

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

People's Democratic Republic of Algeria

The Minister of Higher Education and Scientific Research

ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ ⵏ ⵜⴰⵎⴻⵔⴰⵏⵜ

ABOU BEKR BELKAID UNIVERSITY TLEMCEM
FACULTY OF MEDICINE- Dr. B. BENZERDJEB
PHARMACY DEPARTMENT



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

كلية الطب - د. ب. بن زرجب

قسم الصيدلة

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTEUR EN PHARMACIE

THÈME :

**Etat de connaissance sur la pollinose : revue de la
littérature.**

Présenté par :

BENSMACHINE Sahar Ines

SENOUS Khadidja

Soutenu le : **09 Juillet 2025**

Jury

Président :

Dr. BABA AHMED Sihem

Maitre de conférences en Pharmacognosie.

Membres :

Dr NEGADI Sihem

Maitre assistante en Botanique médicale et Cryptogamie.

Dr TABTI Mohammed

Maitre-assistant en Botanique médicale et Cryptogamie.

Encadrant :

Dr CHERIF Nassima

Maitre assistante en Botanique médicale et Cryptogamie.

Année universitaire : 2024-2025

REMERCIEMENTS

Nous remercions Allah, Le Tout-Puissant, pour la santé, la patience et la force qu'Il nous a accordées afin de mener à bien ce travail.

Chère Dr Cherif,

Travailler avec vous a été une véritable fierté. Même si les mots ne suffisent pas à exprimer toute notre gratitude, nous vous remercions profondément pour le temps que vous nous avez consacré, pour vos conseils

et pour votre patience inestimable.

Nous nous considérons comme chanceux d'avoir partagé ce parcours à vos côtés. Merci d'avoir été une encadrante aussi exceptionnelle, capable de nous redonner espoir dans les moments de doute.

Merci pour chaque seconde précieuse que vous avez consacrée à nous guider et à faire de ce travail le meilleur possible.

À notre président du jury, Dr Baba Ahmed ,

Nous vous remercions humblement d'avoir accepté de juger ce travail. Veuillez trouver ici, le témoignage de notre admiration et de notre respect.

Aux membres du jury, DR Tabti et DR NEGADI

Merci d'avoir accepté de faire partie du jury de ce mémoire afin de l'examiner et de l'enrichir par vos connaissances et vos propositions.

Nos sincères gratitudee à tous les enseignants du département de pharmacie qui nous ont suivis tout au long du cursus.

DEDICACES

Je tiens à dédier ce travail à ceux qui ont été présents dans mon parcours, avec toute ma gratitude et mon affection.

À ma mère

À toi, Maman, Tu n'es plus là physiquement, mais tu es présente dans chaque étape de ma vie. Tes paroles de courage, ton amour silencieux et ta force m'habitent encore. Tu as toujours cru en moi, même dans mes doutes. C'est ton souvenir qui m'a soutenue dans les moments les plus durs de ce parcours. J'espère de tout cœur que tu es fière de moi, là où tu es. Tu vis en moi, pour toujours.

À mon père

À toi, Papa, Ta présence a été ma lumière dans les moments sombres. Quand j'étais sur le point de baisser les bras, c'est ton soutien, ton regard, et ta foi en moi qui m'ont relevée. Tu ne m'as jamais laissée me sentir seule, et pour ça, je te suis profondément reconnaissante. Ce mémoire est aussi le fruit de ta patience, de tes encouragements, et de ton amour silencieux mais immense.

À ma sœur Djihane

À toi, ma petite sœur, Ma lumière dans les moments de solitude, ma joie dans les jours gris. Ta présence me réconforte, ton sourire me donne de l'espoir. Je t'aime profondément, et je te souhaite une vie pleine de réussite, de bonheur et de paix. Merci d'être là, tout simplement.

À ma famille

Je vous remercie pour tout ce que vous faites pour moi.

À Ishak, Ahlem, Rayane et Yasser

Mes chers neveux et nièces, Je vous aime, petits cœurs qui remplissent ma vie de joie.

À mes amies

Dr Wissem et Dr Marwa Merci pour votre présence et votre soutien tout au long de ce parcours. Votre amitié m'a beaucoup apporté. Je vous aime.

Senous khadidja

"For all the people who stood by me through the best and the worst, thank you for making the hard days bearable and the good ones unforgettable. Your presence has been a light through every step of this journey."

À mes parents,

Piliers de ma vie, merci pour votre amour inconditionnel, votre patience et vos sacrifices silencieux. Sans vous, rien de tout cela n'aurait été possible. Votre confiance m'a portée et votre soutien m'a donné la force d'aller jusqu'au bout.

À ma sœur Aichouch,

Ma complice, ma confidente et mon rayon de soleil quotidien. Merci pour ta tendresse, tes mots doux, et ta présence qui réchauffe le cœur. Tu as été mon refuge dans les moments de doute, et ma joie dans les moments de fatigue.

À ma famille,

Proche ou éloignée, qui a toujours été là, dans les petites attentions comme dans les grands encouragements. Merci d'avoir cru en moi et de m'avoir toujours rappelé mes racines.

À mes amis et amies,

Pour les fous rires, les messages motivants, les cafés partagés et les silences pleins de compréhension. Votre amitié m'a donné l'équilibre et l'énergie nécessaires pour affronter les défis

Sahar Ines Bensmaine

TABLE DES MATIERES

<i>REMERCIEMENTS</i>	<i>I</i>
<i>DEDICACES</i>	<i>II</i>
<i>TABLE DES MATIERES</i>	<i>IV</i>
<i>LISTE DES FIGURES</i>	<i>VII</i>
<i>LISTE DES ABREVIATIONS</i>	<i>VIII</i>
<i>INTRODUCTION</i>	<i>1</i>
<i>PARTIE THEORIQUE</i>	<i>4</i>
<i>CHAPITRE 1: POLLEN</i>	<i>5</i>
I. Définition	6
II. Morphogenèse et Libération	6
III. Structure	7
IV. Ultrastructure du sporoderme	8
IV.1. La paroi.....	8
IV.2. Les apertures	10
V. Composition chimique	11
V.1. L'eau.....	11
V.2. Les glucides	11
V.3. Les lipides	11
V.4. Les protéines	12
V.5. Les substances minérales et oligo-éléments	12
V.6. Les enzymes.....	12
V.7. Les pigments	12
V.8. Les vitamines	13
<i>CHAPITRE 2 : POLLINOSE</i>	<i>14</i>
I. Définitions	15
I.1. L'allergie	15
I.2. L'allergène.....	15
I.3. L'allergie saisonnière	16
I.4. La pollinose	16
I.5. Les allergies croisées.....	16
I.6. Le potentiel allergisant	17

LISTE DES FIGURES

II. Physiopathologie de la pollinose	17
II.1. Sensibilisation au grain de pollen	17
II.2. La phase clinique	18
III. Symptomatologie de la pollinose	19
III.1. La rhinite allergique (ou rhume des foins)	20
III.2. La conjonctivite allergique	20
III.3. La toux allergique	20
III.4. L'asthme allergique.....	21
IV. Prise en charge de la pollinose.....	21
IV.1. Le diagnostic.....	21
IV.2. Les facteurs aggravants	24
IV.3. Traitement.....	25
IV.4. Prévention.....	26
<i>PARTIE PRATIQUE.....</i>	27
<i>MATERIELS ET METHODES</i>	28
I. Stratégie de recherche.....	29
II. Critères d'inclusion et d'exclusion	29
III. Sélection des études.....	30
IV. Extraction des données	30
<i>RESULTATS.....</i>	32
I. Flux des études incluses dans la revue.....	33
II. Caractéristiques des études incluses.....	35
II.1. Distribution des études selon l'année de publication.....	35
II.2. Distribution des publications selon le pays d'étude.....	36
II.3. Répartition des publications selon type d'étude	36
III. Résultats sur les pollens allergisants	38
III.1. Espèces végétales allergisantes citées	38
III.2. Répartition des espèces allergisantes citées par familles	39
IV. Données sur la pollinose.....	40
IV.1. Prévalence.....	40
IV.2. Diagnostic	41
IV.3. Les allergènes identifiés	42
IV.4. Potentiel allergisant	44
IV.5. Traitement.....	45
IV.6. Prévention.....	46
IV.7. Allergies croisées	47
IV.8. Facteurs favorisant la survenue et l'exacerbation du pollinose	49
<i>DISCUSSION.....</i>	54

LISTE DES FIGURES

I. Caractéristiques des études incluses.....	55
II. Espèces végétales allergisantes	57
III. Données sur la pollinose.....	58
IV. Limites de l'étude.....	68
<i>CONCLUSION</i>	70
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	72
<i>ANNEXE</i>	97

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Structure de grain de pollen.	8
Figure 2 : Représentation des différentes formes d'éléments du sculpture.	9
Figure 3 : Placement d'une ouverture dans la paroi.	10
Figure 4 : Représentant le mécanisme d'allergie, hypersensibilité type 01	19
Figure 5 : Flux des études inclus dans la revue systématique après application des critères d'inclusion et d'exclusion.	34
Figure 6 : Répartition des articles retenus selon les années.	35
Figure 7 : Distribution des publications selon le pays d'étude.	36
Figure 8 : Répartition des articles retenus selon type d'étude.	37
Figure 9 : Répartition des principales espèces végétales allergisantes citées.	39
Figure 10 : Répartition des familles botaniques des espèces allergisantes citées dans les articles analysés.	40
Figure 11 : Répartition des techniques de diagnostic citées dans les articles retenus	41
Figure 12 : Répartition des allergènes et des protéines identifiées	42
Figure 13 : Répartition des approches thérapeutiques dans les articles retenus.	45

LISTE DES ABREVIATIONS

Ac : Anticorps

ACC : Chambre d'exposition allergénique

ADN : Acide désoxyribonucléique

Ag : Antigène

AIT : Allergen Immunotherapy (immunothérapie allergénique)

ARN : Acide ribonucléique

COVID-19 : Coronavirus Disease 2019

CRD : Component-Resolved Diagnostics

EF-hand : Motif de liaison au calcium (structure protéique)

ELISA : Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

IFN γ : Interféron γ

IgE : Immunoglobuline E

ILIT : Intralymphatic Immunotherapy (immunothérapie intralymphatique)

ImmunoCAP : Immuno-solid phase Allergen Chip

IUIS : International Union of Immunological Societies

NAD : Nicotinamide adénine dinucléotide

NO : Monoxyde d'azote

OMS / WHO : Organisation mondiale de la santé (World Health Organization)

PM : Particules micronisées

PMBL : Protéines bactériennes lysées mécaniquement

LISTE DES ABREVIATIONS

RAST : Radio-Allergo Sorbent Test

RIA : Radio-immunoanalyse

RNSA : Réseau national de surveillance aérobiologique

SCIT : Subcutaneous Immunotherapy (immunothérapie sous-cutanée)

SLIT : Sublingual Immunotherapy (immunothérapie sublinguale)

SM : Spectrométrie de masse

SPM : Substances particules micronisées

STP : Skin prick test (test cutané allergologique)

TARC : Thymus and Activation-Regulated Chemokine

Th1 : Lymphocyte T helper de type 1

Th2 : Lymphocyte T helper de type 2

TNF α : Tumor Necrosis Factor α (facteur de nécrose tumorale α)

TPN : Test de provocation nasale

Treg : Lymphocytes T régulateurs

WAO : World Allergy Organization

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les allergies respiratoires occupent une place de plus en plus importante dans les préoccupations sanitaires actuelles. Elles regroupent un ensemble de manifestations liées à l'exposition à divers allergènes aéroportés, tels que les acariens, les moisissures, les squames animales ou encore les pollens. Ces affections sont en constante progression dans de nombreux pays, affectant une proportion croissante de la population générale (1,2)

La pollinose constitue l'une des principales formes d'allergies respiratoires. Il s'agit d'une réaction allergique induite par l'exposition aux grains de pollen présents dans l'air. Elle se manifeste par des symptômes typiques tels que la rhinite (éternuements, congestion nasale, écoulement clair), la conjonctivite allergique, voire des manifestations bronchiques. Dans la majorité des cas, elle présente un caractère saisonnier, coïncidant avec la période de pollinisation des espèces végétales en cause(3) . La grande diversité des pollens impliqués, variable selon les régions et les conditions climatiques, confère à cette pathologie une expression particulièrement hétérogène (4).

La pollinose peut avoir un retentissement notable sur la qualité de vie des personnes atteintes, notamment en période de pollinisation. Elle est associée à une gêne fonctionnelle importante, à des troubles du sommeil et à une baisse de la concentration, pouvant impacter la vie scolaire ou professionnelle(5). Dans certains cas, elle peut évoluer vers des formes plus sévères telles que l'asthme allergique ou, plus rarement, des réactions généralisées (6). Ce retentissement justifie l'intérêt porté à cette affection dans la recherche clinique.

Il apparaît nécessaire de faire le point sur l'état actuel des connaissances dans ce domaine, afin de mieux cerner les progrès réalisés, d'identifier les lacunes persistantes et de réfléchir aux perspectives d'amélioration en matière de sensibilisation, de prévention et de prise en charge. Cette revue répond à la problématique suivante : quel est l'état actuel des connaissances et quelles sont les avancées scientifiques récentes sur la pollinose, permettant d'améliorer sa prévention, sa sensibilisation et sa prise en charge.

Ce travail s'articule autour de deux volets complémentaires. Le premier volet présente une synthèse bibliographique, divisée en deux chapitres : le premier est consacré aux pollens, et le second porte sur la pollinose. Le second volet est dédié à la revue de littérature proprement dite.

Ce volet est structuré en trois parties :

- ❖ La première décrit le matériel et la méthode utilisés.

INTRODUCTION

- ❖ La deuxième expose les résultats issus des articles retenus.
- ❖ La troisième en propose une discussion critique.

Enfin, une conclusion générale vient ponctuer ce mémoire.

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE 1: POLLEN

I. Définition

Le mot pollen dérive du grec « palé » : farine ou poussière constituée chez les plantes à graines. (7)

Un grain de pollen est la phase gamétophytique mâle (micro-gamétophyte) du cycle de vie des plantes à fleurs, c'est-à-dire la structure qui génère et conserve les deux gamètes mâles. (8)

Il s'agit d'une structure microscopique, généralement bi ou tri-cellulaire, haploïde, qui se forme à partir de la microspore résultant de la méiose des cellules-mères présentes dans les sacs polliniques. Ces grains sont souvent produits en grande quantité, se présentant sous forme de poudre qui s'éparpille à l'ouverture des sacs polliniques. (9)

Les végétaux étant immobiles c'est le pollen lui-même qui est acheminé jusqu'à la partie femelle pour la fécondation lors de la pollinisation à l'aide de différents vecteurs.(10)

Le pollen est de petite taille (allant de 5 à plus de 300 µm), de forme généralement sphérique mais qui peut varier (ex. en bâtonnet). Il a une durée de vie variable (allant de quelques minutes à quelques jours).(8)

Bien que très petits, les grains de pollen sont des structures remarquablement conçues pour transporter les cellules reproductrices des deux principaux groupes de plantes : les Angiospermes (plantes à fleurs) et les Gymnospermes (conifères et plantes apparentées). (11)

II. Morphogenèse et Libération

La formation de grain de pollen inclut deux phases successives, la microsporogenèse et la microgaméto-genèse.(9)

Le développement du grain du pollen se fait au niveau des sacs polliniques (12), lorsqu'il est immature, un sac pollinique ne contient pas encore de pollen mais un tissu sporogène formé de cellules mères diploïdes. (13)

- La microsporogenèse commence le moment où les cellules mères diploïdes se divisent par une méiose pour donner une tétrade de cellules haploïdes séparées par une paroi de callose. Cette paroi de callose va maintenir ensemble les quatre

microspores haploïdes qui constituent la tétrade. Les tétraspores vont par la suite sécréter une paroi individuelle libérant ainsi les microspores dans le sac pollinique. (9) (14)

- Puis la microgamétogenèse, processus par lequel les microspores unicellulaires se développent progressivement pour devenir des grains de pollen mûrs (microgamétophytes). (9)

À maturité, le noyau haploïde se divise en noyau végétatif et un noyau génératif. Ce dernier s'entoure d'une fine paroi pectocellulosique qui isole une cellule générative et une cellule végétative. Ces deux seules cellules constituent le gamétophyte mâle. (14)

La libération des grains de pollen se produit par déshydratation et déhiscence de l'anthere qui est la partie terminale de l'étamine, ce dernier est un organe mâle de la fleur, qui produit et renferme le pollen. Grâce à cette déhiscence (habituellement en deux fentes longitudinales), les grains de pollen sont ainsi éjectés dans le milieu environnant. (8)

III. Structure

Les grains de pollen sont de petite taille comprise entre 20 et 80 microns pour la majorité des pollen, tandis que les plus petits ont une taille comprise entre 5 et 8 microns (11)

Le grain de pollen est recouvert d'une double paroi : la paroi externe, appelée « exine », qui est très développée chez de nombreuses espèces, est constituée d'une substance appelée « sporopollénine » (comme indiqué dans **la figure 01**). Sous l'exine se trouve la paroi interne, appelée « intine », qui enveloppe le « cytoplasme » qui remplit l'intérieur du grain de pollen mature juste avant sa dispersion (11). Le cytoplasme renferme les cellules végétatives et génératrice, ainsi que les organites subcellulaires, y compris les noyaux (15)

La cellule générative est petite et dépourvue de réserves ; son noyau se divisera en donnant les deux noyaux mâles intervenant dans la fécondation (il n'y aura pas individualisation de spermatozoïdes libres). La cellule végétative présente au contraire, une activité de synthèse qui se traduit par l'accumulation de réserves variées (amidon dans les plastes, lipides et protéines dans le hyaloplasme) ; ces réserves serviront ultérieurement à construire le tube pollinique. (14)

L'intine et l'exine assurent toutes les deux une fonction protectrice, mais seule l'exine est rigide et résistante à la corrosion, car elle doit protéger les cellules végétative et génératrice pendant leur transport jusqu'au stigmate. (11)

La plupart des exines de grains de pollen se distinguent également par la présence d'une ou plusieurs ouvertures. Ces apertures, ou zones germinatives sont des régions amincies de la paroi, offrant ainsi une résistance réduite à travers lesquelles le tube pollinique émergera. Leur forme, souvent celle d'un sillon ou d'un pore, varie considérablement selon l'espèce, avec une disposition et une structure caractéristiques propre à chacune.(14) .

Les apertures permettent de réguler le volume des grains de pollen en fonction de l'humidité ambiante (16). Elles permettent aussi au tube pollinique de germer pour acheminer les cellules reproductrices vers l'ovule. Elles sont recouvertes d'une membrane fine, appelée membrane d'aperture, qui peut se rompre sous pression. (11)

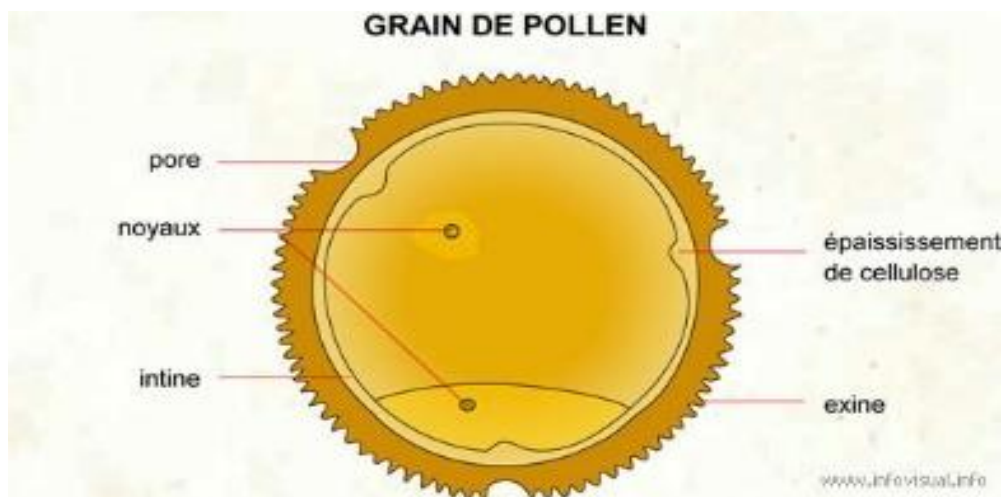


Figure 1 : Structure de grain de pollen (11).

IV. Ultrastructure du sporoderme

IV.1. La paroi

La partie vivante du pollen est entourée d'un système de parois qui constitue le sporoderme. Il s'agit d'une double paroi particulière : vers l'intérieur du grain de pollen, l'intine et une couche externe, l'exine . (17)

La formation de cette paroi commence lorsque les microspores sont disposées en tétrades à la fin de la microsorogénèse. (17)

- ❖ L'intine, ou la paroi interne du pollen, a une nature pectocellulosique, n'est pas autre chose que la membrane squelettique qui caractérise toutes les cellules végétales.(17)
- ❖ L'exine est constituée principalement de sporopollénine, les termes «pollénine» et «sporonine» désignant la matière résistante de l'exine. (17) C'est un biopolymère (polymérisation oxydative de caroténoïdes et d'esters de caroténoïdes), (18) qui a une structure complexe et extrêmement résistant à la décomposition ainsi qu'aux dommages chimiques et mécaniques. Elle supporte aussi les facteurs environnementaux (facteurs biotiques et abiotiques). Elle est recouverte d'un manteau pollinique, de nature lipidique. (17)

L'exine est elle-même double : constituée d'une couche interne non structurée, nommée endexine, et l'ectexine qui désigne la couche la plus externe. Cette ectexine est très structurée et c'est elle qui porte la particularité pollinique : sa complexité est telle qu'il n'y a pas deux espèces végétales qui aient rigoureusement la même ectexine. L'épaisseur des deux couches est à peu près égale. (17)

L'ectexine peut être homogène comme l'endexine et non structurée. Le plus souvent elle est formée d'éléments de sculpture qui sont les éléments externes de la paroi, qui ont des formes variées : verrues, des gemmules, des échinules, des bacules, ou des clavules (Comme le montre dans **la figure 02** ci-dessous) .La répartition spatiale de ces éléments peut être très variée à la surface de l'exine et aboutir à la réalisation de motifs ornementaux compliqués tels que stries ou réseaux.(17)

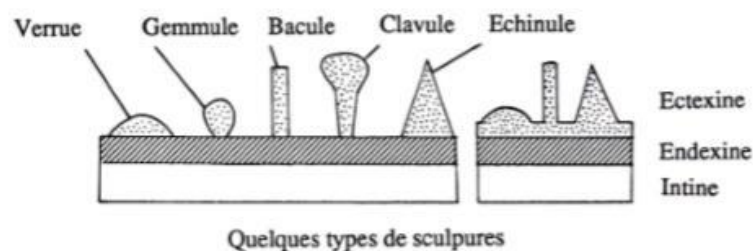


Figure 2 : Représentation des différentes formes d'éléments de sculpture de l'ectexine.(9)

L'exine est porteuse d'un grand nombre d'informations morphologiques, Son analyse doit donc être menée de façon approfondie lors de l'observation.(17)

IV.2. Les apertures

Les Apertures, parties du pollen où la paroi s'amincie, qui sont par leur forme soit des pores isodiamétriques, soit des sillons allongés, peuvent intéresser l'ectexine seule (ectoapertures) ou à la fois l'ectexine et l'endexine (apertures complexes) et dans ce cas ectoapertures et endoapertures peuvent être de forme identique, exactement superposées ou de formes différentes (Voir **figure explicative 03** ci-dessous).(17)

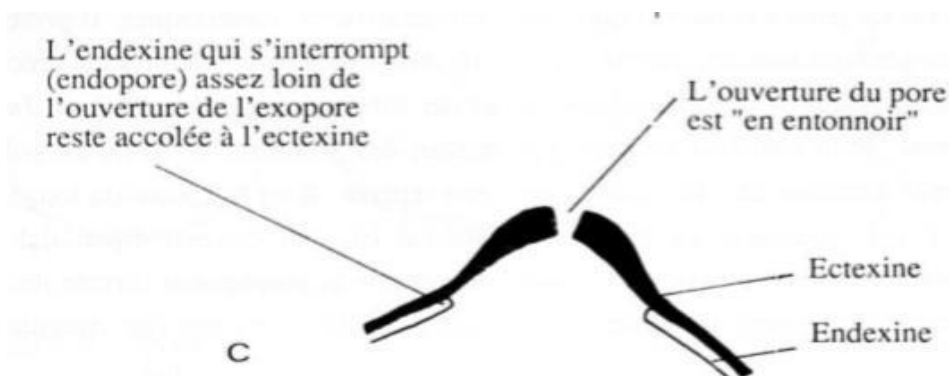


Figure 3 : Placement d'une ouverture dans la paroi.(17)

Dans les régions aperturales, la paroi pollinique est généralement caractérisée par une construction différente de l'exine. Les termes « sexine » pour la couche externe, structurée, et « nexine » pour la couche interne. (9)

La répartition et le nombre des apertures sont à l'origine de la distinction des différents «types polliniques». (17)

La forme et la localisation des apertures du pollen sont directement liées à sa polarité. La polarité est déterminée par l'orientation spatiale de la microspore dans la tétrade méiotique et peut être observée au stade tétrade. (9)

L'axe polaire de chaque microspore va du pôle proximal, orienté vers le centre de la tétrade, au pôle distal du pollen. Le plan équatorial est situé au centre du microspore, perpendiculaire à l'axe polaire. Par conséquent, le plan équatorial divise pollen en une moitié proximale et une moitié distale, comparable aux hémisphères nord et sud de notre planète Terre.

Le nombre d'ouvertures équatoriales ,est généralement indiqué par les préfixes di-, tri-, tétra-, penta- ou hexa-. Le pollen hétéroouverturé présente deux types différents d'ouvertures (simples et/ou combinées) . (9)

V. Composition chimique

La littérature sur la chimie du pollen est assez limitée, avec peu d'études réalisées. Bien que de nombreux composés aient été isolés, peu ont été identifiés. Par ailleurs, certains constituants sont communs à plusieurs espèces, tandis que d'autres semblent être spécifiques à un type de pollen particulier . (19)

La composition chimique commune aux grains de pollen :

V.1. L'eau

La teneur en eau varie en fonction du moment où l'analyse est réalisée, avant ou après séchage, afin d'assurer une conservation optimale (20). Ainsi, le pollen séché contient environ 4% d'eau, tandis que le pollen frais en renferme entre 10 et 12% .(21)

V.2. Les glucides

Constituent les principaux composants du pollen. Une grande partie d'entre eux sont des polysaccharides tels que l'amidon, la pectine et la cellulose. On y trouve également du fructose, du glucose et du saccharose qui représentent environ 90% des sucres à faible poids moléculaire, bien que les proportions de ces différents sucres puissent varier selon les espèces végétales. (22)

V.3. Les lipides

Les lipides présents dans le pollen varient entre 1 et 20% et se trouvent principalement dans le manteau pollinique ainsi que dans le cytoplasme de la cellule végétative(23). Les principaux acides gras présents dans la majorité des pollens, par ordre décroissant, sont : l'acide D-linolénique, l'acide palmitique et l'acide linoléique (24).

Les pollens riches en lipides, notamment en acides gras linoléique, linoléique, myristique et dodécanoïque, joueraient un rôle dans l'inhibition des microbes pathogènes.(24)

V.4. Les protéines

Le pollen est considéré comme une source de protéines, avec une teneur moyenne d'environ 20%, dont une grande partie se présente sous forme d'acides aminés. Il renferme des acides aminés essentiels que, tels que la méthionine, l'histidine, la leucine, la thréonine, la phénylalanine, l'isoleucine, la lysine, le tryptophane et la valine (20).

Il convient de noter que la composition en acides aminés du pollen varie, tant en quantité qu'en qualité, en fonction de son origine botanique. (24,25) Toutefois, la proportion d'acides aminés essentiels, exprimée en pourcentage du total des acides aminés, reste relativement stable (25).

V.5. Les substances minérales et oligo-éléments

La concentration en minéraux du pollen est d'environ 5% , et elle varie en fonction de l'origine florale et de la saison (26). Les minéraux présents en plus grande quantité sont le potassium, le calcium, le soufre, le magnésium, le zinc, le phosphore, l'aluminium, le fer, ainsi que le sélénium, un antioxydant rare. Grâce à sa richesse en minéraux, le pollen constitue un complément alimentaire essentiel pour l'homme (27,28)

V.6. Les enzymes

Le pollen contient une grande variété d'enzymes, telles que l'amylase, la pepsine, la trypsine, la diastase, la diaphorèse, la phosphatase, la transférase et l'hydrolase. On y trouve également des cofacteurs essentiels pour ces enzymes, notamment la biotine, le glutathion, le NAD, ainsi que certains nucléosides (27)

V.7. Les pigments

Les grains de pollen sont enveloppés de substances huileuses contenant des traces de pigments, comme les caroténoïdes, les flavonoïdes, les xanthophylles et un glycoside d'isorhamnétine. Ces pigments se trouvent dissous dans ces substances huileuses (29) .

Le pollen présente une forte teneur en b-carotène, un précurseur de la vitamine A, dont la concentration varie largement d'une espèce à l'autre. De même, la teneur en flavonoïdes diffère selon l'origine botanique des espèces, avec des valeurs allant de 40 à 2500 mg/100 g .(30)

V.8. Les vitamines

Le pollen est riche en vitamines, principalement celles du groupe B (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B8, B9, B12), ainsi qu'en provitamine A(bêta-carotène). De plus, on y trouve en petites quantités des vitamines C, D et E (31)

CHAPITRE 2 : POLLINOSE

I. Définitions

I.1. L'allergie

Le terme "allergie" provient du grec, où « Allos » signifie « autre » et « ergos » signifie « action ». (32) C'est une réaction d'hypersensibilité déclenchée par des mécanismes immunologiques(33).

Elle est provoquée par des allergènes (protéines étrangères). L'allergie peut se manifester sur les tissus suite à un contact direct avec la peau ou les muqueuses, ou via la circulation sanguine après absorption (34).

L'hypersensibilité est une réponse à des stimuli, qui se manifeste après la sensibilisation de l'hôte par l'antigène (Ag), ce qui repose donc sur le système immunitaire adaptatif.(35) L'hypersensibilité est catégorisée selon le temps qui s'écoule entre l'entrée de l'Ag et l'apparition des premiers symptômes d'allergie en quatre types : I, II, III et IV.(36)

L'allergie est ainsi une immunopathologie non infectieuse associée à des allergènes présents dans des sources végétales (pollen, contact avec les plantes), animales (pellicules, acariens, insectes, poils), fongiques, alimentaires ou médicamenteuses .(37) Ou une réaction anormale du système immunitaire qui perd sa tolérance envers des substances étrangères habituellement inoffensives, ou allergènes .(29)

L'allergie est une maladie multifactorielle, résultant d'une combinaison de divers facteurs, tant internes (comme le sexe, la génétique, l'embonpoint, le régime alimentaire) que externes (mode et le lieu de vie, l'exposition aux allergènes, à la pollution de l'air, au tabagisme). (38)

I.2. L'allergène

Un allergène est un antigène capable de provoquer une réaction immunitaire de type allergique. L'allergène n'induit généralement pas de réaction chez le sujet sain, mais plutôt chez les individus prédisposés et dans des conditions environnementales favorables. (39)

Les allergènes sont principalement des polypeptides, des protéines ou des glycoprotéines(40).

