

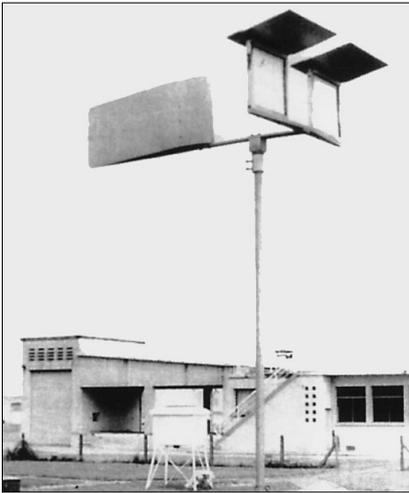


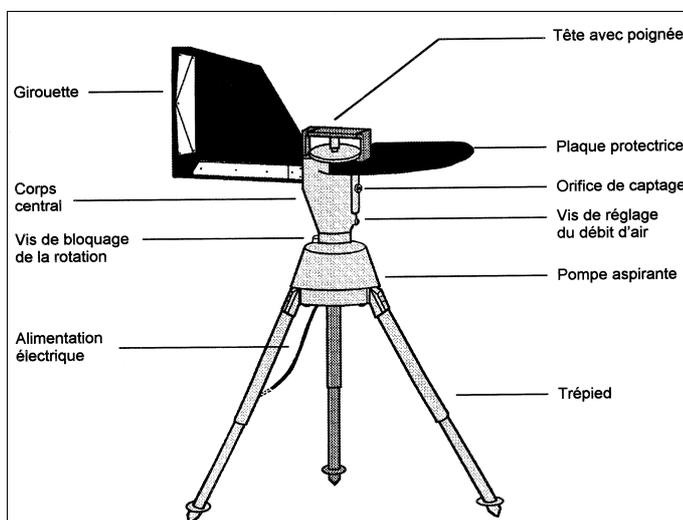
Figure 4 - Le capteur Cour.

Le capteur proposé par P. Cour (1974) se compose de deux filtres verticaux, maintenus face à la direction du vent par une girouette (figure 4). Ses unités filtrantes, d'une surface utile de 400 cm², sont constituées de plusieurs couches de gaze hydrophile, serties entre deux cadres et enduites d'une matière collante à base de silicone. Un tel appareillage, qui ne réclame aucune source d'énergie, offre l'avantage de pouvoir être installé n'importe où. Il doit néanmoins être couplé à un anémomètre enregistreur permettant l'évaluation du nombre de pollens transportés par mètre cube d'air. Il est en général placé au sol, dans un espace ouvert.

Les pollens sont analysés après **acétolyse**, donc une fois vidés de leur contenu, ce qui autorise une grande précision dans l'identification des taxons. De plus, la taille des particules n'affecte en rien l'efficacité de la récolte. Toutefois, l'analyse des grains par cette technique s'avère lourde, longue et coûteuse. On ne peut donc pas obtenir de données rapidement, ce qui limite, là aussi, l'intérêt de ce capteur en pratique allergologique ; de fait, il est désormais plutôt utilisé pour les recherches agronomiques : la quantité de pollen libérée par la vigne en juin permet, par exemple, de prévoir avec une assez grande précision le volume des vendanges.

La trappe de Hirst

Le capteur élaboré par J. M. Hirst (1952), qui est aujourd'hui le plus répandu en Europe, a pour principe l'aspiration de volumes d'air strictement définis. Il en existe sur le marché deux modèles, qui possèdent les mêmes caractéristiques techniques : celui de la firme anglaise Burkard et le modèle VPPS 2000 de la firme italienne Lanzoni (figure 5). L'appareil est monté sur un trépied solidement fixé au sol. Son corps central, qu'une girouette oriente en permanence vers la direction d'où souffle le vent, est muni d'un orifice d'entrée d'air de 2 x 14 mm, protégé de la pluie par une visière circulaire. Une pompe à vide aspire dix litres d'air par minute, autrement dit 14,4 m³ par 24 heures, ce qui correspond en moyenne à la respiration humaine. Une vis permet de régler très précisément le débit d'air entrant. À l'intérieur du corps central, se trouve un tambour cylindrique sur lequel est fixé un film de cellophane ou de plastique transparent, enduit d'une substance adhésive sur laquelle se déposent les particules aéroportées. Le tambour est associé à un système d'horlogerie, ayant une autonomie de sept jours, qui lui assure une rotation régulière en faisant avancer la bande de 2 mm par heure.



Les appareils de type Hirst sont habituellement placés sur les terrasses d'immeubles, de préférence entre quinze et vingt mètres de hauteur, afin d'atténuer les effets de la végétation environnante. L'emplacement doit être dégagé, sans murs ni autres obstacles susceptibles de

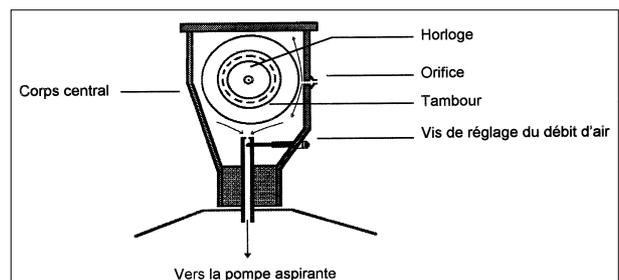


Figure 5 - La trappe de Hirst, modèle VPPS 2000 Lanzoni.

faire écran sur le trajet des flux d'air, et le cas échéant plus haut que la cime des arbres des parages. Il convient également d'éviter les courants verticaux (bords de toits, balcons) et la proximité d'immeubles plus élevés, qui risqueraient de créer des ascendances et des turbulences importantes. Une dernière précaution consiste à placer l'appareil à distance d'un parc public ou de fortes émissions de fumées et polluants divers. Lorsque tous ces impératifs sont respectés, les données obtenues sont jugées représentatives d'une zone de 20 à 30 km autour du capteur (Guérin, 1993).

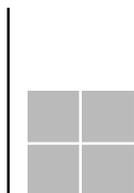
En fournissant des résultats utilisables toutes les deux heures, cet appareil permet de diviser la récolte journalière en intervalles de temps plus courts qu'avec les autres dispositifs, ce qui facilite l'établissement de corrélations avec l'état instantané de l'atmosphère.

Contrairement aux pollens piégés par les filtres de Cour et qui, pour être analysés, sont vidés de leur contenu par acétolyse, ceux captés par la trappe de Hirst restent pleins. Une comparaison effectuée par Durand et Comtois (1989) indique que le deuxième échantillonneur ne permet pas d'identifier autant de taxons que le premier (74 contre 96, à Montréal, de début mai à fin septembre). La raison en est que les pollens acétolysés sont plus faciles à reconnaître, si bien que le nombre de grains indéterminés reste alors minime, même pour les espèces peu représentées. Par contre, le nombre total de grains recueillis est nettement plus élevé avec le capteur Hirst.

