

La périodicité intrajournalière des émissions polliniques. Utilisation dans la gestion quotidienne des pollinoses par les malades

M. Laaidi

Climat & Santé, centre d'épidémiologie de population, faculté de médecine, BP 87900, 21079 Dijon cedex, France

(Reçu le 26 mai 2000 ; accepté le 9 juin 2000)

Résumé

Une meilleure connaissance des variations intrajournalières de la pollinisation des taxons allergisants doit permettre aux allergiques de mieux gérer leur pollinose au quotidien. Ces variations ont été étudiées en Bourgogne grâce à quatre capteurs Hirst fournissant des données au pas de temps bihoraire. Certains taxons présentent des cycles peu marqués, avec une pollinisation plus ou moins régulière tout au long du nyctémère ; il s'agit du peuplier, du frêne, du bouleau, du chêne, du pin et du châtaignier. D'autres ont un cycle plus net, avec un pic apparent : c'est le cas de certains arbres, qui libèrent de préférence leurs grains de la fin de la matinée au début de la soirée (aulne, noisetier, Cupressacées–Taxacées, saule, charme, platane), c'est aussi celui de nombreuses herbacées qui pollinisent plutôt du début de la matinée au début de l'après-midi (oseille, plantain, Urticacées, armoise). Quant aux Poacées, elles ne présentent un cycle bien constitué qu'à Mâcon et à Montbard, avec un double pic le matin et l'après-midi. Cette périodicité suit l'évolution interhoraire des températures et de l'humidité relative. Une information plus précise sur le cycle de la plante à laquelle il est sensibilisé peut aider le sujet allergique à réduire son exposition quotidienne aux allergènes, en aérant sa maison au moment du creux de pollen ou en évitant de sortir et plus encore de pratiquer une activité physique de plein air à l'heure du pic. © 2000 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

allergie / cycle circadien / pollinisation

Summary – Intradial variation of pollen shedding. The use in the daily management of pollinosis by patients.

A better acknowledgement of intradiurnal variations of the pollination of allergenic taxa must help allergic people to better manage their pollinosis day by day. Those variations have been studied in Burgundy thanks to four Hirst volumetric traps giving data every two hours. Some taxa show little definite cycles, with a pollination more or less regular all along the day; they are poplar, ash, birch, oak, pine and chestnut-tree. Some others have a more definite cycle, with a real peak: this is the case of some trees which shed their grains preferably from the end of the morning to the beginning of the evening (alder, hazel, Cupressaceae–Taxaceae, willow, hornbeam, plane-tree), and this is also the case of numerous herbaceous plants which pollinate preferably from the beginning of the morning to the beginning of the afternoon (garden sorrel, plantain, Urticaceae, mugwort). The Poaceae only have a definite cycle in Mâcon and Montbard, with a double peak in the morning and in the evening. This periodicity follows the hourly evolution of temperature and relative humidity. A more precise information on the cycle of the plant to which he is allergic can help the allergic patient to reduce his daily exposure to allergens, ventilating his home during the pollen hollow or avoiding to go out and moreover to have an open-air physical activity during the pollen peak. © 2000 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

allergy / circadian rhythm / pollination

Les concentrations polliniques dans l'air varient selon la distribution des groupements végétaux qui produisent les grains de pollen. Elles présentent également un double régime de variation dans le temps. Au cours de la saison pollinique, les pollens sont émis de façon discontinue et à des concentrations variables en fonction du rythme endogène de la plante et des conditions météorologiques. Au cours de la journée, les pollens sont recueillis en quantité variable selon les heures, avec un rythme plus ou moins marqué suivant les espèces. Une bonne connaissance de ces variations temporelles par les allergologues et par les patients paraît susceptible de conduire à une meilleure prise en charge et à une gestion plus efficace des pollinoses. La connaissance des périodes d'émission des pollens dans l'air au cours de la saison passe par l'utilisation de calendriers polliniques, qui permettent d'intégrer les fluctuations interannuelles des conditions météorologiques [12, 13]. Mais il est également très important que les malades disposent d'informations précises sur ce qui se passe au cours de la journée, donc sur le moment du pic ou du creux de pollinisation afin de pouvoir gérer au mieux leurs activités quotidiennes, à commencer par leurs déplacements.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La capture des grains de pollen a été effectuée au moyen de capteurs volumétriques de type Hirst [7, 4]. Cet appareil, qui est l'un des instruments de mesures aérobiologiques les plus utilisés en Europe, fonctionne par aspiration de volumes d'air correspondant en moyenne à une respiration humaine, soit dix litres par minute [16, 17, 20]. Les pollens piégés et impactés sur une bande adhésive sont analysés au microscope optique selon la méthode de Käpylä et Penttinen [10].

Pour cette étude réalisée en Bourgogne, quatre capteurs ont été utilisés, implantés dans les départements de Côte-d'Or (Montbard et Dijon) et de Saône-et-Loire (Mâcon et Chalon-sur-Saône). Les résultats, donnés à un pas de temps bihoraire pour 17 taxons arbor  ens et herbacés, concernent les années 1997 et 1998 à Chalon-sur-Saône et 1996 à 1998 dans les trois autres sites. Les données météorologiques de température et d'humidité relative ont été fournies par Météo-France au pas de temps trihoraire.

