

Allergie au pollen et impact du changement climatique

Alors que le rhume des foins était pratiquement inconnu en Suisse il y a 100 ans, environ 20% de la population suisse souffre aujourd'hui d'une allergie au pollen. Le changement climatique a pour conséquence un début plus précoce et une intensité accrue de la saison pollinique de nombreuses plantes allergisantes. Il favorise aussi la progression de plantes invasives très allergisantes telles que l'ambroisie. De plus, l'exposition combinée à la pollution atmosphérique et au pollen peut aggraver les réactions allergiques en raison d'une augmentation de la sensibilité des personnes et de l'allergénicité du pollen. Des scientifiques de la Commission chimie et physique de l'atmosphère expliquent comment le changement climatique influence à la fois le pollen et le rhume des foins.

Allergie au pollen

L'allergie au pollen, le rhume des foins et la rhinite allergique sont des termes utilisés pour décrire une réaction allergique au pollen de plantes pollinisées par le vent. Les manifestations typiques de l'allergie au pollen incluent des symptômes nasaux (éternuements et démangeaisons, nez bouché ou qui coule) et oculaires (yeux irrités ou larmoyants),¹ parfois accompagnés de fatigue et de troubles cutanés (eczéma). Chez les personnes souffrant d'asthme allergique, une réaction au pollen peut causer de graves difficultés respiratoires et conduire dans les cas les plus extrêmes à une hospitalisation. En plus de la diminution de la qualité de vie et du sommeil, les réactions allergiques provoquent une inflammation systémique pouvant engendrer dans le corps une cascade d'autres réactions à long terme. Par exemple, les personnes allergiques au pollen peuvent être prédisposées à développer de l'hypertension.² Un nombre croissant d'études montrent que les jours où les

concentrations de pollen sont élevées, on constate une augmentation des hospitalisations liées à des troubles cardiovasculaires³ et respiratoires.⁴

Phase de sensibilisation versus phase symptomatique

Pour qu'une personne développe une allergie au pollen, elle doit d'abord être exposée à un allergène particulier auquel son système immunitaire réagit de manière excessive parce qu'il l'identifie à tort comme une menace. Avec le temps, son système immunitaire développe une mémoire pour cet allergène, préparant ainsi le corps à réagir plus fortement lors d'expositions ultérieures. Il s'agit de la phase de sensibilisation. La phase symptomatique a lieu lorsque que le système immunitaire est « entraîné » et réagit à l'allergène à chaque exposition, provoquant une réaction allergique. Avec le temps, les symptômes peuvent s'aggraver et les personnes se sensibiliser à d'autres allergènes.

Prévalence accrue des allergies: l'hypothèse hygiéniste

L'hypothèse hygiéniste révisée suggère que l'exposition à une faible diversité de microbes pourrait influencer le développement du système immunitaire. Le corps réagit alors de manière excessive et erronée quand il rencontre un pollen relativement inoffensif. L'étude suisse SCARPOL⁵ et de nombreuses autres études menées dans le monde ont montré que les enfants qui grandissent dans des fermes présentent des taux plus faibles d'allergie au pollen, d'asthme et de sensibilisation allergique. S'il semble évident qu'une exposition rurale/agricole à un âge précoce a un effet protecteur, de nombreuses questions subsistent quant au type, à la durée et à l'âge de l'exposition pour que cet effet protecteur se produise.

L'importance de l'allergie au pollen en Suisse

Alors que l'allergie au pollen était presque inconnue en Suisse il y a 100 ans (à peine 0,8% de la population était considérée comme allergique en 1926), sa prévalence a considérablement augmenté depuis et est actuellement estimée à environ 20% de la population suisse. Certaines études suggèrent que la prévalence du rhume des foins s'est stabilisée en Suisse depuis les années 1990,⁶ mais peu d'études disposent de données représentatives ou à long terme. Une revue récente montre peu de preuves d'une telle stabilisation dans les pays voisins.⁷ L'augmentation de la prévalence des allergies est un phénomène observé dans le monde entier et, bien qu'elle présente une grande variabilité géographique tant chez les enfants que chez les adultes, elle n'est pas limitée aux pays développés du monde occidental.