Le comptage des pollens se fait au microscope optique, avec un grossissement de 312,5. En pratique, comme il est impossible d'exploiter toute la lame, on a recours à des méthodes d'échantillonnage aléatoire ou systématique (Käpylä et Penttinen, 1981). L'opération nécessite peu de manipulations en laboratoire, ce qui réduit sensiblement les coûts d'exploitation et permet d'informer rapidement les allergologues sur l'évolution du contenu biologique de l'air.

La constitution de réseaux **aéropalynologiques** plus ou moins denses, avec diffusion régulière des données par différents canaux, a débuté dans les années soixante au Royaume-Uni et en Scandinavie. La plupart des pays européens ont suivi. En France, si l'on met à part quelques initiatives locales parfois fort anciennes (Montpellier, Marseille...), utilisant souvent des techniques gravimétriques puis les

Figure 6 - Le réseau de surveillance aéropollinique en France, fin 1995.



unités filtrantes de P. Cour, c'est seulement en 1984, sous le contrôle de l'Institut Pasteur (qui a fait le choix du capteur de Hirst), qu'a été réalisée une première couverture du territoire – couverture au demeurant très partielle puisque réduite à cinq stations. Le maillage s'est ensuite progressivement resserré. La figure 6 montre le dispositif existant fin 1995, date à laquelle il a été transféré de l'Institut Pasteur au Réseau national de surveillance aérobiologique (RNSA), lui-même émanation du Réseau national de santé publique (ministère de la Santé). L'installation en 1996 de trois capteurs en Haute-Bourgogne (à Dijon, Montbard et Mâcon) par le laboratoire du CNRS « Climat et Santé » a permis de combler l'un des principaux vides mis en évidence par la carte. Les résultats hebdomadaires sont diffusés à la fois dans la presse médicale et sur un réseau télématique accessible au grand public (3615 ÉCRANSANTÉ).

POLLENS ET MÉTÉOROLOGIE

Les facteurs météorologiques influençants

Une meilleure connaissance des facteurs météorologiques qui jouent sur la production, la libération et la dispersion des grains de pollen se révèle indispensable, tant à la compréhension de la variabilité des scores polliniques qu'à toute tentative de prévision du contenu biologique de l'air.

L'usage s'est établi de ranger sous trois grandes rubriques les facteurs météorologiques qui agissent sur la concentration des pollens dans l'atmosphère. Les facteurs primaires sont ceux qui interviennent directement sur la biologie des espèces végétales considérées, au moment de la croissance des plantes et du développement floral, donc ceux qui conditionnent la production du pollen. Les facteurs secondaires gouvernent ensuite la libération des grains dans l'air, lorsque les anthères (parties fertiles des étamines) sont parvenues à maturité. Enfin, les facteurs tertiaires régissent la dispersion ultérieure de ces grains.

Les facteurs primaires

Les facteurs primaires, on vient de le dire, commandent la maturation. C'est une banalité de rappeler qu'une plante ne peut arriver à maturité tant que la température n'a pas atteint un niveau suffisant. En l'occurrence, ce qui importe, c'est moins la valeur de la température à la date de la floraison, ou dans les jours qui l'ont immédiatement précédée, que le cumul des températures sur l'ensemble de la période de croissance, donc à partir de la levée de **dormance** hivernale. Dès lors, en zone extratropicale, le meilleur prédicteur de la date d'émission des pollens paraît être la somme des degrés-jours au-dessus d'un certain seuil, qui varie selon les espèces, et à partir d'une certaine date, qui varie elle aussi selon les espèces et selon la région. Ainsi, pour le bouleau à Nancy, on retient classiquement un cumul de 300 °C.jour au-dessus de 0 °C à partir du 1^{er} février ; pour ce même arbre à Paris, le chiffre serait de 260 °C.jour au-dessus de 3 °C, à partir du 11 février... L'ensoleillement a également son importance, non seulement parce qu'il conditionne les températures, mais aussi parce que, indépendamment du contexte thermique, le rayonnement solaire direct est indispensable au développement des bourgeons floraux. Enfin, une bonne croissance implique que soient satisfaits les besoins en eau des plantes, ce qui suppose des précipitations relativement abondantes.

Les facteurs secondaires

Les facteurs secondaires interviennent lors de la libération des grains de pollen. Une fois le bourgeon floral arrivé à maturité, un excès d'humidité relative (plus de 80 %) et, à plus forte raison, la présence de pluie freinent l'ouverture des étamines, alors qu'un air sec favorise leur éclatement. L'ouverture des fleurs et la bonne disposition spatiale des anthères qui contiennent les sacs polliniques sont également contrôlées par la pression atmosphérique (qui doit être élevée) et par la température (l'optimum correspondant à une forte montée des températures en cours de journée). C'est donc presque toujours en l'absence de pluie, par beau temps anticyclonique ensoleillé et chaud, avec des amplitudes thermiques notables entre le jour et la nuit, que se produisent les plus fortes émissions de pollen.

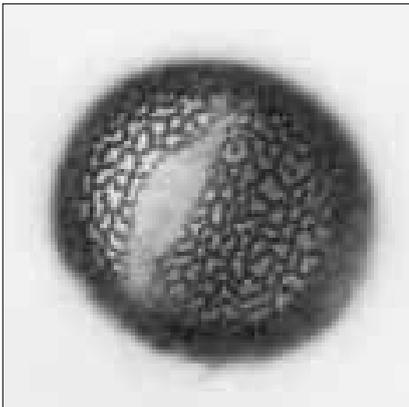
Les facteurs tertiaires

Les facteurs tertiaires, qui président au devenir des grains après qu'ils aient été libérés, revêtent une importance capitale dans une perspective allergologique. En effet, lorsque le pollen tombe immédiatement par gravité au pied de la plante ou sur les feuilles situées juste au-dessous, il n'exerce aucun effet pathogène ; mais il en va bien différemment lorsqu'il reste en suspension dans l'air. De ce point de vue, le rôle essentiel revient au vent, ou plus exactement aux



mouvements horizontaux et verticaux de l'atmosphère. On admet que, dans un calme parfait, les grains chuteraient à une vitesse comprise entre 9 et 80 mm/s de sorte que leur rayon d'action ne dépasserait pas quelques centimètres pour une herbacée, quelques mètres pour un arbre. Mais ce sont là des chiffres théoriques, car l'air présente toujours une certaine agitation, même si elle est trop faible pour être détectée par les anémomètres usuels. En particulier, il suffit de courants ascendants extrêmement ténus pour maintenir en suspension ces particules très légères (2,2 à 5,2 nanogrammes, par exemple, pour le pollen de mûrier). Assurément, presque 80 % des grains se déposent à moins de 500 m de leur source et 20 % à moins de 10 km, mais l'infime fraction restante, aéroportée, peut monter à 2 000 m d'altitude et parcourir jusqu'à 800 km en 24 heures. À vrai dire, d'ailleurs, ces distances sont difficiles à apprécier. Elles sont bien entendu fonction de la vitesse du vent et de son régime d'écoulement, plus ou moins turbulent. Mais d'autres paramètres viennent nuancer le schéma. Si les grains les plus petits et les plus légers franchissent en principe les plus grandes distances, il faut aussi tenir compte de leur forme, plus ou moins aérodynamique. Ainsi, le pollen de pariétaire, pourtant très fin (diamètre de 10 μm) et très léger (0,65 ng), est d'ordinaire fort mal transporté par le vent, au point qu'il suffit parfois d'arracher les pariétaires de son jardin pour réduire à presque rien la quantité de pollen inhalée. À l'inverse, les grains de *Corylus* (noisetier), 2,5 fois plus gros et 15 fois plus lourds, parcourent couramment 250 km. Il s'ensuit que les pollens locaux ne sont pas seuls susceptibles de provoquer des troubles.