La probabilité qu'un allergène induise une réponse immunitaire excessive augmente en fonction de sa taille, de sa complexité moléculaire, de sa stabilité physico-chimique et de son ubiquité (39).

I.3. L'allergie saisonnière

L'allergie saisonnière se distingue par une exposition limitée à l'allergène dans le temps. L'exposition à l'allergène se restreint à certaines périodes spécifiques. Il s'agit généralement des allergies par inhalation. L'allergie au pollen est l'allergie la plus connue.(40)

I.4. La pollinose

La pollinose est une réaction allergique saisonnière provoquée par le contact des grains de pollen avec l'homme, notamment au niveau des muqueuses respiratoires ou conjonctivales, lors de la pollinisation (41). Elle est causée par la présence abondante de pollen principalement issu d'espèces anémophiles dans l'air (42). Cette affection est très fréquente, affectant entre 10 et 30% de la population mondiale selon les zones géographiques. (43)

I.5. Les allergies croisées

Une allergie croisée est une réaction à une substance donnée chez un individu sensibilisé à une autre substance apparentée en raison de l'existence d'une ressemblance de certaines protéines qui cause l'allergie. Ce type d'allergie se manifeste généralement chez des personnes ayant un terrain génétiquement prédisposé.(44)

La réactivité croisée des allergènes résulte de la présence d'allergènes à épitopes communs ou bien très proche ou, plus souvent, d'allergènes de structures voisines dans différentes sources allergéniques appartenant à la même famille, à des familles voisines ou même à des familles différentes.(36,45)

Ces réactions croisées peuvent être uniquement biologiques observables par un test cutané positif et/ou un dosage d'IgE spécifiques positif, on parle alors de sensibilisation croisée ; ou se traduire par des symptômes cliniques, il s'agit alors d'une allergie croisée (vérifiée par des tests de provocation orale). (45)

Les allergies croisées les plus connues sont : les allergies aliments/pneumallergènes, les allergies aliments/latex, les allergies aliments/aliments.(45)

I.6. Le potentiel allergisant

Le potentiel allergisant désigne la capacité du pollen d'une espèce végétale à déclencher une allergie chez une partie de la population. Il se décline en trois niveaux : faible ou négligeable (espèces adaptées aux zones urbaines), modéré (espèces à planter en petites quantités) et élevé (espèces à éviter en milieu urbain). (46)

Le potentiel allergisant :

- plus il est élevé, moins la quantité de pollen nécessaire pour provoquer une réaction allergique est importante (46)
- Il varie selon les espèces : en fonction de la quantité de pollen produite et de leur taille, car plus les pollens sont petits, plus ils sont volatils et pénètrent facilement dans les voies respiratoires.(47)
- Il dépend également de la teneur en protéines allergisantes.(48)

II. Physiopathologie de la pollinose

La réaction allergique au grain de pollen se décompose en deux phases (comme représenté dans **la figure 04**).

- ❖ Phase de sensibilisation au grain de pollen,
- ❖ Phase clinique (la réaction allergique) (49).

II.1. Sensibilisation au grain de pollen

La phase de sensibilisation nécessite la formation d'IgE dirigée contre les allergènes polliniques.(50)

Le grain de pollen arrive au niveau des muqueuses nasale, oculaire et bronchique et libère des allergènes solubles qui pénètrent à l'intérieur de ces muqueuses. Ces allergènes sont transportés vers les tissus lymphoïdes des voies respiratoires (nez, bronches) (49).

Après exposition allergénique, les cellules présentatrices de l'antigène (cellules TH naïves) via le CMH II (complexe majeur d'histocompatibilité classe II), de l'antigène interagissent avec des lymphocytes T H2 qui produisent des cytokines spécifiques de la réponse de type T H2 tels que IL-4 et IL-13. Ces cytokines permettent le switching des

lymphocytes B pour qu'ils produisent des IgE spécifiques du ou des allergènes incriminés. (50)

Une fois cette phase de sensibilisation terminée, les IgE produits vont se fixer sur les mastocytes et les basophiles qui possèdent un récepteur de ces anticorps. Cette phase de sensibilisation est asymptomatique. (50)

II.2. La phase clinique

Lors d'une réexposition d'un individu sensibilisé à un allergène, les symptômes surviennent rapidement, généralement en quelques minutes après le contact (environ 15 à 30 minutes) c'est la phase clinique. (51)

La phase clinique suit la phase de sensibilisation et on peut la diviser en réaction allergique précoce et en réaction de la phase tardive. (50)

II.2.1. La réaction allergique précoce

Cette réaction allergique précoce intervient rapidement après l'inhalation des grains de pollen, c'est-à-dire environ dix minutes après. (50)

La réaction est caractérisée par la dégranulation des mastocytes et des basophiles suite à la liaison des IgE fixées à leur surface avec les allergènes lors d'une exposition ultérieure à la phase de sensibilisation comme présenter dans la **figure 04**. Cette dégranulation libère de nombreuses substances telles que l'histamine, la tryptase et des cytokines comme IL-4, IL-5, IL-8, IL-13 et le TNF α dans l'environnement extracellulaire. (50)

Au niveau nasal, ces différents médiateurs dont principalement l'histamine, ont des effets sur les glandes nasales et sur la microvascularisation des fosses nasales, entraînant une rhinorrhée aqueuse, des éternuements et une obstruction nasale. (50)

L'histamine et les cytokines libérées stimulent la sécrétion d'IgE et entraînent une hyperréactivité bronchique et une inflammation des muqueuses. (50)

II.2.2. La réaction allergique tardive

Les substances chimiotactiques libérées lors de la réaction allergique immédiate attirent de nombreuses cellules parmi lesquelles les éosinophiles ou les plaquettes qui produisent des molécules cytotoxiques qui peuvent aggraver l'inflammation des muqueuses nasales et bronchiques. (49)

A long terme la réaction peut donc évoluer vers une inflammation chronique comme l'asthme chronique caractérisé par la présence des lymphocytes T et d'éosinophiles .(52).

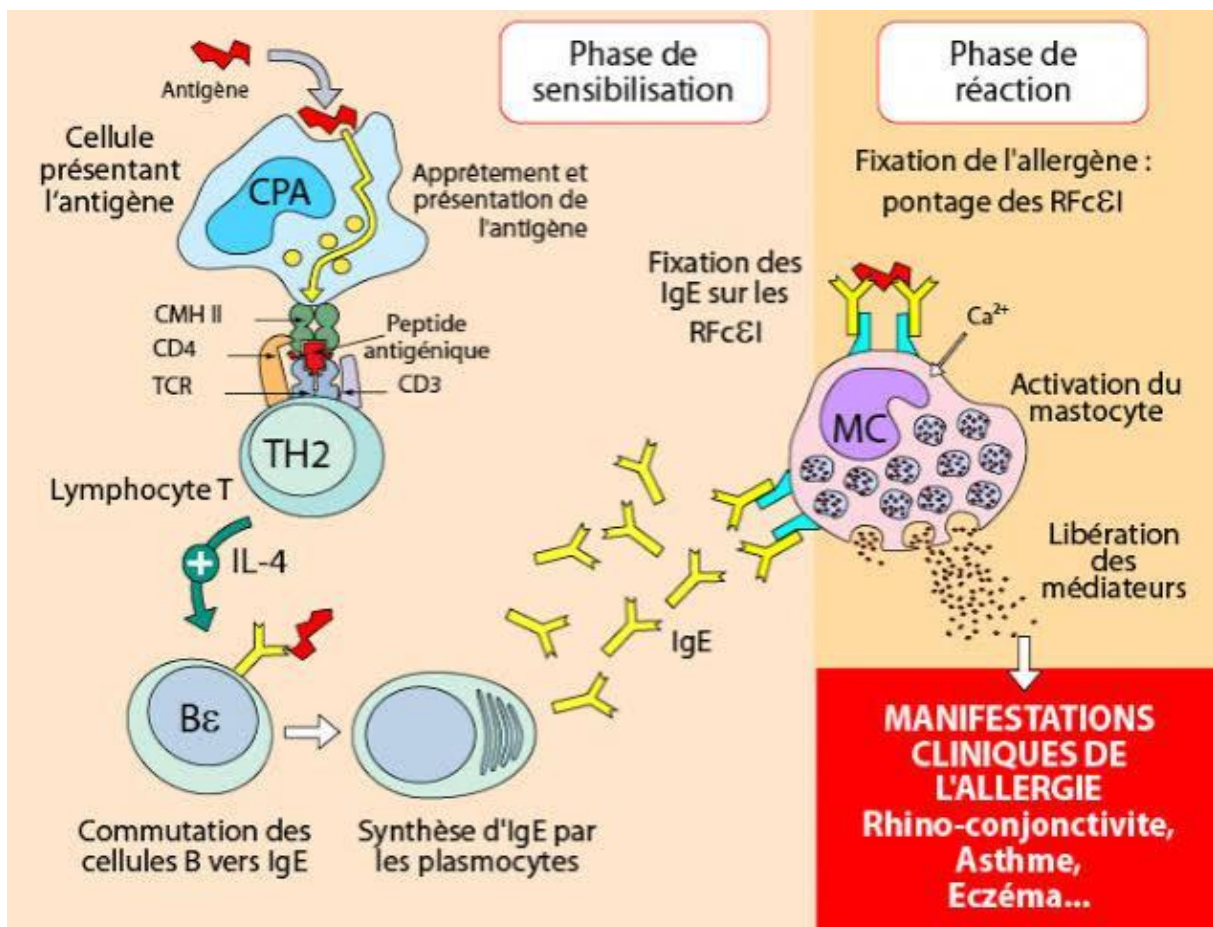


Figure 4 : Le mécanisme d'allergie, hypersensibilité type I. (37)

III. Symptomatologie de la pollinose

Les symptômes de l'allergie peuvent varier selon la sensibilité individuelle, le degré d'exposition et les organes affectés. (53)

III.1. La rhinite allergique (ou rhume des foins)

Il s'agit d'une inflammation aiguë ou chronique de la muqueuse nasale, pouvant être permanente ou saisonnière en fonction des allergènes responsables, saisonnière en cas de pollinose.(54)

Les symptômes diagnostiques de la rhinite allergique incluent (55):

- L'écoulement nasale (rhinorrhée) et les démangeaisons nasales (prurit),
- Les éternuements en salve,
- L'obstruction nasale,
- Un symptôme rare chez l'enfant est la perte d'odorat (anosmie).

III.2. La conjonctivite allergique

La conjonctivite allergique résulte d'une inflammation de la conjonctive après contact avec un allergène. Elle se caractérise par quatre signes principaux(56) :

- Rougeur des deux yeux (parfois absente),
- Démangeaisons intenses,
- Larmoiement clair,
- Œdème des paupières limitant l'ouverture des yeux.

L'acuité visuelle reste normale et les yeux ne sont pas douloureux, bien qu'une sensation de « grains de sables » puisse être présente (56).

La conjonctivite allergique est souvent liée à la rhinite, formant ainsi la rhino-conjonctivite allergique.(55)

III.3. La toux allergique

La toux est un réflexe naturel du corps pour expulser les irritants des voies respiratoires.

Elle peut être bénigne et associée à la rhino-conjonctivite.

Cependant, si elle devient nocturne, survient après un effort ou en traversant une prairie avec de l'herbe haute, elle pourrait indiquer une toux spasmodique, souvent liée à l'asthme (55).

III.4. L'asthme allergique

Il s'agit d'une maladie chronique inflammatoire des bronches, provoquée par l'inhalation d'allergènes présents dans l'air. Cette inflammation induit une hypersensibilité des voies respiratoires à divers stimuli. Les symptômes incluent (57) :

- Des difficultés respiratoires (dyspnée),
- Des sifflements à l'expiration,
- Une sensation d'oppression thoracique,
- Des épisodes récurrents de toux,
- Parfois accompagnés d'une fatigue soudaine et d'une pâleur.

IV. Prise en charge de la pollinose

IV.1. Le diagnostic

Quelques soit les symptômes ou l'allergène que l'on suspecte il y a des tests permettant de déterminer l'élément déclencheur de ces réactions allergiques.(58)

La première et la plus essentielle étape c'est l'interrogatoire qui sert à guider le diagnostic. Ou l'allergologue posera des questions concernant les symptômes et les circonstances qui ont conduit à leur apparition.(58)

IV.1.1.L'anamnèse

Le diagnostic se base essentiellement sur l'anamnèse qui révèle une répétition de symptômes cliniques saisonniers d'une rhinite liée à une conjonctivite et ou à de l'asthme (59).

L'évaluation clinique confirme une rhinoconjonctivite allergique, parfois associée à de l'asthme (vérifié par un test fonctionnel respiratoire EFR). Sur le plan clinique, la rhinite allergique se distingue par sa persistance, elle subsiste tant que l'allergène est présent dans l'environnement, et elle est souvent associée à une conjonctivite.(37)

IV.1.2. Les tests cutanés

➤ Les prick tests

C'est le test le plus utilisé pour confirmer un diagnostic clinique suspecté à lecture immédiate, rapide, peu coûteux et ayant une sensibilité élevée .(29)

Il se réalise sur une zone de peau saine (l'avant-bras ou le dos) à l'aide d'une micro lance et des extraits standardisés des pneumallergènes. Les mastocytes du derme sont exposés aux allergènes par une légère piqûre cutanée, ce qui entraîne la création d'un complexe (allergène-IgE spécifique fixé sur les surfaces des mastocytes). Cela se manifeste par une réaction allergique de type hypersensibilité immédiate. La positivité du test se définit par : une rougeur de la peau avec une papule bien marquée, avec un œdème et une démangeaison. (29)

➤ Les tests intradermiques

Les tests intradermiques peuvent identifier aussi bien des réactions associées à une hypersensibilité immédiate qu'à une hypersensibilité de type retardé. Ils s'effectuent au niveau de la partie superficielle de la peau, sur la surface externe des bras. (29)

On injecte directement dans la peau ou juste sous celle-ci une petite quantité de la substance à laquelle vous êtes suspecté d'être allergique. Cela rend le test légèrement plus sensible et le résultat un peu plus précis que le prick test. La lecture du résultat est retardée à quarante-huit heures. (29)

Un résultat positif du test se manifeste par apparition à l'endroit d'injection d'une rougeur avec gonflement et chatouillement. (29)

IV.1.3. La sérologie

En général, il s'agit de mesurer la quantité d'IgE spécifiques libres dans le sang circulant. Les IgE spécifiques sont révélées par mise en contact du sérum du patient avec un ou plusieurs allergènes fixés sur un support. (29)

Par définition, **les dosages d'IgE spécifiques** s'adressent aux réactions à médiation IgE seulement (ou allergie IgE-dépendante). Ils n'explorent donc qu'une partie des maladies allergiques . Les méthodes les plus connues sont la RAST, l'ELISA et la RIA. (29)

Le test RAST (Radio Allergo Sorbant Test) est un test de dosage radio-immunologique utilisé pour identifier les anticorps IgE spécifiques. Ces tests visent à détecter la présence d'IgE spécifiques à un allergène particulier, identifié lors de l'anamnèse et des tests cutanés. Un allergène purifié et couplé à un support solide est incubé avec le sérum du malade. Les IgE libres spécifiques se lient à l'allergène, créant ainsi un complexe IgE-Allergène. Des anticorps anti-IgE radio- marqué sont ajoutés au complexe afin de révéler les IgE qui se fixent à l'allergène. (29)

ELISA (enzyme linked immuno-sorbent assay), il s'agit d'une méthode immuno-enzymatique permettant de repérer les complexes antigènes-anticorps recherchés grâce à une réaction colorimétrique engendrée par l'intervention d'une enzyme préalablement fixée à un anticorps ou à un antigène sur un substrat.(29)

RIA (radio-immunoanalyse), il s'agit d'une technique microanalytique qui utilise des radionucléides pour mesurer, aux fins de diagnostic, des concentrations de substances, tels les anticorps. Elle a l'avantage d'être particulièrement sensible et spécifique, ce qui permet de réaliser ces mesures sur de petits échantillons et, généralement, sans avoir à effectuer des procédures complexes d'extraction et de purification.(60)

Cette Technique est basée sur le principe que des molécules marquées avec un radio-isotope (Ag^*) et des molécules non marquées (Ag), d'une même nature, entrent en compétition vis-à-vis d'un nombre limité de sites de liaison d'Ac spécifiques. Lorsque l'équilibre est atteint, le pourcentage des formes associées (Ag^*-Ac) est inversement proportionnel à la concentration de la substance (Ag) que l'on veut doser dans notre échantillon. (29) Ce dosage a largement fait preuve de sa fiabilité pour la grande majorité des allergènes et s'impose comme un outil précieux dans le diagnostic des allergies. Il est surtout utile lorsqu'il existe une discordance entre l'allergène cliniquement suspecté et les résultats des tests cutanés (29)

IV.1.4.L'éosinophilie

L'allergie est une pathologie systémique. En plus des mastocytes, certaines cellules inflammatoires, telles que les éosinophiles contribuent à la pathogenèse. Une éosinophilie modérée (0,4–1,0 g/l) est souvent le signe d'une atopie et illustre une exposition temporaire à un allergène inhalé. Elle oriente vers une étiologie allergique, mais elle n'est pas spécifique. (59)

IV.2. Les facteurs aggravants

IV.2.1.La pollution

La majorité des polluants sont des irritants qui accentuent l'hyperréactivité bronchique et exacerbent l'irritation des muqueuses nasales ou oculaires. Ces effets irritants viennent s'ajouter à ceux de l'allergie au pollen.(61)

Les pollens récoltés dans un environnement pollué peuvent subir des dégradations physiques, ou présenter des particules ou des dépôts adsorbés à leur surface. Ainsi la pollution pourrait faciliter la dispersion des granules cytoplasmiques de pollen. (62,63)

Les polluants atmosphériques peuvent donc agir sur les grains de pollen en modifiant leur structure, leur contenu allergénique et en affaiblissant leur membrane cytoplasmique . (32)

IV.2.2.Le changement climatique

Les prévisions de changement climatique, notamment le réchauffement attendu au cours du siècle à venir, pourraient entraîner une augmentation de la quantité de pollen produit, en raison de la hausse des températures, de l'ensoleillement et de la réduction des précipitations. Cela augmenterait ainsi le risque allergénique.(49)

IV.2.3.Le tabagisme

Les substances présentes dans la fumée de tabac entraînent une inflammation des voies respiratoires, favorisant ainsi l'apparition de crises allergiques.

Le tabac affecte les cellules ciliées, qui jouent un rôle crucial dans l'élimination des particules. Il altère également la composition et la quantité de mucus, irrite les terminaisons nerveuses, et provoque une bronchoconstriction ainsi qu'une toux.(56)

IV.2.4.Les allergènes alimentaires

Les allergènes alimentaires peuvent provoquer des crises d'asthme en déclenchant des réactions allergiques. Les plus fréquents sont le lait de vache, les arachides, les œufs, ainsi que certains légumes et fruits, comme la fraise et la pêche. Il existe des risques d'allergies croisées. (64)

IV.3. Traitement

Pour une efficacité optimale d'un traitement symptomatique, les médicaments antiallergiques doivent être administrés de façon régulière et systématique, dès l'apparition des premiers signes de pollinose et jusqu'à ce que la fin de la floraison incriminée. (59)

IV.3.1. Traitement médicamenteux

On identifie différentes catégories de médicaments en fonction des symptômes :

- **Les antihistaminiques** : agissent comme des inhibiteurs compétitifs de l'effet de l'histamine libérée par les mastocytes. En fonction de leur sélectivité, ils sont classés en inhibiteurs des récepteurs H1, H2, H3 et H4. Actuellement, la prise en charge de la pollinose se limite à l'utilisation des antihistaminiques H1 (59).
- **Les glucocorticoïdes** bloquent la production de signaux de toutes les cellules associées à l'allergie. Ils peuvent être administrés par voie de pulvérisation (rhinite) ou par inhalation, particulièrement recommandée pour l'asthme, en combinaison ou non avec un bronchodilatateur. (65)
- **Les bronchodilatateurs** utilisés dans le cadre de l'asthme. Ils sont administrés par méthode locale : inhalation. Il s'agit des mimétiques Béta2 anticholinergiques. Ils ont comme effets indésirables : secousses.(66).
- **Les cromones** sont des agents stabilisateurs des mastocytes. Ils ne sont utilisés que localement : par voie nasale et oculaire. Ils stoppent la réaction allergique en empêchant l'influx de calcium dans le mastocyte (66).
- **Les antagonistes des récepteurs aux leucotriènes** sont des bloqueurs des récepteurs aux leucotriènes, qui ont été initialement conçus pour traiter l'asthme, ont également prouvé leur efficacité dans le traitement de la rhinite allergique (59).
- **Les anti-IgE** : L'Omalizumab, un anticorps monoclonal humanisé administré par injection sous-cutanée, est employé dans le soin de l'asthme allergique sévère mal maîtrisé chez les adultes et les adolescents. Il a la capacité de se lier aux IgE libres en circulation, empêchant ainsi leur interaction avec leur récepteur à haute affinité. Les effets secondaires comprennent des céphalées et une gêne au lieu de l'injection. Le principal inconvénient est le danger d'hypersensibilité (67).

IV.3.2. Immunothérapie spécifique

Également connue sous le nom de vaccin contre les maladies allergiques ou désensibilisation. (68)

A l'état actuel de connaissance, Ce sont les seuls traitements capables de stopper l'avancement de l'allergie. Il s'agit d'immunothérapie basée sur des produits standardisés ou purifiés. Elle nécessite identification préalable de l'allergène en cause et la preuve de sa responsabilité. (67)

Elle peut être réalisée par injection sous-cutanée profonde sur le côté externe du bras, ou plus communément par voie sublinguale, qui présente un moindre risque. (67)

Le principe consiste à accroître progressivement les doses administrées jusqu'à atteindre la dose maximale supportée, qui sera ensuite maintenue. (67)

IV.4. Prévention

IV.4.1. L'éviction

Bien qu'il soit impossible d'éviter complètement les allergènes polliniques (69) il est essentiel de prévenir la surexposition.

IV.4.2. La vaccination

Le contrôle de la réponse IgE pourrait nécessiter une intervention préventive. Une stratégie vaccinale durant l'enfance consisterait à administrer un mélange des principaux allergènes, associé à un adjuvant, pour favoriser le développement de clones de lymphocytes T mémoire spécifiques aux allergènes de type 1. (70)

Cette approche vise à orienter la réponse immunitaire vers un profil de type Th1, plutôt que Th2. En effet, la réponse Th2 est associée à la production d'IgE, au recrutement des éosinophiles et à la libération de cytokines pro-allergiques. En stimulant précocement une réponse de type Th1, la vaccination pourrait ainsi réduire le risque de développer des réactions allergiques ultérieures, en empêchant la mise en place de la réponse Th2 typique de la pollinose. (70)

PARTIE PRATIQUE

MATERIELS ET METHODES

➤ Objectif

Ce travail est une revue de littérature sur la pollinose, qui a pour objectif principale d'identifier données récentes disponibles sur la pollinose, afin de proposer une vue globale des avancées scientifique sur ce sujet ou dans ce domaine.

I. Stratégie de recherche

Les bases de données Pubmed, Google scholar et Wiley ont été utilisées pour mener une recherche documentaire approfondie sur le pollinose, durant la période de Décembre 2024 à Avril 2025.

Les termes ont été utilisés en deux langues anglais et français : « allergie au pollen » « pollen allergy», « pollinose » « pollinosis», « rhinite allergique » « allergic rhinitis » , « pollen allergisant » « allergenic pollen », « allergie pollinique » « pollinic allergy », « pollen allergène » « pollen allergen ».

Les filtres suivants ont été utilisés :

- Articles publiés entre 2000 et 2025,
- Articles gratuits,
- Accès à l'article complet.

En dernier lieu, tous les articles sélectionnés ont été classés dans un fichier Excel où un codage par couleur a été utilisé pour faciliter et organiser les données pour l'analyse et la gestion.

II. Critères d'inclusion et d'exclusion

➤ Critères d'inclusion

- ❖ Les articles en anglais et en français seulement.
- ❖ Les articles entre 2000 -2025.
- ❖ Les articles répondant à la question de notre recherche.
- ❖ Les articles scientifiques complets, non payants et téléchargeables.

➤ Critères d'exclusion

- ❖ Les articles qui donnent accès au résumé seulement.
- ❖ Les articles hors sujet.

- ❖ Les articles dont l'étude n'était pas concluante.
- ❖ Les articles extraits de sources telles que des livres et des magazines non scientifiques.
- ❖ Les articles en langues autres que le français et l'anglais.
- ❖ Les mémoires, les thèses, les lettres, forums de discussion et tout autre document non soumis à un processus d'évaluation ont été intentionnellement exclus pour assurer le sérieux scientifique de la revue.

III. Sélection des études

La sélection des articles a été réalisée de manière rigoureuse, en suivant une procédure en plusieurs étapes afin de s'assurer de la pertinence et la qualité des études retenues.

Dans un premier temps, une sélection préliminaire des articles a été effectuée en appliquant les critères d'inclusion et d'exclusion définis au préalable en se basant sur le titre de l'article, son accessibilité, sa langue, sa parution en double... A cette étape initiale, des premières informations ont été extraites, telles que le pays et l'année de parution des articles retenus.

Un second tri a été réalisé en examinant les résumés des articles. Cette étape a permis d'affiner la sélection en excluant les études dont le contenu ne correspondait pas directement à la thématique abordée dans cette revue, notamment les études non pertinentes ou celles ne répondant pas aux critères de qualité.

Enfin, un troisième tri ou une sélection affinée des articles a été effectué par la lecture intégrale des articles retenus. Cette lecture approfondie a permis de vérifier la cohérence des études avec les objectifs de la recherche, d'éliminer les articles qui ne respectaient pas les critères d'inclusion, et de s'assurer que les méthodes employées dans chaque étude étaient appropriées pour répondre aux questions de recherche posées.

IV. Extraction des données

Les éléments suivants ont été collectés pour chaque article :

- ❖ L'année de publication de l'article
- ❖ Le pays
- ❖ Le type d'étude (étude épidémiologique, essai clinique, etc.)
- ❖ Les pollens allergisants abordés dans les études

❖ Les résultats principaux liés a la pollinose :

- Prévalence.
- Méthode diagnostic.
- Allergènes identifiés.
- Traitements utilisés.
- Méthodes de prévention.
- Allergies croisées.
- Facteurs favorisants.

Les données extraites ont ensuite été saisies dans un fichier Excel, permettant ainsi une organisation claire et une gestion optimale de la base des données. Ce fichier a servi de support pour une analyse systématique et comparative des résultats des différentes études, facilitant l'identification des tendances et des lacunes dans la littérature existante.

RESULTATS

I. Flux des études incluses dans la revue

Au total, 1507 articles ont été identifiés lors de la recherche documentaire. Après élimination de 100 doublons, 1407 articles ont été soumis à une première sélection par titre. A ce stade, 654 articles ont été exclus : 288 en raison d'un accès restreint (articles payants), et 366 parce que leur contenu ne portait pas spécifiquement sur les pollinoses ou s'écartait des critères d'inclusion définis.

Les 753 articles restants ont ensuite fait l'objet d'une sélection par résumé, à l'issue de laquelle 553 articles ont été exclus. Parmi ceux-ci, 304 étaient des revues de la littérature, et 249 portaient sur des thématiques non pertinentes, tels que ceux traitant uniquement l'allergie alimentaire ou l'aéro-palynologie, ou étaient rédigés dans une langue autre que le français ou l'anglais, notamment les articles en chinois.

La lecture intégrale a été réalisée sur 200 articles, dont 44 ont été exclus en raison de résultats non concluants, d'un nombre très réduit de participants ou de la focalisation sur d'autres types d'allergies, notamment celle aux acariens.

Au final, 156 articles ont été inclus dans cette revue de la littérature. Le processus de sélection est résumé dans **la figure 5**, et les données extraites de ces articles sont synthétisées dans le tableau présenté en annexe.

RESULTATS

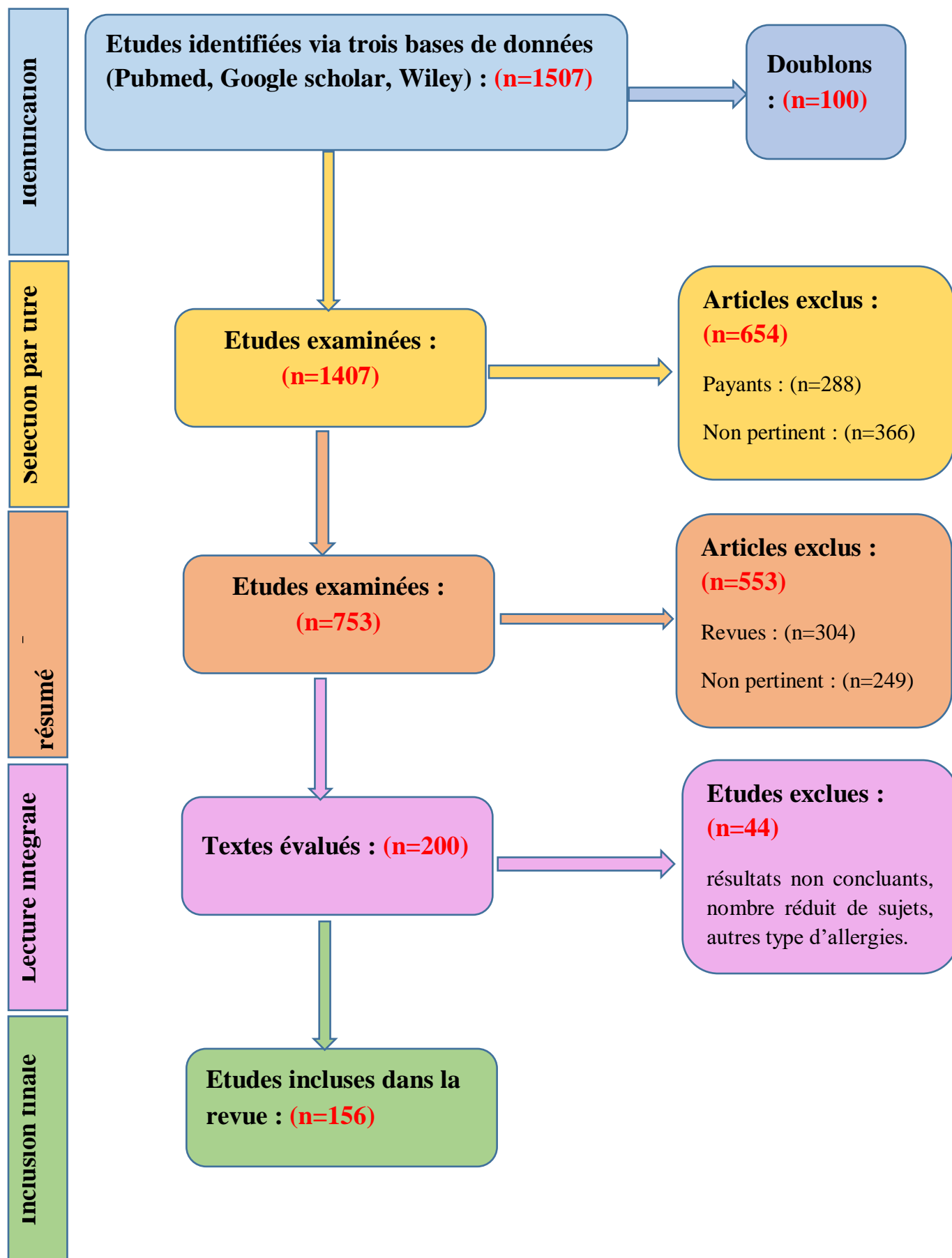


Figure 5 : Flux des études inclus dans la revue systématique après application des critères d'inclusion et d'exclusion.