Les personnes allergiques décrivent une baisse de leur qualité de vie pendant la saison pollinique, comprenant un renoncement à des activités sociales et un manque de confiance en soi lié à l'apparence (en raison d'yeux gonflés, d'éternuements, etc.). Pour beaucoup d'entre elles, leur allergie semble banalisée et les symptômes sont souvent traités de manière insuffisante (fig. 1). Alors que les allergies au pollen sont courantes, de nombreuses personnes ne font pas réaliser de diagnostic médical. Parmi les 303 personnes qui se sont elles-mêmes déclarées allergiques et qui ont participé à

une récente étude suisse, seules 65% avaient été diagnostiquées par un médecin.

En plus des répercussions sur la qualité de vie, les conséquences économiques des allergies sont considérables. En Suisse, les estimations varient entre 1 et 4 milliards de francs par année. Cette estimation comprend les coûts directs de traitement ou d'hospitalisation et les coûts indirects liés à la baisse de productivité et aux jours d'école/de travail manqués.^{8,9}

Sources du pollen dans l'air

De nombreuses plantes à fleurs produisent du pollen allergisant, que ce soient des arbres ou des plantes herbacées (fig. 2). Toutefois, l'exposition doit en principe être régulière et à un niveau suffisamment élevé pour qu'une personne soit sensibilisée. Cela signifie qu'un certain type de pollen doit être suffisamment abondant dans l'air pour devenir une cause d'allergie dans une zone géographique spécifique. Cependant, une fois qu'une personne est devenue allergique, il suffit qu'elle soit exposée à une quantité faible du pollen correspondant ou à un pollen suscitant une réaction croisée pour ressentir des symptômes.

Le pollen est souvent considéré comme étant d'origine naturelle, mais dans de nombreuses régions, les plantes sont fortement influencées par les activités humaines. Elles sont plantées dans les espaces verts urbains, comme ornement dans des jardins privés, dans les zones agricoles ou même dans les forêts.

Incidence des conditions météorologiques sur la saison pollinique

Le cycle annuel des plantes et la saison pollinique sont étroitement liés à la météorologie. La température, la disponibilité en eau, l'humidité et le vent jouent tous des rôles essentiels; les conditions météorologiques déterminent l'intensité, le moment et la durée de la saison pollinique. Des températures élevées pendant les mois précédents accélèrent généralement le développement des plantes et le début de la floraison. Pendant la saison, l'émission de pollen est favorisée par des températures

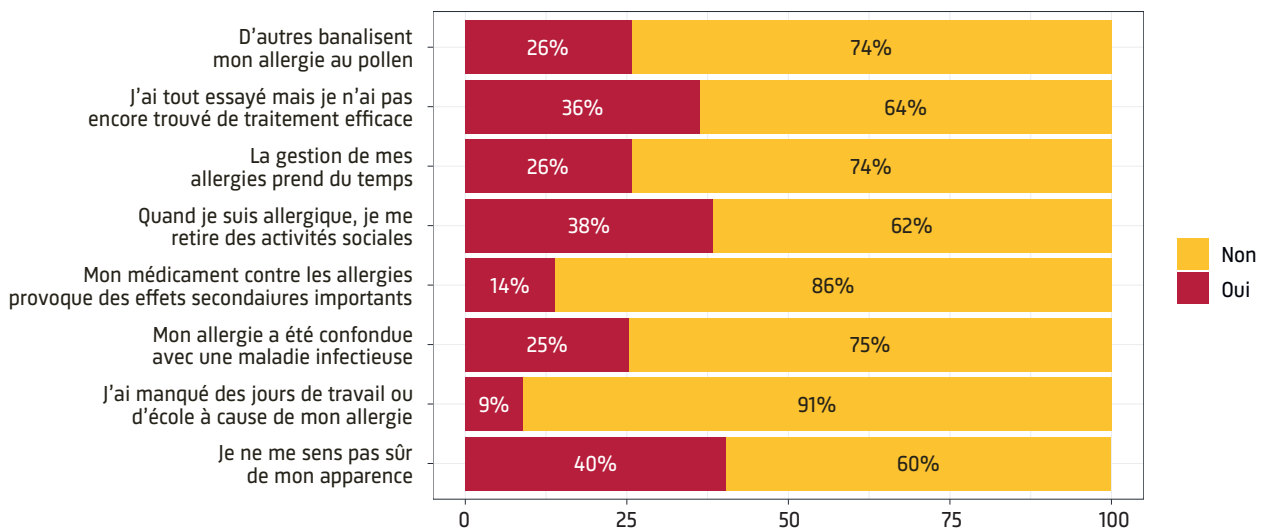


Figure 1: Comment les gens vivent leur allergie au pollen: impact social, psychologique et économique. Résultats d'une récente étude effectuée dans la région de Bâle en Suisse. Source: Marloes Eeftens