Si les médecins de Font-Romeu diagnostiquent des allergies à *Olea europea*, alors qu'il n'existe aucun olivier à plusieurs dizaines de kilomètres à la ronde, c'est que le vent venant d'Espagne a transporté du pollen sur plus de 200 km. De même, il arrive que l'on recueille à Montpellier, non pas quelques grains, mais des quantités impressionnantes de pollen d'une variété d'arganier qui pousse uniquement dans la région d'Agadir ; or la distance Agadir-Montpellier dépasse 2 000 km. De même encore, le capteur de Briançon récolte pratiquement chaque année des pollens de pin trois à cinq semaines avant que les premiers pins ne pollinisent dans le Briançonnais (cette fois, l'origine semble être la Basse-Provence)... On ajoutera que les pollens les plus fins, qui franchissent les plus longues distances, sont en général les plus allergéniques, pour la simple raison que leur très petite taille leur permet de pénétrer profondément dans l'arbre respiratoire. Il faut donc toujours penser à la double nocivité des pollens locaux et des pollens d'origine lointaine, que l'on appelle parfois « transhumants ».

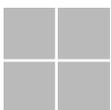


Pollen d'olivier, *Olea europea*, de la famille des oléacées. (Cliché J. Charpin, © Photothèque Inserm)

Un autre paramètre important est la pluie qui, le plus souvent, précipite les grains au sol, au point de laver l'atmosphère de tout contenu pollinique, ou peu s'en faut. Il y a certes des exceptions, notamment en présence d'averses convectives à grosses gouttes où, probablement en raison de violents courants ascendants, le début des précipitations est parfois marqué par un doublement, voire un triplement de la densité pollinique (Norris-Hill et Emberlin, 1993). Mais il est courant qu'une pluie fine fasse instantanément tomber le contenu pollinique de quelques centaines à moins de dix grains par mètre cube d'air.

Pour être complet, il faudrait encore ajouter à cette liste des facteurs tertiaires trois autres éléments :

- D'abord la stabilité verticale des basses couches de l'atmosphère : la nuit, quand les courants de convection diminuent, les grains les plus lourds (y compris ceux de graminées) se sédimentent.
- Ensuite les conditions hygrométriques : toute croissance de l'humidité relative entraîne un dépôt massif au sol des pollens alourdis par prise d'eau, du fait de leur hygroscopicité.
- Enfin, et plus encore, les caractéristiques électriques de la basse atmosphère : Borra et al. (1992) ont montré qu'un gradient vertical de potentiel positif et exempt de grandes fluctuations était nécessaire à une bonne dispersion atmosphérique des pollens, lesquels possèdent presque systématiquement une charge électrique négative. À l'inverse, les temps d'orage, marqués par des changements de signe fréquents et quasi instantanés du gradient de potentiel, amènent le plus souvent des recueils polliniques extrêmement faibles, quand bien même toutes les autres conditions d'une forte libération et d'une bonne dispersion des grains paraissent réunies. Le rôle des forces électrostatiques mériterait donc d'être approfondi, mais il s'agit là de recherches difficiles, pour



lesquelles les dispositifs instrumentaux en sont encore au stade de prototype et où, en toute hypothèse, il s'avère délicat de distinguer causes et conséquences : on n'oubliera pas que l'état électrique est avant tout le reflet des turbulences de l'atmosphère !

Au demeurant, c'est la résultante de ces diverses influences qui explique la variabilité du contenu pollinique de l'air.

La variabilité du contenu pollinique de l'air

Cette variabilité se manifeste d'abord d'un jour à l'autre, et même d'une heure à l'autre, par des courbes en dents de scie (figure 7).

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. Laissons de côté le fait que certaines plantes ont des cycles biologiques pluriannuels (tous les trois ans, par exemple, pour le bouleau), afin de mettre l'accent sur les irrégularités directement imputables au contexte météorologique. Un exemple, parmi beaucoup d'autres, peut être fourni par 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 croisées 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.

Les perspectives de prévision

Le problème peut être abordé à deux pas de temps différents.

On pense en premier lieu à une prévision au jour le jour : compte tenu de la connaissance que l'on a des relations entre le temps qu'il fait et les scores polliniques, on peut tirer de la prévision météorologique « classique » une prévision de la concentration en pollens, tous taxons confondus ; chacun pourra aisément en déduire une prévision des risques d'allergie. De telles informations sont désormais diffusées par la presse, la radio et la télévision dans nombre de pays, comme le Canada et la Grande-Bretagne. Mais l'intérêt pratique paraît assez limité : tout au plus, à l'annonce de scores polliniques élevés, les allergiques pourront-ils fermer leurs fenêtres et éviter de sortir !

Il serait donc probablement plus utile de prévoir suffisamment à l'avance la date de début de la pollinisation de telle ou telle plante. On notera, en effet, que les comptes polliniques fournis par les capteurs ne peuvent guère servir à la prévention. Le tambour de la trappe de Hirst est relevé une fois par semaine. Il faut ensuite procéder au décompte des grains et à leur identification, avant de diffuser des données. Il s'écoule donc neuf jours entre le dépôt des premiers pollens et la disponibilité de l'information : les symptômes cliniques ont eu tout le temps de s'installer. Or, pour être efficaces, les médicaments doivent être pris juste avant que les conditions ne soient réunies pour déclencher une allergie. Des modèles

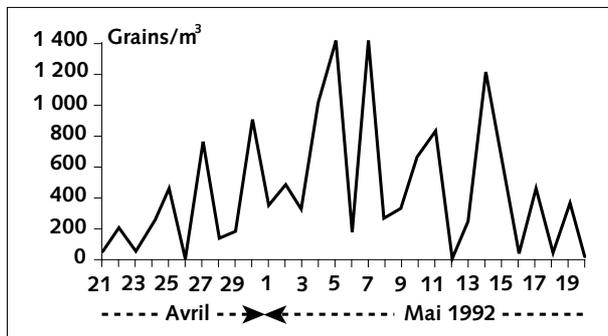
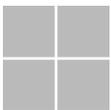