II. Caractéristiques des études incluses

II.1. Distribution des études selon l'année de publication

La Figure 6 illustre un aperçu des avancées dans la recherche sur la pollinose, durant les années sélectionnées dans l'étude.

Le flux des études incluses montre deux intervalles distincts : le premier intervalle de 2000 à 2019 montre une variation relativement légère, et des pourcentages qui dépassent rarement 5%. Cette initiale période est marquée par une stabilité visible d'activité de recherche, bien qu'elle soit interrompue par quelques pics occasionnels en 2009 et 2014.

Par contre, depuis 2020, un net gain d'intérêt pour le sujet commence à se manifester, s'intensifiant graduellement. Cette progression spectaculaire atteint son paroxysme entre 2021 et avril 2025. Ce fait indique une augmentation de l'activité de recherche durant cette période.

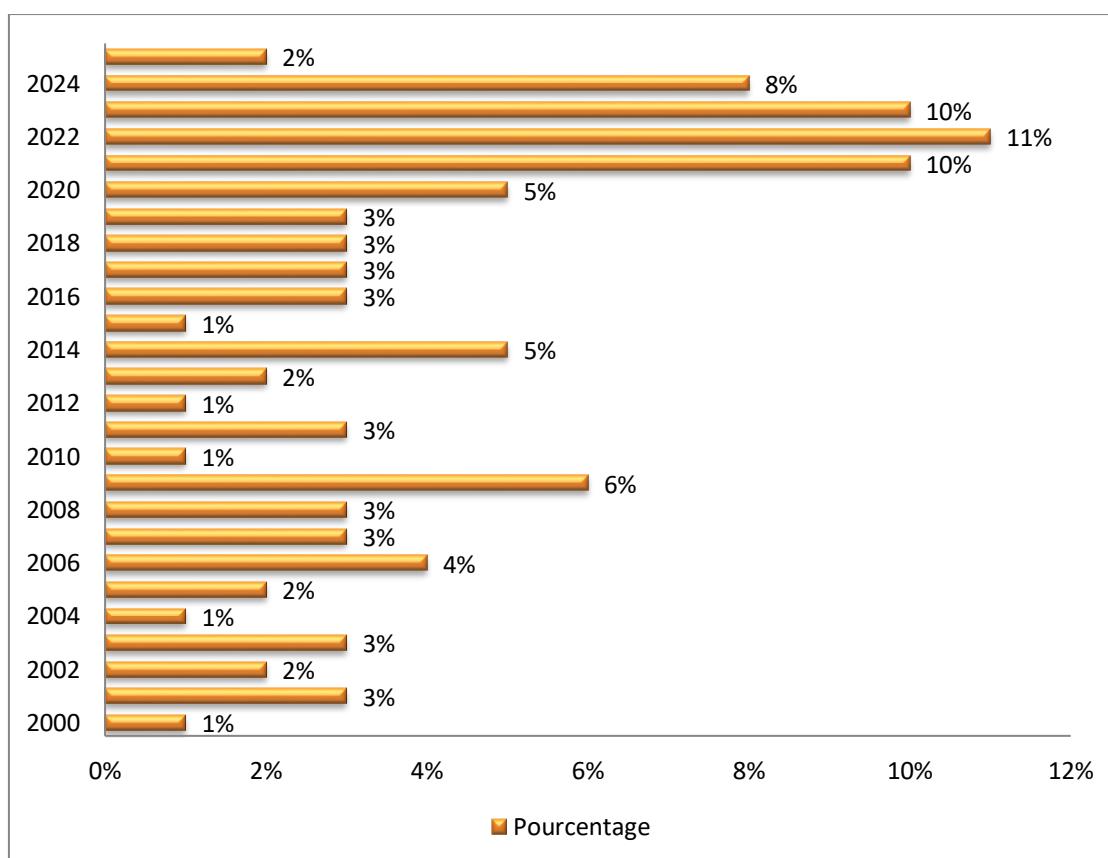


Figure 6 : Répartition des articles retenus selon les années.

II.2. Distribution des publications selon le pays d'étude

Les articles sélectionnés ont été menés dans différents pays, comme le montre **la figure 7**. Le Japon arrive en tête avec 26 publications, suivi de l'Autriche (24 articles), de l'Allemagne (21), de l'Espagne (19), de la Chine (11) et de la France (10). Ces six pays représentent à eux seuls une part importante des travaux publiés sur le sujet.

La Pologne compte 8 articles, tandis que l'Italie et la Suède en comptent 7 chacune. L'Australie en totalise 5. Le Danemark et la Turquie sont représentées par 4 publications chacune. Les Etats-Unis et le Portugal, en comptent 3. Les autres pays sont représentés par deux publications ou une seule.

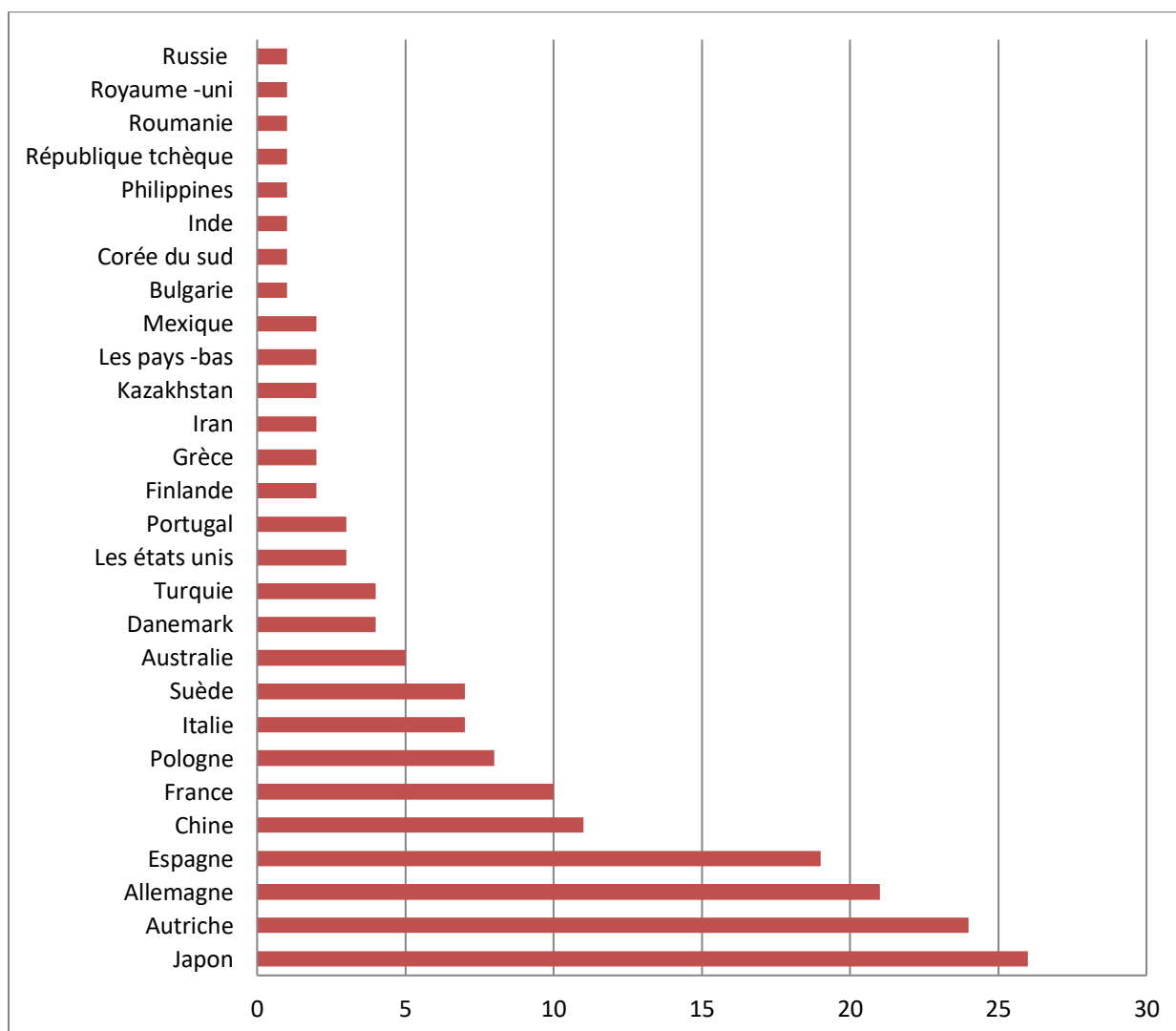


Figure 7 : Distribution des publications selon le pays d'étude.

II.3. Répartition des publications selon type d'étude

RESULTATS

La figure 8 représente la répartition des articles retenus en fonction du type d'étude. Cette illustration souligne la variété des méthodes employées dans les études analysées.

Les essais in vivo constituent la part la plus importante, représentant 55 % du total des études. Les études in vitro représentent 21 % de l'ensemble, suivies par les études d'observation qui constituent 16 %, et enfin les études in silico qui ne représentent que 1 %. De plus, quelques travaux ont fusionné diverses méthodes : 6 % des recherches utilisent une combinaison de méthodes in vivo et in vitro, alors que 1 % intègrent les techniques in silico et in vitro.

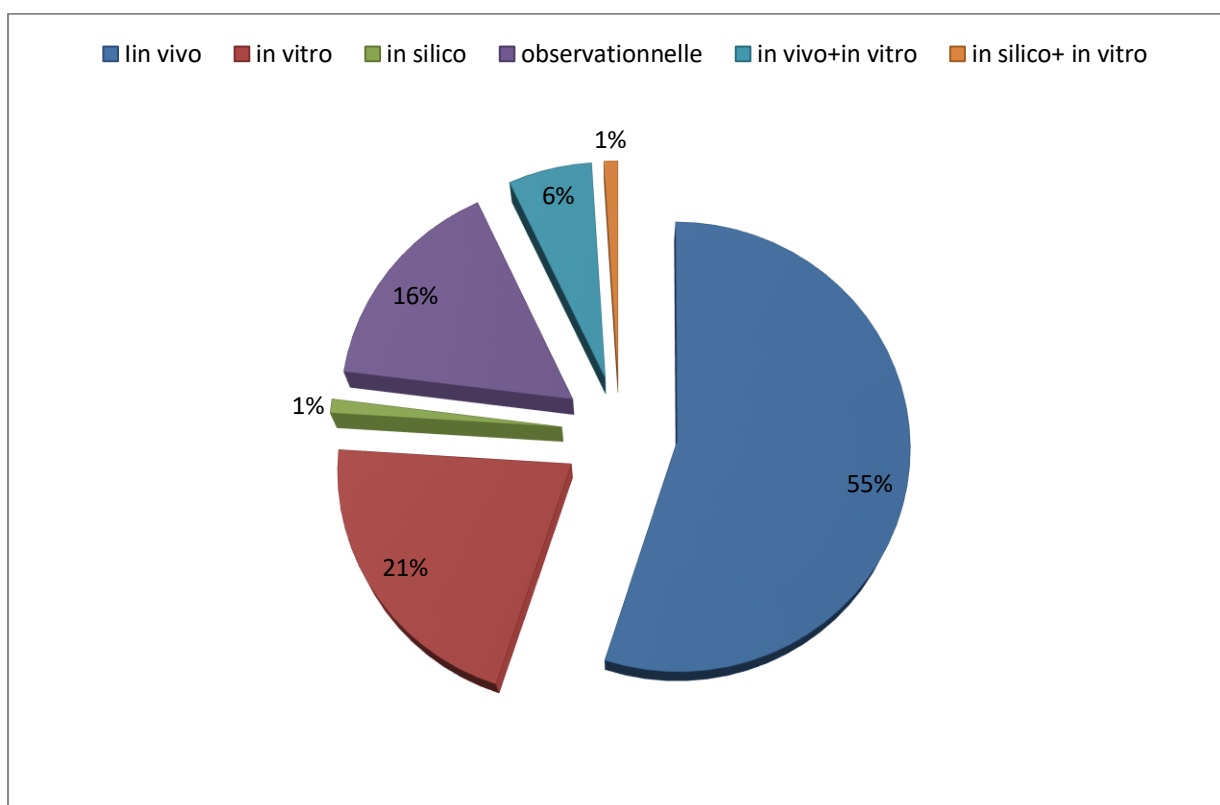


Figure 8 : Répartition des articles retenus selon type d'étude.

III. Résultats sur les pollens allergisants

III.1. Espèces végétales allergisantes citées

- Sur les 156 articles analysés, 131 (soit 84,0 %) mentionnent au moins une espèce végétale allergisante.
- Un total de 31 espèces allergisantes distinctes a été recensé.
- Les espèces les plus fréquemment citées sont : *Betula pendula* : 38 occurrences (24,8 %), *Cryptomeria japonica* : 20 (13,1 %), *Phleum pratense* : 11 (7,2 %), *Olea europaea* L. : 9 (5,9 %), *Alnus glutinosa* : 6 (3,9 %), *Cupressus arizonica* : 5 (3,3 %), *Artemisia vulgaris*, *Corylus avellana* et *Lolium perenne* : citées 4 fois chacune (2,6 %), *Ambrosia artemisiifolia* : 3 (2,0 %) *Cupressus sempervirens*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata* et *Plantago lanceolata* : retrouvées deux fois chacune (1,3 %)
- Enfin, 17 espèces végétales sont mentionnées une seule fois : *Acacia farnesiana*, *Artemisia absinthium*, *Brassica oleracea*, *Chenopodium album*, *Delonix regia*, *Eucalyptus globulus*, *Humulus lupulus* L., *Juniperus communis*, *Ligustrum lucidum*, *Phoenix dactylifera* L., *Pinus radiata*, *Populus alba* L., *Populus deltoides*, *Prosopis velutina*, *Quercus robur*, *Triticum aestivum*, *Urtica dioica*.
- 24 articles parmi les 131 articles citant des végétaux allergisants, ne mentionnent pas d'espèce précise, mais se limitent à la famille botanique des Poaceae.

La figure 9 présente la répartition des principales espèces végétales allergisantes citées dans les articles analysés.

RESULTATS

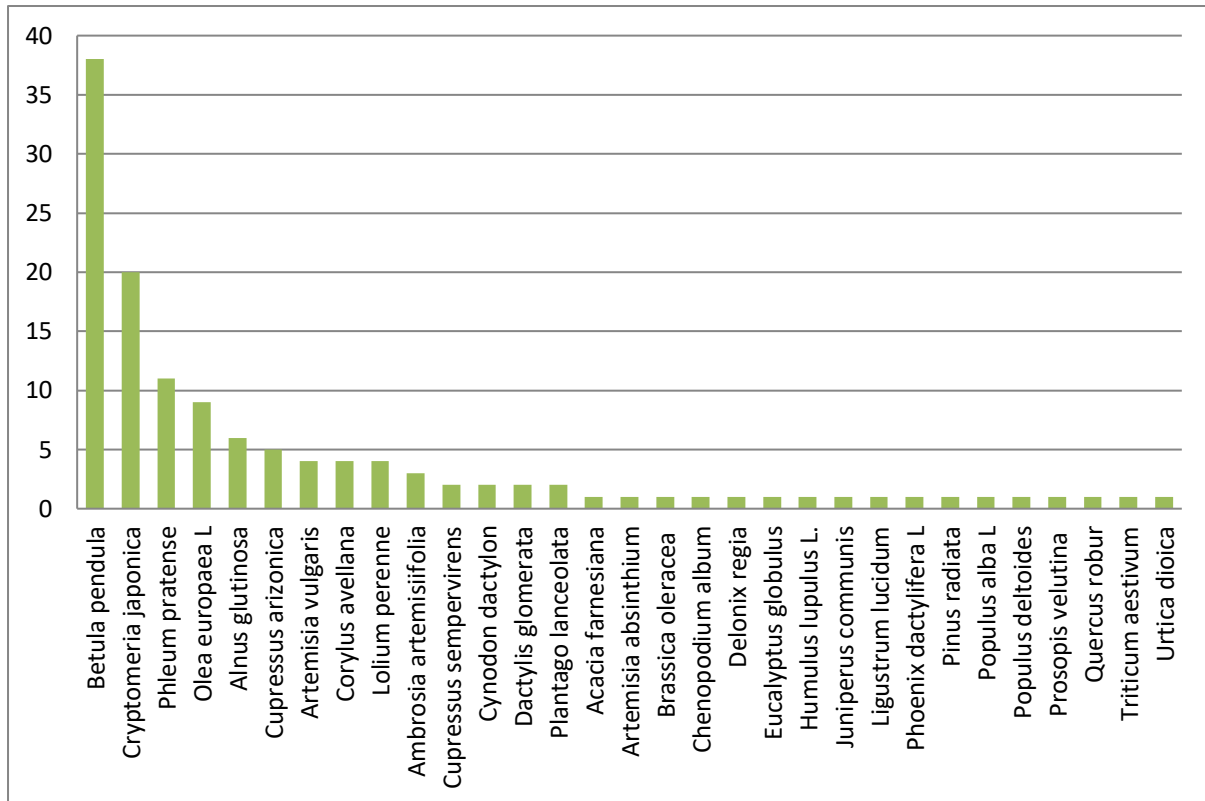


Figure 9 : Répartition des principales espèces végétales allergisantes citées.

III.2. Répartition des espèces allergisantes citées par familles

- Seize familles botaniques ont été identifiées parmi les espèces végétales allergisantes recensées dans la littérature.
- Trois familles prédominent nettement : les Betulaceae (31,4 %), les Poaceae (28,8 %) et les Cupressaceae (18,3 %). À elles seules, elles représentent plus de 70 % de l'ensemble des espèces allergisantes citées.
- Les Oleaceae (6,5 %) et les Asteraceae (5,2 %) suivent à distance, tandis que les Fabaceae totalisent 2,0 %. Les Plantaginaceae et les Salicaceae représentent chacune 1,3 %.
- Enfin, huit familles sont faiblement représentées, avec seulement 0,7 % chacune : Amaranthaceae, Arecaceae, Brassicaceae, Cannabaceae, Fagaceae, Myrtaceae, Pinaceae et Urticaceae.

La figure 10 présente la répartition proportionnelle des familles botaniques associées aux espèces allergisantes.

RESULTATS

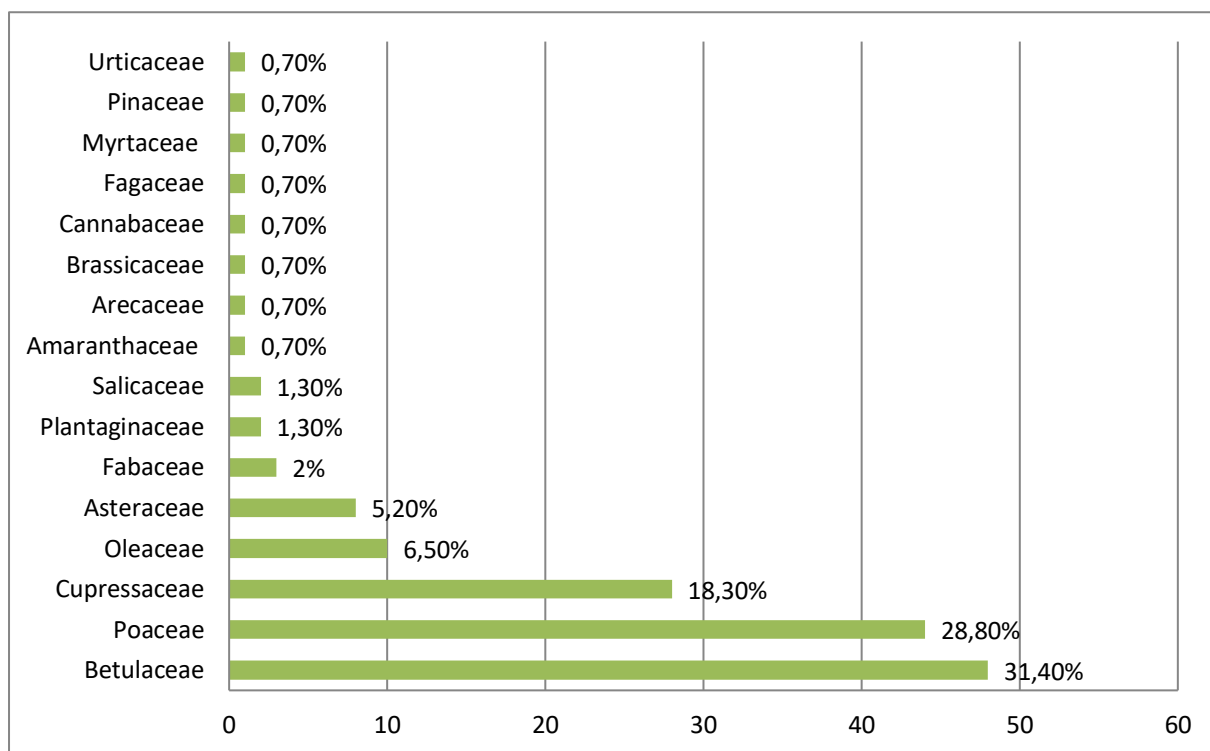


Figure 10 : Répartition des familles botaniques des espèces allergisantes citées dans les articles analysés.

IV. Données sur la pollinose

IV.1. Prévalence

Un seul article parmi les 156 articles retenus traite de la prévalence. Il s'agit d'une analyse observationnelle réalisée sur 15 ans (de 2003 à 2017) qui révèle une hausse notable de la prévalence de la sensibilisation et de l'allergie clinique au pollen du cyprès (*Cupressus arizonica*), en Italie. Cette augmentation de la prévalence pourrait être attribuée aussi bien à des éléments climatiques, comme le réchauffement climatique et l'élargissement de la saison pollinique, qu'à des facteurs d'origine anthropique, englobant l'usage accru d'espèces ornementales provoquant des allergies telles que *Cupressus arizonica*.(71)

IV.2. Diagnostic

Sur les articles sélectionnés, 18 % traitaient le diagnostic de la pollinose, favorisant clairement le diagnostic moléculaire par composant (CRD) (35 %), ce qui témoigne d'une orientation vers des méthodes plus spécifiques. Le test cutané allergique (STP) est aussi couramment employé (24 %). Le test d'activation des basophiles (BAT) et la mesure des IgE spécifiques (ImmunoCAP, ELISA, RAST) sont utilisés de manière équivalente (14% chacun). Cependant, des méthodes alternatives comme le test de provocation nasale (TPN) et la spectrométrie de masse (SM), l'immunoblot, l'utilisation du NO expiré (FENO), les chambres d'exposition aux allergènes (ACC) et des questionnaires d'évaluation des symptômes est nettement moins courante (1 à 5 %), leur emploi étant généralement restreint à des environnements spécialisés ou de recherche, comme le montre **la figure 11**.

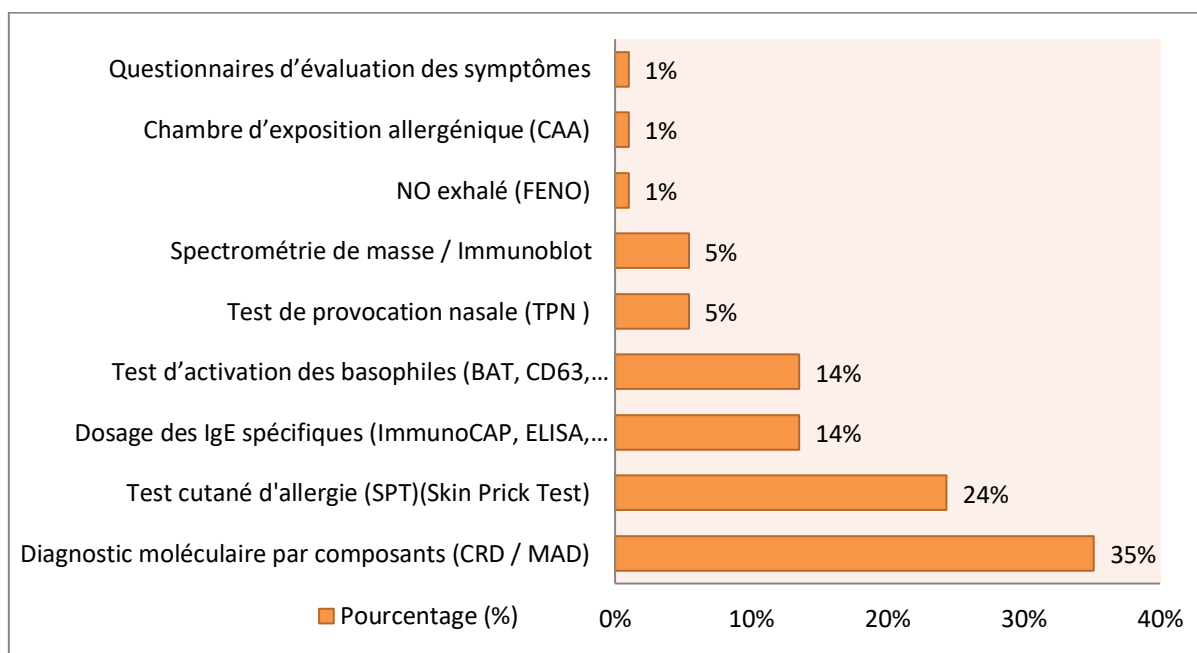


Figure 11 : Répartition des techniques de diagnostic citées dans les articles retenus

- Deux articles abordaient principalement l'identification des composants des extraits allergéniques commerciaux, utilisés soit pour le diagnostic, ou bien pour le traitement (72,73)

IV.3. Les allergènes identifiés

- 13 % des articles retenus ciblent l'identification des allergènes ou des protéines allergéniques.
- Les allergènes identifiés ont permis d'établir une classification en fonction de leur fréquence d'occurrence (**Figure 12**). Les allergènes les plus souvent mentionnés sont Bet v 1 (bouleau), Phl p 5 (graminée), Aln g 1 (aulne), qui représentent respectivement 12,90 %, 9,68 % et 6,45 %.
- En plus de ces allergènes principaux, une série d'allergènes a été identifiée, chacun ayant une fréquence de citation de 3,23 %. Cela inclut Ole e 1, Ole e 8, Ole e 9 (provenant de l'olivier), Phl p 1, Phl p 2, Phl p 3, Phl p 13, Phl p 12, et Phl p 4 (graminées), Bet v 2 (bouleau), Cor a 1 (noisetier), Cry j 3 (cyprès japonais), Art an 7 (armoïse), Pho d 2 (graminée tropicale), et Cup a 3 (cyprès).

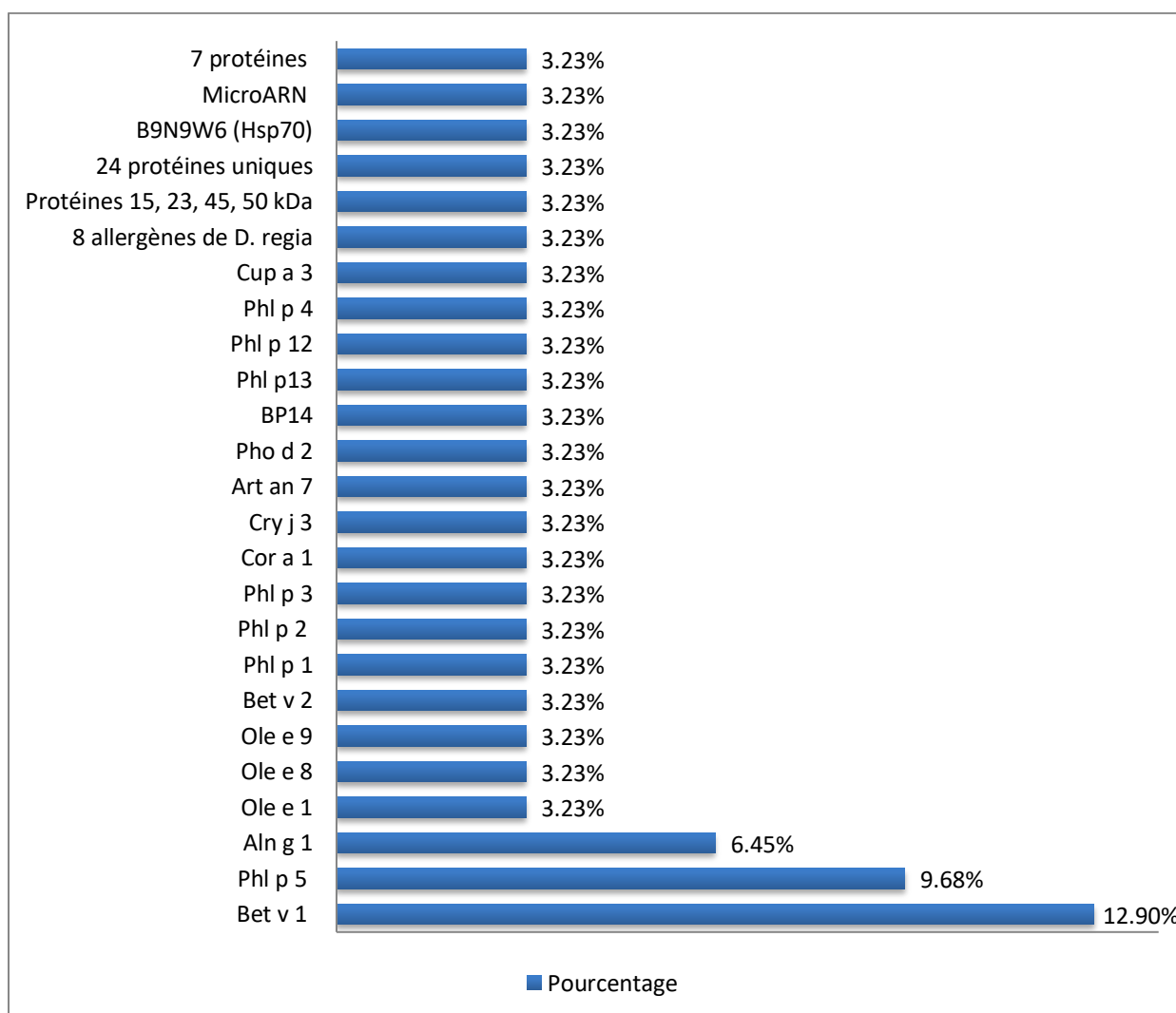


Figure 12 : Répartition des allergènes et des protéines identifiées

RESULTATS

Par ailleurs, certains articles ne sont pas parvenus à identifier spécifiquement les allergènes en cause, mais exploraient des protéines allergiques particulières, par leur identification et les tests mettant en évidence leur allergénicité.