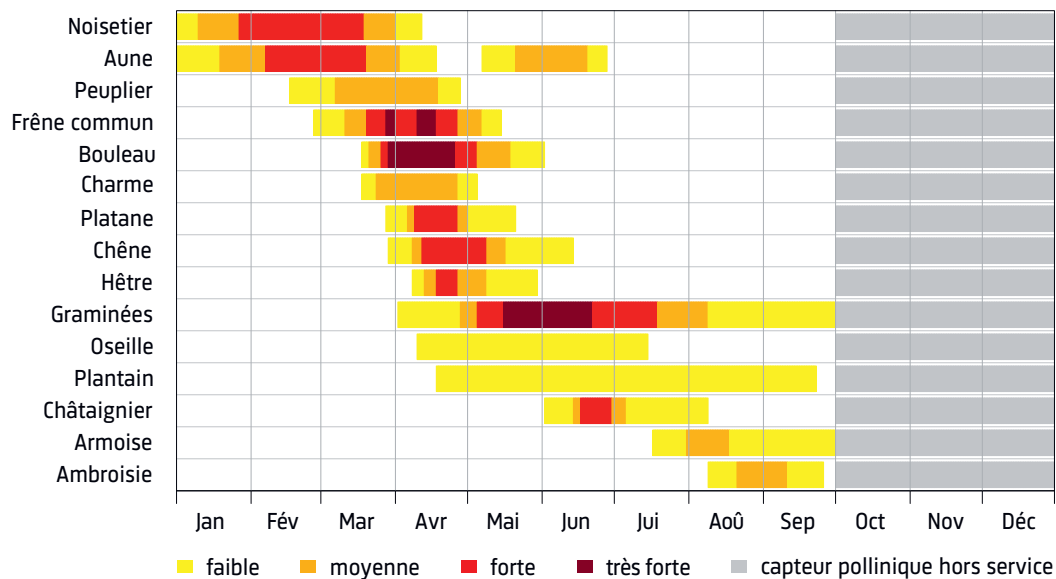


Figure 2: Le calendrier pollinique pour la Suisse informe les personnes allergiques des périodes auxquelles certains pollens allergisants sont généralement abondants. Il peut aussi aider à déterminer à quel pollen les personnes réagissent. Toutefois, seul un médecin peut poser un diagnostic complet. Le calendrier pollinique est également utile pour planifier voyages et vacances et éviter l'exposition au pollen. Source: MétéoSuisse

plus élevées, un bon ensoleillement et une humidité moyenne, alors qu'elle s'arrête lors de précipitations.

La température et la disponibilité en eau peuvent aussi influencer l'intensité de la saison pollinique. Dans le cas des arbres, les conditions météorologiques de l'année précédente ont un impact sur le nombre de bourgeons formés et, par conséquent, sur la quantité de pollen que l'arbre peut produire. Pour les graminées, c'est la disponibilité en eau avant et pendant la saison de croissance qui détermine le nombre de fleurs et la quantité de pollen produit. Si l'humidité du sol est suffisante, les concentrations de pollen sont particulièrement élevées pendant les longues périodes ensoleillées.

Les conditions météorologiques jouent également un rôle important dans la dispersion atmosphérique du pollen. Dans des conditions turbulentes et venteuses, le pollen peut être transporté beaucoup plus loin que par temps calme. Etant donné que les grains de pollen sont des particules relativement grandes, ils ne sont généralement pas transportés aussi loin que d'autres types d'aérosol. Toutefois, quand les conditions sont favorables, le pollen peut être transporté sur plusieurs centaines, voire des milliers de kilomètres.

Facteurs environnementaux influençant les maladies allergiques

En plus de l'héritage génétique possible de l'allergie, plusieurs facteurs environnementaux ont été associés au développement de l'allergie au pollen. Éviter une première exposition à un allergène est la stratégie la plus évidente pour prévenir la sensibilisation. Toutefois, cela devient de plus en plus difficile en raison du changement climatique qui facilite la propagation d'espèces très allergisantes telles que l'ambroisie. Des modèles prévoient que la sensibilisation à l'ambroisie augmentera en Europe et passera de 33 millions de personnes en 2016 à 77 millions entre 2041 et 2060, simplement parce que davantage de personnes seront exposées au pollen de cette plante invasive.¹⁰ Contrôler la propagation de l'ambroisie dans les régions où elle est encore peu répan-

due, comme cela a été fait avec succès en Suisse depuis 2006, peut contribuer à limiter l'accroissement futur des allergies.