Figure 7 - Variabilité interjournalière des concentrations atmosphériques de pollen de bouleau à Stockholm.



prédictifs de la date de début de la pollinisation, en fonction des conditions météorologiques, ont été établis pour diverses plantes. En France, les recherches se sont concentrées sur le bouleau (Sutra et al., 1992). Le choix de cet arbre s'explique par le fait que c'est une espèce à pollinisation précoce (fin de l'hiver ou tout début du printemps, à un moment où les infections respiratoires sont encore nombreuses – ce qui peut être à l'origine de faux diagnostics qui conduisent le médecin à prescrire des antibiotiques sans aucun effet). En outre, et surtout, la pollinisation du bouleau se révèle très irrégulière, avec parfois des écarts de quarante ou quarante-cinq jours d'une année à l'autre, qui rendent irréaliste toute tentative de prévention fondée sur la simple prise en compte des conditions moyennes. À l'issue de multiples tâtonnements, on a pu mettre au point un modèle qui prend principalement en compte les cumuls de températures et qui limite l'erreur maximale à deux jours, tant à Besançon qu'à Nancy ou à Paris – et même à Toulouse, en extrême limite de l'aire d'extension du bouleau. Cet essai souligne à la fois la faisabilité et la difficulté de telles prévisions. Deux points n'ont toutefois pas encore été résolus : d'une part, la prise en compte des pollens « transhumants », d'autre part, l'effet de seuil. Pour un taxon donné, les réactions allergiques se déclenchent une fois dépassée une certaine concentration dans l'air, par exemple de quarante grains par mètre cube. Les recherches devront se poursuivre pour arriver à déterminer si ce seuil risque d'être franchi ou non, et à quelle date.

Ainsi, il se confirme que, dans sa répartition spatiale et chronologique, le contenu pollinique de l'air reflète le contexte météorologique au moins autant qu'il ne traduit la répartition des formations végétales de la région considérée. Il n'y a rien d'étonnant à ce qu'il en aille de même pour les manifestations pathologiques qui en découlent, même si le calendrier des pollinoses fait parfois ressortir de menues différences avec celui des pollens.

LES ALLERGIES AU POLLEN

Le pollen allergisant

Les pollens responsables de réactions allergiques présentent certaines caractéristiques communes, et une quinzaine de familles au maximum sont impliquées, à des degrés divers, dans les pollinoses.

Un premier trait commun aux grains de pollen allergisants est leur petite taille. Ils sont le plus souvent anémophiles, ou proviennent de plantes à pollinisation mixte (vent et insectes) comme le saule. On peut trouver aussi, mais plus rarement, des allergies à des pollens entomophiles libérés mécaniquement par l'homme et dont quelques grains se retrouvent dans l'atmosphère ; il s'agit alors d'allergies de proximité.

L'allergénicité des grains de pollen dépend aussi de leur nombre, et il existe pour chaque taxon un seuil de concentration dans l'air au-dessous duquel on n'observe pas de manifestations pathologiques. Ce seuil varie, quoique dans une assez faible mesure, en fonction de la sensibilité des patients. Mais, le plus souvent, il faut que les pollens soient assez abondants pour provoquer des allergies (au moins quarante grains par mètre cube pour les graminées).

Ils doivent également contenir un principe actif, en l'occurrence des **allergènes** (on en a isolé cinq différents dans le pollen d'ambroisie et jusqu'à quatorze dans celui de fléole). Ces allergènes sont présents, d'une part, dans l'intine et le cytoplasme (parties vivantes du grain), d'autre part, dans l'exine : cela explique que l'on soit sensible aussi bien au pollen vivant qu'au pollen mort ou moribond (Dowding, 1988). Ils sont libérés lorsque le grain de pollen se dépose sur les yeux ou sur les muqueuses du tractus respiratoire, où ils déclenchent les mécanismes physiologiques de l'allergie. La réaction allergique peut être décomposée en trois phases : la sensibilisation du patient **atopique**, la réaction allergique immédiate et la réaction allergique tardive. Lorsque le grain de pollen arrive au niveau de la muqueuse, il libère ses allergènes qui induisent la synthèse d'anticorps spécifiques, les IgE. Ceux-ci se fixent alors sur certaines cellules, les **mastocytes** et les **basophiles**, ce qui termine la phase de sensibilisation. Les IgE fixés sur les mastocytes induisent chez ces derniers la libération de **médiateurs**



chimiques dont le principal est l'**histamine**, à l'origine, dans la rhinite allergique, du prurit nasal, de la vasodilatation et de l'hypersécrétion de mucus. C'est la réaction allergique immédiate. La réaction allergique secondaire est caractérisée quant à elle par la libération de nombreux médiateurs chimiques et par l'afflux de certaines cellules constituant un infiltrat inflammatoire responsable de l'hyperréactivité nasale ou bronchique.

Le calendrier des pollinoses

Les pollinoses d'hiver et de début du printemps

Référence faite exclusivement à la France, où l'on note en général un décalage de trois à cinq semaines entre le Sud et le Nord, on peut diviser les pollinoses en trois saisons.

Elles mettent presque exclusivement en cause des pollens d'arbres ou d'arbustes.

Les Cupressacées (cyprès et thuya) pollinisent de janvier à mars, les genévriers sont plus tardifs (avril-mai). Le cyprès représente un allergène majeur dans le Midi méditerranéen et ses marges, principalement dans la vallée du Rhône où il est planté pour protéger du mistral les cultures maraîchères et les vergers. On note actuellement une augmentation de la fréquence de cette allergie, due pour l'essentiel à la multiplication des plantations de Cupressacées dans les parcs publics et comme haies autour des jardins privés.

Les Corylacées (noisetier) arrivent à maturité entre la fin du mois de janvier et mars, les Bétulacées (bouleau, charme, aulne) de mars à avril. L'allergie à ces pollens est fréquente dans le Nord-Est et en région parisienne.

Les Platanacées pollinisent dès la fin mars et durant le mois d'avril. Les arbres de cette famille sont très répandus, surtout dans les régions méridionales, mais sont rarement impliqués dans des phénomènes d'allergie respiratoire. Si les malades prétendent parfois le contraire, c'est qu'ils confondent la fleur et le fruit du platane ; le fruit se désagrège au printemps, libérant de nombreuses graines aux poils très fins et irritants, mais qui ne provoquent pas à proprement parler d'allergie (Vu-Krik, 1983).

Les Moracées (mûrier) pollinisent en avril-mai, surtout dans le Midi où ils donnent des rhinoconjunctivites sévères, surtout dans le cas du *Broussonetia* (mûrier du Japon) dont les Provençaux apprécient l'ombrage mais méconnaissent le pouvoir allergisant.

D'autres arbres tels que le frêne (janvier à mai) et le chêne (avril-mai) libèrent également leurs pollens en cette saison. Toutefois, ils restent d'une importance secondaire en ce qui concerne les allergies.