RÉSULTATS

Les cycles nycth  m  raux opposent des taxons dont la pollinisation varie peu au cours de la journée et d'autres dont les rythmes interhoraires sont bien caractérisés, avec un pic journalier particulièrement net. Certains auteurs [20] ont montré que les herbacées ont généralement des rythmes circadiens plus marqués que les arbres, dont la pollinisation peut être aussi élevée le jour que la nuit. Cependant, d'autres ont trouvé des rythmes de pollinisation bien définis pour des taxons arbor  ens, comme l'olivier (*Olea europaea* L.) en Espagne [4, 2, 1] ou les Cupressacées (*Cupressaceae*) dans ce même pays [1, 5], et c'est également ce que nous avons pu constater au cours de nos travaux.

Les taxons à cycle intrajournalier peu marqué

Nous prendrons ici l'exemple du bouleau (*Betula*), qui pollinise en mars-avril. C'est le deuxième allergène pollinique en Bourgogne, avec 40 % de tests cutanés positifs. Les quantités disséminées annuellement sont conséquentes, s'étageant selon les sites et les années de 1 442 à 6 709 grains/m³, avec des pics journaliers pouvant dépasser 1 000 grains/m³. Du point de vue clinique, le seuil d'action journalier de ce pollen a été estimé dans la région [11] : il est assez bas pour les sujets souffrant d'asthme (35 à 81 grains/m³) et plus élevé pour les patients atteints de rhinite ou de conjonctivite (35 à 252 grains/m³ selon la sensibilité individuelle).

Le cycle nycthéméral du bouleau n'est pas nettement marqué, du moins en 1997 et 1998, avec une pollinisation assez étalée sur les 24 heures (*figure 1*). Le maximum se situe entre 11 et 17 heures à Dijon, entre 9 et 15 heures à Montbard, entre 11 et 15 heures à Mâcon et entre 13 et 17 heures à Chalon-sur-Saône, mais ces périodes ne comptent que pour 22 à 34 % du recueil total journalier, les autres tranches horaires conservant des scores non négligeables. Le creux de pollinisation le plus franc intervient entre 3 et 7 heures du matin, sauf à Mâcon où il est plus tardif, entre 5 et 11 heures. Rantio-Lehtimäki et al. [20] ont également signalé une pollinisation irrégulière du bouleau au cours des 24 heures, avec un creux entre 2 et 6 heures du matin. Käpylä [9] n'a pas décelé davantage de rythme circadien, si ce n'est, là encore,

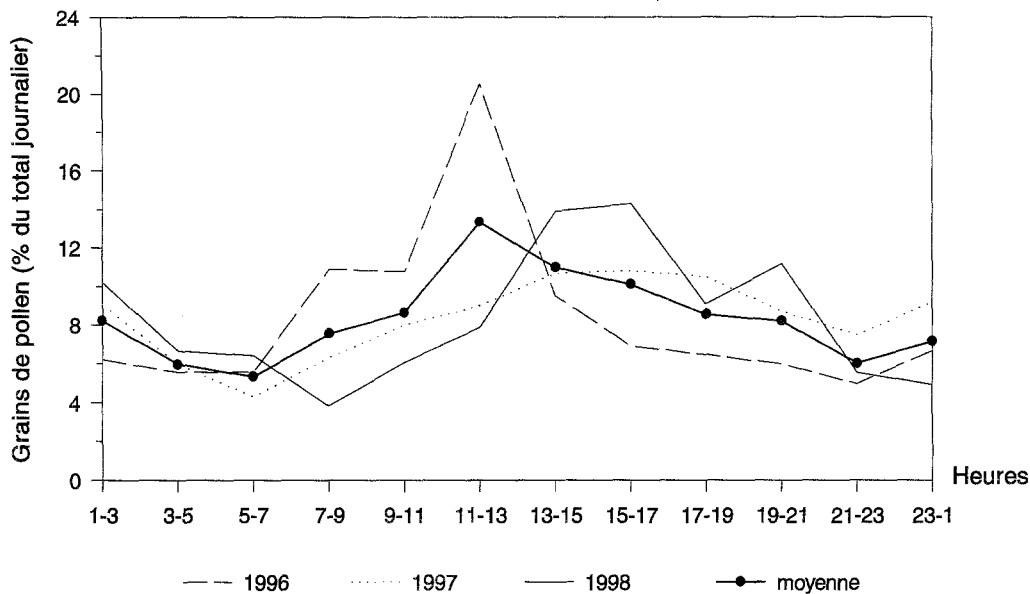


Figure 1. Rythme de pollinisation du bouleau au cours de la journée à Dijon.

une discrète atténuation aux alentours du lever du soleil.

Cinq autres taxons ont également révélé des cycles diurnes irréguliers.