Pollution atmosphérique et développement de l'allergie

Plusieurs études épidémiologiques ont démontré que des polluants atmosphériques (p. ex. particules fines, ozone, dioxyde d'azote) sont liés à un risque accru de rhinite allergique.⁷ Toutefois, il s'agit d'études transversales et la causalité ne peut donc pas être établie. Néanmoins, des études toxicologiques suggèrent que les réactions inflammatoires aux polluants atmosphériques peuvent augmenter la perméabilité de l'épithélium respiratoire, une « peau » interne protectrice, facilitant ainsi l'accès des allergènes au système immunitaire¹¹ et fournissant une voie physiologique potentielle à la pollution atmosphérique, ce qui a un impact sur le développement des allergies.

Végétation urbaine et exposition aux allergènes

Un exemple intéressant de la manière dont l'exposition peut provoquer des allergies provient de Suisse orientale. À la fin des années 1990, près de 100 aulnes pourpres (*Alnus x spaethii*) ont été plantés le long de la route principale de Buchs, dans le canton de Saint-Gall. Cet arbre est connu pour sa résistance à l'hiver et il fleurit très tôt dans l'année, parfois dès Noël. Des chercheurs ont étudié les symptômes d'allergies et les sérums sanguins dans un échantillon aléatoire de 54 étudiants avant (1986) et 46 étudiants après (2006) la plantation des arbres; ils ont constaté que si aucun étudiant n'était positif en 1986, 11% étaient sensibilisés au pollen d'aulne en 2006. De plus, parmi les 12 anciens étudiants ayant accepté d'être testés à nouveau deux décennies plus tard, 25% avaient développé une sensibilisation au pollen d'aulne depuis la plantation des arbres. Les aulnes de Buchs ont été abattus en 2014 en raison de problèmes liés à la grande quantité de déchets de feuilles et remplacés par des copalmes d'Amérique, peu allergisants. De même, de plus en plus de villes suisses tiennent compte de l'allergénicité lors de la planification de leurs espaces verts urbains.

Pollution atmosphérique et allergénicité du pollen

Du point de vue de la santé publique, il a été démontré que le pollen et les polluants atmosphériques ont indépendamment des effets néfastes sur la santé respiratoire, l'asthme en particulier. Certaines études suggèrent que l'exposition combinée à la pollution de l'air et au pollen peut avoir des effets encore plus marqués. Les lésions de l'épithélium pulmonaire causées par les polluants atmosphériques peuvent rendre les voies respiratoires plus sensibles au pollen présent dans l'air. Mais jusqu'ici, les preuves d'effets multiplicateurs entre le pollen et les polluants atmosphériques sont limitées.⁴

La quantité d'allergènes dans les grains de pollen varie fortement d'une plante à l'autre et dans différentes conditions environnementales. Des conditions de croissance stressantes et de fortes concentrations d'ozone sont susceptibles d'augmenter l'allergénicité du pollen des arbres.¹² En particulier, les milieux urbains pollués offrent des conditions de croissance difficiles pour les plantes et ce stress accru peut avoir pour conséquence la production de pollen avec des niveaux plus élevés d'allergènes ou de substances pro-inflammatoires. Lors de tests cutanés, les patients ont réagi plus fortement à du pollen dont l'allergénicité est plus élevée. Une récente étude a montré que les hospitalisations pour asthme étaient davantage liées aux niveaux d'allergènes dans le pollen qu'aux quantités de pollen elles-mêmes.¹³

Impacts du changement climatique sur les quantités de pollen dans l'air

Le changement climatique influence le début, la durée et l'intensité des saisons polliniques pour de nombreuses plantes.¹⁴ A l'échelle mondiale, on observe une nette tendance à un début plus précoce de la saison pollinique. En Suisse, cette tendance est clairement liée à des températures plus élevées en hiver et au printemps. Les saisons polliniques du noisetier et de l'aulne commencent désormais souvent en janvier au lieu de février. Au cours des trente dernières années, les saisons polliniques du noisetier et des graminées ont commencé en moyenne deux semaines plus tôt,¹⁶ et ont aussi eu tendance à se rallonger, de même que la saison des herbacées de fin d'été (fig. 3). Ces changements ont prolongé la durée totale de la saison pollinique en Suisse.