Les protéines identifiées sont :

- B9N9W6, une protéine reconnue comme un allergène majeur présent dans le pollen de *Populus deltoides*. Son identification a été effectuée par une analyse protéomique, suivie d'une comparaison avec les bases de données d'allergènes reconnues (WHO/IUIS, AllergenOnline). Des essais *in vivo* effectués sur un modèle de souris ont validé son potentiel allergénique.(74)
- 24 protéines ont été identifiées comme potentiellement allergènes dans le pollen de *Prosopis velutina* à l'aide d'une approche immunoprotéomique, suite à la séparation des protéines en fonction de leur taille et de leur charge. Par la suite, elles ont été soumises à une immunodétection en utilisant des IgE issues de sérums de patients souffrant d'allergies. Les protéines identifiées ont par la suite été découpées et examinées par spectrométrie de masse sur les 24 protéines détectées, plusieurs sont déjà connus. De plus, quatre nouvelles protéines sont suspectées d'avoir un potentiel allergène. Cependant, leur statut allergénique doit encore être validé par des tests expérimentaux (réactivité IgE via ELISA ou Western blot) pour confirmer leur pouvoir allergisant.(75)
- L'identification de divers fractions protéiques potentiellement allergènes du pollen d'*Acacia farnesiana* a été réalisée principalement sur la base de leur poids moléculaire 15, 23, 28, 39, 45, 50, 66 et 85 kDa. Ces dernières sont à l'origine des réactions allergiques chez les individus sensibles Les allergènes les plus réactifs, ou majeurs, se trouvent généralement entre 66 et 85 kDa.. (76)
- Les techniques d'immunoprotéomique ont permis d'identifier les allergènes présents dans le pollen de *Delonix regia*. Suite à la séparation des protéines grâce à l'électrophorèse, quatorze spots protéiques ont montré une réactivité IgE dont huit ont été identifiés par spectrométrie de masse. Les allergènes identifiés présentent une diversité de poids moléculaires allant de 17 à 75 kDa, suggérant l'implication potentielle de plusieurs protéines dans la réaction allergique pollinique.(77)
- L'identification de microARN dans le pollen de bouleau *Betula pendula* à l'aide du séquençage à haut débit a été réalisée : Suite à l'extraction de l'ARN total, plusieurs microARN ont été découverts en les comparant avec des bases de données

préexistantes. Par la suite, des tests *in vitro* réalisés sur des cellules pulmonaires humaines ont permis d'analyser leur effet. Les données indiquent que quelques microARN présents dans le pollen ont la capacité d'induire des réactions inflammatoires, suggérant ainsi leur rôle potentiel dans les processus des réactions allergiques au pollen.(78)

- L'électrophorèse bidimensionnelle, suivie d'une analyse par spectrométrie de masse, a permis d'identifier sept protéines allergènes présentes dans le pollen du *Ligustrum lucidum*. Les protéines identifiées sont : la profiline, l'énolase, une β -1,3-glucanase (analogue à Fra e 9 du frêne), une polygalacturonase spécifique au pollen (qui ressemble à Ole e 13 de l'olivier), une alanine aminotransférase, ainsi que deux sous-unités β de l'ATP synthase. Ces protéines ont été reconnues par les anticorps IgE de patients allergiques, ce qui confirme leur rôle potentiel comme allergènes.(79)
- Un allergène de 14 kDa a été isolé du pollen de *Cupressus sempervirens*, extrait à l'aide d'une solution tampon phosphate salée, Cette identification est significative puisqu'elle va améliorer le diagnostic et le traitement des allergies au pollen de cyprès, en visant plus exactement les divers profils de patients.(80)

IV.4. Potentiel allergisant

Dans l'ensemble des articles retenus, seulement deux articles traitent spécifiquement le potentiel allergisant de pollen.

Dans le premier article la recherche a fait appel à des particules de silice chargées avec l'allergène Bet v 1 provenant du pollen de bouleau (*Betula pendula*) afin d'évaluer les propriétés immunologiques de cette formulation insoluble par rapport à sa version soluble, tant chez les souris (*in vivo*) qu'en laboratoire (*in vitro*), en utilisant des IgE spécifiques. Les observations indiquent que Bet v 1 sous forme insoluble engendre une réaction IgE diminuée, une polarisation Th2 moins marquée, une infiltration pulmonaire réduite, ainsi qu'une élévation de l'IL-10, témoignant d'un environnement immunologique plus tolérant. Ces données indiquent que la capacité de sensibilisation des allergènes est fortement liée à leur solubilité. Cependant, elle ne suffit pas en elle-même : d'autres facteurs, tels que l'adjuvantité Th2, sont requis pour déclencher une réaction allergique. (81)

Le deuxième article a analysé l'effet des protéases libérées par trois types de pollen : *Chenopodium album*, *Plantago lanceolata* et *Eucalyptus globulus* sur l'épithélium respiratoire

in vitro, dans le but d'explorer le rôle potentiel de ces enzymes dans le caractère allergénique du pollen. Il a été prouvé que ces protéases ont perturbé l'intégrité de la barrière épithéliale respiratoire en décomposant les protéines essentielles des jonctions cellulaires. Cette dégradation intensifie la perméabilité de l'épithélium, ce qui facilite l'introduction des allergènes. L'article met en évidence l'importance des caractéristiques enzymatiques des pollens dans le développement des allergies, soulignant que l'activité protéolytique joue un rôle crucial dans l'évolution des pathologies respiratoires allergiques. (82)

IV.5. Traitement

Parmi les articles retenus, 47 % abordent des approches thérapeutiques, comme représenté dans la figure 13.

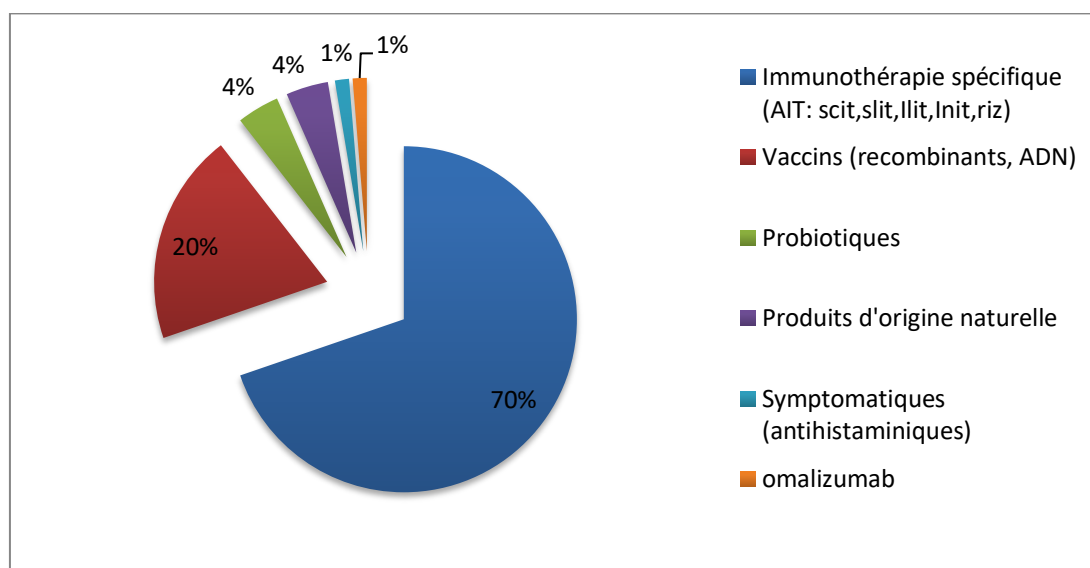


Figure 13 : Répartition des approches thérapeutiques dans les articles retenus.

La stratégie thérapeutique la plus courante dans les articles sélectionnés est l'immunothérapie allergénique spécifique (AIT), représentant 70 % du total des publications examinées. Cette catégorie englobe divers modes d'administration, avec une prédominance notable de la voie sous-cutanée (SCIT) , suivie de près par la voie sublinguale (SLIT) . D'autres voies d'administration plus modernes telles que l'intralymphatique (ILIT) et nasale locale (LNIT) ont été citées. Seules quelques publications évoquent des méthodes combinées ou des alternatives (telles que la voie transcutanée).

Dans certains articles, le riz transgénique est présenté comme une méthode novatrice d'immunothérapie orale. (83–85)

RESULTATS

Les méthodes de vaccination représentent 19 % des traitements cités, diverses techniques sont employées : l'insertion directe d'un gène d'ADN ou d'un plasmide codant pour l'allergène, la vaccination avec des protéines issues du génie génétique (vaccins recombinants), l'utilisation de bactéries lactiques recombinantes capables de produire l'allergène. Parmi les méthodes d'administration la voie intramusculaire (IM) est utilisée pour les vaccins à ADN plasmidique.

Les probiotiques, qui constituent 4 % des méthodes citées, englobent notamment *Lactobacillus helveticus* SBT2171, *Bifidobacterium longum* BB536 et *Gluconacetobacter hansenii*. Ces bactéries, administrées par ingestion, visent à réguler le microbiote intestinal et à promouvoir la tolérance immunitaire, contribuant à réduire les réactions allergiques. (86–88)

4 % des articles cités exploitent des produits naturels. Ces thérapies incluent des micronutriments et flavonoïdes, tels que le complexe quercétine-fer (FeQ₂). L'iota-carraghénane, un agent immunomodulateur non spécifique d'origine naturelle, est aussi employée, en particulier sous la forme d'un spray nasal. Les lysats bactériens PMBL (Polyvalent Mechanical Bacterial Lysate) sont administrés par voie orale. (89–91)

Les traitements symptomatiques comprennent également l'utilisation d'antihistaminiques H1 de deuxième génération, tels que la lévocétirizine et la desloratadine, ces derniers ne constituent que 1 % des méthodes évoquées. (92)

L'omalizumab, seule biothérapie ciblée identifiée, ne représente qu'environ 1 % des stratégies employées. C'est un anticorps monoclonal dirigé contre l'IgE. (93)

IV.6. Prévention

Parmi les 156 articles inclus dans cette revue, 10 articles (soit 6,4 %) ont porté sur des approches de prévention des pollinoses. Les stratégies abordées relèvent de quatre grands axes : mesures physiques, interventions nutritionnelles, modulation du microbiote, et vaccination expérimentale.

Une étude observationnelle a porté sur une mesure physique de protection, en évaluant l'effet du port du masque facial durant la pandémie de COVID-19. Elle a mis en évidence une réduction significative des symptômes de rhinite allergique saisonnière chez les patients allergiques au pollen (5).

RESULTATS

Trois études ont exploré l'effet de produits naturels d'origine végétale. Deux essais cliniques ont examiné la consommation de thé vert Benifuuki, riche en O-méthylé catéchine, chez des personnes allergiques au pollen de cèdre japonais. Les résultats ont montré une réduction significative des symptômes, particulièrement en cas de consommation avant la saison pollinique ((94,95). Une troisième étude expérimentale, conduite chez la souris, a évalué des extraits de Cyclopia (*Cyclopia genistoides* et *Cyclopia subternata*), démontrant une inhibition de la dégranulation des mastocytes (27).

Trois articles se sont intéressés à l'utilisation de probiotiques ou synbiotiques. Une étude clinique a montré l'efficacité de *Lactobacillus acidophilus* et *Bifidobacterium lactis* pour réduire les symptômes de rhinite saisonnière chez des enfants allergiques au pollen de bouleau (96). Une autre, en modèle murin, a évalué l'effet d'un yaourt pasteurisé contenant *Bifidobacterium longum* inactivé, avec des résultats positifs sur l'atténuation des réactions allergiques au pollen d'armoise (97). Une troisième étude ex vivo a mis en évidence un effet immunomodulateur de souches probiotiques sur des cellules humaines sensibilisées au pollen de graminées (98).

Enfin, trois études expérimentales ont traité des vaccins à visée préventive contre l'allergie au pollen de bouleau (*Betula pendula*), en particulier ciblant l'allergène majeur Bet v 1. Ces travaux ont porté sur différentes plateformes vaccinales : vaccins ADN (99), protéine recombinante hypoallergénique (100), et bactéries recombinantes exprimant Bet v 1 (101). Les résultats obtenus dans des modèles animaux ou cellulaires suggèrent un effet protecteur potentiel par modulation de la réponse immunitaire.

IV.7. Allergies croisées

Les allergies croisées ont été traitées dans 7 des 156 articles sélectionnés.

a- Article de Luo et al. (2021)

Une étude transversale réalisée dans le sud de la Chine chez 58 patients souffrant de rhinite allergique et/ ou d'asthme a montré une réactivité croisée entre les allergènes de pollens (notamment de bouleau, Juglans et Platanus) et ceux de la graine d'arachide, favorisant des réponses immunitaires croisées entre allergènes polliniques et alimentaires.(102)

b- Article de Rodriguez et al. (2002)

Dans une étude in vitro menée en Espagne sur du pollen mature, l'allergène Ole e 8 a été identifié comme une protéine de liaison au calcium, dans le pollen d'olivier (*Olea europaea*).

L'analyse immunochimique a révélé la présence de protéines similaires à Ole e 8 dans d'autres pollens de la famille des Oleaceae ainsi que dans le pollen de *Juniperus communis*. Cette similarité structurale soutient l'existence d'une réactivité croisée entre ces pollens.(103)

c- Article de Tinghino et al. (2002)

Etude expérimentale réalisée en Autriche. L'analyse a porté sur plusieurs allergènes polliniques recombinants à liaison du calcium issus de différentes plantes : Phl p 7 (fléole des prés), Aln g 4 (aulne), Bet v 3 (bouleau) et Jun o 4 (genévrier épineux). Une forte similarité structurale dans les domaines EF-hand, responsables de la fixation du calcium, a été mise en évidence.

Cette conservation moléculaire entraîne une réaction croisée IgE significative entre ces allergènes, expliquant la reconnaissance immunologique croisée observée chez les patients sensibilisés à plusieurs pollens.(104)

d- Article de Shamsbiranvand et al. ((2014)

Une approche expérimentale conduite en Iran porte sur la caractérisation immunochimique du pollen d'*Acacia farnesiana* et l'évaluation de sa réactivité croisée avec d'autres pollens allergéniques. Les résultats mettent en évidence une réactivité croisée marquée entre *l'Acacia farnesiana* et *Prosopis juliflora*, indiquant l'existence d'épitopes communs. (76)

e- Article de Rodriguez et al. (2006)

Une étude in vitro effectuée en Espagne, a comparé les profils des allergènes du pollen d'olivier (*Olea europaea*) et du frêne (*Fraxinus excelsior*), dans le cadre de l'évaluation de la sensibilisation croisée entre ces deux pollens.

Les résultats ont montré que la principale réactivité IgE des patients espagnols sensibilisés à l'olivier était dirigée contre l'allergène majeur Ole e 1, et que cette réactivité

était également présente chez les patients autrichiens sensibilisés au frêne, mais non exposés à l'olivier. Une forte homologie a été établie entre Ole e 1 et Fra e 1, expliquant la réactivité croisée détectée par inhibition IgE.(105)

f- Article de Piasecka-Kwiatkowska et al. (2024)

Une expérimentation in vitro menée en Pologne, a évalué l'immunoréactivité des protéines extraites des cônes, tiges et feuilles de trois cultivars de houblon (*Humulus lupulus L*) vis-à-vis des principaux allergènes de pollen : Bet v 1 (bouleau), Art v 1 (armoïse) et Phl p 5 (fléole des prés).

Les résultats ont montré une forte réactivité des protéines natives de houblon, suggérant une capacité à induire une sensibilisation croisée chez les individus allergiques aux pollens. Et soulignent les risques allergéniques potentiels associés à la consommation ou à l'exposition à des produits contenant du houblon.(106)

g- Article de Gastaminza et al. (2009)

Cette étude clinique réalisée en Espagne a évalué l'allergénicité du pollen de *Pinus radiata* et sa réactivité croisée avec d'autres espèces de pins, ainsi qu'avec les graminées. Des tests cutanés, dosages d'IgE spécifiques et analyses par immunoblot ont été réalisés chez des patients sensibilisés.

Une forte réactivité croisée a été observée entre *Pinus radiata*, *Pinus pinea*, *Pinus sylvestris* et *Pinus nigra*, tandis qu'aucune réactivité croisée n'a été retrouvée avec *Cupressus sempervirens*. Une sensibilisation croisée partielle avec le pollen de graminées (*Lolium perenne*) a été constatée uniquement chez les patients doublement sensibilisés. (107)

IV.8. Facteurs favorisant la survenue et l'exacerbation du pollinose

IV.8.1.La colonisation nasale par *Staphylococcus aureus* :

Un seul article parmi les 156 sélectionnés aborde l'implication de la colonisation nasale par *Staphylococcus aureus* dans le développement de la pollinose.

Cette étude cas-témoin, réalisée au Japon, conduite auprès de 814 adultes a mis en évidence que la prévalence de la pollinose du cèdre était plus élevée chez les

porteurs de *S. aureus* que chez les non-porteurs, et que la colonisation nasale par cette bactérie constitue certainement un facteur de risque de pollinose du cèdre.(108)

IV.8.2.Pollution :

Dix articles ont spécifiquement étudié l'impact de la pollution atmosphérique sur le pollinose.

a- Article de Ziemianin et al. (2023)

Une étude expérimentale menée en Pologne a examiné l'effet de la pollution atmosphérique sur les caractéristiques du pollen de *Betula pendula*. L'analyse d'échantillons prélevés dans des zones à niveaux variables de pollution a révélé que l'exposition aux polluants modifiait les propriétés physico-chimiques du pollen, altérait sa structure externe et augmentait la concentration de l'allergène principal Bet v 1, renforçant ainsi son pouvoir allergisant.(109)

b- Article de Fernández-González et al. (2023)

Une étude expérimentale conduite au Portugal a examiné les effets d'une exposition brève du pollen de *Dactylis glomerata* à des polluants gazeux tels que le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃). Ce qui a entraîné une augmentation de la réactivité IgE chez des patients allergiques, suggérant que même une brève interaction avec des polluants atmosphériques peut altérer les propriétés immunologiques du pollen et renforcer son pouvoir allergénique.(110)

c- Article de Konishi et al. (2014)

Une étude cas-croisé menée à Tokyo (Japon) a montré que les particules fines (PM_{2.5} et SPM) intensifient l'effet du pollen sur les symptômes allergiques, entraînant une augmentation des consultations médicales pour pollinose. Ces résultats suggèrent un rôle aggravant de la pollution particulaire dans les manifestations cliniques de la maladie.(111)

d- Article d'Ackaert et al. (2014)

Une étude expérimentale in vitro menée en Autriche a consisté à nitrer l'allergène majeur du pollen de bouleau, Bet v 1, afin de simuler son exposition à des polluants

RESULTATS

atmosphériques. La nitration a modifié sa structure et favorisé une réponse immunitaire de type Th2.

Ces résultats montrent que la pollution par nitration peut modifier la structure et accroître l'immunogénicité de Bet v 1, contribuant ainsi à l'augmentation de l'allergénicité du pollen de bouleau.(112)

e- Article de Monnier et al. (2015)

Une étude épidémiologique réalisée en France durant l'épisode de pollution de mars 2014 a croisé les concentrations de pollen de Cupressacées et de *Populus* avec les niveaux de NO₂ et de PM₁₀, ainsi qu'avec le nombre d'interventions médicales d'urgence pour troubles allergiques.

Les données ont montré que la pollution atmosphérique renforçait les effets des pollens en exacerbant les symptômes, avec une augmentation notable des interventions lors des pics simultanés de pollution et de pollinisation.(113)

f- Article de Della Rocca et al. (2022)

En Italie, une étude in vitro montre que l'exposition du pollen de *Cupressus sempervirens* à différentes concentrations de NO₂ modifie l'expression de ses allergènes majeurs.

Le pic d'expression a été observé à un niveau modéré de pollution, indiquant que même une exposition urbaine courante peut accroître l'allergénicité du pollen.(114)

g- Article de Backes et al. (2021)

Une étude in vitro réalisée en Allemagne montre que l'exposition de l'allergène Phl p 5 du *Phleum pratense* à l'ozone, au NO₂ et au peroxy-nitrite entraîne des modifications structurales, comme la nitration et l'oligomérisation, augmentant son potentiel pro-inflammatoire et allergénique.(115)

h- Article de Ouyang et al. (2021)

Une étude expérimentale in vitro menée en Chine a exposé des cellules épithéliales nasales humaines à du noir de carbone vieilli à l’ozone et à du pollen. La co-exposition a réduit la viabilité cellulaire et activé des gènes pro-inflammatoires.

Ces résultats suggèrent que la pollution particulaire combinée au pollen peut aggraver l’inflammation respiratoire et exacerber les symptômes de la rhinite allergique.(116)

i- Article de Ouyang et al. (2019)

Une étude longitudinale réalisée en Chine de 2012 à 2016 a montré que les concentrations de SO₂ et NO_x étaient positivement associées au nombre quotidien de patients allergiques aux pollens de graminées.Ces résultats indiquent que la pollution atmosphérique peut aggraver les symptômes liés à la pollinose.(117)

j- Article de Gusenkov et al. (2013)

Une étude expérimentale in vitro menée en Allemagne a montré que la nitration de l’allergène Bet v 1a du bouleau, simulant l’effet de certains polluants atmosphériques, modifiait sa structure. Ces modifications sont susceptibles d’augmenter son pouvoir allergénique.(118)

IV.8.3.Climat

a- Article de Iain R et al (2021)

Cette étude met en lumière l’effet du réchauffement climatique sur les allergies liées au pollen, avec une focalisation spécifique sur l’ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*). Les auteurs estiment que le nombre de personnes sensibilisées à l’ambrosie en Europe pourrait plus que doubler, en utilisant des modèles de simulation avancés pour une estimation quantitative dans le future. L’étude met en évidence que le réchauffement climatique stimule la propagation géographique de l’ambrosie, accroît la production de pollen et allonge la période pollinique, ce qui contribue à une intensification marquée des allergies au pollen à travers l’Europe.(119)

b- Article Kyung Set al (2021)

Cette recherche souligne un lien entre le réchauffement climatique, l'extension de la période pollinique et la sensibilisation allergique chez les enfants de la région de Séoul. Elle indique que le réchauffement climatique favorise une exposition plus précoce et prolongée aux pollens, provoquant une augmentation de la sensibilité allergique, surtout chez les jeunes.(120)

c- Jiang F et al.(2022)

Cette étude effectuée à Shenyang a examiné l'association entre les symptômes cliniques des patients atteints de rhinite allergique et la dispersion du pollen et les conditions météorologiques. Elle démontre que la concentration de pollen dans l'atmosphère est influencée par des facteurs tels que la température, l'humidité et les précipitations. Ainsi qu'une corrélation significative avec l'indice de qualité d'air.(121)

Nombre total de pollens présentait une corrélation significative avec l'indice de qualité Cela entraîne une intensification des symptômes chez les patients, spécialement au printemps, en été et en automne, avec un sommet en septembre. Ces observations démontrent que les conditions météorologiques ne provoquent pas uniquement des allergies, mais peuvent également exacerber les symptômes. (121)

d- Shahali et al. (2009)

Une étude expérimentale en Iran (Téhéran) sur le pollen de *Cupressus arizonica* afin d'évaluer l'impact de conditions environnementales telles que la chaleur et la sécheresse sur sa structure et son contenu allergénique. Ils ont observé une détérioration progressive du pollen exposé à l'air libre pendant deux semaines, marquée par des altérations morphologiques et une réduction de l'allergène principal (Cup a 1), ainsi que l'apparition d'une nouvelle protéine allergénique de 35 kDa, reconnue par les IgE des patients sensibilisés. Ces modifications traduisent une augmentation du potentiel allergénique du pollen en conditions naturelles.(122)

DISCUSSION

DISCUSSION

Cette revue de littérature explore les avancées scientifiques sur l'allergie au pollen. La lecture des 156 articles sélectionnés pour l'étude a montré que :

I. Caractéristiques des études incluses

La répartition des articles selon les années indique un intérêt croissant pour le sujet et notamment entre 2021-2024. Cependant, le taux observé durant l'année 2025 paraît plus faible, d'une part la sélection n'a concerné que la période de Janvier à Avril et d'autre part le nombre d'article reste faible car la plupart des publications récentes sont payantes, l'accès aux données a été restreint. De plus plusieurs études publiées entre 2000 à 2020 ont été exclues car elles étaient dépassées par l'avancée des recherches.

La répartition géographique des études analysées révèle une nette concentration des travaux sur la pollinose dans certaines régions du monde.

Sur les 27 pays identifiés, les plus représentés sont le Japon (26 études), l'Autriche (24), l'Allemagne (21), l'Espagne (19), la Chine (11) et la France (10). Cette concentration illustre un dynamisme de la recherche dans ces pays, probablement en lien avec une reconnaissance institutionnelle de la problématique allergique et la présence d'infrastructures de recherche spécialisées.

À l'échelle continentale, l'Europe est de loin la zone la plus représentée, avec la contribution de nombreux pays comme l'Autriche, l'Allemagne, l'Espagne, la France, l'Italie, la Suède, la Pologne, le Danemark, le Portugal, la Finlande, la Grèce, les Pays-Bas, la Roumanie ou encore la République tchèque. L'Asie suit, avec le Japon et la Chine en tête, mais aussi des contributions de l'Iran, du Kazakhstan, de l'Inde, de la Corée du Sud et des Philippines. Le continent américain est faiblement représenté, avec seulement trois publications pour les États-Unis et deux pour le Mexique. L'Océanie n'est représentée que par l'Australie. En revanche, aucune étude issue du continent africain n'a été recensée, ce qui constitue une lacune importante. Par ailleurs, le bassin méditerranéen, bien que partiellement couvert par des pays d'Europe du Sud, reste incomplet sans la présence de pays d'Afrique du Nord ou du Moyen-Orient. Ce déséquilibre dans la production scientifique limite la représentativité des données disponibles sur la pollinose à l'échelle mondiale. Selon l'OMS (2021)(123), les maladies allergiques sont en forte progression dans diverses régions du monde, y compris celles sous-représentées dans la littérature. Il apparaît donc essentiel de renforcer les efforts de recherche dans ces zones, afin de mieux comprendre les spécificités

DISCUSSION

locales de cette pathologie et de formuler des recommandations réellement adaptées à l'ensemble des contextes géographiques.

La majorité des articles retenus utilisent des tests *in vivo*, effectués sur l'homme et sur des modèles murins, en particulier les souris représentant 55 % de l'ensemble des études. Ces tests sont réalisés dans des conditions similaires à celles de l'organisme humain, permettant d'analyser de façon réaliste les effets des extraits protéiques de pollen ou bien des allergoides de pollen. Il s'agit de tirer des conclusions qui peuvent être appliquées directement à l'homme.

Les essais *in vitro* occupent la deuxième place avec 21 %. Elles fournissent un environnement maîtrisé favorable à l'étude approfondie des impacts de pollen sur des cellules ou bien des tissus.

6 % des recherches intègrent des approches *in vivo* et *in vitro*, exploitant les bénéfices complémentaires de chaque technique. L'étude *in vitro* analyse les réactions des cellules aux allergènes. Les essais *in vivo* valident ces effets au sein d'un organisme complet. Cette synergie améliore la compréhension des processus allergiques et l'évaluation des thérapies.

Alors que 1 % combine les méthodes *in silico* et *in vitro* permettant une présélection des essais . Ces combinaisons intensifient la solidité des résultats en incorporant plusieurs étapes d'analyse.

Les essais observationnels représentent 16 % de la totalité des articles retenus. Englobant des études cohortes rétrospectives et prospectives, en plus de l'analyse des cas et témoins. Elles offrent des informations provenant d'observations directes sur l'homme, généralement dans un cadre réel, qui aident à identifier des tendances ou des corrélations utiles pour la compréhension clinique.

Les études appliquant des méthodes *in silico* ne représentent qu'1 % de l'échantillon. La modélisation moléculaire a pourtant permis d'identifier des similarités structurales entre différents allergènes indiquant l'existence d'épitopes partagés. Cette méthode favorise la compréhension de la réactivité croisée et contribue à identifier les allergènes pour le diagnostic et le traitement. Ces études *in silico*, restent sous utilisées dans ce secteur en raison d'un manque de validation et de la complexité des mécanismes immunologiques à modéliser.

II. Espèces végétales allergisantes

Sur le plan botanique, l'analyse des articles retenus a permis d'identifier 31 espèces végétales allergisantes réparties dans 16 familles botaniques, avec une prédominance nette des espèces appartenant aux familles Betulaceae, Poaceae et Cupressaceae. Les espèces les plus fréquemment citées sont *Betula pendula*, *Cryptomeria japonica* et *Phleum pratense*.

La famille des Betulaceae, représentée notamment par *Betula pendula*, *Alnus glutinosa* et *Corylus avellana*, apparaît comme un acteur majeur des pollinoses. Ces espèces sont largement connues pour leur fort pouvoir allergisant, ce qui est en accord avec les données du RNSA, qui classe le pollen de bouleau, aulne et noisetier parmi les pollens à potentiel allergisant fort. Ces espèces sont même déconseillées en plantation urbaine pour cette raison.

La seconde famille la plus représentée est celle des Cupressaceae, comprenant *Cryptomeria japonica*, *Cupressus arizonica*, *Cupressus sempervirens* et *Juniperus communis*. La forte représentation de *C. japonica* peut s'expliquer par le fait que cette espèce est endémique du Japon, pays d'origine de 26 des articles étudiés. Cette surreprésentation reflète aussi le fait que les Cupressaceae produisent des pollens très allergisants, d'ailleurs le RNSA attribue aux cyprès un potentiel allergisant fort.

Les Poaceae, quant à elles, représentent une autre source importante de pollens allergisants, avec notamment *Phleum pratense*, *Lolium perenne*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata* et *Triticum aestivum*. Leur large répartition géographique, leur abondance dans les milieux urbains et ruraux, ainsi que leur floraison prolongée, expliquent leur rôle central dans les pollinoses saisonnières. Selon le RNSA, les graminées figurent également parmi les allergènes à potentiel allergisant fort.