Le peuplier (*Populus*) pollinise à peu près indifféremment le matin ou l'après-midi, et même le jour ou la nuit, indiquant une absence de rythme circadien. Le rythme du frêne (*Fraxinus*) n'est pas mieux défini, si l'on met à part un léger creux entre 5 et 7 heures du matin, quand l'air est saturé en humidité et les températures basses, voire négatives en cette période de l'année. Quant au chêne (*Quercus*), il dissémine ses pollens de façon plus ou moins régulière tout au long du jour et même de la nuit, avec cependant un fléchissement assez visible entre 7 et 9 heures. Si l'on considère à présent la pollinisation du pin (*Pinus*), on constate qu'elle est étalée sur l'ensemble des 24 heures à Chalon-sur-Saône et à Mâcon, mais qu'elle présente une augmentation assez discrète entre 11 et 15 heures à Dijon, plus marquée entre 9 et 15 heures à Montbard. À cette liste, il est encore permis de rattacher le châtaignier dont le pollen, même s'il n'a pas de rythme nettement défini, est néanmoins recueilli en quantité légèrement plus abondante dans certaines plages horaires : de 21 heures le soir à 1 heure le lendemain matin à

Dijon, de 13 à 21 heures à Montbard, Chalon-sur-Saône et Mâcon. Il semblerait donc que le châtaignier se caractérise par une certaine tendance à polliniser davantage dans l'après-midi et en soirée.

Les taxons à cycle diurne bien défini

Nous détaillerons ici cinq exemples.

Les Poacées (Poaceae)

Ce taxon, qui pollinise pour l'essentiel de la mi-mai à la mi-juillet, constitue le premier allergène en Bourgogne, avec 87 % de tests cutanés positifs. Les quantités de pollen produites dans l'année s'échelonnent de 4 670 à 14 047 grains/m³, avec des pics journaliers de l'ordre de 600. Les seuils d'action clinique journaliers inférieurs à ceux du bouleau, varient de 25 à 81 grains/m³, les asthmatiques les plus sensibles pouvant réagir dès 3 grains/m³.

En ce qui concerne la chronobiologie des Poacées, des auteurs finlandais ont fait un état d'un rythme dédoublé pour les Poacées, avec un premier pic dans la matinée et un second, d'ampleur voisine, dans l'après-midi : 7 heures et 12-14 heures [8] ou 8-12 heures et 16-18 heures [20]. Un tel rythme (figure 2) se vérifie également à Mâcon (9-11 heures et 15-19 heures) et à Montbard (7-9 heures et 15-

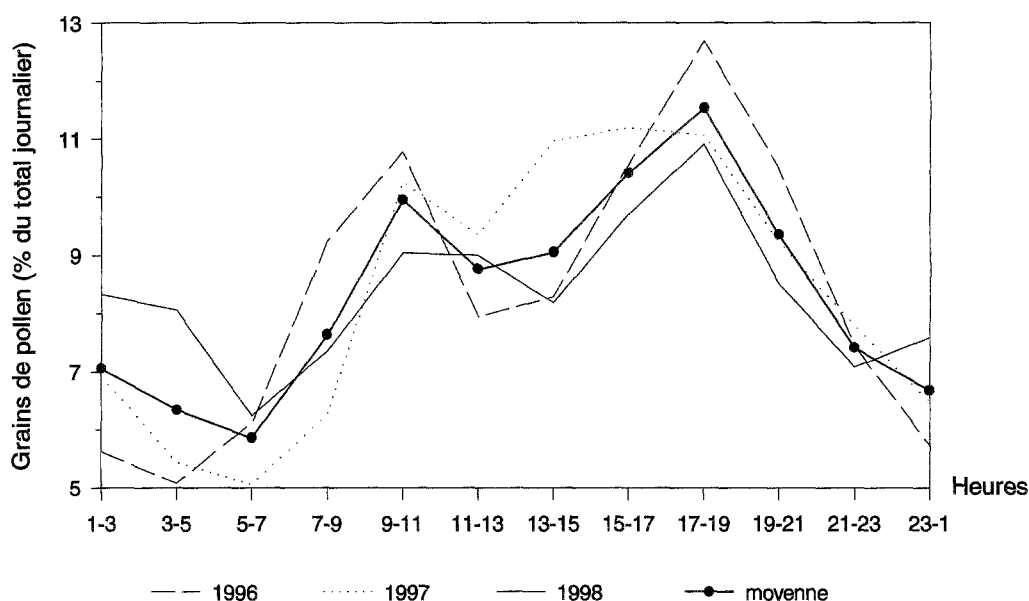


Figure 2. Rythme de pollinisation des Poacées au cours de la journée à Mâcon.

17 heures), ainsi qu'à Chalon-sur-Saône pour la seule année 1998 (9–11 heures et 13–15 heures). On ne le retrouve pas vraiment à Dijon, ce qui est sans doute dû au fait que la famille des Poacées comprend de nombreux genres et de nombreuses espèces, dont les rythmes ne sont pas nécessairement les mêmes. D'autres auteurs ont toutefois décrit des rythmes de pollinisation différents : rythme bimodal en Hollande, mais avec un pic secondaire nocturne entre minuit et 4 heures et un pic principal entre midi et 16 heures [22], ou rythme monomodal en Angleterre avec une culmination unique à 19 heures dans le premier cas [3] et de 9 à 14 heures dans le second [5]. Mullins et al. [18] dans le sud du Pays de Galles ont eux aussi signalé un pic unique mais avec un horaire tributaire du contexte géographique (15 heures en site rural, 19 heures en site urbain : ce décalage peut être expliqué par la fréquence des courants aériens possédant une composante ascendante en ville, qui empêchent le pollen de se déposer jusqu'à l'heure où la température diminue). Enfin, en Espagne, Carinanos et al. [2] ont constaté également un unique pic, cette fois ci matinal, autour de 9 heures, avec deux pics de moindre importance très tôt le matin et en fin d'après-midi qu'ils attribuent au grand nombre d'espèces appartenant à la famille des

Poacées. La présence de nombreuses espèces au sein d'une même famille (ou d'un même genre) a également été invoquée par Alcazar et al. [1] pour expliquer la plus ou moins grande hétérogénéité dans les modèles de variation diurne. Ainsi, ils observent des rythmes marqués pour les Cupressacées ou les Urticacées qui regroupent peu d'espèces dans la région étudiée, tandis que d'autres taxons tels que le plantain, les Poacées ou les Chenopodiaceées, représentés par de nombreuses espèces, montrent des rythmes homogènes, avec peu de différence entre le minimum et le maximum journalier de la pollinisation.