Avec l'augmentation du dioxyde de carbone dans l'atmosphère, les plantes produisent plus de pollen en raison de conditions de croissance plus favorables.¹⁵ En Europe et en Suisse, une augmentation significative des quantités de pollen d'arbres a été observée au cours des trente dernières années.¹⁶ Cela est peut-être également lié à l'augmentation de la surface des zones forestières ou aux arbres d'ornement. En revanche, la quantité de pollen de graminées n'a pas beaucoup changé et les quantités de pollen d'autres



Figure 3 : L'intensité (l'ensemble du pollen au cours de la saison, en haut) et le début (en bas) des saisons polliniques du noisetier, du bouleau et des graminées changent en Suisse, avec des tendances vers des quantités de pollen plus élevées et des dates de début de la saison plus précoces. Source : Marloes Eeftens

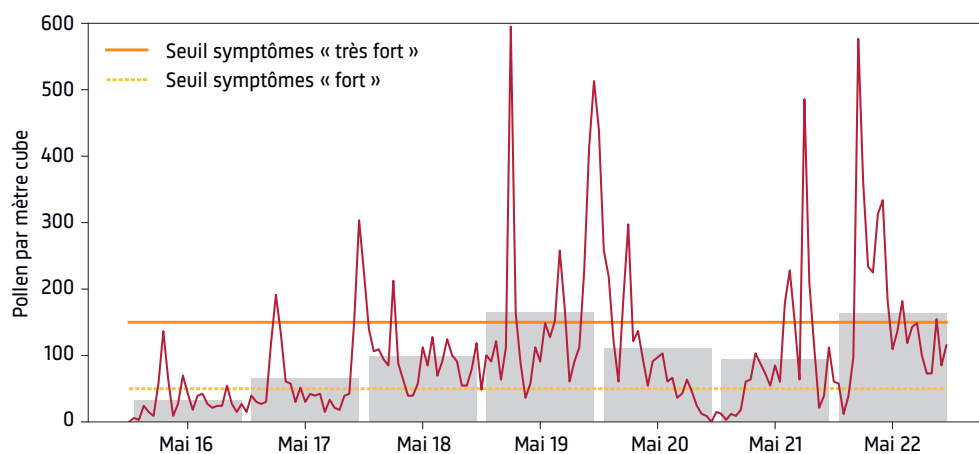


Figure 4 : Les mesures automatiques en temps réel de pollen de graminées (ligne rouge) fournissent des valeurs horaires actuelles, ce qui est beaucoup plus utile pour les personnes souffrant d'allergies que les moyennes journalières disponibles 3 à 9 jours plus tard, comme c'était habituellement le cas avec les observations manuelles (barres grises). Les observations automatiques sont également intégrées en temps réel dans le modèle de prévision de MétéoSuisse afin de produire des prévisions plus précises. Source: MétéoSuisse

herbacées ont même baissé. Ce dernier phénomène est toutefois plutôt le résultat d'une diminution des zones végétalisées couplée à une utilisation plus intensive des terres agricoles et une urbanisation accrue.

À long terme, on s'attend à des modifications de la répartition des plantes en raison du changement climatique. Certaines plantes allergisantes se déplaceront dans de nouvelles zones, par exemple de la Méditerranée vers l'Europe centrale ou, dans les Alpes, à des altitudes plus élevées. D'autres pourraient aussi décliner dans certaines régions car les conditions rendront leur survie impossible. Même si la répartition des plantes ne change pas, la saison pollinique pourrait se modifier. Par exemple, de longues périodes sèches en été ont tendance à diminuer les concentrations de pollen de graminées et à raccourcir la période de floraison.

Pour résumer, à l'avenir les personnes atteintes d'allergies au pollen risquent d'être exposées à des concentrations de pollen plus élevées pendant de plus longues périodes.

Informations au sujet du pollen : de la mesure à la prévision

Les mesures du pollen en Suisse ont commencé à partir de 1969 sous l'impulsion de médecins utilisant une méthode manuelle développée dans les années 1950.¹⁹ Cette méthode a été très utilisée dans le monde entier pendant des décennies et consiste en l'analyse au microscope d'échantillons prélevés au cours de la semaine précédente. L'enregistrement hebdomadaire est divisé en sept préparations afin de fournir des valeurs journalières moyennes qui sont disponibles dans un délai de 3 à 9 jours.