D'autres familles apparaissent de manière plus marginale mais restent significatives dans certains contextes. Les Oleaceae, notamment *Olea europaea*, sont à l'origine de pollinoses dans les régions méditerranéennes.

La fréquence des espèces allergisantes citées dans la littérature est influencée par le couvert végétal propre à chaque région étudiée. Cela peut entraîner un biais géographique, avec une surreprésentation d'espèces locales ou endémiques, comme *Cryptomeria japonica* au Japon. Ce déséquilibre dans la répartition géographique des études limite la comparabilité globale des résultats.

Ces résultats soulignent la nécessité d'adapter les stratégies de diagnostic, de prévention et de prise en charge aux réalités écologiques locales. Par ailleurs, une surveillance pollinique continue, appuyée par des réseaux de surveillance aérobiologique, et une standardisation des méthodes d'identification des espèces allergènes sont essentielles pour une meilleure compréhension et gestion des pollinoses à l'échelle régionale et internationale.

III. Données sur la pollinose

Sur les 156 articles retenus, un seul aborde la prévalence de l'allergie au pollen de *Cupressus arizonica*. Cette étude observationnelle, montre une augmentation notable de cette prévalence qui semble s'intensifier au fil du temps pour diverses raisons, ce qui justifie l'intérêt grandissant accordé aux études durant ces dernières années. Cette augmentation est en relation à des éléments climatiques, en particulier le réchauffement climatique qui prolonge la période de pollinisation, ainsi qu'à des facteurs anthropiques notamment l'augmentation de la présence de plantes ornementales allergènes dans les zones urbaines. (124)

L'analyse des articles indique une progression significative des méthodes diagnostiques de la pollinose. L'utilisation du diagnostic moléculaire par composants (CRD), présent dans 35% des études focalisées sur le diagnostic, indique une tendance vers des méthodes plus précis et individualisé, offrant une meilleure définition des profils de sensibilisation, surtout dans les situations de polysensibilisation.

Le CRD repose sur un panel de composants purifiés ou recombinants propres à diverses espèces de pollen, ce qui permet une identification précise des IgE spécifiques

Le CRD présente une spécificité accrue par rapport au test cutané SPT, puisque il permet d'identifier les IgE ciblant des molécules allergènes spécifiques, contrairement au SPT qui fait appel à des extraits complets susceptibles de provoquer des réactions croisées.

Cependant, cette méthode comporte également plusieurs limites, elle requiert une analyse par un spécialiste. De plus, le coût élevé de ces tests et leur accessibilité restreinte peuvent constituer un obstacle à leur utilisation dans la pratique quotidienne.

L'avantage de cette technique est qu'elle permet de mieux différencier entre une véritable sensibilisation et des réactions croisées, ce qui est particulièrement bénéfique pour les patients avec une polysensibilisation ou des profils allergiques complexes.

DISCUSSION

Le test cutané (STP), qui est reconnu pour sa simplicité, son coût raisonnable et sa fiabilité en tant que méthode de dépistage initiale, est encore pratiqué (24 %) dans la plupart des études, il est appliqué en première intention pour vérifier une suspicion d'allergie, avant de se passer vers d'autres techniques de diagnostic plus spécifiques. Quelques publications se limitent à mentionner le SPT sans véritablement l'appliquer dans leur recherche.

Le test d'activation des basophiles (BAT) et la détermination des IgE spécifiques (ImmunoCAP, ELISA, RAST), représentent chacun 14 %.

Les tests d'activation des basophiles (BAT) effectués *in vitro*, se basant essentiellement sur l'identification de marqueurs spécifiques d'activation des basophiles tels que CD203, CD203c ou plus récemment CD164. Ces marqueurs montrent l'état d'activation des cellules suite à une exposition aux allergènes, ce qui affine l'évaluation de la sensibilité aux allergies. Cependant, même si ces tests présentent une grande précision, leur interprétation exige une validation clinique détaillée, car ils ne reflètent pas intégralement la complexité des réactions allergiques *in vivo*.

D'autres méthodes de diagnostic ont été nettement moins citées, en raison de leur complexité, leur coût ou leur disponibilité limitée telles que le test de provocation nasale, la spectrométrie de masse, la mesure du NO expiré (FENO), les chambres d'exposition contrôlée.

Deux articles se concentrent principalement sur l'identification des éléments des extraits allergènes commerciaux employés dans le diagnostic et le traitement. Il s'agit d'analyser la composition des extraits polliniques commerciaux pour déterminer ceux qui sont les plus appropriés au diagnostic et à la thérapie des allergies, surtout chez les patients souffrant de symptômes graves.

L'analyse des données sur les allergènes cités met en évidence que les allergènes des pollens les plus fréquemment responsables de réactions allergiques sont bien connus. Parmi lesquels on peut citer Phl p 1, Phl p 2, Phl p 3, Phl p 4, Phl p 5, Phl p 12, Phl p 13 et Pho d 2 de la famille des Poaceae et Aln g 1, allergène important rattaché aux Betulaceae. Ainsi que Cup a 3 et Cry j 3 de la famille des Cupressaceae, et Ole e 1, Ole e 8, Ole e 9 des Oleaceae.

Cette diversité illustre la complexité des sensibilisations allergéniques, impliquant plusieurs familles de protéines aux propriétés immunogènes distinctes, telles que les PR-10

DISCUSSION

(comme Bet v 1), les profilines (Bet v 2, Phl p 12), les expansines (Phl p 1), les pectate lyases (Cup a 1), les isoflavone réductases (Ole e 1) ou encore les calcium bindings proteins (Ole e 8). Chacune de ces familles présente des structures, des fonctions biologiques et une stabilité variable, influençant leur potentiel allergénique et leur capacité à induire une réponse Ig E . (125)

Certaines études se sont penchées à des pollens pour lesquels les allergènes n'ont pas encore été identifiés, en explorant des protéines spécifiques présentes dans ces pollens. Ces travaux ont ainsi contribué à la mise en évidence de nouveaux allergènes potentiels. De plus, les approches protéomiques et immunologiques utilisées, dans ces études, montrent que la caractérisation des composants allergéniques demeure un domaine en constante évolution. Elles ouvrent la voie à une compréhension approfondie des mécanismes de l'allergie, ainsi qu'à l'identification de nouveaux biomarqueurs utiles pour le diagnostic et le développement de stratégies thérapeutiques.

Seuls deux articles ont traité le potentiel allergisant du pollen. Le premier indique que l'allergène insoluble de l'allergène Bet v 1 induit une réaction immunitaire plus tolérante suggérant une influence de la solubilité sur l'immunogénicité. Le second met en lumière le fait que les protéases présentes dans certains pollens endommagent l'épithélium respiratoire, ce qui favorise l'entrée des allergènes.

Ces recherches démontrent que le potentiel allergénique ne dépend pas uniquement de la nature des protéines en cause, mais aussi de leur structure et leurs propriétés enzymatiques. Cela justifie la nécessité de poursuivre les études tant pour mieux comprendre les mécanismes de sensibilisation que pour développer des stratégies permettant de réduire l'allergénicité en période d'exposition.

Concernant le traitement de la pollinose, l'approche la plus citée, (70 % des traitements analysés), est l'immunothérapie allergénique spécifique (AIT).

L'AiT est recommandée lorsque les traitements symptomatiques et les actions d'éviction des allergènes n'arrivent pas à contrôler la situation.(126)Actuellement, il n'y a pas de consensus officiel concernant la durée optimale de l'AiT. D'après les résultats des études qui démontrent les effets à long terme de l'AiT, on préconise généralement des protocoles de traitement s'étalant sur une durée de 3 à 5 ans. (127)

DISCUSSION

L'immunothérapie allergénique spécifique par voie sous-cutanée (SCIT) est la forme la plus utilisée de l'AIT. Elle est couramment employée pour son efficacité prouvée dans la réduction des symptômes allergiques à long terme.

Elle conduit à une amélioration considérable et durable de la qualité de vie, accompagnée d'une réduction significative des symptômes d'allergie.

Afin améliorer la réponse immunitaire, certaines SCIT intègrent des adjuvants tels que l'alumine (alum) ou le Monophosphoryl Lipid A (MPL), qui favorisent la tolérance tout en améliorant la sécurité et l'efficacité. Plusieurs études sélectionnées se sont penché sur l'efficacité de l'utilisation de ces adjuvants.(128–130)

Cependant, la SCIT peut provoquer des effets secondaires allant de réactions locales simples (rougeur ou gonflement au site d'injection) à des réactions systémiques plus graves. De ce fait elle doit être réalisée sous surveillance d'un médecin expert en cas de réaction anaphylactique ; celle-ci doit être d' au moins 30 minutes après l'injection. (127)

L'immunothérapie sublinguale (SLIT), une alternative à l'immunothérapie SCIT a été mise au point, pour pallier à ses risques. Elle implique l'administration d'allergènes sous forme de comprimés ou de gouttes placées sous la langue dans le cadre d'un traitement pré- et co-saisonnier ou en usage continu. (127) En effet, la SLIT pour la rhinite allergique au pollen est plus efficace si le traitement présaisonnier commence au moins deux mois avant le début de la saison des pollens. (2)

L'administration initiale de la SLIT doit être effectuée un cabinet médical avec une observation de 30 minutes, en cas de réaction systémique lors de l'administration du premier comprimé .(127)

Les effets indésirables majeurs de SLIT incluent des réactions locales : démangeaisons ou sensation de brûlure dans la bouche ou sur les lèvres. Occasionnellement, des symptômes gastro-intestinaux peuvent se manifester. Ces réactions sont habituellement temporaires et disparaissent d'elles-mêmes au bout de quelques jours ou d'une semaine.

Les professionnels qui utilisent actuellement la SLIT estiment que l'observance au traitement y est nettement meilleure qu'avec la SCIT. De plus, la sécurité est intensifié, les effets indésirables étant généralement locaux (démangeaisons et œdème buccale, douleurs

DISCUSSION

abdominales voire nausées), se produisant au moins mille fois moins fréquemment que ceux liés aux injections d'allergènes.(127)

Des méthodes plus innovantes, telles que l'immunothérapie intralymphatique (ILIT) ou l'immunothérapie locale nasale (LNIT), sont actuellement à l'étude pour optimiser la rapidité et la précision des traitements, mais restent encore peu usuelles. (131–134)

L'immunothérapie intralymphatique (ILIT) implique l'injection directe de l'allergène dans un ganglion lymphatique, favorisant ainsi une activation rapide du système immunitaire. Elle présente l'avantage de ne nécessiter que trois injections, ce qui rend le traitement plus rapide, et mieux toléré.(131)

L'emploi du riz génétiquement modifié a été cité comme approche novatrice d'immunothérapie par voie orale. Dans ces recherches, le riz a été modifié pour produire des allergènes spécifiques, dans l'objectif de provoquer une tolérance immunitaire par la voie orale. Jusque là, ces recherches ont été effectuées uniquement in vivo chez l'animal (modèles murins). Dans les trois articles, l'ingestion de riz génétiquement modifié a permis d'établir une tolérance immunitaire spécifique, accompagnée d'une baisse de la multiplication des cellules T et des taux d'IgE chez les souris sensibilisées. Ces résultats mettent en évidence le potentiel des aliments transgéniques en tant que vecteur stable et efficace pour l'immunothérapie spécifique des allergies liées aux pollens. (83–85)

L'approche vaccinale figure également parmi les stratégies thérapeutiques recensées, (environ 19 % des articles). Avec des méthodes diverses comprennent l'introduction directe de gènes d'ADN ou de plasmides contenant des allergènes, l'utilisation de vaccins recombinants dérivés du génie génétique, ainsi que le recours à des bactéries lactiques recombinantes capables de générer l'allergène.

Cependant, il est important de noter que la plupart des recherches identifiées ont été menées in vivo sur des animaux, et que ce type de vaccination est toujours en phase d'expérimentation préclinique.

3 articles examinés traitent les probiotiques pour leur capacité à moduler le système immunitaire dans le cadre des allergies.

- L'administration orale de *Bifidobacterium longum* BB536 a démontré une efficacité significative in vivo chez l'être humain pour atténuer les symptômes de la pollinose

DISCUSSION

déclenchée par le pollen du cèdre japonais (*Cryptomeria japonica*). Cette efficacité clinique a été associée à une régulation de la réaction immunitaire : diminution des indices symptomatiques, réduction des IgE spécifiques, baisse des niveaux de TARC (indicateur Th2) et des éosinophiles en circulation (88)

- *Lactobacillus helveticus SBT2171* et *Gluconacetobacter hansenii* ont démontré des propriétés immunomodulatrices dans des essais sur animaux, cependant les informations concernant leur utilisation chez l'homme demeurent insuffisantes pour préconiser leur emploi clinique.

4 % des stratégies thérapeutiques mentionnées sont basées sur des produits de source naturelle : Les lysats de bactéries (PMBL), administrés par la voie orale, et l'iota-carraghénane, utilisé en spray nasal, ont tous deux prouvé leur efficacité in vivo chez l'homme. Les micronutriments tels que le complexe quercétine-fer (FeQ₂) ont montrés leur efficacité par étude in vitro, cependant aucune information chez l'homme n'est encore accessible.

Les articles analysés citent faiblement les traitements symptomatiques tels que les antihistaminiques H1 (la lévocétirizine et la desloratadine) . Ces thérapies sont déjà largement reconnues dans la pratique clinique et les publications retenues avaient plutôt des visées de recherche. De même pour L'omalizumab, un anticorps monoclonal qui cible l'immunoglobuline E (IgE), n'a été cité que une fois. Cette biothérapie ciblée est principalement destinée aux cas sévères.

La prévention des pollinoses reste, à ce jour, un domaine de recherche encore relativement marginal, comme en témoigne la faible proportion d'articles qui lui sont consacrés (6,4 % des publications incluses).

Plusieurs études ont souligné l'importance du suivi aérobiologique dans la prévention et le diagnostic. C'est notamment le cas des travaux de Bonini et al. (2022) et de Ouyang et al. (2024). (4,135)

Toutefois, les études recensées explorent plusieurs axes innovants, allant au-delà des recommandations classiques d'évitement, et reflètent un intérêt croissant pour des approches complémentaires ou alternatives. Les types de stratégies qui se dégagent de ces recherches concernent surtout la modulation du microbiote, les approches vaccinales et les produits naturels d'origine végétales.

DISCUSSION

Une approche physique a été évaluée dans le cadre des observations menées dans le contexte de la pandémie de COVID-19 concernant l'impact du port du masque facial sur les symptômes de rhinite allergique saisonnière(5). Elle met en évidence une réduction significative de ces symptômes chez des patients allergiques au pollen suite au port du masque. Ce résultat suggère que des mesures physiques simples de filtration de l'air peuvent contribuer à la prévention, notamment pendant les pics polliniques.

D'autres approches explorant l'effet des produits naturels d'origine végétales aux propriétés anti-inflammatoires ou immunomodulatrices ont été repérées :

Deux essais cliniques se sont intéressés à une variété particulière de thé vert japonais, Benifuuki (*Camellia sinensis* var. Benifuuki), riche en O-méthylé catéchines, des composés polyphénoliques aux effets antiallergiques démontrés. La consommation régulière de ce thé, avant et pendant la saison pollinique, a permis de réduire significativement les symptômes liés au pollen de *Cryptomeria japonica*, une espèce fortement allergisante au Japon. Ces résultats appuient l'idée d'une prophylaxie nutritionnelle ciblée, potentiellement applicable à d'autres types de pollinoses. (94,95)

Une étude expérimentale, des extraits de *Cyclopia*, une plante endémique d'Afrique du Sud traditionnellement utilisée en infusion sous le nom de honeybush, ont montré un effet inhibiteur sur la dégranulation des mastocytes. Les espèces étudiées (*Cyclopia genistoides* et *C. subternata*) sont riches en flavonoïdes spécifiques aux propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. Ce résultat, bien que préliminaire et obtenu chez l'animal, met en lumière le potentiel de certaines plantes médicinales peu connues dans la modulation de la réponse allergique.(136)

La modulation du microbiote intestinal constitue une autre voie prometteuse à exploiter. Trois études ont évalué l'impact de probiotiques sur la rhinite allergique.

Chez l'enfant, l'association de *Lactobacillus acidophilus* et *Bifidobacterium lactis* a montré une efficacité clinique contre les symptômes induits par le pollen de bouleau (96).

Les effets bénéfiques de *Bifidobacterium longum* sur la réaction allergique au pollen d'armoise ont été mis en évidence sur modèles animaux (97)

DISCUSSION

Une étude *ex vivo* a montré l'efficacité des souches probiotiques appartenant aux genres *Lactobacillus*, *Lacticaseibacillus* et *Bifidobacterium* sur des cellules humaines sensibilisées aux graminées(104).

Ces résultats appuient l'hypothèse du lien entre dysbiose intestinale et hypersensibilité allergique, et suggèrent qu'il est possible de prévenir l'activation immunitaire en évitant le déséquilibre du microbiote.

Enfin, la recherche expérimentale sur les vaccins antiallergiques préventifs est en cours de développement, notamment contre l'allergie au pollen de bouleau (*Betula pendula*). Trois études ont testé des formulations innovantes ciblant l'allergène majeur Bet v 1 : ADN vaccinal(99), protéine recombinante hypoallergénique(100), et vecteurs bactériens recombinants(101). Les résultats obtenus en modèles animaux ou cellulaires sont prometteurs et suggèrent une modulation préventive de la réponse immunitaire, bien qu'aucune de ces stratégies ne soit encore transposée en clinique humaine.

En résumé, ces différentes approches de prévention, bien qu'encore expérimentales pour la plupart, traduisent une diversification des stratégies visant à limiter l'apparition ou l'intensité des symptômes allergiques. Elles ouvrent des perspectives intéressantes en complément de la gestion environnementale classique, et soulignent l'intérêt de la prévention ciblée, individualisée, et potentiellement intégrée à une approche globale de santé publique.

L'allergie croisée correspond à une réaction immunitaire dirigée contre des allergènes différents mais présentant des structures similaires. Dans le cadre des pollinoses, ce phénomène revêt une importance particulière car il peut élargir le profil de sensibilisation et compliquer la prise en charge clinique.

Plusieurs études mettent en évidence la similarité structurale entre différents allergènes de pollens, souvent responsables de réactions croisées. Les travaux de Tinghino et al. (2002)(104) et de Rodriguez et al. (2002)(103) montrent que des protéines appartenant à la famille des polcalcines, notamment les allergènes Phl p 7 (fléole), Bet v 3 (bouleau), et Ole e 8 (olivier), partagent des domaines EF-hand fixant le calcium. Cette conservation structurale explique des réactions croisées IgE fréquentes entre espèces végétales pourtant botaniquement éloignées. En comparaison, l'étude de Shamsbiranvand et al. (2014) (76) menée en Iran, met en lumière une réactivité croisée entre les pollens d'*Acacia farnesiana* et de *Prosopis*

DISCUSSION

juliflora, attribuée à la présence d'épitopes communs induisant une sensibilisation croisée chez des patients exposés à ces espèces locales.

Luo et al. (2021)(102) rapportent une réactivité croisée entre des pollens d'arbres (bouleau, Platanus, Juglans) et des allergènes alimentaires, en particulier la graine d'arachide, illustrant le syndrome pollen-aliment. Ce phénomène traduit une continuité entre sensibilisation environnementale et réactions alimentaires, avec des implications cliniques notables.

L'étude de Piasecka-Kwiatkowska et al. (2024)(106) introduit un axe original en identifiant une réactivité croisée entre le houblon (produits consommés à base de houblon) et plusieurs allergènes majeurs de pollens comme Bet v 1 (bouleau), Art v 1 (armoïse) ou Phl p 5 (graminées). Ces résultats suggèrent que des sources non polliniques, telles que des extraits de plantes utilisées en alimentation ou cosmétique, pourraient représenter des sources d'exposition inattendues chez des patients déjà sensibilisés.

Un autre point important est la réactivité croisée au sein d'une même famille botanique. L'étude de Rodriguez et al. (2006)(105) montre que l'allergène majeur du pollen d'olivier (Ole e 1) présente une forte homologie avec celui du frêne (Fra e 1), ce qui a permis de démontrer une sensibilisation croisée même en l'absence d'exposition directe à l'olivier chez des patients autrichiens. Une observation similaire est rapportée par Gastaminza et al. (2000)(107) qui ont documenté une réactivité croisée entre différentes espèces de pins (*Pinus radiata*, *P. sylvestris*, *P. pinea*, *P. nigra*), mais non avec *Cupressus sempervirens*. Ces études confirment que la proximité taxonomique joue un rôle déterminant dans la prédiction des profils de sensibilisation croisée.

Enfin, la diversité des méthodes de diagnostic utilisées dans ces articles (tests cutanés, immunoblot, inhibition IgE, analyse structurale) souligne l'importance d'une approche combinée pour documenter la réactivité croisée. Alors que certaines études adoptent une démarche clinique (comme celle de Gastaminza), d'autres reposent sur des analyses immunochimiques *in vitro* (Rodriguez, Piasecka-Kwiatkowska), ce qui peut expliquer certaines différences d'interprétation. Néanmoins, l'ensemble des travaux converge vers la reconnaissance de la réactivité croisée comme un phénomène courant, mais sous-estimé, dans la prise en charge des allergies polliniques.

DISCUSSION

La littérature identifie plusieurs éléments pouvant contribuer à la survenue ou à l'aggravation de la pollinose.

L'article de Morizane et al. (2022) : a mis en évidence une association entre la colonisation nasale par *Staphylococcus aureus* et la pollinose au cèdre, indiquant que cette bactérie pourrait représenter un facteur de risque dans le développement de la sensibilisation ou de la pollinose. Ce lien ouvre une piste intéressante dans la compréhension des mécanismes impliquant le microbiote nasal dans survenu de réactions allergiques, mais le mécanisme de cette influence n'a pas été élucidé (108).

Parmi les dix articles qui ont spécifiquement étudié l'impact de la pollution atmosphérique sur la pollinose :

Trois études expérimentales montrent que certains polluants, comme le dioxyde d'azote, l'ozone et le peroxyde d'azote, modifient la structure des allergènes polliniques par nitration, renforçant potentiellement leur pouvoir allergénique (Ackaert et al., 2014 ; Gusenkov et al., 2013 ; Backes et al., 2021) (112,115,118)

Deux autres travaux soulignent une altération directe des caractéristiques du pollen, incluant la dégradation de la paroi externe et l'augmentation de la concentration en allergènes suite à une exposition même à un niveau modéré de pollution (Ziemianin et al., 2023 ; Della Rocca et al., 2022) (90,114).

Trois études expérimentales in vitro montrent que l'exposition brève du pollen à des gaz polluants (dioxyde d'azote (NO₂), ozone (O₃)) entraîne une augmentation de la réponse IgE et de l'inflammation, suggérant une interaction renforçant la sensibilisation (Fernández-González et al., 2023 ; Della Rocca et al., 2022)(110,114). Ces effets sont confirmés par des modifications de l'expression génique dans les cellules épithéliales exposées à la fois à la pollution et au pollen (Ouyang et al., 2021) (116)

Enfin, dans trois études épidémiologiques menées en milieu urbain, les pics de pollution ont été associés à une hausse des consultations médicales pour pollinose ou à une augmentation du nombre de patients sensibilisés (Konishi et al., 2014 ; Monnier et al., 2015 ; Ouyang et al., 2019) (111,113,117)

Ces observations mettent en évidence l'interaction étroite entre les facteurs environnementaux et les agents allergisants. Il est à noter que la pollution agit non seulement

comme irritant respiratoire, mais aussi comme amplificateur de la réponse immunitaire au pollen. Ces résultats soulignent l'importance d'une surveillance conjointe des niveaux de pollution et des concentrations polliniques, notamment en milieu urbain, afin d'anticiper les pics de symptomatologie allergique.

Dans cette revue, quatre articles se concentrent spécifiquement sur l'effet des facteurs climatiques sur la pollinose. Ils démontrent que les variations climatiques affectent non seulement la répartition géographique des espèces allergisantes mais aussi la production de pollens et la durée de la saison pollinique soulignant l'extension de la période pollinique suite au réchauffement climatique mais également leur potentiel allergène. Ce qui répercute sur l'intensité des symptômes chez les personnes exposées.

IV. Limites de l'étude

Durant cette étude, plusieurs obstacles ont limité notre analyse et ont influencé la portée des résultats.

Tout d'abord, l'inaccessibilité aux textes intégraux de certains articles scientifiques payants a constitué une limitation majeure. En raison des restrictions d'accès, certaines études n'ont pu être consultées dans leur totalité, et ont été de ce fait exclu, restreignant ainsi la possibilité d'extraire des données complètes et d'élargir le champ d'analyse.

Ensuite, la diversité des études sélectionnées, tant du point de vu, les méthodologies utilisées, les populations étudiées ou encore les outils de mesure employés, a introduit une certaine hétérogénéité des données. Cela a rendu la comparaison des résultats entre les différentes études complexe et a limité la possibilité d'établir des conclusions uniformes.

Par ailleurs, pour certains aspects spécifiques des pollinoses, le nombre d'études était restreint, ce qui a constitué une autre contrainte. Par exemple, certains types de pollen ou des populations géographiques particulières ont été sous-représentés, créant ainsi des lacunes dans l'analyse globale de la problématique.

Une autre limite réside dans la qualité variable des études incluses. Certaines études présentaient des biais méthodologiques ou des échantillons de petite taille, ce qui a pu affecter la robustesse des résultats obtenus et leur possibilité de généralisation.

DISCUSSION

Enfin, bien que cette revue de la littérature se soit centrée sur les études publiées dans les bases de données accessibles, il est possible que des travaux récents ou des études non publiées aient échappé à notre analyse, limitant ainsi l'exhaustivité de notre revue.

CONCLUSION

CONCLUSION

L'intérêt pour la recherche sur la pollinose dans le domaine d'allergologie a considérablement augmenté. Cette évolution est le reflet d'un désir croissant de mieux comprendre prévenir et traiter cette pathologie de plus en plus fréquente à cause de l'augmentation continue de sa prévalence au cours des années. En effet Une meilleure identification des allergènes, des espèces concernées et des risques d'allergies croisées contribue à optimiser le diagnostic et les mesures préventives. De plus les recherches s'orientent de plus en plus vers des méthodes de traitement naturelles, innovantes et ciblés Cela ouvre la porte pour des options supplémentaires aux thérapies traditionnelles, plus en phase avec les exigences des patients.

Cette revue de littérature sur la pollinose a contribué à recueillir les données récentes et approfondir la compréhension des divers volets associés à cette allergie, telles que les méthodes de diagnostic autres que les méthodes standards et plus précises, les thérapies immunologiques, les avancées sur les vaccins antiallergiques, les produits d'origines naturelles (probiotiques) et les stratégies de prévention autres que l'éviction, incluant l'utilisation de produits naturels d'origine végétale ou certains probiotiques ainsi que la vaccination préventive. Elle souligne les allergènes principaux provenant de familles botaniques très répondues et souvent incriminées dans les pollinoses tels que les Poacées, Bétulacées ou Cupressacées.