Le plantain (*Plantago*)

C'est également un allergène pollinique assez répandu en Bourgogne, où il détermine 14 % de tests cutanés positifs. Il libère des grains sur une longue période allant de la fin avril ou du début mai à la fin d'août. Son cycle circadien (figure 3) est particulièrement bien dessiné, et identique dans les quatre sites : en effet 49 à 57 % de la pollinisation se concentre entre 9 et 17 heures, soit sur le tiers du temps, avec un pic entre 11 et 13 heures. Ces résultats concordent parfaitement avec ceux de Raynor et al. [21] aux États-Unis, où le maximum s'étale entre 9 et 16 heures, avec un pic à midi.

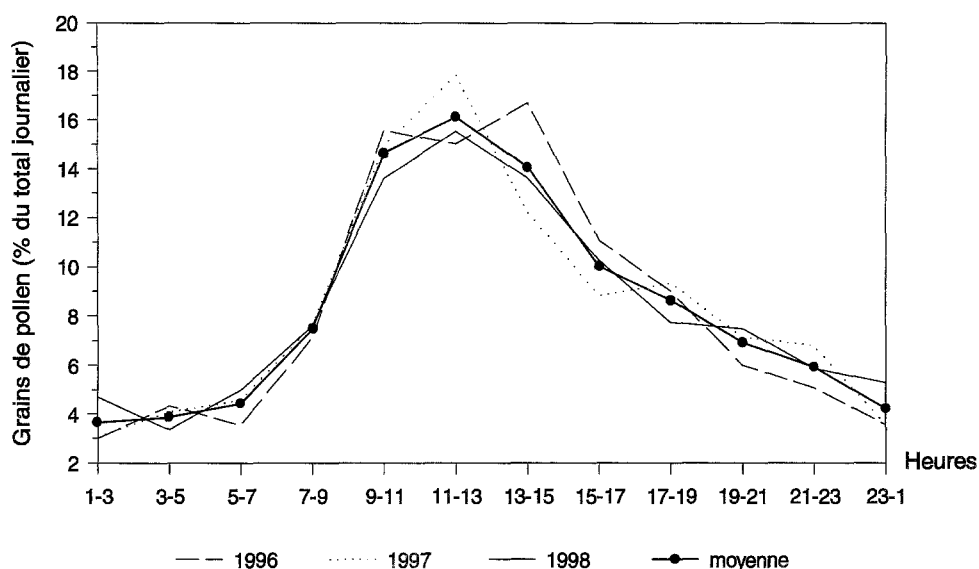


Figure 3. Rythme de pollinisation du plantain au cours de la journée à Dijon.

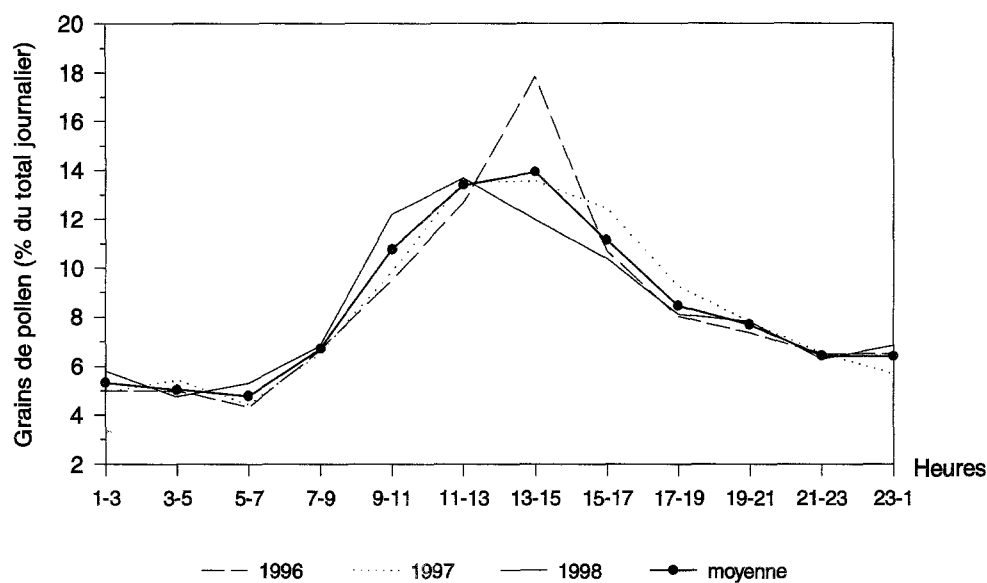


Figure 4. Rythme de pollinisation de l'oseille au cours de la journée à Mâcon.

