

BADJI MOKHTAR- ANNABA UNIVERSITY  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA  
FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



جامعة باجي مختار – عنابة  
كلية العلوم  
قسم البيولوجيا

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de docteur

**Option : Palynologie et ses applications**

**Le contenu pollinique atmosphérique de la  
région de Annaba et sa relation avec la  
pollinose**

Présentée par : Ketfi Louisa

Devant le jury :

Président : Mr. Tahar Ali

Professeur

Université Badji Mokhtar Annaba

Directeur de thèse : Mr. Boughediri Larbi

Professeur

Université Badji Mokhtar Annaba

Examineurs : Mr. Chefrour Azzedine

Professeur

Université de Souk-Ahras

Mme Benaadja Salima

Professeur

Université Badji Mokhtar Annaba

Mr. Gheid Abdelhak

Professeur

Université de Souk-Ahras

Mme Ait- Kaki Sabrina

MCA

Université de Boumerdes

## REMERCIEMENTS

Je tiens, tout d'abord, à manifester toute ma reconnaissance à Monsieur le Professeur **Larbi Boughediri** pour m'avoir proposé cette thèse et en avoir pris la direction. Je le remercie pour l'intérêt qu'il a su porter à cette thèse, son aide, sa disponibilité, ses conseils avisés et ses nombreuses relectures qui ont permis l'aboutissement de ce travail. Je le remercie, par ailleurs, pour sa participation au jury de thèse.

Je remercie également Monsieur **Tahar Ali** Professeur au département de Biologie, Université de Annaba, pour ses encouragements et m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Je tiens à remercier aussi Monsieur **Chefrou Azzedine** Professeur au département de Biologie, Université de Souk-Ahras pour ses conseils et ses encouragements, et d'avoir accepté d'être l'examineur de ma thèse.

Egalement, un grand merci à Monsieur **Gheid Abdelhaek** Professeur au département de Chimie, Université de Souk-Ahras, pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Je remercie Madame **Benaadja Salima**, Professeur à la Faculté de Médecine, Université de Annaba, pour avoir accepté de lire et de juger ce travail.

Je tiens à remercier Madame **Ait Kaki Sabrina** Maitre de Conférence au département de Biologie, Université de Boumerdes pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Je ne peux pas oublier Monsieur **Touarfia Mondji** et Melle **Houam Lynda** je les remercie pour ses aides et ses encouragements.

Mes remerciements sont aussi adressés à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette thèse :

- Le personnel de service des urgences de centre de santé de Annaba.
- Le personnel de la station météorologique de l'Aéroport de Annaba
- Le personnel de la direction des forêts de Annaba et de Dréan.

Un immense merci à ma famille, pour leur soutien moral, leur générosité et leur amour, ils m'ont soutenu durant toutes les périodes de doute et de démoralisation. A mon mari, ma sœur, mes petits enfants, je veux témoigner de toute ma tendresse et de tout mon amour.

Enfin, un grand merci à toutes les autres personnes avec qui j'ai partagé un moment de bonheur et de joie.

N <sup>o</sup>	Sommaire	Page
	Résumé	
	Liste des tableaux	
	Liste des figures	
<b>Partie Bibliographique</b>		
	Introduction	1
<b>Chapitre 1 Pollen, Palynologie et Applications</b>		
1.	Pollen	4
1.1	Définition	4
1.2	Biologie de pollen	4
1.3	Morphologie du pollen	6
1.4	Physiologie du pollen	9
2.	Palynologie	10
2.1	Définition	10
2.2	Historique	10
2.3	Applications de la palynologie	10
<b>Chapitre 2 Aéropalynologie et allergie pollinique</b>		
	Introduction	13
1.	Aéropalynologie	13
1.1	Définition	13
1.2	Méthodes de récolte	13
2.	Scores polliniques	16
2.1	Palynothèque	16
2.2	Atlas pollinique	16
3.	Calendrier pollinique	16
4.	Domaines d'application	17
3.1	Pollen allergisant	17
3.2	Potentiel allergisant	18
3.6.	Saisons polliniques	18
3.	Allergie pollinique	21
3.1	Définition	21
3.2	Effets de la pollution sur les grains de pollens	22
3.3	Pollen et changement climatique	22
3.4	Manifestations cliniques	23
3.4	Mécanismes	23
3.5	Diagnostic de l'allergie aux pollens	25
3.6	Traitements	26
<b>Partie pratique</b>		
<b>Chapitre 1 Couvert végétal et sa relation avec le contenu pollinique</b>		
	Introduction	27
1.	Couvert végétal	27
2.	Couvert végétal de la Wilaya de Annaba	31
2.1	Présentation géographique	32
2.2	Climat	33
2.3	Matériel et méthodes	33
2.4	Résultats et discussion	34
3.	Contenu pollinique de sites d'étude	39
3.1	Matériel et méthodes	39
3.2	Résultats et discussion	40