Enfin, Cette recherche met en évidence l'importance d'une approche globale qui ne se limite pas seulement au traitement, mais englobant aussi le diagnostic précis, des mesures préventives et la reconnaissance des facteurs aggravants. C'est en associant ces facteurs qu'on pourra plus efficacement agir contre la pollinose et améliorer de manière permanente la qualité de vie des patients.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Lake IR, Jones NR, Agnew M, Goodess CM, Giorgi F, Hamaoui-Laguel L, et al. Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe. *Environmental Health Perspectives*. mars 2017;125(3):385-91.
2. Garriga-Baraut T, Moncín MMSM, Tena M, Labrador-Horrillo M. INMUNOCAT study: The impact of molecular diagnosis on immunotherapy prescription in pollen polysensitized patients from Catalonia. In: *Clinical and Translational Allergy* [Internet]. 2023
3. Small P, Keith PK, Kim H. Allergic rhinitis. *Allergy Asthma Clin Immunol*. 12 sept 2018;14(Suppl 2):51.
4. Ouyang Y, Yang J, Zhang J, Yan Y, Sun S, Wang J, et al. Airborne pollen exposure and risk of hospital admission for allergic rhinitis in Beijing: A time-stratified case-crossover study. In: *Clinical and Translational Allergy* [Internet]. 2024
5. Mengi E, Kara CO, Alptürk U, Topuz B. The effect of face mask usage on the allergic rhinitis symptoms in patients with pollen allergy during the covid-19 pandemic. In: *American Journal of Otolaryngology* [Internet]. 2022
6. Novak N, Worm M, Staubach P, Jutel M, Sager A, Pfaar O. Subcutaneous birch pollen allergen immunotherapy with a depigmented polymerized extract shows only sustained and long-term efficacy in a subgroup of monosensitized adults and adolescents with allergic rhinitis. *Clin Transl Allergy*. 5 oct 2022;12(10):e12185.
7. Ravazzi G. Les autres produits de la ruche. In *Abeille et apiculture*. Vecchi. 2003. 116-117 P p.
8. Marouf A, Reynou J. *La botanique de A à Z*. 2007.
9. Punt W, Hoen P, Blackmore S, Nilsson S, Thomas A. *Illustrated pollen terminology*. 2007.
10. Charpin J. *Les pollens, les pollinoses et autres maladies respiratoires*. 2004.
11. Kessler R, Harley M. *La vie sexuelle cachée des fleurs : Palynologie*. 2011.
12. Guérin B, Michel F. *Pollen et allergie*. Allerbio. 1993.
13. Chassany V, Potage M, Ricou M. *Mini manuel de biologie végétale*. 2012.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

14. Roland Jean Claude, Bouteau HEM, Bouteau F. Atlas biologie végétale. 7e édition. Paris; 2008.
15. Macaluso-Galletta, A. A. Etude des niveaux de contamination en HAP et des différentes variables biologiques dans les grains de pollen de pin (*Pinus nigra*) et de frêne (*Fraxinus excelsior*) du sillon Mosellan. 2004.
16. Charpin D. Allergologie. 2^{ème} éd. 1986.
17. Reille M. Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. 1990.
18. Richard D, Chevot P, Fournel S. Biologie. 2^{ème} éd. 2012. 606-610 p.
19. Hügel MF. ÉTUDE DE QUELQUES CONSTITUANTS DU POLLEN (1). Les Annales de l'Abeille. 1962;5(2):97-133.
20. Donadieu Y. Pollen thérapeutique naturel. 6^{ème} éd. 1986.
21. Blanc M. Propriétés et usage médical des produits de la ruche [Thèse de doctorat en pharmacie,]. Université de Limoges; 2010.
22. ALP Forum. Produits apicoles et santé [Internet]. Département fédéral de l'économie (DFE); 2006 p. 20-1. Report No.: N°41F.
23. Human H, Nicolson SW. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). In: Phytochemistry [Internet]. 2006. p. 1486-92.
24. Roulston TH. What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen–pistil interaction, or phylogeny. Ecological Monographs. 2000. 617-620 p.
25. Taha EKA, Al-Kahtani S, Taha R. Protein content and amino acids composition of bee-pollens from major floral sources in Al-Ahsa, eastern Saudi Arabia. In: Saudi Journal of Biological Sciences [Internet]. 2019. p. 232-7.
26. Amigou M. Les résidus de médicaments vétérinaires et de pesticides dans les produits apicoles alimentaires (miel, pollen, gelée royale et propolis) [Thèse de doctorat vétérinaire]. École nationale vétérinaire d'Alfort; 2016.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

27. Ballot-Flurin. L'apithérapie. Éditions Eyrolles. 2014.
28. Clément H, Bruneau E, Barbarçon JM, Domerengo R, Fert G, Vaissière B. Le traité Rustica de l'apiculture. Rustica. 2011.
29. Oussada D, Yousfi M. Etude prospective des allergies au pollen [Thèse de l'obtention du diplôme de MASTER En Sciences biologiques]. 2021.
30. Philippe JM. Le guide de l'apiculture. Isud. 1988.
31. Sauvager F. Les produits de la ruche et la santé humaine. 2012.
32. Abou chakra O. Allergénicité des Granules Cytoplasmiques de Pollen. [Paris]; 2009.
33. Lifschitz C, Szajewska H. Cow's milk allergy: evidence-based diagnosis and management for the practitioner. In 2014.
34. Elagamy E. Milk Protein Allergy. Reference Module in Food Science. In 2016.
35. Godard P, Chanez P, Bousquet J. Asthmologie. Elsevier Masson; 2000. 332 p.
36. Diddier A. Allergie et hypersensibilité. 2005. 62 p.
37. ANESE. Etat des connaissances sur l'impact sanitaire lié à l'exposition de la population générale aux pollens présents dans l'air ambiant. 2014 p. 217.
38. Gabet S. Sensibilisation allergénique au cours des huit premières années de vie, facteurs et morbidité associés dans la cohorte de naissances PARIS. In.
39. Lahaye T. La prise en charge de l'allergie, perspective d'une nouvelle approche : les probiotiques. université de Caen Normandie.; 2022.
40. Grevers G, Rocken M. Atlas de poche d'allergologie. Flammarion. 2002. 36,38,40,44.
41. Charpin D, Caillaud D. Epidémiologie de l'allergie pollinique. Revue des maladies respiratoires. 2014. 123-131 p.
42. Thibaudon, M, Olivier G. Pollinoses et surveillance des pollens en France, Air Pur, N°71, premier semestre. 2007. 236 p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

43. Ravault C, Zeghnoun A, Fabres B, Lecadet J, Quénel P, Thribaoudon M, et al. Effets à court terme du contenu pollinique de l'air sur le risque de rhino-conjonctivite allergique. Résultats d'une étude pilote utilisant comme indicateur de santé la consommation de médicaments anti-allergiques, Clermont-Ferrand, 2000-2001. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire; 2005. 36 p.
44. Pauli G, Metz-Favre C. Allergies croisées pollens–aliments. Revue Des Maladies Respiratoires. In 2013.
45. Rommel S. Hypersensibilités alimentaires allergiques chez l'enfant diagnostic, traitement et conseils du pharmacien. [France]: Université de Limoges; 2012.
46. ORS. Observatoire régional de la santé ; les pollens, les pollinoses et autres maladies respiratoires allergiques. 2021 p. 28 P.
47. Ketfi L. Le contenu pollinique atmosphérique de région de Annaba et sa relation avec la pollinose. université Badji Mokhtar, Annaba. Faculté des sciences, département de biologie.; 2016.
48. Tobias A, Galan I, Banega J. Short term effects of airborne pollen concentrations on asthma epidemic. 2003. 58/708-810.
49. Laaidi M, Laaidi K, BESANCENOT JP. Synergie entre pollens et polluants chimiques de l'air : les risques croisés. Environnement. 2002.
50. ROMBAUX P, DE TOEUF C, COLLET S, ELOY P, BERTRAND B. La rhinite allergique en Belgique, Louvain Médical. 2005.
51. Bouaziz A. Mise au point d'une forme stable de l'allergène Der p 3 de Dermatophagoides pteronys sinus pour le diagnostic rapide et le développement de Nouvelles approches d'immunothérapie de l'allergie aux acariens. Université de Liège, Liège (Belgique); 2014.
52. Evrard B. Physiopathologie de l'allergie IgE-dépendante. Revue Francophone Des Laboratoires. In 2020.
53. Apsf. Association Des Pollinarius Sentinelles De France. 2020 p. 17.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

54. Pauline H. Les plantes communes allergènes et toxiques dans les jardins picards. université de picardie jules verne-faculté de pharmacie d'amiens; 2015.
55. Jacques R. La pollinose ou les troubles provoqués par les pollens. In Pédiatre allergologue, centre hospitalier Lyon sud; 2015. p. 7.
56. Sannipoli L. Pollinoses aux Fagales : aspects botanique, physiopathologique et conseils à l'officine [Thèse pour le Diplôme d'état de docteur en Pharmacie]. faculté de Pharmacie, université de Rouen; 2015.
57. Marc D. pollens : entre allergies et bienfaits [Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie]. faculté de pharmacie, université de Limoges; 2023.
58. Labbé A. Le diagnostic allergologique est-il en train de changer ? Revue Française d'Allergologie. In 2020.
59. Alhamidi A. Etude du pollen de quelques espèces allergisantes de la région de Tlemcen [MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTEUR EN PHARMACIE]. 2017.
60. Nofal M, Ganatra RD, Airey PL, Piyasena RD. La radio-immun analyse au service de la médecine dans le pays en développement. 1989 p. 5-9.
61. Obtulowicz K. pollution and pollen allergy. 1993. 341 :121-128.
62. Mortureux, M M, Clot B, Caillaud D, Charpin D, Chauvel B, Farre, et al. Etat des connaissances sur l'impact sanitaire lié à l'exposition de la population générale aux pollens présents dans l'air ambiant. Paris; 2014. 56 p.
63. Shahali Y, Pourpak Z, Moin m, Zare A, Majd A. Impact of air pollution exposure on the allergenic properties of Arizona cypress pollens. 2009. 151 :1-9.
64. Duteau G. Allergologie. 2006.
65. Bernard D. Mieux comprendre les maladies allergiques. 2003. 239 p.
66. Raffard M. studylibfr.com. 2012. Traitement des maladies allergiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

67. Salvi C. Les allergies chez l'enfant: physiopathologie, progression du phénomène et prise en charge. 2018;
68. Bousquet J, Lockey R, Malling H. Allergen immunotherapy: Therapeutic vaccines for allergic diseases. In: *Journal of Allergy and Clinical Immunology* [Internet]. 1998. p. 558-62.
69. Demoly P. Rhinite allergique et polypose nasosinusienne. Jhon Libbey Eurotext. Paris; 2005.
70. Guenounou M, David B. Les cytokines dans la physiopathologie et l'exploration de la réponse allergique. 2000. 328: 51-56.
71. Asero R, Ceriotti V, Bonini M. Cypress pollen allergy in Milan: the story of an ongoing growth. In: *European Annals of Allergy and Clinical Immunology* [Internet]. 2021 [cité 25 juin 2025]. p. 209. Disponible sur: <http://www.eurannallergyimm.com/cont/journals-articles/1038/volume-cypress-pollen-allergy-milan-story.asp>
72. Asero R, Mistrello G, Amato S. Detection of pan-allergens in commercial pollen extracts for allergen immunotherapy. In: *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* [Internet]. 2016
73. Focke M, Marth K, Valenta R. Molecular composition and biological activity of commercial birch pollen allergen extracts. In: *European Journal of Clinical Investigation* [Internet]. 2009
74. Guo W, Zhan X, Jiang F, Xi Y. Analysis of allergen components and identification of bioactivity of HSP70 in pollen of *Populus deltoides*. In: *Proteome Science* [Internet]. 2021
75. Huerta-Ocampo JÁ, Batista-Roche LG, Morales-Amparano MB, Robles-Burgueño M del R, Ramos-Clamont Montfort G, Vázquez-Moreno L, et al. Identification of Allergenic Proteins in Velvet Mesquite (*Prosopis velutina*) Pollen: An Immunoproteomics Approach. In: *Life* [Internet]. 2022
76. Immunochemical Characterization of Acacia Pollen Allergens and Evaluation of Cross-Reactivity Pattern with the Common Allergenic Pollens [Internet].
77. Allergenicity assessment of *Delonix regia* pollen grain and identification of allergens by immunoproteomic approach: *Heliyon* [Internet].

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

78. Potocki L, Karbarz M, Adamczyk-Grochala J, Kasprzyk I, Pawlina-Tyszko K, Lewinska A, et al. Silver birch pollen-derived microRNAs promote NF- κ B-mediated inflammation in human lung cells. In: Science of The Total Environment [Internet]. 2021
79. Mani BM, Huerta-Ocampo JA, Garcia-Sanchez JR, Barrera-Pacheco A, De La Rosa APB, Teran LM. Identification of *Ligustrum lucidum* pollen allergens using a proteomics approach. In: Biochemical and Biophysical Research Communications [Internet]. 2015
80. Shahali Y, Sutra JP, Charpin D, Mari A, Guilloux L, Sénéchal H, et al. Differential IgE sensitization to cypress pollen associated to a basic allergen of 14 kDa. In: The FEBS Journal [Internet]. 2012
81. Ball T, Linhart B, Sonneck K, Blatt K, Herrmann H, Valent P, et al. Reducing allergenicity by altering allergen fold: a mosaic protein of Phl p 1 for allergy vaccination. In: Allergy [Internet]. 2009
82. Gaspar R, de Matos MR, Cortes L, Nunes-Correia I, Todo-Bom A, Pires E, et al. Pollen Proteases Play Multiple Roles in Allergic Disorders. In: International Journal of Molecular Sciences [Internet]. 2020
83. Ishida W, Kishimoto T, Takaiwa F, Fukuda K. Prophylactic and Therapeutic Effects of Oral Immunotherapy on Birch Pollen-Induced Allergic Conjunctivitis in Mice with a Rice-Based Edible Vaccine Expressing a Hypoallergenic Birch Pollen Allergen. In: Cells [Internet]. 2021
84. Yang L, Suzuki K, Hirose S, Wakasa Y, Takaiwa F. Development of transgenic rice seed accumulating a major Japanese cedar pollen allergen (Cry j 1) structurally disrupted for oral immunotherapy. In: Plant Biotechnology Journal [Internet]. 2007
85. Takagi H, Saito S, Yang L, Nagasaka S, Nishizawa N, Takaiwa F. Oral immunotherapy against a pollen allergy using a seed-based peptide vaccine. Plant Biotechnology Journal. sept 2005;3(5):521-33.
86. INAGAWA H, NISHIZAWA T, KOCHI C, AMANO S, SOMA G. Pollen Allergy Suppression Effect by the Oral Administration of Acetic Acid Bacteria (*Gluconacetobacter hansenii*) | Anticancer Research. In Japan

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

87. Makino T, Yamashita M, Takeuchi N, Kabuki T, Hattori M, Yoshida T. *Lactobacillus helveticus* SBT2171 alleviates allergic symptoms in a murine model for pollen allergy. In: Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry [Internet]. 2019
88. Xiao J -Z., Kondo S, Yanagisawa N, Takahashi N, Odamaki T, Iwabuchi N, et al. Probiotics in the treatment of Japanese cedar pollinosis: a double-blind placebo-controlled trial. In: Clinical & Experimental Allergy [Internet]. 2006
89. Regner A, Szepannek N, Wiederstein M, Fakhimahmadi A, Paciosis LF, Blokhuis BR, et al. Binding to Iron Quercetin Complexes Increases the Antioxidant Capacity of the Major Birch Pollen Allergen Bet v 1 and Reduces Its Allergenicity. In: Antioxidants [Internet]. 2022
90. Janeczek K, Kowalska W, Zarobkiewicz M, Suszczyk D, Mikołajczyk M, Markut-Miotła E, et al. Effect of immunostimulation with bacterial lysate on the clinical course of allergic rhinitis and the level of $\gamma\delta$ T, iNKT and cytotoxic T cells in children sensitized to grass pollen allergens: A randomized controlled trial. In: Frontiers in Immunology [Internet]. 2023
91. Unger-Manhart N, Morokutti-Kurz M, Zieglmayer PU, Lemell P, Savli M, Zieglmayer R, et al. Carrageenan-Containing Nasal Spray Alleviates Allergic Symptoms in Participants with Grass Pollen Allergy: A Randomized, Controlled, Crossover Clinical Trial. In: International Journal of General Medicine [Internet]. 2024
92. Bocsan IC, Muntean IA, Miron N, Pintea I, Dobrican CT, Ureche C, et al. Are Markers of Allergic Inflammation in Grass Pollen Allergy Influenced by H1 Antihistamines? In: Journal of Clinical Medicine [Internet]. 2021
93. Okubo K, Okano M, Sato N, Tamaki Y, Suzuki H, Uddin A, et al. Add-On Omalizumab for Inadequately Controlled Severe Pollinosis Despite Standard-of-Care: A Randomized Study. In: The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice [Internet]. 2020
94. Maeda-Yamamoto M, Ema K, Monobe M, Shibuichi I, Shinoda Y, Yamamoto T, et al. The Efficacy of Early Treatment of Seasonal Allergic Rhinitis with Benifuuki Green Tea Containing O-methylated Catechin before Pollen Exposure: An Open Randomized Study. In: Allergology International [Internet]. 2009

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

95. Masuda S, Maeda-Yamamoto M, Usui S, Fujisawa T. « Benifuuki » Green Tea Containing O-Methylated Catechin Reduces Symptoms of Japanese Cedar Pollinosis: A Randomized, Double- Blind, Placebo-Controlled Trial. In: *Allergology International* [Internet]. 2014
96. Ouwehand AC, Nermes M, Collado MC, Rautonen N, Salminen S, Isolauri E. Specific probiotics alleviate allergic rhinitis during the birch pollen season. In: *World Journal of Gastroenterology : WJG* [Internet]. 2009
97. Niu X, Yin X, Wu X, Zhang Q, Jiang Y, He J, et al. Heat-Killed *Bifidobacterium longum* BBMN68 in Pasteurized Yogurt Alleviates Mugwort Pollen-Induced Allergic Airway Responses through Gut Microbiota Modulation in a Murine Model. In: *Foods* [Internet]. 2023
98. Heldner A, Heath MD, Schnautz B, Kotz S, Chaker A, Kramer MF, et al. Ex Vivo Immunomodulatory Effects of *Lactobacillus*-, *Lactocaseibacillus*-, and *Bifidobacterium*-Containing Synbiotics on Human Peripheral Blood Mononuclear Cells and Monocyte-Derived Dendritic Cells in the Context of Grass Pollen Allergy. In: *Probiotics and Antimicrobial Proteins* [Internet]. 2023
99. Mahler V, Vrtala S, Kuss O, Diepgen TL, Suck R, Cromwell O, et al. Vaccines for birch pollen allergy based on genetically engineered hypoallergenic derivatives of the major birch pollen allergen, Bet v 1. In: *Clinical & Experimental Allergy* [Internet]. 2004
100. Hartl A, Hochreiter R, Stepanoska T, Ferreira F, Thalhamer J. Characterization of the protective and therapeutic efficiency of a DNA vaccine encoding the major birch pollen allergen Bet v 1a. In: *Allergy* [Internet]. 2004
101. Daniel C, Repa A, Wild C, Pollak A, Pot B, Breiteneder H, et al. Modulation of allergic immune responses by mucosal application of recombinant lactic acid bacteria producing the major birch pollen allergen Bet v 1. In: *Allergy* [Internet]. 2006
102. Luo W, Yang S, Huang H, Wu L, Cheng ZJ, Zheng P, et al. Analysis of Peanut Allergen Components Sensitization and Cross Reaction with Pollen Allergen in Chinese Southerners with Allergic Rhinitis and/or Asthma. In: *Journal of Asthma and Allergy* [Internet]. 2021

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

103. Ledesma A, Villalba M, Vivanco F, Rodríguez R. Olive pollen allergen Ole e 8: identification in mature pollen and presence of Ole e 8-like proteins in different pollens. In: Allergy [Internet]. 2002
104. Tinghino R, Twardosz A, Barletta B, Puggioni EMR, Iacovacci P, Butteroni C, et al. Molecular, structural, and immunologic relationships between different families of recombinant calcium-binding pollen allergens. In: Journal of Allergy and Clinical Immunology [Internet]. 2002
105. Palomares O, Swoboda I, Villalba M, Balic N, Spitzauer S, Rodríguez R, et al. The Major Allergen of Olive Pollen Ole e 1 Is a Diagnostic Marker for Sensitization to Oleaceae. In: International Archives of Allergy and Immunology [Internet]. 2006
106. Piasecka-Kwiatkowska D, Blacharska K, Springer E. Allergenic Potential of Common Hops (*Humulus lupulus* L.) in the Context of Cross-Reactions with Pollen Allergens. In: Nutrients [Internet]. 2024
107. Gastaminza G, Lombardero M, Bernaola G, Antepara I, Muñoz D, Gamboa PM, et al. Allergenicity and cross-reactivity of pine pollen. In: Clinical & Experimental Allergy [Internet]. 2009
108. Staphylococcus aureus nasal colonization increases the risk of cedar pollinosis [Internet].
109. Stawoska I, Myszkowska D, Oliwa J, Skoczowski A, Weselucha-Birczyńska A, Saja-Garbarz D, et al. Air pollution in the places of *Betula pendula* growth and development changes the physicochemical properties and the main allergen content of its pollen. In: PLOS ONE [Internet]. 2023
110. Fernández-González M, Ribeiro H, Rodríguez-Rajo FcoJ, Cruz A, Abreu I. Short-Term Exposure of *Dactylis glomerata* Pollen to Atmospheric Gaseous Pollutants Is Related to an Increase in IgE Binding in Patients with Grass Pollen Allergies. In: Plants [Internet]. 2022
111. Konishi S, Ng CFS, Stickley A, Nishihata S, Shinsugi C, Ueda K, et al. Particulate matter modifies the association between airborne pollen and daily medical consultations for pollinosis in Tokyo. In: Science of The Total Environment [Internet]. 2014

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

112. Ackaert C, Kofler S, Horejs-Hoeck J, Zulehner N, Asam C, von Grafenstein S, et al. The Impact of Nitration on the Structure and Immunogenicity of the Major Birch Pollen Allergen Bet v 1.0101. In: PLoS ONE [Internet]. 2014
113. Monnier S, Thibaudon M, Besancenot JP, Michelot N. Pollution, pollen et pollinoses : retour sur l'épisode de pollution de mars 2014 en France Air pollution, pollen, and pollinosis: another look at the pollution episode of March 2014 in France. In: POLLUTION ATMOSPHERIQUE. 2015.
114. Mattei F, Della Rocca G, Schiavoni G, Paoletti E, Afferni C. Traffic-related NO₂ affects expression of *Cupressus sempervirens* L. pollen allergens. In: Annals of Agricultural and Environmental Medicine [Internet]. 2022
115. Backes AT, Reinmuth-Selzle K, Leifke AL, Ziegler K, Krevert CS, Tscheuschner G, et al. Oligomerization and Nitration of the Grass Pollen Allergen Phl p 5 by Ozone, Nitrogen Dioxide, and Peroxynitrite: Reaction Products, Kinetics, and Health Effects. In: International Journal of Molecular Sciences [Internet]. 2021
116. Ouyang Y, Li Y, Xu Z, An Y, Zhang L. Assessment of changes in genetic transcriptome in nasal epithelial cells exposed to ozone-aged black carbon and pollen allergen by high-throughput transcriptomics. In: Allergy, Asthma, and Clinical Immunology : Official Journal of the Canadian Society of Allergy and Clinical Immunology [Internet]. 2021
117. Ouyang Y, Yin Z, Li Y, Fan E, Zhang L. Associations among air pollutants, grass pollens, and daily number of grass pollen allergen-positive patients: a longitudinal study from 2012 to 2016. In: International Forum of Allergy & Rhinology [Internet]. 2019
118. Gusenkov S, Ackaert C, Stutz H. Separation and characterization of nitrated variants of the major birch pollen allergen by CZE-ESI- μ TOF MS. In: Electrophoresis [Internet]. 2013
119. Lake IR, Jones NR, Agnew M, Goodess CM, Giorgi F, Hamaoui-Laguel L, et al. Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe. In: Environmental Health Perspectives [Internet]. 2017
120. Lee KS, Kim K, Choi Y, Yang S, Kim C, Moon J, et al. Increased sensitization rates to tree pollens in allergic children and adolescents and a change in the pollen season in the metropolitan area of Seoul, Korea. In: Riggioni C, éditeur. Pediatric Allergy and Immunology [Internet]. 2021

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

121. Jiang F, Yan A. Correlation of Pollen Concentration and Meteorological Factors with Medical Condition of Allergic Rhinitis in Shenyang Area. In: Computational and Mathematical Methods in Medicine [Internet]. 2022
122. Shahali Y, Pourpak Z, Moin M, Mari A, Majd A. Instability of the structure and allergenic protein content in Arizona cypress pollen. In: Allergy [Internet]. 2009
123. World Health Statistics 2021: Monitoring Health for the SDGs, Sustainable Development Goals. 1st ed. Geneva: World Health Organization; 2021. 1 p.
124. Siti Sarah CO, Mohd Ashari NS. Exploration of Allergic Rhinitis: Epidemiology, Predisposing Factors, Clinical Manifestations, Laboratory Characteristics, and Emerging Pathogenic Mechanisms. Cureus. 16(10):e71409.
125. Couderc R, Sénéchal H, Aizawa T, Charpin D, Poncet P. Syndrome allergique pollen-fruit : actualités sur les allergènes impliqués. Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine. janv 2021;205(1):36-42.
126. RECOMMANDATION POUR LA PRATIQUE CLINIQUE. RCP Prise en charge diagnostique et thérapeutique des Rhinites Allergiques par l'ORL; 2020.
127. Braun J, Devillier³, P, Wallaert B, Rancé F, Jankowsk R, Acquaviva L, et al. Recommandations pour le diagnostic et la prise en charge de la rhinite allergique (épidémiologie et physiopathologie exclues). 2010.
128. Xie Z, Yin J. Chinese Birch Pollen Allergy and Immunotherapy in Mice. In: Inflammation [Internet]. 2019
129. Zielen S, Gabrielpillai J, Herrmann E, Schulze J, Schubert R, Rosewich M. Long-Term Effect of Monophosphoryl Lipid A Adjuvanted Specific Immunotherapy in Patients with Grass Pollen Allergy. In: Immunotherapy [Internet]. 2018
130. Eusebius NP, Papalia L, Suphioglu C, McLellan SC, Varney M, Rolland JM, et al. Oligoclonal Analysis of the Atopic T Cell Response to the Group 1 Allergen of *Cynodon dactylon* (Bermuda Grass) Pollen: Pre- and Post-Allergen-Specific Immunotherapy. In: International Archives of Allergy and Immunology [Internet]. 2002

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

131. Ahlbeck L, Ahlberg E, Stuivers L, Björkander J, Nyström U, Retsas P, et al. Intralymphatic immunotherapy with birch and grass pollen extracts. A randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. In: *Clinical and Experimental Allergy* [Internet]. 2023
132. Hellkvist L, Hjalmarsson E, Weinfeld D, Dahl Å, Karlsson A, Westman M, et al. High-dose pollen intralymphatic immunotherapy: Two RDBPC trials question the benefit of dose increase. In: *Allergy* [Internet]. 2022
133. Komatsuzaki K, Kageshima H, Sekino Y, Suzuki Y, Ugajin T, Tamaoka M, et al. Local nasal immunotherapy with birch pollen-galactomannan conjugate-containing ointment in mice and humans. In: *Allergology International* [Internet]. 2024
134. Hylander T, Latif L, Petersson-Westin U, Cardell LO. Intralymphatic allergen-specific immunotherapy: An effective and safe alternative treatment route for pollen-induced allergic rhinitis. In: *Journal of Allergy and Clinical Immunology* [Internet]. 2013
135. Bonini M, Monti GS, Pelagatti MM, Ceriotti V, Re EE, Bramè B, et al. Ragweed pollen concentration predicts seasonal rhino-conjunctivitis and asthma severity in patients allergic to ragweed. In: *Scientific Reports* [Internet]. 2022
136. Shimbo H, Fukagawa A, Nakamura O, Murakami S, Miura Y, Hattori M, et al. Anti-allergic effect of *Cyclopia* (honeybush) extracts via anti-degranulation activity in a murine allergy model for inhaled antigen. In: *Bioscience of Microbiota, Food and Health* [Internet]. 2024
137. Gao Z, Fu WY, Sun Y, Gao B, Wang HY, Liu M, et al. Artemisia pollen allergy in China: Component-resolved diagnosis reveals allergic asthma patients have significant multiple allergen sensitization. In: *Allergy* [Internet]. 2019
138. Tiotiu A, Brazdova A, Longé C, Gallet P, Morisset M, Leduc V, et al. Urtica dioica pollen allergy. In: *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* [Internet]. 2016
139. McKenzie CI, Varese N, Aui PM, Reinwald S, Wines BD, Hogarth PM, et al. RNA sequencing of single allergen-specific memory B cells after grass pollen immunotherapy: Two unique cell fates and CD29 as a biomarker for treatment effect. In: *Allergy* [Internet]. 2023

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

140. Barber D, De La Torre F, Lombardero M, Antépara I, Colas C, Dávila I, et al. Component-resolved diagnosis of pollen allergy based on skin testing with profilin, polcalcin and lipid transfer protein pan-allergens. In: *Clinical & Experimental Allergy* [Internet]. 2009
141. Özdemir SK, Güloğlu D, Sin BA, Elhan AH, İkincioğulları A, Mısırlıgil Z. Reliability of Basophil Activation Test Using CD203c Expression in Diagnosis of Pollen Allergy. In: *American Journal of Rhinology & Allergy* [Internet]. 2011
142. Constantin C, Quirce S, Poorafshar M, Touraev A, Niggemann B, Mari A, et al. Micro-arrayed wheat seed and grass pollen allergens for component-resolved diagnosis. In: *Allergy* [Internet]. 2009
143. Barker-Tejeda TC, Bazire R, Obeso D, Mera-Berriatua L, Rosace D, Vazquez-Cortes S, et al. Exploring novel systemic biomarker approaches in grass-pollen sublingual immunotherapy using omics. In: *Allergy* [Internet]. 2021
144. Bozek A, Kolodziejczyk K, Warkocka-Szolysek B, Jarzab J. Grass Pollen Sublingual Immunotherapy: A Double-Blind, Placebo-Controlled Study in Elderly Patients with Seasonal Allergic Rhinitis. In: *American Journal of Rhinology & Allergy* [Internet]. 2014
145. Cabrera-Freitag P, Goikoetxea MJ, Beorlegui C, Gamboa P, Gastaminza G, Fernández-Benítez M, et al. Can component-based microarray replace fluorescent enzimoimmunoassay in the diagnosis of grass and cypress pollen allergy? In: *Clinical & Experimental Allergy* [Internet]. 2011
146. Barber D, De La Torre F, Feo F, Florido F, Guardia P, Moreno C, et al. Understanding patient sensitization profiles in complex pollen areas: a molecular epidemiological study. In: *Allergy* [Internet]. 2008
147. Pfaar O, Lang S, Pieper-Fürst U, Astvatsatourov A, Gerich F, Klimek L, et al. Ultra-short-course booster is effective in recurrent grass pollen-induced allergic rhinoconjunctivitis. In: *Allergy* [Internet]. 2018
148. Douladiris N, Garib V, Focke-Tejkl M, Valenta R, Papadopoulos NG, Linhart B. Detection of genuine grass pollen sensitization in children by skin testing with a recombinant grass pollen hybrid. In: *Pediatric Allergy and Immunology* [Internet]. 2019

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

149. Letrán A, Espinazo M, Moreno F. Measurement of IgE to pollen allergen components is helpful in selecting patients for immunotherapy. In: *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* [Internet]. 2013
150. Lizaso MT, García BE, Tabar AI, Lasa E, Echechipía S, Álvarez MJ, et al. Comparison of conventional and component-resolved diagnostics by two different methods (Advia-Centaur/Microarray-ISAC) in pollen allergy. In: *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* [Internet]. 2011
151. Stemeseder T, Metz-Favre C, de Blay F, Pauli G, Gadermaier G. Do *Plantago lanceolata* Skin Prick Test-Positive Patients Display IgE to Genuine Plantain Pollen Allergens? Investigation of Pollen Allergic Patients from the North-East of France. In: *International Archives of Allergy and Immunology* [Internet]. 2018
152. Röder E, Berger MY, Hop WCJ, Bernsen RMD, De Groot H, Gerth Van Wijk R. Sublingual immunotherapy with grass pollen is not effective in symptomatic youngsters in primary care. In: *Journal of Allergy and Clinical Immunology* [Internet]. 2007
153. Bufe A, Ziegler-Kirbach E, Stoeckmann E, Heidemann P, Gehlhar K, Holland-Letz T, et al. Efficacy of sublingual swallow immunotherapy in children with severe grass pollen allergic symptoms: a double-blind placebo-controlled study. In: *Allergy* [Internet]. 2004
154. Gratiou C, Rovina N, Lignos M, Vogiatzis I, Roussos Ch. Exhaled nitric oxide in seasonal allergic rhinitis: influence of pollen season and therapy. In: *Clinical & Experimental Allergy* [Internet]. 2001
155. Wölbing F, Kunz J, Kempf WE, Grimm C, Fischer J, Biedermann T. The clinical relevance of birch pollen profilin cross-reactivity in sensitized patients. In: *Allergy* [Internet]. 2017
156. Wolanczyk-Medrala A, Barg W, Liebhart J, Panaszek B, Nadobna G, Litwa M, et al. Validation of Basophil CD164 Upregulation for Pollen Allergy Diagnosis. In: *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis* [Internet]. 2010
157. Can D, Tanaç R, DemiR E, Gülen F, Veral A. Efficacy of pollen immunotherapy in seasonal allergic rhinitis. In: *Pediatrics International* [Internet]. 2007