Les pollinoses de printemps et d'été

Elles sont surtout déterminées par les graminées, auxquelles viennent se mêler les pollens de quelques arbres à la floraison tardive.

Le châtaignier (Sutra, 1988) pollinise dès la mi-juin dans le Sud-Ouest, vers la mi-juillet dans le Bassin parisien.

Parmi les Oléacées, le lilas est rarement en cause, alors que le troène (en juillet, dans tout le pays) et l'olivier (en mai, en domaine méditerranéen) portent assez souvent la responsabilité de manifestations allergiques. Il en va de même en avril-mai pour les crucifères dans la région toulousaine, en rapport avec la culture du colza.

Avec leur commensal, le plantain, les graminées (dactyles, fléoles, etc.) sont les grandes pourvoyeuses de rhumes des foin, du début mai à la fin juin dans le Sud-Est, en juin et juillet plus au nord et en altitude. Les montagnes bénéficient en général d'un double avantage : une saison pollinique plus courte qu'en plaine et des quantités de pollen nettement moindres (Razzouk et al., 1993).

Les pollinoses de la fin de l'été et de l'automne

Elles font intervenir les Chénopodiacées (arroche, chénopode) ou les Amaranthacées (amaranthe) de juillet à septembre, et plus encore les Composées. Parmi ces dernières, on trouve en septembre-octobre les pariétaires sur toute la région méditerranéenne (où elles ont déjà pollinisé en mars, puis en juillet-août, mais sans entraîner de symptômes aussi graves). Dans ce contexte, deux plantes appellent une mention spéciale. La première est l'armoise, qui pollinise dès la mi-juillet au nord de la Seine, et pas avant septembre dans le Midi. La seconde est l'ambrosie dont l'inflorescence livre au vent (voir encadré ci-après) des



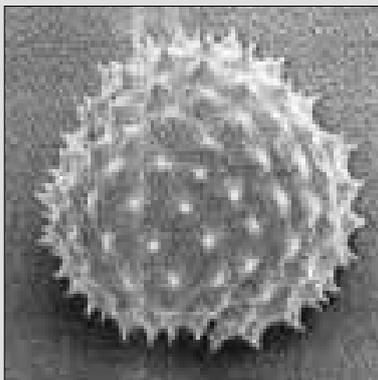
quantités impressionnantes d'un pollen extrêmement fin de la mi-août à la fin de septembre, avec un pic souvent très saillant dans la première quinzaine de ce mois. Si toutes les espèces d'*Ambrosia* ne sont pas allergisantes, certaines provoquent des troubles très graves dans la région lyonnaise où elles prolifèrent depuis quelques années dans les terres en friche ou en jachère.

L'ambrosie

L'ambrosie (herbe à poux, en anglais *ragweed*) appartient, comme le tournesol et le chrysanthème, à la famille des Composées tubuliflores. On en connaît en France cinq variétés (Raynaud, 1984). Deux d'entre elles ne sont pas allergisantes : *Ambrosia maritima* L. (espèce méditerranéenne autochtone) et *A. tenuifolia* Soreng (originaire d'Amérique du Sud). Les trois autres, responsables de pollinoses, sont importées d'Amérique du Nord : *A. psilostachya* D. C., *A. artemisiaefolia* L. et *A. trifida* L. Ces deux dernières, les plus répandues, sont des plantes annuelles mesurant de 30 cm à 1,80 m (Guérin, 1993). Il s'agit d'espèces rudérales, qui poussent sur les terrains mal entretenus, dans les terres rapportées, souvent dans les lotissements de banlieue où se multiplient les chantiers. On les trouve également le long des routes, des cours d'eau et des voies ferrées, ainsi que dans certaines cultures (maïs, tournesol, soja) et dans les



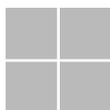
Fleur d'ambrosie, *Ambrosia artemisiaefolia*. (Cliché J. Charpin, © Photothèque Insem)



Le grain de pollen d'ambrosie.

jachères. Ces plantes pionnières ne supportent pas la concurrence (elles disparaissent lorsque le terrain est aménagé) et ne dépassent généralement pas 500 m d'altitude (parfois 900 m selon Couturier et al., 1993). Originaire d'Amérique, l'ambrosie est également attestée en Chine, en Corée, au Japon, en Russie, en Europe centrale, en Suisse et dans le Nord de l'Italie (Déchamp, 1995). En France, elle a été introduite au siècle dernier, probablement dans des sacs de graines de trèfle, puis au cours d'une deuxième contamination avec le matériel de guerre américain en 1944. En dehors de quelques sites isolés (Angers), elle se concentre dans la vallée du Rhône entre Mâcon et Montélimar, tout spécialement dans la région lyonnaise où elle représente un véritable fléau, responsable de 25 % des pollinoses. Les campagnes menées par l'Afeda (Association française d'étude des ambrosies) ont permis de sensibiliser certains élus et conduit à la promulgation de (trop rares) arrêtés préfectoraux ou municipaux imposant un arrachage systématique.

Le pollen d'ambrosie est **tricolporé**, hérissé d'épines et d'un diamètre moyen de 25 μm . Sa capacité de transport éolien est élevée et il peut facilement parcourir des centaines de kilomètres. Dans la vallée du Rhône, la période de pollinisation dure de cinq à six semaines, avec un pic du 25 août au 15 septembre. Des concentrations hebdomadaires de 660 grains par mètre cube d'air ont été enregistrées à Lyon, alors que les symptômes allergiques (rhino-conjonctivites aiguës avec ou sans asthme, parfois urticaire ou eczéma) apparaissent dès 3 grains/m³ chez les sujets hypersensibles et à 40 chez la plupart des autres. Depuis 1992, la Politique agricole commune, qui impose de geler 15 % de la surface jusque-là consacrée aux céréales, oléagineux et protéagineux, favorise la dissémination des graines dans les jachères, ce qui a amené une progression régulière des pollinoses. Seule l'année 1993 a fait exception, à la suite de deux semaines de pluies torrentielles fin août.



Les pollinoses dans les autres pays

Il est bien évident que le tableau qui précède ne saurait être transposé tel quel à d'autres pays. Selon la nature du climat, qui conditionne largement les groupements végétaux, les taxons les plus importants à l'origine des allergies polliniques ne sont pas les mêmes. Les types de cultures doivent également être pris en compte : c'est ainsi qu'en Israël, où les plantations d'oliviers sont très étendues, la pollinose aux oléacées occupe le deuxième rang, juste après les allergies aux graminées. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner si, d'un pays à l'autre, les aérobiologistes ont privilégié l'étude de particules allergéniques bien différentes.

Les graminées ont surtout fait l'objet de recherches en Angleterre (Davies et Smith, 1973), en Irlande (Dowding, 1988) et aux Pays-Bas (Spieksma et Den Tonkelaar, 1986).