L'oseille (Rumex)

Cette herbacée pollinise du début mai à la fin juin, mais elle est moins fréquemment impliquée dans le développement d'une pollinose que les taxons précédents. Son cycle circadien (figure 4) montre un rythme d'apparition des pollens centré sur la fin de la matinée et l'après-midi, le pic journalier se plaçant

entre 9 et 11 heures à Montbard et entre 13 et 15 heures dans les trois autres sites.

L'armoise (Artemisia)

Cette herbacée libère son pollen de fin juillet à fin août ou début septembre. Sa chronobiologie est caractéristique (figure 5), avec des scores élevés

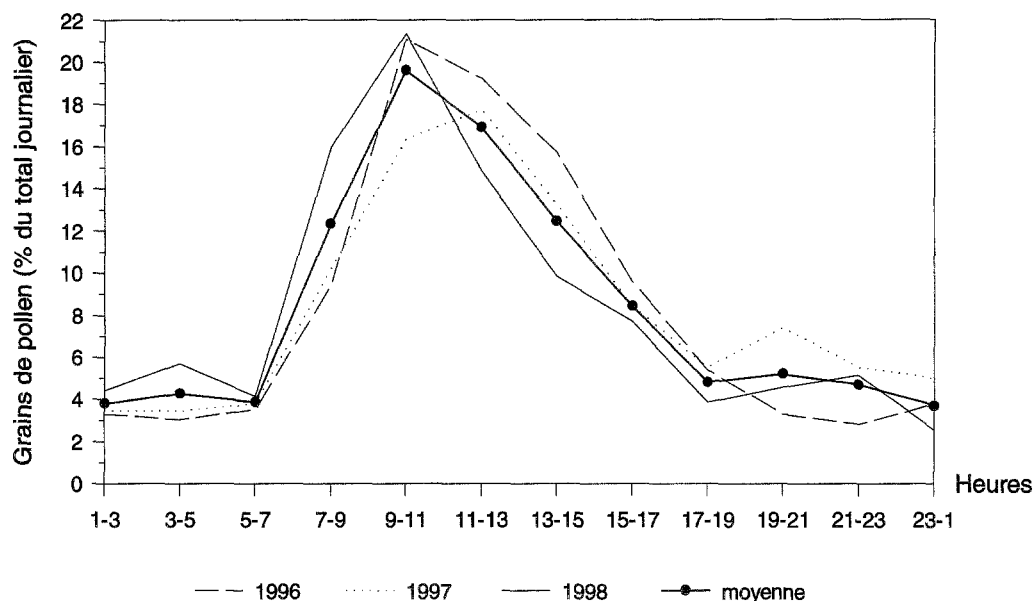


Figure 5. Rythme de pollinisation de l'armoise au cours de la journée à Mâcon.

dans la matinée et jusqu'au début de l'après-midi (15 heures). Le maximum de la pollinisation intervient entre 7 et 15 heures, avec un pic entre 11 et 13 heures en Côte-d'Or et dans la tranche horaire précédente (9–11 heures) en Saône-et-Loire. Ces résultats corroborent ceux de Käpylä [8] en Finlande, où l'armoise est recueillie principalement dans la matinée, avec un pic à 8 heures dans la station proche de la source pollinique et à 11 heures dans la station plus éloignée. La durée des fortes occurrences a été évaluée dans ce cas entre 4 et 8 heures selon la localité, elle est de 6 à 8 heures dans notre étude.

Le platane (*Platanus*)

Ce taxon, qui est beaucoup plus abondant en Saône-et-Loire, pollinise de la fin mars à la mi-mai. Son rythme circadien (figure 6) n'est guère identifiable à Montbard et à Dijon, probablement à cause du faible nombre de grains de pollen produits (respectivement 186 et 535 grains/m³ en moyenne). Mais à Mâcon (3 605 grains/m³ en moyenne annuelle), l'essentiel de la pollinisation se concentre entre 9 et 17 heures, cette plage horaire recueillant 55 % du total journalier, avec un pic de 13 à 15 heures. À Chalon-sur-Saône (2 046 grains/m³ en moyenne annuelle), la pollinisation est un peu plus étalée au cours de la journée, de 9 à 19 heures (62 %), avec un pic

synchrone de celui de Mâcon. Un cycle circadien a également été établi pour le platane à Séville, et s'avère un peu plus matinal qu'en Bourgogne, la pollinisation maximale se faisant de 9 à 13 heures avec un pic à 10 heures [5].

Cela dit, il est encore d'autres taxons qui présentent des cycles circadiens bien définis : L'aulne (*Alnus*) et le noisetier (*Corylus*), qui fleurissent dès février–mars, sont des allergènes majeurs en Bourgogne (respectivement 29 et 30 % de tests cutanés positifs). La pollinisation du premier se concentre entre 11 heures et 21 heures, l'heure du pic variant selon le site (11–13, 15–17, 17–19 ou 19–21 heures). Le cycle circadien du second montre un pic de 11 à 13 heures à Mâcon, de 13 à 15 heures à Dijon et Montbard et de 15 à 17 heures à Chalon-sur-Saône.