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

158. Keskin Ö, Tuncer A, Adalioglu G, Sekerel BE, Saçkesen C, Kalaycı O. The effects of grass pollen allergoid immunotherapy on clinical and immunological parameters in children with allergic rhinitis. In: *Pediatric Allergy and Immunology* [Internet]. 2006
159. Valovirta E, Petersen TH, Piotrowska T, Laursen MK, Andersen JS, Sørensen HF, et al. Results from the 5-year SQ grass sublingual immunotherapy tablet asthma prevention (GAP) trial in children with grass pollen allergy. In: *Journal of Allergy and Clinical Immunology* [Internet]. 2018
160. Grouin J -M., Vicaut E, Devillier P. Comparison of scores associating symptoms and rescue medication use for evaluating the efficacy of allergy immunotherapy in seasonal allergic rhinoconjunctivitis: results from five trials. In: *Clinical & Experimental Allergy* [Internet]. 2017
161. Hermanides HK, Laheý- De Boer AM, Zuidmeer L, Guikers C, Van Ree R, Knulst AC. *Brassica oleracea* pollen, a new source of occupational allergens. In: *Allergy* [Internet]. 2006
162. Kraiem A, Pelamatti E, Grosse-Kathoefer S, Demir H, Vollmann U, Ehgartner C, et al. Reducing the solubility of the major birch pollen allergen Bet v 1 by particle-loading mitigates Th2 responses. In: *Allergology International* [Internet]. 2025
163. Ojeda P, Barjau MC, Subiza J, Moreno A, Ojeda I, Solano E, et al. Grass pollen allergoids conjugated with mannan for subcutaneous and sublingual immunotherapy: a dose-finding study. In: *Frontiers in Immunology* [Internet]. 2024
164. Eguiluz-Gracia I, Parkin RV, Layhadi JA, Palmer E, Meng X, Zhu R, et al. Nasal allergen-neutralizing antibodies correlate closely with tolerated intranasal allergen challenge dose following grass pollen subcutaneous immunotherapy in patients with local allergic rhinitis. In: *Allergy* [Internet]. 2024
165. Pfaar O, Sager A, Mösges R, Worm M. A high-dose, depigmented polymerized birch pollen extract for subcutaneous allergen immunotherapy has a favourable efficacy/safety ratio. In: *Clinical and Translational Allergy* [Internet]. 2023

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

166. Manzanares B, González R, Serrano P, Navas A, Alonso C, Fernandez L, et al. Back to basics: likelihood ratios for olive and grass pollen specific IgE in seasonal allergic rhinitis. In: *Frontiers in Allergy* [Internet]. 2023
167. Mösges R, Zeyen C, Raskopf E, Acikel C, Sahin H, Allekotte S, et al. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial with mannan-conjugated birch pollen allergoids. In: *Allergy* [Internet]. 2024
168. Kurokawa T, Yonekura S, Gotoh M, Okano M, Maekawa Y, Okubo K, et al. Efficacy of Japanese cedar pollen sublingual immunotherapy tablets for Japanese cypress pollinosis. In: *Journal of Allergy and Clinical Immunology: Global* [Internet]. 2023
169. Owenier C, Barnowski C, Leineweber M, Yu D, Verhagen M, Distler A. Tolerability and Safety of Sublingual Immunotherapy in Patients with Tree Pollen Allergy in Daily Practice—An Open, Prospective, Non-Interventional Study. In: *Journal of Clinical Medicine* [Internet]. 2023
170. Agenäs H, Brorsson AL, Kull I, Lindholm-Olinder A. Treatment with pollen allergen immunotherapy improves health-related quality of life in children and adolescents: a three-year follow-up-study. In: *Allergy, Asthma, and Clinical Immunology: Official Journal of the Canadian Society of Allergy and Clinical Immunology* [Internet]. 2023
171. Babayeva M, Tabynov K, Nurpeisov T, Fomin G, Renukaradhya GJ, Petrovsky N, et al. A recombinant *Artemisia vulgaris* pollen adjuvanted Art v 1 protein-based vaccine treats allergic rhinitis and bronchial asthma using pre- and co-seasonal ultrashort immunotherapy regimens in sensitized mice. In: *Frontiers in Immunology* [Internet]. 2022
172. Cosme J, Pedro E, Pereira-Santos MC, Anabela A, Caiado J, Paulino M, et al. Molecular sensitization profile to grass and olive pollens in Portugal. In: *European Annals of Allergy and Clinical Immunology* [Internet]. 2024
173. Rodríguez R, Villalba M, Batanero E, Palomares O, Quiralte J, Salamanca G, et al. Olive Pollen Recombinant Allergens: Value in Diagnosis and Immunotherapy. In: *J Investig Allergol Clin Immunol*. 2007.
174. Tabynov K, Babayeva M, Nurpeisov T, Fomin G, Nurpeisov T, Saltabayeva U, et al. Evaluation of a Novel Adjuvanted Vaccine for Ultrashort Regimen Therapy of *Artemisia*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Pollen-Induced Allergic Bronchial Asthma in a Mouse Model. In: *Frontiers in Immunology* [Internet]. 2022

175. Nomura Y, Okubo K, Nakamura T, Sawaki S, Kitagou H, Idei N, et al. Long-term treatment of Japanese cedar pollinosis with Japanese cedar pollen SLIT drops and persistence of treatment effect: A post-marketing clinical trial. In: *Allergy International* [Internet]. 2021

176. Blome C, Hadler M, Karagiannis E, Kisch J, Neht C, Kressel N, et al. Relevant Patient Benefit of Sublingual Immunotherapy with Birch Pollen Allergen Extract in Allergic Rhinitis: An Open, Prospective, Non-Interventional Study. In: *Advances in Therapy* [Internet]. 2020

177. Linhart B, Narayanan M, Focke-Tejkl M, Wrba F, Vrtala S, Valenta R. Prophylactic and therapeutic vaccination with carrier-bound Bet v 1 peptides lacking allergen-specific T cell epitopes reduces Bet v 1-specific T cell responses via blocking antibodies in a murine model for birch pollen allergy. In: *Clinical and Experimental Allergy* [Internet]. 2014

178. Worm M, Rak S, Samoliński B, Antila J, Höiby A, Kruse B, et al. Efficacy and safety of birch pollen allergoid subcutaneous immunotherapy: A 2-year double-blind, placebo-controlled, randomized trial plus 1-year open-label extension. In: *Clinical and Experimental Allergy* [Internet]. 2019

179. Batard T, Sanjuan A, Denis L, Nguyen H, Montagut A, Sastre J, et al. Two grass pollen tablets commercially available for allergy immunotherapy display different IgE epitope repertoires. In: *Clinical and Translational Allergy* [Internet]. 2019

180. Yuki A, Terada T, Ichihara T, Fujii K, Hyo S, Kawata R, et al. Evaluating the Effects of Testing Period on Pollinosis Symptoms Using an Allergen Challenge Chamber. In: *Allergy International* [Internet]. 2011

181. Jutel M, Jaeger L, Suck R, Meyer H, Fiebig H, Cromwell O. Allergen-specific immunotherapy with recombinant grass pollen allergens. In: *Journal of Allergy and Clinical Immunology* [Internet]. 2005

182. Huecas S, Villalba M, Rodríguez R. Ole e 9, a Major Olive Pollen Allergen Is a 1,3- β -Glucanase. In: *Journal of Biological Chemistry* [Internet]. 2001

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

183. Flicker S, Vrtala S, Steinberger P, Vangelista L, Bufe A, Petersen A, et al. A Human Monoclonal IgE Antibody Defines a Highly Allergenic Fragment of the Major Timothy Grass Pollen Allergen, Phl p 5: Molecular, Immunological, and Structural Characterization of the Epitope-Containing Domain. In: *The Journal of Immunology* [Internet]. 2000
184. Pauli G, Larsen TH, Rak S, Horak F, Pastorello E, Valenta R, et al. Efficacy of recombinant birch pollen vaccine for the treatment of birch-allergic rhinoconjunctivitis. In: *Journal of Allergy and Clinical Immunology* [Internet]. 2008
185. Niederberger V, Horak F, Vrtala S, Spitzauer S, Krauth MT, Valent P, et al. Vaccination with genetically engineered allergens prevents progression of allergic disease. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* [Internet]. 2004
186. Mösges R, Raskopf E, Klimek L, Pfaar O, Zielen S, Xenofontos E, et al. Short-course subcutaneous treatment with birch pollen allergoids greatly improves symptom and medication scores in birch allergy. In: *Allergy* [Internet]. 2025
187. Melnikova DN, Finkina EI, Potapov AE, Danilova YD, Toropygin IY, Matveevskaya NS, et al. Structural and Immunological Features of PR-10 Allergens: Focusing on the Major Alder Pollen Allergen Aln g 1. In: *International Journal of Molecular Sciences* [Internet]. 2024
188. Vogelberg C, Klimek L, Becker S. Long-term effects of pollen allergoid tyrosine-adsorbed subcutaneous immunotherapy on allergic rhinitis and asthma. In 2023
189. Barreto M, Tripodi S, Arasi S, Landi M, Montesano M, Pelosi S, et al. Factors predicting the outcome of allergen-specific nasal provocation test in children with grass pollen allergic rhinitis. In: *Frontiers in Allergy* [Internet]. 2023
190. Zemelka-Wiacek M, Kosowska A, Pfaar O, Agache I, Kujawa K, Jutel M. Comparative Evaluation of an Allergen Exposure Chamber and Nasal Allergen Challenge Versus In-Field Symptom Assessment in Patients With Allergic Rhinitis Triggered by Timothy Grass Pollen. In: *Allergy* [Internet]. 2025 [cité 26 juin 2025]. p. 1286-97. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12105075/>

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

191. Zielen S, Richter H, Zieglmayer P, Gerstlauer M, Cognet-Sicé J, Scurati S, et al. Long-term impact of a birch/alder/hazel or birch-only liquid sublingual immunotherapy on birch-family pollen respiratory allergy: A real-world study. In: *Allergology International* [Internet]. 2025
192. Maria Katrina Diana M. Cruz Rc, Mary Anne R. Castor MD, Krystal M. Hate Ms, Gregg Austine M. Balanag BS, Roche Dana C. Reyes MD, Maria Socorro Agcaoili-De Jesus MD, et al. Skin Prick Tests and Enzyme-Linked Immunosorbent Assays among Allergic Patients Using Allergenic Local Pollen Extracts. In: *Acta Medica Philippina* [Internet]. 2024
193. Wang T, Chi J, Li Z, Zhang Y, Wang Y, Ding M, et al. Recombinant Art v4.01 protein produces immunological tolerance by subcutaneous immunotherapy in a wormwood pollen-driven allergic asthma female mouse model. In: *PLOS ONE* [Internet]. 2024
194. Garrido-Fernández S, Fernández DG, López GS, del Mar Escribano Rodríguez M, Delgado VM, Iglesias-Souto J, et al. Satisfaction, QoI and adherence of patients allergic to dust mites and/or pollens undergoing sublingual immunotherapy. In: *Immunotherapy* [Internet].
195. Turkoá B, Tužil ,Jan, Pilnáčková ,Barbora, Doležalová ,Helena, Štrosová ,Daniela, Petrů ,Vít, et al. Health and Economic Impact of Subcutaneous Allergen Immunotherapy in Patients with Pollen-Induced Allergic Rhinoconjunctivitis: Real-Word Evidence from the Czech Republic. In: *Immunotherapy* [Internet]. Taylor & Francis; 2022
196. Fujii T, Kitamura Y, Kamimura S, Takeda N. Effects of sublingual immunotherapy with tablets or drops containing Japanese cedar pollen antigens on nasal symptoms and sleep disturbance in patients with Japanese cedar pollinosis. In: *The Journal of Medical Investigation* [Internet]. 2022 [cité 26 juin 2025]. p. 97-100. Disponible sur: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmi/69/1.2/69_97/_article
197. Ueda S, Ito J, Harada N, Harada S, Sasano H, Sandhu Y, et al. Effect of Japanese Cedar Pollen Sublingual Immunotherapy on Asthma Patients with Seasonal Allergic Rhinitis Caused by Japanese Cedar Pollen. In: *Biomolecules* [Internet]. 2022
198. Yokoi H, Matsumoto Y, Kawada M, Sakurai H, Saito K. Pollen Allergy Screening with Allergen-Specific and Total Immunoglobulin E Titers. In: *Allergy & Rhinology* [Internet]. 2022

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

199. van Nunen SA, Burk MB, Burton PK, Ford G, Harvey RJ, Lozynsky A, et al. 5-grass-pollen SLIT effectiveness in seasonal allergic rhinitis: Impact of sensitization to subtropical grass pollen. In: *The World Allergy Organization Journal* [Internet]. 2022
200. Olivieri M, Marchetti P, Murgia N, Nicolis M, Torroni L, Spiteri G, et al. Natural pollen exposure increases in a dose-dependent way Fraction of exhaled Nitric Oxide (FeNO) levels in patients sensitized to one or more pollen species. In: *Clinical and Translational Allergy* [Internet]. 2022
201. Miyauchi S, Nakagome K, Noguchi T, Kobayashi T, Ueda Y, Soma T, et al. Japanese cedar pollen upregulates the effector functions of eosinophils. In: *Asia Pacific Allergy* [Internet]. 2021
202. Patient Needs and Benefits of Sublingual Immunotherapy for Grass Pollen-Induced Allergic Rhinitis: An Observational Study [Internet].
203. Comparison of perennial and preseasonal allergoid immunotherapy in grass pollen allergic patients. In: *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology* [Internet]. 2023
204. Traina GM, Martelli A, Barberi S, Licari A, Marseglia GL, Tosca MA, et al. Evaluation of safety and tolerability of a rush up-dosing allergen-specific immunotherapy with grass pollen, birch, hazel, and alder allergoid in children with allergic rhinoconjunctivitis, with or without asthma. In: *Acta Bio Medica: Atenei Parmensis* [Internet]. 2021
205. Florido-López JF, Andreu-Balaguer C, Escudero C, Seoane-Rodríguez M, Hernández M, Navarro-Seisdedos LÁ, et al. Effectiveness and safety of a glutaraldehyde-modified, L-tyrosine-adsorbed and monophosphoryl lipid A-Adjuvanted allergen immunotherapy in patients with allergic asthma sensitized to olive pollen: A retrospective, controlled real-world study. In: *World Allergy Organization Journal* [Internet]. 2020
206. Devanaboyina SC, Cornelius C, Lupinek C, Fauland K, Dall'Antonia F, Nandy A, et al. High-resolution crystal structure and IgE recognition of the major grass pollen allergen Phl p 3. In: *Allergy* [Internet]. 2014

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

207. Bager P, Poulsen G, Wohlfahrt J, Melbye M. The effectiveness of pollen allergen immunotherapy on allergic rhinitis over 18 years: A national cohort study in Denmark. In: Allergy [Internet]. 2024
208. Dullnig V, Weiss R, Amon S, Rizzi A, Stutz H. Confirmation of immuno-reactivity of the recombinant major birch pollen allergen Bet v 1a by affinity-CIEF. In: ELECTROPHORESIS [Internet]. 2009
209. Brier S, Le Mignon M, Jain K, Lebrun C, Peurois F, Kellenberger C, et al. Characterization of epitope specificities of reference antibodies used for the quantification of the birch pollen allergen Bet v 1. In: Allergy [Internet]. 2018
210. Levin M, Rotthus S, Wendel S, Najafi N, Källström E, Focke-Tejkl M, et al. Multiple independent IgE epitopes on the highly allergenic grass pollen allergen Phl p 5. In: Clinical and Experimental Allergy [Internet]. 2014
211. Fujimura T, Futamura N, Midoro-Horiuti T, Togawa A, Goldblum RM, Yasueda H, et al. Isolation and characterization of native Cry j 3 from Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) pollen. In: Allergy [Internet]. 2007
212. Pawankar R, Takizawa R, Goto M, Goto Y, Okuda M, Yamagishi S, et al. Effect of modified immunotherapy with an allergen–pullulan conjugate in patients with Japanese cedar pollinosis. In: Allergology International [Internet]. 2001
213. Transcutaneous pollinosis immunotherapy using a solid-in-oil nanodispersion system carrying T cell epitope peptide and R848 [Internet].
214. Otsuka K, Otsuka H, Matsune S, Okubo K. Decreased numbers of metachromatic cells in nasal swabs in Japanese cedar pollinosis following sublingual immunotherapy. In: Immunity, Inflammation and Disease [Internet]. 2020
215. Michova A, Abugalia M, Ivanova Ts, Nikolov G, Taskov H, Petrunov B. Comparison of two-flow cytometry methods for basophil degranulation in patients sensitized to grass pollen. In: Allergy [Internet]. 2006

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

216. Toda M, Sato H, Takebe Y, Taniguchi Y, Saito S, Inouye S, et al. Inhibition of immunoglobulin E response to Japanese cedar pollen allergen (Cry j 1) in mice by DNA immunization: different outcomes dependent on the plasmid DNA inoculation method. In: Immunology [Internet]. 2000
217. Worm M, Rak S, de Blay F, Malling HJ, Melac M, Cadic V, et al. Sustained efficacy and safety of a 300IR daily dose of a sublingual solution of birch pollen allergen extract in adults with allergic rhinoconjunctivitis: results of a double-blind, placebo-controlled study. In: Clinical and Translational Allergy [Internet]. 2014
218. BAUER L, BOHLE B, JAHN-SCHMID B, WIEDERMANN U, DASER A, RENZ H, et al. Modulation of the allergic immune response in BALB/c mice by subcutaneous injection of high doses of the dominant T cell epitope from the major birch pollen allergen Bet v 1. In: Clinical and Experimental Immunology [Internet]. 1997
219. Swoboda I, De Weerd N, Bhalla PL, Niederberger V, Sperr WR, Valent P, et al. Mutants of the major ryegrass pollen allergen, Lol p 5, with reduced IgE-binding capacity: candidates for grass pollen-specific immunotherapy. In: European Journal of Immunology [Internet]. 2002 4141%28200201%2932%3A1%3C270%3A%3AAID-IMMU270%3E3.0.CO%3B2-X
220. Marazuela EG, Rodríguez R, Barber D, Villalba M, Batanero E. Hypoallergenic mutants of Ole e 1, the major olive pollen allergen, as candidates for allergy vaccines. In: Clinical & Experimental Allergy [Internet]. 2007
221. Toda M, Kasai M, Hosokawa H, Nakano N, Taniguchi Y, Inouye S, et al. DNA vaccine using invariant chain gene for delivery of CD4+ T cell epitope peptide derived from Japanese cedar pollen allergen inhibits allergen-specific IgE response. In: European Journal of Immunology [Internet]. 2002
222. Hochreiter R, Stepanoska T, Ferreira F, Valenta R, Vrtala S, Thalhamer J, et al. Prevention of allergen-specific IgE production and suppression of an established Th2-type response by immunization with DNA encoding hypoallergenic allergen derivatives of Bet v 1, the major birch-pollen allergen. In: European Journal of Immunology [Internet]. 2003
223. Fu W, Gao Z, Gao L, Jin J, Liu M, Sun Y, et al. Identification of a 62-kDa major allergen from *Artemisia* pollen as a putative galactose oxidase. In: Allergy [Internet]. 2018

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

224. Asturias JA, Ibarrola I, Fernández J, Arilla MC, González-Rioja R, Martínez A. Phod 2, a major allergen from date palm pollen, is a profilin: cloning, sequencing, and immunoglobulin E cross-reactivity with other profilins. In: *Clinical & Experimental Allergy* [Internet]. 2005
225. Westritschnig K, Horak F, Swoboda I, Balic N, Spitzauer S, Kundi M, et al. Different allergenic activity of grass pollen allergens revealed by skin testing. In: *European Journal of Clinical Investigation* [Internet]. 2008
226. Cortegano I, Civantos E, Aceituno E, Del Moral A, López E, Lombardero M, et al. Cloning and expression of a major allergen from *Cupressus arizonica* pollen, Cup a 3, a PR-5 protein expressed under polluted environment. In: *Allergy* [Internet]. 2004
227. Darnhofer B, Tomin T, Liesinger L, Schittmayer M, Tomazic PV, Birner-Gruenberger R. Comparative proteomics of common allergenic tree pollens of birch, alder, and hazel. In: *Allergy* [Internet]. 2021

ANNEXE

ANNEXE

Titre	Année	Pays	Type d'étude	Diagnostic	Nom scientifique	Famille	Allergènes identifiés	Traitement	Prévention	facteurs favorisants
Cypress pollen allergy in Milan: the story of an ongoing growth (1)	2021	Allemagne	Observationnelle		Cupressus arizonica	Cupressaceae				
Chinese Birch Pollen Allergy and Immunotherapy in Mice (2)	2019	Chine	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		L'immunothérapie spécifique scit		
Pollen Allergy Suppression Effect by the Oral Administration of Acetic Acid Bacteria (Gluconacetobacter hansenii) (3)	2019	Japon	in vivo		/	/		Administration orale de Gluconacetobacter hansenii sous forme inactive		
Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe (4)	2017	Autriche	in silico		Ambrosia artemisiifolia	Asteraceae				estimation dans le future 2041–2060 effect du changement climatique sur pollinose
Artemisia pollen allergy in China: Component-resolved diagnosis reveals allergic asthma patients have significant multiple allergen sensitization (5)	2018	Chine	observationnelle	diagnostic moléculaire par composants (CRD)	Ambrosia artemisiifolia	Asteraceae				
Urtica dioica pollen allergy (6)	2016	France	in vivo	prick test STP, test de provocation nasale TPN, test activation des basophiles BAT, Immunoblot, Spectrométrie de masse SM	Urtica dioica	Urticaceae				
Lactobacillus helveticus SBT2171 alleviates allergic symptoms in a murine model for pollen allergy (7)	2019	Japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae		Administration orale de Lactobacillus helveticus SBT2171 sous forme inactive		
RNA sequencing of single allergen-specific memory B cells after grass pollen	2022	Australie	in vivo		Lolium perenne	Poaceae		l'immunothérapie spécifique slit		

ANNEXE

immunotherapy: Two unique cell fates and CD29 as a biomarker for treatment effect (8)										
Long-term effect of monophosphoryl lipid A adjuvanted specific immunotherapy in patients with grass pollen allergy (9)	2018	allema gne	in vivo		/	/				l'immunothérapie spécifique scit
Component-resolved diagnosis of pollen allergy based on skin testing with profilin, polcalcin and lipid transfer protein pan-allergens (10)	2009	Espag ne	in vivo	diagnostic moléculaire par composants (CRD), prick test STP	/	/				
Reliability of basophil activation test using CD203c expression in diagnosis of pollen allergy (11)	2011	les états unis	in vitro	Test d'activation des basophiles BAT : détection du CD203c par cytométrie en flux.	/	/				
Micro-arrayed wheat seed and grass pollen allergens for component-resolved diagnosis (12)	2009	autrich e	in vitro	diagnostic moléculaire par composants (CRD)	Triticum aestivum	Poaceae				
Exploring novel systemic biomarker approaches in grass-pollen sublingual immunotherapy using omics (13)	2020	Espag ne	in vivo		Phleum pratense	Poaceae				l'immunothérapie spécifique slit
Detection of pan-allergens in commercial pollen extracts for allergen immunotherapy (14)	2016	Italie	in vitro	Déteclerla profiline et la polcalcine, dans les extraits commerciaux utilisés pour l'immunothéra	/	/				

ANNEXE

				pie allergénique scit , slit						
Grass pollen sublingual immunotherapy: A double-blind, placebo-controlled study in elderly patients with seasonal allergic rhinitis (15)	2014	les états unis	in vivo		Poaceae	Poaceae			l'immunothérapie spécifique slit	
Can component-based microarray replace fluorescent enzimoimmunoassay in the diagnosis of grass and cypress pollen allergy? (16)	2011	Espagne	in vitro	dosage des IgE spécifiques par ImmunoCAP, diagnostic moléculaire par composants (CRD)	Cupressus arizonica	Cupressaceae				
Understanding patient sensitization profiles in complex pollen areas: a molecular epidemiological study (17)	2008	Espagne	observati onnelle	diagnostic moléculaire par composants (CRD)	/	/				
Ultra -short -course booster is effective in recurrent grass pollen – induced allergic rhinitis (18)	2018	allema gne	in vivo		Poaceae	Poaceae			l'immunothérapie spécifique scit (rappel)	
Specific probiotics alleviate allergic rhinitis during the birch pollen season (19)	2009	finland e	in vivo		Betula pendula	Betulaceae			Lactobacillus acidophilus NCFM et Bifidobacterium lactis BI-04	
Detection of genuine grass pollen sensitization in children by skin testing with a recombinant grass pollen hybrid (20)	2019	grèce, Autric he	in vitro	diagnostic moléculaire par composants (CRD)	Phleum pratense	Poaceae				
Measurement of IgE to pollen allergen components is helpful in selecting patients	2013	Espagne	ex observati	diagnostic moléculaire	Olea europaea L,	Oleaceae, Poaceae				

ANNEXE

for immunotherapy (21)			onnelle + in vitro	par composants (CRD), prick test	Phleum pratense					
Comparison of conventional and component-resolved diagnostics by two different methods (Advia-Centaur/Microarray-ISAC) in pollen allergy (22)	2011	Espagne	in vitro	diagnostic moléculaire par composants (CRD)	/	/				
Do Plantago lanceolata Skin Prick Test-Positive Patients Display IgE to Genuine Plantain Pollen Allergens? Investigation of Pollen Allergic Patients from the North-East of France (23)	2018	France	observati onnelle	prick test stp,Dosage igE spécifique par immunocap et ELISA	Plantago lanceolata	Plantaginaceae				
Sublingual immunotherapy with grass pollen is not effective in symptomatic youngsters in primary care (24)	2007	les pays - bas	in vivo		Poaceae	Poaceae			l'immunothérapie spécifique slit	
Efficacy of sublingual swallow immunotherapy in children with severe grass pollen allergic symptoms: a double-blind placebo-controlled study (25)	2004	allema gne	in vivo		Poaceae	Poaceae			l'immunothérapie spécifique slit	
Exhaled nitric oxide in seasonal allergic rhinitis: influence of pollen season and therapy (26)	2001	grèce	in vivo	Le NO exhalé : marqueur de l'inflammation des voies respiratoires inférieures chez les patients atteints de rhinite allergique saisonnière	/	/				
Oligoclonal Analysis of the Atopic T Cell	2001	Austra	in vivo		Cynodon	Poaceae			l'immunothérapie	

ANNEXE

Response to the Group 1 Allergen of Cynodon dactylon (Bermuda Grass) Pollen: Pre- and Post-Allergen-Specific Immunotherapy (27)		lie			dactylon				spécifique scit	
The clinical relevance of birch pollen profilin cross-reactivity in sensitized patients (28)	2016	allema gne	observati onnelle	prick test STP, test activation des basophiles BAT cd63, Dosage igE spécifique par Immunocap	Betula pendula	Betulaceae	BETV1 BETV2 PHL P12			
Validation of Basophil CD164 Upregulation for Pollen Allergy Diagnosis (29)	2010	pologn e	in vitro	test d'activation des basophiles (BAT) basé sur la cytométrie en flux.	/	/				
Efficacy of pollen immunotherapy in seasonal allergic rhinitis (30)	2007	turquie	in vivo		Poaceae	Poaceae			l'immunothérapie spécifique scit	
The effect of face mask usage on the allergic rhinitis symptoms in patients with pollen allergy during the covid-19 pandemic(31)	2022	turquie	observati onnelle		/	/				les masques pendant covid
The effects of grass pollen allergoid immunotherapy on clinical and immunological parameters in children with allergic rhinitis (32)	2006	turquie	in vivo		Poaceae	Poaceae			l'immunothérapie spécifique scit	
Results from the 5-year SQ grass sublingual immunotherapy tablet asthma prevention (GAP) trial in children with grass pollen allergy (33)	2017	finland e, danem ark, pologn e, France	in vivo		Poaceae	Poaceae			l'immunothérapie spécifique slit	
Comparison of scores associating	2017	France	in vivo		/	/			l'immunothérapie	

ANNEXE

symptoms and rescue medication use for evaluating the efficacy of allergy immunotherapy in seasonal allergic rhinoconjunctivitis: results from five trials (34)			+vitro					spécifique slit	
Brassica oleracea pollen, a new source of occupational allergens(35)	2006	les pays - bas	observati onnelle	Prick test STP, RadioAllergoS orbent Test :RAST	Brassica oleracea	Brassicaceae			
Intralymphatic immunotherapy with birch and grass pollen extracts. A randomized double-blind placebo-controlled clinical trial (36)	2023	suède	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		l'immunothérapie spécifique ilit	
The major allergen of olive pollen Ole e 1 is a diagnostic marker for sensitization to Oleaceae (37)	2006	Espagne	in vivo		Olea europaea L	Oleaceae			
Reducing the solubility of the major birch pollen allergen Bet v 1 by particle-loading mitigates Th2 responses (38)	2025	autriche	in vitro + in vivo		Betula pendula	Betulaceae			
Grass pollen allergoids conjugated with mannan for subcutaneous and sublingual immunotherapy: a dose-finding study (39)	2024	Autriche	in vivo		Poaceae	Poaceae		l'immunothérapie spécifique scit , slit	
Nasal allergen-neutralizing antibodies correlate closely with tolerated intranasal allergen challenge dose following grass pollen subcutaneous immunotherapy in patients with local allergic rhinitis (40)	2024	royaume - uni	in vivo		Poaceae	Poaceae		l'immunothérapie spécifique scit	
A high-dose, depigmented polymerized birch pollen extract for subcutaneous allergen immunotherapy has a favourable efficacy/safety ratio (41)	2023	allema gne	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		l'immunothérapie spécifique scit	
Local nasal immunotherapy with birch pollen-galactomannan conjugate-containing ointment in mice and humans (42)	2023	japon	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		l'immunothérapie spécifique Init	
Back to basics: likelihood ratios for olive	2023	Espagne	Observat	Calcul des	Olea	Oleaceae,			

ANNEXE

and grass pollen specific IgE in seasonal allergic rhinitis (43)		ne	ionnelle	valeurs seuils optimales (cut-offs) des IgE spécifiques (sIgE) à l'olive et aux graminées : prick test stp, diagnostic moléculaire par composants CRD.	europaea L, Lolium perenne	Poaceae				
A randomized, double-blind, placebo-controlled trial with mannan-conjugated birch pollen allergoids (44)	2023	allema gne	in vivo		Betula pendula	Betulaceae				l'immunothérapie spécifique scit
Efficacy of Japanese cedar pollen sublingual immunotherapy tablets for Japanese cypress pollinosis (45)	2023	japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae				l'immunothérapie spécifique slit
Tolerability and Safety of Sublingual Immunotherapy in Patients with Tree Pollen Allergy in Daily Practice-An Open, Prospective, Non-Interventional Study (46)	2023	allema gne	in vivo		Betula pendula, Alnus glutinosa, Corylus avellana	Betulaceae				l'immunothérapie spécifique slit
Effect of immunostimulation with bacterial lysate on the clinical course of allergic rhinitis and the level of $\gamma\delta$T, iNKT and cytotoxic T cells in children sensitized to grass pollen allergens: A randomized controlled trial (47)	2023	pologn e	in vivo		Poaceae	Poaceae				lysat bactérien mécanique polyvalent (PMBL) cp sl
Air pollution in the places of Betula pendula growth and development changes the physicochemical properties and the main allergen content of its pollen(48)	2023	pologn e	observati onnelle		Betula pendula	Betulaceae				la pollution de l'air modifie la composition et la structure des