Cette technologie a été remplacée par des appareils automatiques qui fournissent des informations en temps réel et à une meilleure résolution temporelle (horaire au lieu de journalière) (fig. 4). Seize instruments automatiques sont actuellement opérationnels dans toute la Suisse et font partie du réseau national de mesure du pollen (SwissPollen, géré par MétéoSuisse). Dans un effort pionnier, les données polliniques en temps réel sont intégrées dans le modèle de prévision, à l'instar des prévisions météorologiques, ce qui a pour conséquence une

amélioration significative des prévisions dans toute la Suisse. À l'avenir, il sera possible d'utiliser ces informations pour émettre des avertissements en les combinant avec d'autres facteurs de stress environnementaux tels que la qualité de l'air ou des événements météorologiques comme les tempêtes.

Les appareils automatiques ouvrent aussi la porte à la mesure d'autres types de particules, par exemple des spores fongiques, de grosses particules de poussière ou potentiellement même des microplastiques. De telles avancées exigent des efforts importants pour le développement de logiciels d'identification, mais fourniraient des informations importantes pour la santé, l'agriculture et la recherche.

Changement climatique en Suisse

Au cours des 150 dernières années, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre ont fortement augmenté, engendrant des changements climatiques sans précédent à tous les niveaux. En février 2024, la température moyenne mondiale était pour la première fois de 1,5° C plus élevée que pendant la période préindustrielle.¹⁷

Le réchauffement en Suisse est deux fois plus élevé que la moyenne mondiale et la dernière décennie (2014-2023) a été de 2,7° C plus chaude que la période préindustrielle.¹⁸ Le réchauffement progressif s'est traduit par une augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur alors que les périodes froides sont plus rares. Les fortes précipitations sont aussi plus fréquentes et plus intenses.

En raison de ces changements, de nombreux processus naturels autres que l'émission et le transport du pollen ont été affectés. Cela inclut des changements dans la répartition des maladies infectieuses à transmission vectorielle (p. ex. tiques, moustiques) ou des concentrations élevées de polluants atmosphériques dangereux (p. ex. à la suite de l'augmentation des feux de forêt).

Stratégies de gestion des allergies

La gestion personnalisée des allergies telle que le traitement, l'immunothérapie et l'éviction de l'exposition peuvent prévenir ou atténuer les symptômes des personnes allergiques. Cependant, étant donné que 20% de la population est concernée, les stratégies d'atténuation doivent aussi cibler la santé publique :

- **Limitation du changement climatique :** le changement climatique a déjà contribué à des saisons polliniques plus précoces et plus intenses en Suisse, de même qu'à des changements d'habitats pour les espèces invasives très allergisantes. L'atténuation du changement climatique ralentira ces tendances mais exigera des actions de grande envergure aux échelles locale, régionale et globale.
- **Eradication active :** depuis le milieu de années 1990, des mesures légales sont en place en Suisse pour contrôler la propagation de néophytes invasives très allergisantes telles que l'ambroisie. Grâce à une action précoce et à l'engagement continu des cantons, des communes ainsi que des services des routes et des chemins de fer, l'ambroisie fait l'objet d'un contrôle efficace dans toute la Suisse depuis 2006.
- **Planification et plantation intelligente en milieu urbain :** la végétation urbaine est importante pour maintenir la fraîcheur dans les villes, offrir de l'ombre et de la biodiversité et, de façon générale, améliorer la santé publique en proposant des espaces pour les loisirs et l'activité physique. Les arbres en ville sont souvent sélectionnés pour leur tolérance à des facteurs de stress tels que le manque d'espace pour les racines et la pollution de l'air et de l'eau. Planter des arbres est un investissement onéreux et à long terme, raison pour laquelle il est important de tenir compte de leur adaptation au changement climatique et de choisir des végétaux peu allergisants ou produisant peu de pollen afin de réduire l'exposition au pollen.²⁰