Les Cupressacées–Taxacées (*Cupressaceae–Taxaceae*) regroupent deux familles et quatre genres principaux, qui arrivent à maturité de février à début mai au nord de la Loire [6]. Leur période principale de pollinisation s'étale de 9 heures du matin au milieu de l'après-midi (avec un pic principal de 13 à 15 heures à Dijon comme à Montbard, et de 11 à 13 heures à Mâcon), sauf à Chalon-sur-Saône où elle est plus tardive (pic à 15–17 heures). Une étude réalisée à Marseille sur la chronobiologie de ce taxon [15] a montré que la tranche horaire 9–11 heures était celle

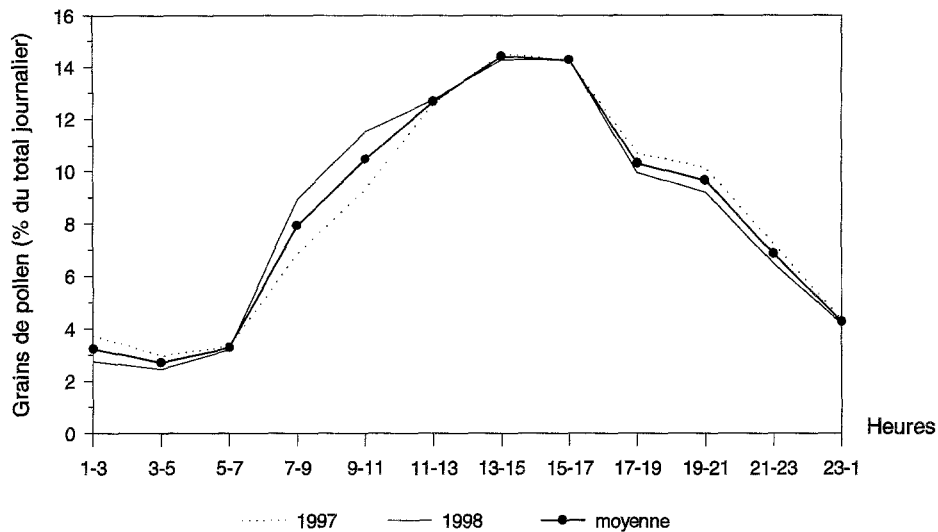


Figure 6. Rythme de pollinisation du platane au cours de la journée à Chalon-sur-Saône.

du recueil maximal. Il s'agit donc d'un taxon sensiblement plus matinal que l'aulne ou le noisetier.

En ce qui concerne le saule (*Salix*), dont les grains envahissent l'air en mars-avril, sa pollinisation se révèle prépondérante entre 13 et 15 heures à Montbard, Dijon et Chalon-sur-Saône ou entre 15 et 17 heures à Mâcon. La saison du charme (*Carpinus*) se superpose à celle du saule. Son pollen est très peu disséminé entre 21 heures et 11 heures le lendemain matin, alors que le pic de pollinisation se situe entre 11 et 13 heures à Montbard et entre 15 et 17 heures dans les autres sites.

Restent les Urticacées (*Urticaceae*), très abondantes de fin mai à début septembre. Leur pollen est recueilli en majorité de la fin de la matinée au début de la soirée. Dans tous les sites, le pic principal se place dans la tranche horaire 13-15 heures. Ces résultats concordent assez bien avec ceux de Kämpylä [8] en Finlande, où la plus forte occurrence du pollen interviendrait à midi et dans l'après-midi, sans toutefois se prolonger sur la soirée comme c'est le cas en Bourgogne. En Angleterre, Corden et Millington [3] ont mentionné un pic d'Urticacées entre 14 et 16 heures.

DISCUSSION

Les concentrations polliniques moyennées sur l'ensemble du nyctémère gommement les variations

parfois fortes qui peuvent se produire au fil des heures, et qui sont particulièrement importantes au plan allergologique. Certains des taxons que nous avons étudiés ne présentent pas de cycle bien défini, et évoluent de façon assez aléatoire tout au long des 24 heures, avec des concentrations voisines le jour et la nuit : il s'agit du peuplier, du frêne, du bouleau, du chêne, du pin et du châtaignier. D'autres taxons ont montré au contraire une franche composante chronobiologique : certains arbres tels que l'aulne, le noisetier, le saule, le charme et le platane, ainsi que les Urticacées pollinisent de préférence de la fin de la matinée au début de la soirée. À l'inverse, les herbacées telles que l'oseille, le plantain et l'armoise, de même que les Cupressacées-Taxacées, se retrouvent plutôt, dans les recueils polliniques, du début de la matinée au début de l'après-midi. Quant aux Poacées, elles n'ont présenté une évolution interhoraire que dans deux de nos quatre sites. Le rythme circadien de la pollinisation dépend du rythme endogène propre à la plante et des conditions météorologiques prévalant au moment de l'anthèse et de la libération du pollen. Or, les seuls paramètres météorologiques qui présentent une périodicité circadienne sont, d'une part les dispositions hygrométriques et, d'autre part, le complexe actinothermique. Comme le montre l'exemple du noisetier (*Corylus*) à Montbard (figure 7) le creux de pollinisation correspond à une humidité relative supérieure à 80 % et à une