Le bouleau et le pin sylvestre ont plus particulièrement retenu l'attention des aéropalynologues scandinaves (Hjelmroos, 1991).

L'ambrosie et l'armoise ont de longue date intéressé les chercheurs américains et canadiens (Gagnon et Comtois, 1992), récemment rejoints par leurs confrères suisses (Leuschner et al., 1990), italiens et français (Déchamp, 1995), préoccupés par la redoutable allergénicité du pollen d'ambrosie.

Relations entre pollinoses, comptes polliniques et facteurs météorologiques

Différentes recherches ont été menées à travers le monde pour découvrir des relations entre les symptômes liés à la pollinose, les scores polliniques et les facteurs météorologiques, dans une perspective de prévention. Ces recherches comportent à chaque fois trois volets.

La première étape consiste à faire établir par un certain nombre de patients souffrant de pollinoses un calendrier sur lequel ils notent chaque soir l'intensité de certains symptômes caractéristiques (conjonctivite, rhinite, asthme, toux) selon une échelle généralement graduée de 0 à 3, une éventuelle prise de médicaments anti-allergiques ou une désensibilisation en cours, le cas échéant une absence du domicile habituel et le lieu de séjour, qui peut correspondre à un environnement pollinique différent.

L'étape suivante implique la description statistique des données ainsi recueillies auprès des malades, pour les symptômes pris individuellement ou regroupés.

La troisième et dernière étape passe par une analyse de corrélation entre les données cliniques et les données météorologiques d'une part, les comptes polliniques d'autre part. À titre d'exemple, la figure 8 montre, dans la population génoise allergique à la pariétaire, une augmentation régulière du nombre de patients présentant effectivement des symptômes de pollinose à mesure que progresse la concentration du pollen de *Parietaria* dans l'air. Différents traitements statistiques, notamment l'analyse de régression pas à pas, permettent d'évaluer le rôle respectif sur chaque symptôme des différents paramètres météorologiques pris isolément, mais aussi de rechercher s'il existe des variables dont l'action est combinée.

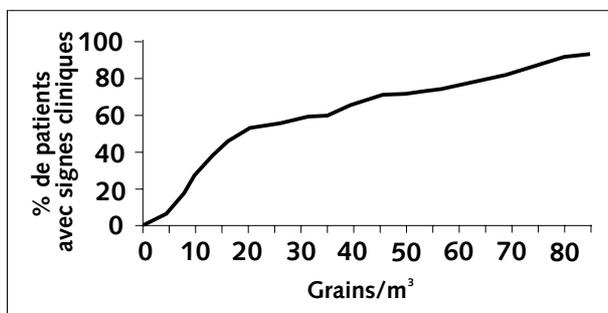
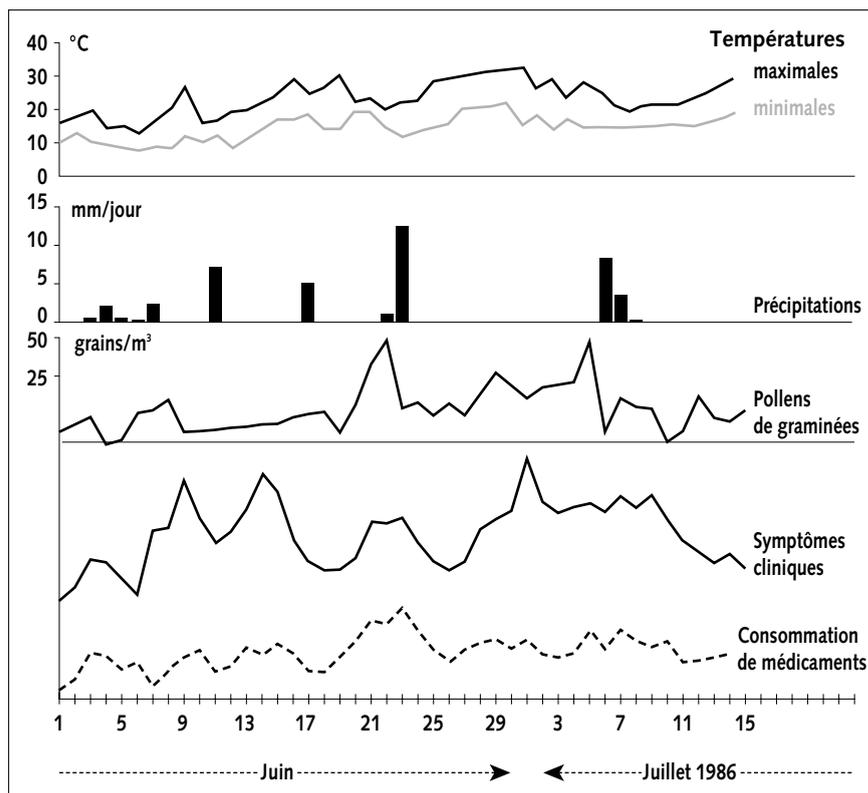


Figure 8 - Pourcentage de patients avec signes cliniques en fonction du nombre de grains de pollen de pariétaire par mètre cube d'air à Gênes. (Source : Service d'allergologie de l'hôpital San Martino de Gênes)

Pour l'essentiel, les pollinoses réagissent aux facteurs météorologiques dont on a constaté plus haut qu'ils commandaient la production, la libération ou la dispersion des pollens. C'est ainsi que chaque chute de pluie entraîne une amélioration sensible, et parfois spectaculaire, du sort des patients (figure 9) ; une forte nébulosité agit souvent dans le même sens, car elle diminue l'insolation et, par suite, la chaleur. L'ensoleillement et des températures élevées (ou même, simplement, évoluant à la hausse) tendent, au contraire, à aggraver les troubles (figure 9, aux alentours du 1^{er} juillet). Les chutes de pression atmosphérique favorisent assez souvent la déhiscence des anthères mais, même en l'absence de pollen dans l'air, elles ont tendance à déclencher des rhinites ou des crises d'asthme chez les allergiques, selon un mécanisme physiopathologique encore imparfaitement élucidé. Il en va de même des « changements de temps » qui, en plus d'agir sur les concentrations de pollen, peuvent se comporter comme d'authentiques facteurs de stress.



Figure 9 - Comparaison entre les symptômes allergiques, les concentrations en grains de pollen de graminées et les facteurs météorologiques à Paris, en juin-juillet 1986. (Inspiré de M. R. Ickovic, 1988)



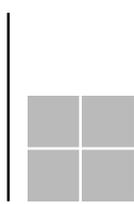
Une méthode complémentaire peut être utilisée pour évaluer l'impact sur la santé de l'exposition aux pollens. Il s'agit d'étudier les corrélations entre les comptes polliniques et les ventes de médicaments anti-allergiques.