- **Contrôle environnemental et systèmes de veille de santé publique :** l'évaluation et l'amélioration continues de la surveillance et des systèmes d'avertissement peuvent aider à prévenir la population allergique de périodes de forte concentration de pollen de façon personnalisée. Des plans d'action similaires sont mis en œuvre pour les vagues de chaleur.
- **Filtration de l'air à l'intérieur :** les filtres à air peuvent réduire significativement les niveaux d'allergènes dans les bâtiments publics et privés mais doivent être suffisamment bien entretenus (p. ex., les filtres doivent être régulièrement changés).
- **Réduction de la pollution atmosphérique :** comme la pollution atmosphérique peut augmenter l'allergénicité des grains de pollen et aggraver les réactions allergiques, la réduction de la pollution atmosphérique aura des effets positifs sur la situation des allergies ; de même, de nombreux autres aspects de la santé bénéficieraient d'un air extérieur plus propre.
- **Augmentation de la biodiversité en région urbaine :** Il a été suggéré que le fait de vivre dans des zones présentant une grande biodiversité de plantes, d'animaux, de microbiote, etc., associé à un contact avec la nature peut prévenir les maladies allergiques. Le choix de variétés de plantes indigènes dans les jardins, la protection et l'augmentation de la biodiversité au niveau local et à plus grande échelle auront des effets positifs sur la situation des allergies et sur la santé en général.

A un niveau individuel, aha! Centre d'Allergie Suisse fournit des conseils utiles pour les personnes souffrant d'allergies sur son site : aha.ch.

Les observations en temps réel des principaux pollens allergisants ainsi que les prévisions pour les jours à venir sont à disposition sur le site de MétéoSuisse (meteosuisse.ch), sur l'application mobile de MétéoSuisse et sur l'application Pollen-News-App d'aha! Centre d'Allergie Suisse.

ODD : les objectifs de durabilité internationaux de l'ONU

Avec cette publication, l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT) contribue aux objectifs (SCNAT) 3, 13 et 15 :

« Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge »,
 « Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions » et « Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres ».

> sustainabledevelopment.un.org
 > eda.admin.ch/agenda2030/fr/home.html



MENTIONS LÉGALES

ÉDITRICE ET CONTACT

Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT)
 Commission chimie et physique de l'atmosphère (CPA)
 Maison des Académies · Laupenstrasse 7 · Case postale · 3001 Berne · Suisse
ulrich.krieger@env.ethz.ch · acp.scnat.ch/fr · [@scnatCH](https://x.com/scnatCH)

PROPOSITION DE CITATION

Eeftens M, Tummon F (2024) Allergie au pollen et impact du changement climatique. Swiss Academies Factsheets 19 (1)

AUTEURS ET AUTEURS

Bernard Clot (Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse) · Benoît Crouzy (Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse) · Marloes Eeftens (Institut Tropical et de Santé Publique Suisse, Université de Bâle) · Regula Gehrig (Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse) · Fiona Tummon (Office fédéral de météorologie et de climatologie MétéoSuisse) · Ana Vicedo (Institut de médecine sociale et préventive, Université de Berne)

RÉDACTION

Marcel Falk (SCNAT) · Danièle Martinoli (SCNAT) · Urs Neu (SCNAT)

REVIEW

Ulrich Krieger · Jörg Klausen

TRADUCTION

Translingua

MISE EN PAGE

Olivia Zwygart (SCNAT)