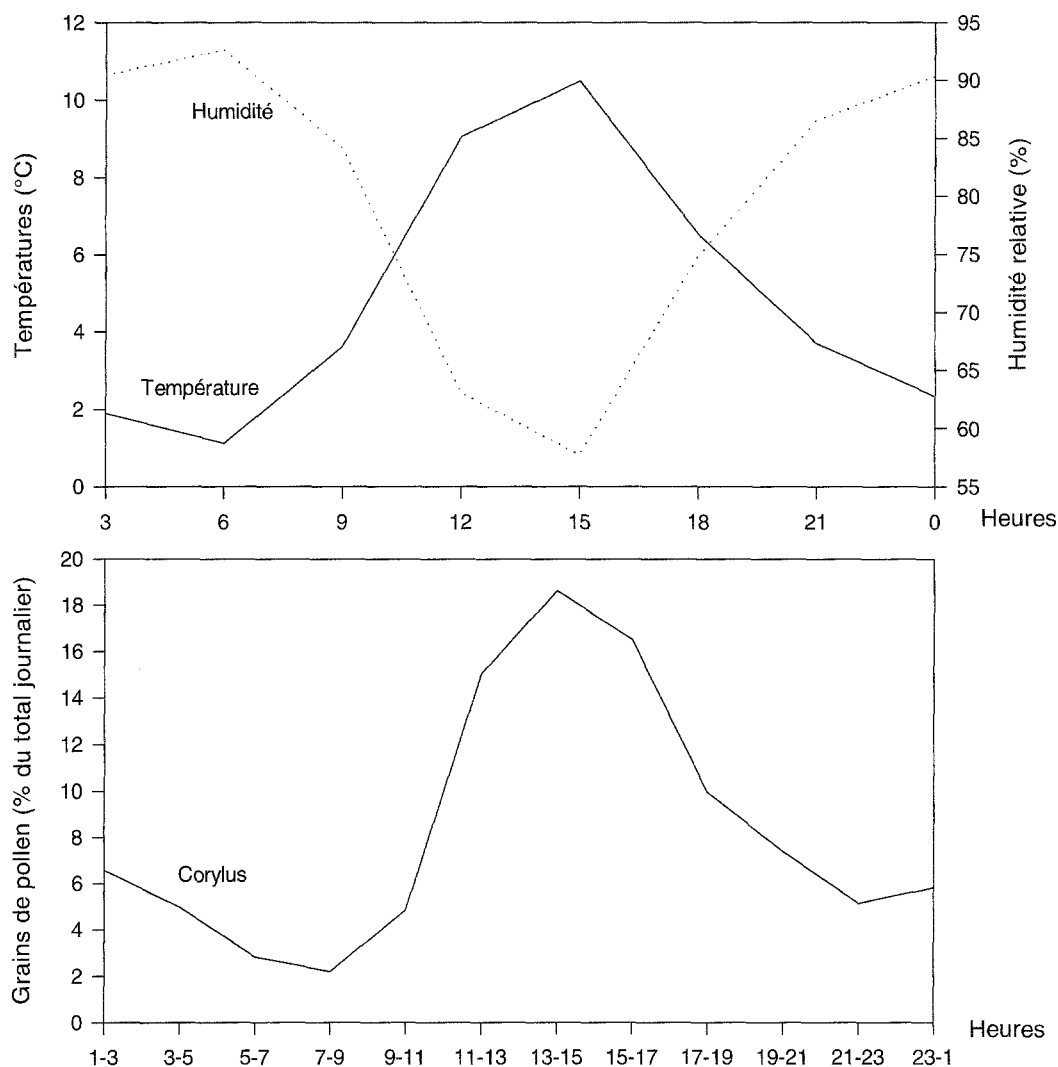


Figure 7. Cycles nycthémeraux du noisetier et de deux paramètres météorologiques, Montbard 1998.

température inférieure à 4 °C. Dès que la température augmente et que parallèlement l'humidité relative diminue, les concentrations polliniques évoluent à la hausse. Le pic de pollinisation, qui se situe entre 13 et 15 heures, coïncide avec une humidité relative moyenne inférieure à 60 % et une température de l'ordre de 10 °C. L'influence négative de l'humidité relative sur la pollinisation au cours de la journée a également été observée par Carinanos et al. pour l'olivier [2].

Les cycles diurnes peuvent être perturbés par la variation inhabituelle de certains facteurs météorologiques (vent, précipitations, gel) : ces sautes de

temps interviennent surtout en hiver et au début du printemps, pendant la saison des arbres et des arbustes, alors que les herbacées, qui pollinisent « à la belle saison », sont moins soumises aux aléas climatiques et présentent donc des cycles interhoraires mieux marqués. Le fait que, pour certains arbres, les concentrations polliniques restent élevées tout au long du nyctémère peut s'expliquer par la convection thermique diurne et par la turbulence des masses d'air proches du sol, qui entraînent le pollen vers la couche d'échange, réduisant ainsi les concentrations polliniques au niveau des capteurs. Les grains retombent ensuite la nuit, quand l'intensité des turbulences

atmosphériques diminue, ce phénomène maintenant ainsi des concentrations relativement stables.

La connaissance des cycles circadiens des taxons allergisants revêt un intérêt certain pour les sujets allergiques. En effet, il peut leur être conseillé d'éviter de sortir au moment du pic pollinique journalier de la plante à laquelle ils sont sensibilisés. Mais pareil conseil n'est pas toujours aisément applicable, surtout pour les taxons à pollinisation étalée sur l'ensemble de la journée : dans ce cas, on peut néanmoins conseiller aux patients d'aérer leur maison lors du creux de pollen, qui est généralement situé tôt le matin ; pour les arbres dont le seuil clinique est élevé comme le bouleau, ce petit creux matinal constitue une période de répit qui peut être utilement mise à profit. Pour les taxons à cycle marqué, il est important d'éviter de pratiquer une activité de plein air à l'heure de la journée où la pollinisation est à son maximum. En effet, en augmentant la fréquence respiratoire sinon le volume d'air inspiré, l'activité physique accroît les quantités d'allergènes inhalés et conduit presque inévitablement à un dépassement du seuil clinique et, de ce fait, à une recrudescence des symptômes.