Discussion

Les recherches que l'on vient d'évoquer se fondent sur les données des capteurs, gravimétriques ou volumétriques. Or, plusieurs auteurs (Toumi et al., 1995) ont récemment attiré l'attention sur le fait que des allergènes pouvaient être présents dans l'atmosphère, à des concentrations non négligeables, avant même que les premiers grains de pollen ne soient recueillis par les capteurs. Deux origines ont été reconnues à ces allergènes. Il peut s'agir de structures non polliniques de la plante (feuilles, tiges, racines, branches), dont de minuscules fragments sont transportés par le vent. Il peut aussi s'agir de microparticules, d'un diamètre compris entre 0,6 et 2,5 µm, provenant de l'éclatement des grains de pollen précipités au sol (ou sur un obstacle quelconque) par la pluie. Ces allergènes sont capables de rester en suspension dans l'air pendant des mois, même sous des conditions météorologiques apparemment très défavorables. Or, si les grains de pollen pénètrent tout au plus de la région nasale à la trachée, rien n'empêche les particules submicroniques de poursuivre leur progression vers les profondeurs du tractus respiratoire. On remarquera toutefois qu'en l'état présent de nos connaissances, des particules aussi fines semblent relativement peu influencées par l'état de l'atmosphère. Il s'ensuit que des modèles de prévision des concentrations en allergènes polliniques en fonction des facteurs météorologiques ne sont actuellement envisageables que pour les particules de plus grande taille, c'est-à-dire les grains de pollen entiers (Pehkonen et Rantio-Lehtimäki, 1994). De plus, la détection et le dénombrement des allergènes dans l'air réclament un appareillage sophistiqué et coûteux, si bien qu'une telle recherche ne saurait être réalisée en routine avant de longues années. Mais il faut d'ores et déjà être bien conscient que des discordances flagrantes existent parfois entre les symptômes allergiques et la présence des pollens.

Le rôle de la pollution

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).

Une question connexe est celle de savoir si la pollution est responsable d'une recrudescence des pollinoses au fil des décennies. Les premières véritables descriptions de cette maladie sont apparues au XIX^e siècle, au début de la révolution industrielle. Depuis lors, différentes recherches ont montré une augmentation notable de la prévalence de l'asthme et des allergies dans la population. Il est vrai que l'atopie (prédisposition à la sensibilisation allergique) est liée à la génétique (caractère autosomique dominant lié au chromosome 11q) ; mais elle a atteint un taux de plus de 15 % en moins de deux siècles : une telle progression ne peut pas avoir eu lieu sans que l'environnement, et en particulier la pollution atmosphérique, n'en soit à tout le moins le facteur révélateur.

Certaines études ont tenté de mesurer l'influence de la pollution en comparant la prévalence des maladies allergiques à la ville et à la campagne, mais les résultats se révèlent contradictoires : si certains auteurs font bien état d'un pourcentage plus fort en milieu urbain ou dans les quartiers les plus pollués, rien ne permet de généraliser ce constat (Charpin et al., 1988). Il semble plutôt que les allergènes incriminés soient différents. Les ruraux seraient plus sensibles aux acariens, aux squames et phanères d'animaux, aux poussières de céréales, ainsi qu'au pollen des graminées et, en deuxième lieu, à celui des légumineuses comme le trèfle et la luzerne (Blandin et Sabbah, 1977). À l'inverse, les citadins réagiraient davantage au pollen des arbres et des arbustes, à commencer par ceux utilisés en plantations d'alignement ou d'ornement, ainsi qu'aux urticacées et aux composées. Il est permis de noter également que les citadins venant s'installer à la campagne ou en zone périurbaine développent très rapidement des allergies au pollen des cyprès, largement plantés autour des jardins, des forsythias, des mûriers du Japon (en Provence) ou des herbacées rudérales (ambroisie, armoise, solidage...) qui envahissent les terrains fraîchement remués.

CONCLUSION

Les pollinoses sont, par excellence, des affections multifactorielles. Leur inégale prévalence d'un lieu à un autre dépend tout autant des conditions naturelles (relief, climat, végétation) que des grandes options d'aménagement du territoire (y compris la politique agricole). Mais leur variabilité chronologique en un endroit donné ne peut être comprise, et par suite prévue, sans une analyse intégrée de tous les paramètres caractérisant l'état de l'atmosphère. On saisit là l'impérieuse nécessité d'une collaboration du météorologiste avec le palynologue, l'allergologue et le géographe de la santé.

BIBLIOGRAPHIE

- Besancenot J.-P., 1989 : Aéropalynologie et approche bioclimatique des pollinoses. *Climat et Santé*, 1, 129-142.
- Blandin G. et A. Sabbah, 1977 : L'asthme en pays rural : étude épidémiologique. *Rev. Fr. Allergol.*, 17, 5, 251-257.
- Blumstein G. et J. Spiegelman, 1959 : Parallel volumetric and gravimetric pollen counts. *J. Allergy*, 30, 464-471.
- Borra J.-P., A. Goldman, M. Goldman, R. A. Roos et J.-P. Sutra, 1992 : Mesures polliniques, météorologiques et électriques en atmosphère non urbaine. *Climat et Santé*, 8, 67-87.
- Charpin D., J.-P. Kleisbauer, A. Lanteaume, D. Vervloet, F. Lagier et J. Charpin, 1988 : Existe-t-il un facteur urbain dans l'asthme et l'allergie ? *Rev. Mal. Respir.*, 5, 2, 109-114.
- Charpin D., D. Vervloet et J. Charpin, 1991 : Allergenic pollen and pollinosis in France. In : D'Amato G., F. Th. M. Spiekma et S. Bonini, *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Blackwell, Oxford, Royaume-Uni, 161-163.
- Cour P., 1974 : Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques : étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores*, 16, 1, 103-141.
- Couturier P. et D. Basset-Sthème, 1993 : L'avis de l'allergologue : quelques réflexions sur les problèmes posés par l'*Ambrosia* en vallée du Rhône moyen. *Allerg. Immunol.*, 25, 9, 380-381.