PHOTO DE COUVERTURE

stock.adobe.com/schulzie

ISSN (online): 2297-1610

DOI: 10.5281/zenodo.11124586



Bibliographie

- 1 Luyten A, Bürgler A, Glick S, Kwiatkowski M, Gehrig R, Beigi M, Hartmann K, Eeftens M (2024) **Ambient pollen exposure and intermittent allergic rhinitis symptoms in the EPOCHAL study.** *Allergy*, 2024;00:1-13
- 2 Kony S, Zureik M, Neukirch C, Leynaert B, Vervloet D, Neukirch F (2003) **Rhinitis is associated with increased systolic blood pressure in men: a population-based study.** *American journal of respiratory and critical care medicine* 167(4): 538-543.
- 3 Weichenthal S, Lavigne E, Villeneuve PJ, Reeves F (2016) **Airborne pollen concentrations and emergency room visits for myocardial infarction: A multicity case-crossover study in Ontario, Canada.** *American Journal of Epidemiology* 183(7): 613-621.
- 4 Lam HCY, Jarvis D, Fuertes E (2021) **Interactive effects of allergens and air pollution on respiratory health: A systematic review.** *Science of the total environment* 757, 143924.
- 5 Riedler J, Braun-Fahrländer C, Eder W, Schreuer M, Waser M, Maisch S (2001) **Exposure to farming in early life and development of asthma and allergy: a cross-sectional survey.** *The Lancet* 358(9288): 1129-1133.
- 6 Grize L, Gassner M, Wüthrich B, Bringolf-Isler B, Takken-Sahli K, Sennhauser FH, Stricker T, Eigenmann PA, Braun-Fahrländer, SCARPOL team (2006) **Trends in prevalence of asthma, allergic rhinitis and atopic dermatitis in 5-7-year old Swiss children from 1992 to 2001.** *Allergy* 61(5): 556-562.
- 7 Savouré M, Bousquet J, Jaakkola JJK, Jaakkola MS, Jacquemin B, Nadif R (2022) **Worldwide prevalence of rhinitis in adults: A review of definitions and temporal evolution.** *Clinical and translational allergy* 12(3) e12130.
- 8 Oberpriller Q, Vettori A, Iten R (2017) **Nutzen Real-Time Pollendaten. Infrass und Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz.** www.aramis.admin.ch/Default.aspx?DocumentID=49552&Load=true. Accés : 24.3.2024.
- 9 Blaiss MS, Hammerby E, Robinson S, Kennedy-martin T, Buchs S (2018) **The burden of allergic rhinitis and allergic rhinoconjunctivitis on adolescents: A literature review.** *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 121(1) 42-53.
- 10 Lake I, Jones NR, Agnew M, Goodess CM, Giorgi F, Hamaoui-Laguel L, Semenov MA, Solomon F, Storkey J, Vautard R, Epstein MM (2010) **Climate change and future pollen allergy in Europe.** *Environmental Health Perspectives* 125(3): 385-391.
- 11 De Grove K, Provoost S, Bruselle GG, Joos GF, Maes T (2018) **Insights in particulate matter-induced allergic airway inflammation: Focus on the epithelium.** *Clinical and Experimental Allergy* 48(7): 773-786.
- 12 Beck I, Jochner S, Gilles S, McIntyre M, Buters JTM, Schmidt-Weber C, Behrendt H, Ring J, Menzel A, Traidl-Hoffman C (2013) **High environmental ozone levels lead to enhanced allergenicity of Birch pollen.** *PLOS One* 8(11): e80147.
- 13 Fuertes E, Jarvis D, Lam H, Davies B, Fecht D, Candeias J, Schmidt-Weber CB, Douiri A, Slovick A, Scala E, Smith TEL, Shamji M, Buters JTM, Cecchi L, Till S (2024) **Phi p 5 levels more strongly associated than grass pollen counts with allergic respiratory health.** *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 153(3), 844-851.
- 14 Ziska LH, Makra L, Harry SK, Bruffaerts N, Hendrickx M, Coates F, Saarto A, Thibaudon M, Oliver G, Damialis A, Charalampopoulos A, Vokou D, Heidmarsson S, Gudjohnsen E, Bonini M, Oh JW, Sullivan K, Ford L, Brooks GD, Myszkowska D, Severova E, Gehrig R, Darío Ramón G, Beggs P, Knowlton K, Crimmins AR (2019) **Temperature-related changes in airborne allergenic pollen abundance and seasonality across the northern hemisphere: a retrospective data analysis.** *The Lancet Planetary Health* 3(3), e124-e131.
- 15 Albertine JM, Manning WJ, DaCosta M, Stinson KA, Muilenberg ML, Rogers CA (2014) **Projected carbon dioxide to increase grass pollen and allergen exposure despite higher ozone levels.** *PLOS One* 9(11): e111712.
- 16 Glick S, Gehrig R, Eeftens M (2021) **Multi-decade changes in pollen season onset, duration, and intensity: A concern for public health?** *Science of the Total Environment* 781: 146382.
- 17 Copernicus Climate Change Services (2023) **Global Climate Highlights 2023.** <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023>. Accés : 30.4.2024.
- 18 MeteoSwiss Changement Climatique. <https://www.meteosuisse.admin.ch/climat/changement-climatique.html>. Accés : 30.4.2023
- 19 Hirst JM (1952) **An automatic volumetric spore trap.** *Annals of Applied Biology* 39(2): 257-265.
- 20 Gloor S, Taucher A, Rauchenstein K (2021) **Biodiversitätsindex 2021 für Stadtbäume im Klimawandel.** *Grün Stadt Zürich*, www.swild.ch/stadt/lebensraum.html. Accessed 5.04.2024.