CONCLUSION

La connaissance du calendrier pollinique et des cycles diurnes peut aider les sujets allergiques à mieux gérer leur pollinose au cours de la saison, ce qui permet d'espérer à la fois une atténuation de leurs symptômes et une moindre consommation médicamenteuse. Mais il est nécessaire pour cela que des informations précises soient disponibles sur le plus grand nombre possible de sites et sur tous les taxons reconnus allergéniques, les cycles pouvant présenter des différences notables sur de courtes distances. Ces informations peuvent également être complétées par la prévision de la date d'apparition des pollens allergisants dans l'air, donnée indispensable à la mise en place d'une prévention précoce.

RÉFÉRENCES

- Alcazar P, Galan C, Carinanos P, Dominguez Vilches E. Diurnal variation of airborne pollen at two different heights. *J Invest Allergol Clin Immunol* 1999 ; 9 : 89-95.
- Carinanos P, Galan C, Alcazar P, Dominguez E. Diurnal variation of biological and non-biological particles in the atmosphere of Cordoba, Spain. *Aerobiologia* 1999 ; 15 : 177-82.
- Corden JM, Millington WM. A study of Gramineae and Urticaceae pollen in the Derby area. *Aerobiologia* 1991 ; 7 : 100-6.
- Diaz de la Guardia C, Valle F, Alonso R, Romera R. Annual, daily and diurnal variations in pollen from *Olea europea* L. in the atmosphere of Granada (Spain). *J Invest Allergol Clin Immunol* 1993 ; 3 : 251-7.
- Gonzalez Minero FJ, Candau P, Tomas C, Morales J. Daily variation patterns of airborne allergenic pollen in southwestern Spain. *J Invest Allergol Clin Immunol* 1998 ; 3 : 89-93.
- Guérin B. Pollen et allergies. Varennes-en-Argonne ; Allerbio : 1993.
- Hirst JM. An automatic volumetric spore trap. *Ann Appl Biol* 1952 ; 39 : 257-65.
- Käpylä M. Diurnal variation of non arboreal pollen in the air in Finland. *Grana* 1981 ; 20 : 55-9.
- Käpylä M. Diurnal variation of tree pollen in the air in Finland. *Grana* 1984 ; 23 : 167-76.
- Käpylä M, Penttinen A. An evaluation of the microscopical counting methods of the tape in Hirst-Burkard pollen and spore trap. *Grana* 1981 ; 20 : 131-41.
- Laaïdi K. Éco-épidémiologie des pollinoses en Haute-Bourgogne [thèse]. Dijon : université de Dijon : 1999.
- Laaïdi K, Laaïdi M, Houndenou C. Épidémiologie des pollinoses et facteurs météorologiques dans le Centre-Est de la France : le cas de la Haute-Bourgogne (1996-1998). *Climat Santé* 1999 ; 19 : 5-24.
- Laaïdi M, Besancenot JP. Calendriers polliniques et prévision de la date d'apparition des pollens dans l'air. Intérêt dans la prévention des pollinoses. *Allergie Immunol* 2000 ; 32 : 174-8.
- Laaïdi M, Laaïdi K, Besancenot JP. Les pollens : méthodes de recueil et intérêts en pratique allergologique. *Atmo* 99, 18^{es} Rencontres nationales de la qualité de l'air, Dijon, 2000 [CD-ROM].
- Langlois-Karaga A. Bilan de trois années d'étude du contenu pollinique de l'air à Marseille [thèse de pharmacie]. Marseille : université d'Aix-Marseille ; 1992.
- Mandrioli P. Aerobiology. Pollen sampling, influence of climate, pollen sources, and pollen calendar. In: Falagiani P, ed. *Pollinosis*. Boca Raton, Fla: CRC Press; 1990. p. 39-52.
- Mandrioli P. Metodica di campionamento e conteggio dei granuli pollinici e delle spore fungine aerodisperse. In: *Il monitoraggio aerobiologico in Emilia-Romagna*. Collana Contributi n° 30. Regione Emilia-Romagna, 1994.
- Mullins J, White J, Davies HD. Circadian periodicity of grass pollen. *Ann Allergy* 1986 ; 57 : 371-4.
- Rantio-Lehtimäki A. Sampling airborne pollen and pollen antigens. In: D'amato G, Spiekma FT, Bonini S, eds. *Allergenic pollen and pollinosis in Europe*. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1991. p. 18-23.
- Rantio-Lehtimäki A, Helander ML, Pessi AM. Circadian periodicity of airborne pollen and spores; significance of sampling height. *Aerobiologia* 1991 ; 7 : 129-35.
- Raynor GS, Hayes JV, Ogden EC. Temporal variability in airborne pollen concentrations. *Ann Allergy* 1972 ; 36 : 386-96.
- Spiekma FTM, Tonkelaar JF (den). Four-hourly fluctuations in grass-pollen concentrations in relation to wet versus dry weather, and to short versus long over-land advection. *Int J Biometeor* 1986 ; 30 : 351-8.