ANNEXE

										protéines du pollen, en particulier de Bet v 1:PM10, PM2.5, and Nox,Métaux lourds (non spécifiés) ,
Binding to Iron Quercetin Complexes Increases the Antioxidant Capacity of the Major Birch Pollen Allergen Bet v 1 and Reduces Its Allergenicity (49)	2023	Autriche	in vitro		Betula pendula	Betulaceae				la liaison de quercétine et de fer (FeQ ₂) à Bet v 1:Favorise un profil anti-inflammatoire et tolérant des monocytes doncApporter des micronutriments (comme le fer et des flavonoïdes) via des protéines comme Bet v 1 pourrait représenter une stratégie d'immunothérapie non spécifique à l'antigène pour traiter les allergies.
Treatment with pollen allergen immunotherapy improves health-related quality of life in children and adolescents: a three-year follow-up-study(50)	2023	suède	in vivo		Poaceae, Betula pendula	Poaceae, Betulaceae				l'immunothérapie spécifique scit
Short-Term Exposure of <i>Dactylis glomerata</i> Pollen to Atmospheric Gaseous Pollutants Is Related to an Increase in IgE Binding in Patients with Grass Pollen Allergies (51)	2023	Portugal	in vivo		Dactylis glomerata	Poaceae				NO ₂ et O ₃
A recombinant <i>Artemisia vulgaris</i> pollen adjuvanted Art v 1 protein-based vaccine treats allergic rhinitis and bronchial asthma using pre- and co-seasonal ultrashort immunotherapy regimens in sensitized mice(52)	2022	kazakhstan, australie, etat unis	in vivo		Artemisia vulgaris	Asteraceae				3 vaccins 2sc ,im
Molecular sensitization profile to grass and olive pollens in Portugal (53)	2024	Portugal	observati onnelle	diagnostic moléculaire allergénique: MAD, prick test STP	Olea europaea L, Phleum pratense	Oleaceae, Poaceae				
Particulate matter modifies the association	2014	japon	observati		Cryptomeria	Cupressaceae				PM2.5,spm

ANNEXE

between airborne pollen and daily medical consultations for pollinosis in Tokyo(54)			onnelle		japonica					
Benifuuki' Green Tea Containing O-Methylated Catechin Reduces Symptoms of Japanese Cedar Pollinosis: A Randomized, Double- Blind, Placebo-Controlled Trial(55)	2014	japon	in vivo		/	Theaceae				La consommation de thé 'Benifuuki' réduisait considérablement les manifestations de la pollinose au cèdre japonais, rehaussait la qualité de vie (QDV) et éliminait l'accroissement des éosinophiles périphériques souvent constaté durant la saison des pollens.
olive pollen recombinant allergens : value in diagnosis and immunotherapy (56)	2007	Espagne	in vitro	Utilisation des allergènes recombinants du pollen d'olivier dans le diagnostique (CRD)	Olea europaea L	Oleaceae				
Allergenic Potential of Common Hops (<i>Humulus lupulus</i> L.) in the Context of Cross-Reactions with Pollen Allergens(57)	2024	pologne	in vitro		Humulus lupulus L.	Cannabaceae				
Evaluation of a Novel Adjuvanted Vaccine for Ultrashort Regimen Therapy of <i>Artemisia</i> Pollen-Induced Allergic Bronchial Asthma in a Mouse Model(58)	2022	Kazakhstan	in vivo		Artemisia vulgaris	Asteraceae		Vaccin scim in		
Long-term treatment of Japanese cedar pollinosis with Japanese cedar pollen SLIT drops and persistence of treatment effect: A post-marketing clinical trial(59)	2020	japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae			l'immunothérapie spécifique slit	
Pollen Proteases Play Multiple Roles in Allergic Disorders (60)	2020	Portugal	in vitro		Chenopodium album, Plantago lanceolata, Eucalyptus	Amaranthaceae, Myrtaceae, Plantaginaceae				

ANNEXE

					globulus				
Relevant Patient Benefit of Sublingual Immunotherapy with Birch Pollen Allergen Extract in Allergic Rhinitis: An Open, Prospective, Non-Interventional Study (61)	2020	Allemagne	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		l'immunothérapie spécifique slit	
Prophylactic and therapeutic vaccination with carrier-bound Bet v 1 peptides lacking allergen-specific T cell epitopes reduces Bet v 1-specific T cell responses via blocking antibodies in a murine model for birch pollen allergy(62)	2013	Autriche	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		Vaccin contre Bet v 1	
Efficacy and safety of birch pollen allergoid subcutaneous immunotherapy: A 2-year double-blind, placebo-controlled, randomized trial plus 1-year open-label extension (63)	2019	Allemagne	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		l'immunothérapie spécifique scit	
Two grass pollen tablets commercially available for allergy immunotherapy display different IgE epitope repertoires (64)	2019	France, Espagne, Suède	in vivo		Dactylis glomerata	Poaceae		l'immunothérapie spécifique slit	
Allergenicity and cross-reactivity of pine pollen (65)	2009	Espagne	in vivo		Pinus radiata	Pinaceae			
The efficacy of early treatment of seasonal allergic rhinitis with benifuuki green tea containing O-methylated catechin before pollen exposure: an open randomized study (66)	2009	Japon	in vivo		/	Theaceae			Consommation du thé vert: la variété japonaise <i>Benifuuki</i>
Evaluating the effects of testing period on pollinosis symptoms using an allergen challenge chamber(67)	2011	Japon	in vivo	Chambre d'exposition (CAA)	Cryptomeria japonica	Cupressaceae			
Allergen-specific immunotherapy with recombinant grass pollen allergens (68)	2005	Allemagne	in vivo		/	/		l'immunothérapie spécifique recombinante scit	
The impact of nitration on the structure	2014	Autriche	in vitro		Betula	Betulaceae			nitration du Bet v

ANNEXE

and immunogenicity of the major birch pollen allergen Bet v 1.0101 (69)		e			pendula				
Ole e 9, a major olive pollen allergen is a 1, 3-β-glucanase: Isolation, characterization, amino acid sequence, and tissue specificity (70)	2001	espagne	in vitro		Olea europaea L	Oleaceae	Ole e 9		
A human monoclonal IgE antibody defines a highly allergenic fragment of the major timothy grass pollen allergen, Phl p 5: molecular, immunological, and structural (71)	2000	Australie	in vitro		Phleum pratense	Poaceae	domaine Phl p 5A		
Identification of Ligustrum lucidum pollen allergens using a proteomics approach(72)	2015	Mexique	in vitro		Ligustrum lucidum	Oleaceae	profiline, l'énolase, la bêta-1,3-glucanase, la polygalacturonase, l'alanine aminotransférase et la sous-unité bêta de l'ATP synthase		
Efficacy of recombinant birch pollen vaccine for the treatment of birch-allergic rhinoconjunctivitis (73)	2008	France, Danemark, Autriche, Suède, Italie	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		vaccin recombinant Bet v 1a	
Vaccination with genetically engineered allergens prevents progression of allergic disease (74)	2004	Allemagne	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		vaccin recombinant Bet v 1a	
Intralymphatic allergen-specific immunotherapy: an effective and safe alternative treatment route for pollen-induced allergic rhinitis (75)	2013	Suède	in vivo		Poaceae, Betula pendula	Poaceae, Betulaceae		l'immunothérapie spécifique ilit	
Short-course subcutaneous treatment with birch pollen allergoids greatly improves symptom and medication scores in birch allergy (76)	2024	Allemagne	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		Vaccin	
Structural and Immunological Features of PR-10 Allergens: Focusing on the Major	2024	Russie	in vitro		Alnus glutinosa,	Betulaceae	caractérisation Aln g 1 (les mutations) pour le rendre hypoallergénique donc utilisation trt		

ANNEXE

Alder Pollen Allergen Aln g 1 (77)					Betula pendula				
Long-term effects of pollen allergoid tyrosine-adsorbed subcutaneous immunotherapy on allergic rhinitis and asthma(78)	2023	Allemagne	Observationnelle		Poaceae	Poaceae			L'immunothérapie spécifique scit
Factors predicting the outcome of allergen-specific nasal provocation test in children with grass pollen allergic rhinitis (79)	2023	Italie	observationnelle	test de provocation nasale TPN,dosage des IgE spécifiques Phl p 5 et Cyn d 1, prick test STP ,questionnaires d'évaluation des symptômes.	Phleum pratense, Cynodon dactylon	Poaceae, Poaceae	rPhl p 5 ,nCyn d 1		
pollution, pollen et pollinoses retour sur l'épisode de pollution de mars (80)	2015	France	observationnelle		Cupressus arizonica, Populus alba L	Cupressaceae, Salicaceae			pollution atmosphérique NO2
Add-on omalizumab for inadequately controlled severe pollinosis (81)	2020	Japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae			l'omalizumab sc en association avec un traitement standard
ragweed pollen concentrations predicts seasonal rhino-conjunctivitis and asthma severity in patients allergic to.,(82)	2022	Italie	observationnelle		Ambrosia artemisiifolia	Asteraceae			
Comparative Evaluation of an Allergen Exposure Chamber and Nasal Allergen Challenge Versus In-Field Symptom Assessment in Patients With Allergic Rhinitis Triggered by Timothy Grass Pollen (83)	2025	Pologne	in vivo	Chambre d'exposition (CAA), Test de provocation allergénique nasal TPN	Phleum pratense	Poaceae			
Long-term impact of a birch/alder/hazel or birch-only liquid sublingual	2025	Allemagne	observationnelle		Betula pendula	Betulaceae			l'immunothérapie spécifique slit

ANNEXE

immunotherapy on birch-family pollen respiratory allergy: A real-world study (84)									
Skin Prick Tests and Enzyme-Linked Immunosorbent Assays among Allergic Patients Using Allergenic Local Pollen Extracts(85)	2024	Philippines	in vivo+in vitro	prick test (SPT), dosage immuno-enzymatique des IgE sériques spécifiques (ELISA sIgE)	/	/			
Anti-allergic effect of Cyclopia (honeysbush) extracts via anti-degranulation activity in a murine allergy model for inhaled antigen (86)	2024	Japon	in vivo		/	/			tisane à base de plantes à base de Cyclopia (honeysbush tea)
Airborne pollen exposure and risk of hospital admission for allergic rhinitis in Beijing: A time-stratified case-crossover study (87)	2024	Chine	observati onnelle		/	/			
Recombinant Art v4.01 protein produces immunological tolerance by subcutaneous immunotherapy in a wormwood pollen-driven allergic asthma female mouse model(88)	2024	Chine	in vivo		Artemisia absinthium	Asteraceae			l'immunothérapie spécifique recombinante scit
Satisfaction, QoI and adherence of patients allergic to dust mites and/or pollens undergoing sublingual immunotherapy (89)	2024	Espagne	observati onnelle		/	/			l'immunothérapie spécifique slit
Carrageenan-Containing Nasal Spray Alleviates Allergic Symptoms in Participants with Grass Pollen Allergy: A Randomized, Controlled, Crossover Clinical Trial (90)	2024	Autriche	in vivo		Poaceae	Poaceae			spray nasal contenant de l'iota-carraghénane
Heat-Killed Bifidobacterium longum BBMN68 in Pasteurized Yogurt Alleviates Mugwort Pollen-Induced Allergic Airway Responses through Gut	2023	Chine	in vivo		Artemisia vulgaris	Asteraceae			probiotiques(Bifidobacterium longum BBMN68 (BBMN68) inactivé par la chaleur dans du yaourt pasteurisé)

ANNEXE

Microbiota Modulation in a Murine Model (91)										
INMUNOCAT study: The impact of molecular diagnosis on immunotherapy prescription in pollen polysensitized patients from Catalonia (92)	2023	Espagne	in vivo	Le diagnostic moléculaire (MAD) ou diagnostic par composantes (DCM)	/	/				
Subcutaneous birch pollen allergen immunotherapy with a depigmented polymerized extract shows only sustained and long-term efficacy in a subgroup of monosensitized adults and adolescents with allergic rhinitis (93)	2022	Allemagne, Pologne	in vivo		Betula pendula	Betulaceae			l'immunothérapie spécifique scit	
Correlation of Pollen Concentration and Meteorological Factors with Medical Condition of Allergic Rhinitis in Shenyang Area (94)	2022	Chine	in vivo		/	/				+
Identification of Allergenic Proteins in Velvet Mesquite (Prosopis velutina) Pollen: An Immunoproteomics Approach (95)	2022	Mexique	in vitro		Prosopis velutina	Fabaceae	24 protéines uniques			
Health and economic impact of subcutaneous allergen immunotherapy in patients with pollen-induced allergic rhinoconjunctivitis: real-world evidence from the Czech Republic (96)	2022	République tchèque	Observationnelle		/	/			l'immunothérapie spécifique scit	
Traffic-related NO2 affects expression of Cupressus sempervirens L. pollen allergens (97)	2022	Italie	in vitro		Cupressus sempervirens	Cupressaceae				NO2
Effects of sublingual immunotherapy with tablets or drops containing Japanese cedar pollen antigens on nasal symptoms and sleep disturbance in patients with Japanese cedar pollinosis (98)	2022	Japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae			l'immunothérapie spécifique slit	
Effect of Japanese Cedar Pollen Sublingual Immunotherapy on Asthma Patients with	2022	Japon	observationnelle		Cryptomeria japonica	Cupressaceae			l'immunothérapie spécifique slit	

ANNEXE

Seasonal Allergic Rhinitis Caused by Japanese Cedar Pollen (99)									
Pollen Allergy Screening with Allergen-Specific and Total Immunoglobulin E Titers (100)	2022	Japon	in vivo	dosage des IgE spécifiques aux allergènes, dosage des IgE totales	Cryptomeria japonica	Cupressaceae			
5-grass-pollen SLIT effectiveness in seasonal allergic rhinitis: Impact of sensitization to subtropical grass pollen (101)	2022	Australie	observationnelle		Lolium perenne	Poaceae		l'immunothérapie spécifique slit	
Natural pollen exposure increases in a dose-dependent way Fraction of exhaled Nitric Oxide (FeNO) levels in patients sensitized to one or more pollen species (102)	2022	Italie	observationnelle		/	/			
Ex Vivo Immunomodulatory Effects of Lactobacillus-, Lacticaseibacillus-, and Bifidobacterium-Containing Synbiotics on Human Peripheral Blood Mononuclear Cells and Monocyte-Derived Dendritic Cells in the Context of Grass Pollen Allergy(103)	2022	Allemagne	ex vivo		Poaceae	Poaceae		symbiotiques contenant Lactobacillus , Lacticaseibacillus et Bifidobacterium	
Are Markers of Allergic Inflammation in Grass Pollen Allergy Influenced by H1 Antihistamines?(104)	2021	Roumanie	in vivo		Poaceae	Poaceae		antihistaminiques H1 de deuxième génération (la lévocétirizine et la desloratadine)	
Prophylactic and Therapeutic Effects of Oral Immunotherapy on Birch Pollen-Induced Allergic Conjunctivitis in Mice with a Rice-Based Edible Vaccine Expressing a Hypoallergenic Birch Pollen Allergen (105)	2021	Japon	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		immunothérapie orale à base de graines de riz transgéniques	
Analysis of Peanut Allergen Components Sensitization and Cross Reaction with Pollen Allergen in Chinese Southerners	2021	Chine	in vivo		/	/			

ANNEXE

with Allergic Rhinitis and/or Asthma (106)									
Analysis of allergen components and identification of bioactivity of HSP70 in pollen of Populus deltoids (107)	2021	Chine	in vitro+in vivo		Populus deltoides	Salicaceae	B9N9W6, appartenant à la famille Hsp70		
Silver birch pollen-derived microRNAs promote NF-κB-mediated inflammation in human lung cells(108)	2021	Pologne	in vitro		Betula pendula	Betulaceae	microARN dérivés du pollen de bouleau verruqueux		
Japanese cedar pollen upregulates the effector functions of eosinophils (109)	2021	Japon	in vitro		Cryptomeria japonica	Cupressaceae			
High-dose pollen intralymphatic immunotherapy: Two RDBPC trials question the benefit of dose increase (110)	2021	Suède	in vivo		Poaceae	Poaceae		l'immunothérapie spécifique ilit	
Patient needs and benefits of sublingual immunotherapy for grass pollen-induced allergic rhinitis: an observational study (111)	2021	Allemagne	observationnelle		Poaceae	Poaceae		l'immunothérapie spécifique slit	
Oligomerization and Nitration of the Grass Pollen Allergen Phl p 5 by Ozone, Nitrogen Dioxide, and Peroxynitrite: Reaction Products, Kinetics, and Health Effects (112)	2021	Allemagne	in vitro		Phleum pratense	Poaceae			oxydants atmosphériques: l'ozone (O ₃), le dioxyde d'azote (NO ₂) et le peroxyde d'azote (ONOO ⁻)
Comparison of perennial and preseasonal allergoid immunotherapy in grass pollen allergic patients (113)	2023	Turquie	in vivo		Poaceae	Poaceae		l'immunothérapie spécifique scit	
Assessment of changes in genetic transcriptome in nasal epithelial cells exposed to ozone-aged black carbon and pollen allergen by high-throughput transcriptomics(114)	2021	Chine	in vitro		/	/		Le carbone noir environnemental vieilli par l'ozone (O ₃ BC)	
Evaluation of safety and tolerability of a rush up-dosing allergen-specific immunotherapy with grass pollen, birch, hazel, and alder allergoid in children with allergic rhinoconjunctivitis, with or	2021	Italie	in vivo		Poaceae, Corylus avellana, Alnus, Betula	Poaceae, Betulaceae		l'immunothérapie spécifique scit	

ANNEXE

without asthma (115)					pendula				
Allergenicity assessment of Delonix regia pollen grain and identification of allergens by immunoproteomic approach (116)	2021	Inde	in vivo+in vitro		Delonix regia	Fabaceae	huit allergènes issus du pollen de D. regia		
Effectiveness and safety of a glutaraldehyde-modified, L-tyrosine-adsorbed and monophosphoryl lipid A-Adjuvanted allergen immunotherapy in patients with allergic asthma sensitized to olive pollen: A retrospective, controlled real-world study (117)	2020	Espagne	observationnelle		Olea europaea L	Oleaceae		l'immunothérapie spécifique scit	
Molecular composition and biological activity of commercial birch pollen allergen extracts(118)	2009	Autriche	in vitro	Les extraits commerciaux d'allergènes de pollen de bouleau produits pour le diagnostic in vivo de l'allergie au pollen de bouleau	Betula pendula	Betulaceae			
High-resolution crystal structure and IgE recognition of the major grass pollen allergen Phl p 3 (119)	2014	Autriche	in vitro		Phleum pratense	Poaceae	Phl p 3		
Associations among air pollutants, grass pollens, and daily number of grass pollen allergen-positive patients: a longitudinal study from 2012 to 2016 (120)	2019	Chine	observationnelle		Poaceae	Poaceae			SO2 et NOx
The effectiveness of pollen allergen immunotherapy on allergic rhinitis over 18 years: A national cohort study in Denmark(121)	2024	Danemark	observationnelle		/	/		l'immunothérapie spécifique scit	
Separation and characterization of nitrated variants of the major birch pollen allergen	2013	Allemagne	in vitro		Betula pendula	Betulaceae	Bet v 1a et ses		NO2

ANNEXE

by CZE-ESI- μ TOF MS(122)							variants nitrés			
Confirmation of immuno-reactivity of the recombinant major birch pollen allergen Bet v 1a by affinity-CIEF (123)	2009	Autriche	in vitro	allergène majeur recombinant du pollen de bouleau Bet v 1a : diagnostic moléculaire par composants CRD	Betula pendula	Betulaceae				
Characterization of epitope specificities of reference antibodies used for the quantification of the birch pollen allergen Bet v 1 (124)	2017	France	in vitro	ELISA quantitative spécifique de Bet v 1 (anticorps monoclonaux 5B4 et 6H4)	Betula pendula	Betulaceae				
Multiple independent IgE epitopes on the highly allergenic grass pollen allergen Phl p 5(125)	2014	Autriche	in vitro		Phleum pratense	Poaceae	Phl p5			
Vaccines for birch pollen allergy based on genetically engineered hypoallergenic derivatives of the major birch pollen allergen, Bet v 1 (126)	2004	Autriche	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		vaccin recombinant Bet v 1a	vaccins basés sur des dérivés de(rBet v 1)génétiquement modifiés adsorbés sur Al(OH) 3	
Characterization of the protective and therapeutic efficiency of a DNA vaccine encoding the major birch pollen allergen Bet v 1a (127)	2003	Autriche	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		vaccin à ADN (id)	vaccin à ADN contenant l'ADNc complet de Bet v 1a	
Modulation of allergic immune responses by mucosal application of recombinant lactic acid bacteria producing the major birch pollen allergen Bet v 1 (128)	2006	Autriche	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		vaccination muqueuse avec bactéries lactiques	La vaccination muqueuse avec bactéries lactiques probiotiques recombinantes produisant l'allergène majeur du pollen de bouleau, Bet v 1	

ANNEXE

								probiotiques recombinantes produisant Bet v 1	
Oral immunotherapy against a pollen allergy using a seed-based peptide vaccine (129)	2005	Japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae		immunothérapie orale par peptide vaccinal exprimé dans du riz transgénique	
Isolation and characterization of native Cry j 3 from Japanese cedar (Cryptomeria japonica) pollen (130)	2007	Japon	in vitro		Cryptomeria japonica	Cupressaceae	Cry j 3		
Effect of modified immunotherapy with an allergen-pullulan conjugate in patients with Japanese cedar pollinosis (131)	2008	japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae		l'immunothérapie spécifique scit	
Transcutaneous pollinosis immunotherapy using a solid-in-oil nanodispersion system carrying T cell epitope peptide and R848 (132)	2016	Japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae		immunothérapie transcutanée	
Probiotics in the treatment of Japanese cedar pollinosis: a double-blind placebo-controlled trial (133)	2006	Japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae		administration orale de Bifidobacterium longum BB536 sf de yaourt enrichi	
Staphylococcus aureus nasal colonization increases the risk of cedar pollinosis(134)	2022	Japon	observati onnelle		Cryptomeria japonica	Cupressaceae			La colonisation nasale par Staphylococcus aureus
Decreased numbers of metachromatic cells in nasal swabs in Japanese cedar pollinosis following sublingual immunotherapy(135)	2020	Japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae		l'immunothérapie spécifique slit	
Comparision of two-flow cytometry methods for basophil degranulation in patients sensitized to grass pollen (136)	2006	Bulgarie	in vitro	Cytométrie en flux pour la quantification des basophiles dégranulés utilisant CD63 (Basotest et	Poaceae	Poaceae			

ANNEXE

				test BD FastImmune): BAT						
Reducing allergenicity by altering allergen fold: a mosaic protein of Phl p 1 for allergy vaccination(137)	2009	Autriche	in vivo+in vitro		Poaceae	Poaceae				l'immunothérapie spécifique sc et id
Inhibition of immunoglobulin E response to Japanese cedar pollen allergen (Cry j 1) in mice by DNA immunization: different outcomes dependent on the plasmid DNA inoculation method (138)	2001	Japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae				immunisation par ADN plasmidique (im)
Sustained efficacy and safety of a 300IR daily dose of a sublingual solution of birch pollen allergen extract in adults with allergic rhinoconjunctivitis: results of a double-blind, placebo-controlled study (139)	2014	Allemagne, France, Suède, Danemark	in vivo		Betula pendula	Betulaceae				l'immunothérapie spécifique slit
Olive pollen allergen Ole e 8: identification in mature pollen and presence of Ole e 8-like proteins in different pollens(140)	2002	Espagne	in vitro		Olea europaea L	Oleaceae	Ole e 8			
Modulation of the allergic immune response in BALB/c mice by subcutaneous injection of high doses of the dominant T cell epitope from the major birch pollen allergen Bet v 1 (141)	2003	Autriche	in vivo		Betula pendula	Betulaceae				l'immunothérapie spécifique scit
Development of transgenic rice seed accumulating a major Japanese cedar pollen allergen (Cry j 1) structurally disrupted for oral immunotherapy (142)	2007	Japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae				immunothérapie orale à base de graines de riz transgéniques
Mutants of the major ryegrass pollen allergen, Lol p 5, with reduced IgE-binding capacity: candidates for grass pollen-specific immunotherapy(143)	2002	Autriche	in vitro		Lolium perenne	Poaceae				candidats à l'immunothérapie spécifique
Hypoallergenic mutants of Ole e 1, the	2006	Espagne	in vitro		Olea	Oleaceae				candidats

ANNEXE

major olive pollen allergen, as candidates for allergy vaccines(144)		ne			europaea L			pour les vaccins		
DNA vaccine using invariant chain gene for delivery of CD4+ T cell epitope peptide derived from Japanese cedar pollen allergen inhibits allergen-specific IgE response (145)	2002	Japon	in vivo		Cryptomeria japonica	Cupressaceae		vaccin à ADN (im)		
Prevention of allergen-specific IgE production and suppression of an established Th2-type response by immunization with DNA encoding hypoallergenic allergen derivatives of Bet v 1, the major birch-pollen allergen (146)	2003	autriche	in vivo		Betula pendula	Betulaceae		vaccin à ADN (im)		
Molecular, structural, and immunologic relationships between different families of recombinant calcium-binding pollen allergens(147)	2002	Autriche	in silico+in vitro		Betula pendula, Alnus glutinosa, Phleum pratense, Juniperus communis	Betulaceae, Poaceae, Cupressaceae				
Identification of a 62-kDa major allergen from Artemisia pollen as a putative galactose oxidase (148)	2017	Chine	in vitro+in vivo		Artemisia vulgaris	Asteraceae	Art an 7 (galactose oxydase putative)			
Pho d 2, a major allergen from date palm pollen, is a profilin: cloning, sequencing, and immunoglobulin E cross-reactivity with other profilins(149)	2005	Espagne	in vitro		Phoenix dactylifera L	Arecaceae	Pho d 2 (profiline)			
Different allergenic activity of grass pollen allergens revealed by skin testing(150)	2008	Autriche	in vivo		Poaceae	Poaceae				
Differential IgE sensitization to cypress pollen associated to a basic allergen of 14 kDa (151)	2012	France	in vitro		Cupressus sempervirens	Cupressaceae	BP14 (protéine basique de 14kDA)			
Cloning and expression of a major allergen from Cupressus arizonica pollen, Cup a 3,	2004	Espagne	in vitro		Cupressus arizonica	Cupressaceae	Cup a 3(protéine			

ANNEXE

a PR-5 protein expressed under polluted environment (152)							PR-5)			
Increased sensitization rates to tree pollens in allergic children and adolescents and a change in the pollen season in the metropolitan area of Seoul, Korea (153)	2021	Corée du sud	observationnelle		Quercus robur, Corylus avellana, Alnus glutinosa	Fagaceae, Betulaceae				+
Instability of the structure and allergenic protein content in Arizona cypress pollen(154)	2009	iran	in vitro+in vivo		Cupressus arizonica	Cupressaceae	PRO 35 KDA			+
Immunochemical Characterization of Acacia Pollen Allergens and Evaluation of Cross-Reactivity Pattern with the Common Allergenic Pollens(155)	2014	Iran	in vitro		Acacia farnesiana	Fabaceae	protéines de 15,23,45,50 Kda			
Comparative proteomics of common allergenic tree pollens of birch, alder, and hazel (156)	2020	Autriche	in vitro		Betula pendula, Alnus glutinosa, Corylus avellana	Betulaceae	Bet v1, Aln g 1, Cor a 1			

Résumé :

La pollinose est une forme majeure d'allergie respiratoire induite par l'exposition aux pollens. Elle entraîne une altération notable de la qualité de vie des personnes atteintes.

Objectif : Réaliser une revue de la littérature pour identifier les données scientifiques récentes sur la pollinose et dresser un état des connaissances actualisé dans ce domaine. **Méthodes :** Une recherche bibliographique a été menée dans trois bases de données (PubMed, Google Scholar, Wiley), couvrant les publications de 2000 à 2025, filtrées selon des critères d'inclusion et d'exclusion prédéfinies. **Résultats :** Sur 1507 articles identifiés, 156 ont été retenus, permettant d'identifier les méthodes diagnostiques et thérapeutiques les plus ciblées dans la prise en charge de la pollinose, ainsi que les approches préventives, les facteurs aggravants et les phénomènes d'allergies croisées associés à cette affection. **Conclusion :** Cette revue souligne l'importance d'une prise en charge globale pour améliorer la gestion de la pollinose et préserver la qualité de vie des patients.

Mots clés : pollinose, allergie au pollen, revue, allergie respiratoire.

Abstract:

Pollen allergy (pollinosis) is a major form of respiratory allergy caused by exposure to pollen grains. It significantly impairs the quality of life of affected individuals.

Objective : To conduct a literature review to identify recent scientific data on pollinosis and provide an updated state of knowledge in this field. **Methods :** A bibliographic search was conducted in three databases (PubMed, Google Scholar, Wiley), covering publications from 2000 to 2025, and filtered according to predefined inclusion and exclusion criteria. **Results :** Out of 1507 articles identified, 156 were selected, enabling the identification of the most targeted diagnostic and therapeutic methods for managing pollinosis, as well as preventive approaches, aggravating factors, and cross-allergy phenomena associated with this condition. **Conclusion :** This review emphasizes the importance of a comprehensive management approach to improve pollinosis control and preserve patients' quality of life.

Keywords : pollinosis, pollen allergy, review, respiratory allergy

الملخص

الربو التحسسي الناتج عن حبوب اللقاح هو شكل رئيسي من الحساسية التنفسية الناجمة عن التعرض لحبوب اللقاح، ويؤثر بشكل كبير على جودة حياة المرضى.

الهدف : إجراء مراجعة أدبية لتحديد أحدث البيانات العلمية حول الربو التحسسي الناتج عن حبوب اللقاح وتقديم حالة معرفية محدثة في هذا المجال. **المنهجية :** تم إجراء بحث بيبليوغرافي في ثلاث قواعد بيانات PubMed و Google Scholar و Wiley ، شمل المنشورات من عام 2000 حتى 2025، وتم تصنيفها وفق معايير محددة مسبقاً للشمول والاستبعاد. **النتائج :** من بين 1507 مقالاً تم تحديدها، تم اختيار 156 مقالا، مما مكن من تحديد أبرز أساليب التشخيص والعلاج المستخدمة في إدارة هذا النوع من الحساسية، بالإضافة إلى الأساليب الوقائية والعوامل المضرة ووجود تفاعلات تبادلية مع أنواع حساسية أخرى. **الخاتمة :** تشير هذه المراجعة إلى أهمية نهج إداري شامل لتحسين السيطرة على حساسية حبوب اللقاح والحفاظ على جودة حياة المرضى.

الكلمات المفتاحية: الحساسية الناتجة عن حبوب اللقاح، مراجعة، الحساسية التنفسية