- Davies R. R. et L. P. Smith, 1973 : Forecasting the start and severity of the hay fever season. *Clin. Allergy*, 3, 263-267.
- Déchamp C., 1995 : *L'ambrosie, un nouveau fléau*. Verso, Ahun, 94 p.
- Dowding P., 1988 : Wind pollination mechanism and aerobiology. *Int. Rev. Cytol.*, 107, 421-437.
- Durand L. et P. Comtois, 1989 : A comparative study between the Cour and the Burkard samplers. In : Comtois P., *Aerobiology - Health - Environment. A symposium*. Université de Montréal, Canada, 93-101.
- Durham O. C., 1946 : The volumetric incidence of atmospheric allergens. IV. A proposed standard method of gravity sampling, counting, and volumetric interpolation of results. *J. Allergy*, 17, 79-86.
- Gagnon L. et P. Comtois, 1992 : Peut-on comparer les résultats de différents capteurs polliniques ? *Grana*, 31, 125-130.
- Gervais P., 1994 : Maladie asthmatique et agression chimique. *Rev. Fr. Allergol.*, 34, 5, 403-407.
- Guérin B., 1993 : *Pollen et allergies*. Allerbio, Varennes-en-Argonne, 279 p.
- Hirst J. M., 1952 : An automatic volumetric spore trap. *Ann. Appl. Biol.*, 39, 257-265.
- Hjelmroos M., 1991 : Evidence of long-distance transport of *Betula* pollen. *Grana*, 30, 215-228.
- Ickovic M. R., 1988 : The French aerobiological monitoring network: two years of clinical experience (1986-1987). *Aerobiologia*, 4, 1, 12-15.
- Käpylä M. et A. Penttinen, 1981 : An evaluation of the microscopical counting methods of the tape in Hirst-Burkard pollen and spore trap. *Grana*, 20, 131-141.
- Leuschner R.M., G. Boehm et R. Mari, 1990 : L'ambrosie progresse-t-elle ? *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 137 (Actual. Bot., 2), 144-145.
- Norris-Hill J. et J. Emberlin, 1993 : The incidence of increased pollen concentrations during rainfall in the air of London. *Aerobiologia*, 9, 1, 27-32.
- Pehkonen E. et A. Rantio-Lehtimäki, 1994 : Variations in airborne pollen antigenic particles caused by meteorological factors. *Allergy*, 49, 6, 472-477.
- Peumery J.-J., 1984 : *Histoire illustrée de l'asthme de l'Antiquité à nos jours*. R. Dacosta, Paris, 211-219.
- Raynaud J., 1984 : Les Ambrosia françaises : botanique, origine et extension de certaines espèces. *Allerg. Immunol.*, 16, 5, 277-278.
- Razzouk H., A. Brand, J. Le Coz, M. Thibaudon, M. R. Ickovic et D. Charpin, 1993 : Pollens et altitude. *Presse thermale et climatique*, 130, 1, 49-55.
- Renault-Miskovsky J. et M. Petzold, 1992 : *Pollens et spores*. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, Suisse, 360 p.
- Ruffaldi P. et H. Richard, 1991 : Calendriers polliniques et facteurs météorologiques en Franche-Comté (France). In : 1^{er} Colloque sur les applications de la météorologie et leurs intérêts économiques. Labo. de Chrono-Écologie, Besançon, 271-288.
- Solomon W. R., 1984 : Aerobiology of pollinosis. *J. All. Clin. Immunol.*, 74, 4, 449-461.
- Spieksma F. Th. M. et J. F. den Tonkelaar, 1986 : Four-hourly fluctuations in grass-pollen concentrations in relation to wet versus dry weather, and to short versus long over-land advection. *Int. J. Biometeorol.*, 30, 4, 351-358.
- 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.
- Sutra J.-P., M. Desrozières, J.-P. Céron, P. Frayssinet, E. Martin, C. Merlier, V. Pérarnaud, M.-P. Traullé, J.-M. Veysseire, M. Hoff, A. Burnichon, P. Julien, P. Ruffaldi, E. Bourgeois, R. Chambaud et S. Manguier, 1992 : Climat et prévention des pollinoses : la prévision statistique de la date initiale de pollinisation du bouleau en France. *Climat et Santé*, 7, 53-84.
- Toumi M., M. Barneoud-Rousset et P. Auquier, 1995 : L'atlas des pollens allergisants en France : instrument de prévention ou outil de géographie de la santé ? In : *Climat, Pollution atmosphérique, Santé. Hommage à Gisèle Escourrou*. GDR Climat et Santé, Dijon, 85-96.
- Vu-Krik T. K. D., 1983 : Les plantes de France à pollens allergisants. Université Paris XI, Thèse de pharmacie n° 1682, 55 p.



Glossaire

Acétolyse : traitement chimique visant à détruire le contenu cellulaire (noyaux et cytoplasme) et la paroi interne cellulosique du grain de pollen, afin de mieux observer les caractéristiques morphologiques de son enveloppe externe ou exine. Ce traitement fait intervenir un mélange d'anhydride acétique et d'acide sulfurique, dont l'action est renforcée par l'emploi d'un bain-marie bouillant.

Aérobiologie : étude de la libération, du transport et du dépôt des particules biologiques d'origine végétale ou animale disséminées dans l'air. L'**aéropalynologie** est la partie de l'aérobiologie qui étudie plus précisément les grains de pollen.

Allergène : substance à laquelle un sujet porteur d'un terrain allergique peut se sensibiliser. Il s'agit la plupart du temps de produits organiques d'origine animale, végétale ou synthétique, appartenant au groupe chimique des albumines (ou protéines). Un allergène est un antigène reconnu par des anticorps particuliers, les IgE.

Anaphylaxie : réaction allergique induite par les IgE, locale dans la crise d'asthme ou de rhinite, généralisée dans le choc anaphylactique (accident brutal et très violent pouvant entraîner la mort).

Atopie : état caractérisé par la prédisposition héréditaire aux maladies allergiques induites par les IgE (rhinite allergique, asthme allergique, eczéma atopique et allergie alimentaire).

Basophiles : globules blancs possédant des récepteurs pour les IgE et participant activement à la réaction allergique. Bien qu'ils ne soient pas tout à fait identiques aux mastocytes, ils possèdent comme eux des médiateurs chimiques, dont l'histamine.

Dormance : période de repos hivernal propre aux plantes vivaces, nécessaire à la reprise d'activité au printemps, et qui leur permet de résister à la mauvaise saison. Elle est caractérisée par une réduction nette du taux de croissance.

Histamine : substance chimique libérée dans le corps par l'interaction d'un allergène avec un anticorps fixé sur un mastocyte ou un basophile. L'histamine est le premier médiateur de la réaction allergique immédiate et peut entraîner toute une série de phénomènes inflammatoires.

Mastocytes : cellules essentielles, avec les basophiles, de la réaction allergique ; elles contiennent de nombreux médiateurs chimiques, tels que l'histamine, qui sont responsables des effets de la réaction allergique.

Médiateurs : substances chimiques qui associent des effets inflammatoires et chimiotactiques, c'est-à-dire attirant d'autres cellules sur le site de la réaction allergique. Les plus connus sont l'histamine, les leucotriènes, les prostaglandines et le facteur d'agrégation plaquettaire (PAF).

Sporopollénine : composé organique d'origine biologique, polymère oxydatif de caroténoïdes et d'esters de caroténoïdes. Elle constitue l'exine du grain de pollen et fait partie des substances chimiques les plus résistantes du monde vivant.

Tricolporé : la paroi externe ou exine du grain de pollen est souvent percée d'ouvertures ou apertures, pouvant se présenter sous forme de pores arrondis ou de sillons allongés en fuseau ; un grain de pollen tricolporé présente trois sillons méridiens auxquels sont associés trois pores équatoriaux formant trois apertures complexes. C'est le cas du pollen de *Fagus sylvatica* L. (hêtre).