4.	Situation pollinique à El-Hadjar sur la période 1995- 2005.	46
	Introduction	46
4.1	Matériel et méthodes	47
4.2	Résultats et discussion	48
	Conclusion	53

## **Chapitre 2      Calendrier pollinique de la ville de Annaba**

	Introduction	54
1.	Matériel et méthodes	54
2.	Analyses statistiques	58
3.	Résultats et discussion	58
	Conclusion	84

## **Chapitre 3      Enquête sur l'allergie pollinique dans la ville de Annaba**

	Introduction	85
1.	Méthodologie	85
2.	Résultats	87
3.	Discussion	94
	Conclusion	95
	Conclusion générale et perspectives	96
	Bibliographie	99
	Annexes	

## Résumé

L'augmentation spectaculaire des allergies au pollen dans les dernières décennies a stimulé le développement des mesures aéropalynologiques et les recherches concernant le pollen dans l'air (Chuine et Belmonte, 2004). Les pollens sont les principaux responsables de la rhinite allergique saisonnière et contribuent à l'aggravation des symptômes de l'asthme. Les principaux effets observés sur les plantes allergènes sont : l'allongement de la saison de croissance, l'augmentation de la production de pollen par les plantes et l'augmentation de l'allergénicité du pollen.

Le but de ce travail consiste à mieux circonscrire les paramètres météorologiques qui influencent la saison pollinique, dans une perspective prédictive, à évaluer la situation géographique sur la concentration pollinique et à déterminer quels pollens pourraient exposer la population à des risques dans le domaine des allergies.

Nous avons effectué dans le premier chapitre, un inventaire floristique dans trois sites (Annaba, El-Hadjar et Dréan). L'objectif de ce travail est la connaissance de la composition floristique du couvert végétal de ces trois villes, et principalement les espèces allergisantes. L'étude nous a permis de compter 57 familles appartenant aux deux groupes végétaux (Gymnospermes et Angiospermes). Ces familles sont présentes dans la flore de Quézel et Santa (1962-1963). Les *Poaceae* ont été classées en première position avec 45 espèces. Parmi les 57 familles botaniques inventoriées dans les trois villes, nous avons compté 19 familles allergisantes soit 33.33% de l'ensemble des familles. Les familles botaniques les mieux représentées renferment presque le tiers des espèces (76 espèces soit 30.5% des espèces inventoriées). En outre, cette étude a permis de dénombrer 17 familles allergisantes (76 espèces), dont la pollinisation est anémophile et deux familles botaniques (*Plantaginaceae* et *Myrtaceae*) qui sont adoptées par la pollinisation mixte.

En comparant le couvert végétal et le contenu pollinique atmosphérique de chaque site, nous avons trouvé que :

- Le contenu pollinique de la ville de Annaba, compte 22 familles végétales, et le couvert végétal dénombre 19 familles (17 familles allergisantes et deux familles à pollinisation mixte). On note que le contenu pollinique comprend des familles entomophiles comme (les *Brassicaceae*, les *Asteraceae* et les *Apiaceae*).

- Le contenu pollinique d'El-Hadjar comprend 19 familles végétales, nous avons remarqué l'absence des familles, *Urticaceae*, *Cyperaceae*, *Polygonaceae* et les *Juncaceae*, malgré leur présence dans le couvert végétal.
- Le contenu pollinique de la ville de Dréan est le moins riche avec 15 familles végétales, nous avons observé l'absence des familles, les *Urticaceae*, les *Rosaceae*, les *Cyperaceae* et les *Juncaceae*.

La méthode gravimétrique, employée au niveau de la région de Annaba pendant trois années successives (2007,2008 et 2009), sont l'objet du chapitre deux. Cette méthode nous a permis, de capturer un nombre total de 34349 grains de pollen/ cm<sup>2</sup>, et identifier 18 familles et un genre. Neuf familles sont connues pour leur haute allergénicité (*Poaceae*, *Asteraceae*, *Cupressaceae*, *Plantaginaceae*, *Chenopodiaceae*, *Oleaceae*, *Betulaceae*, *Salicaceae* et *Fagaceae*). Les familles végétales dominantes sont: les *Poaceae* avec 18.89%, les *Asteraceae* avec 15.92%, les *Brassicaceae* avec 12.42%, les *Pinaceae* avec 10.46%, les *Ericaceae* avec 7.1%, les *Cupressaceae* avec 6.75%, Les *Plantaginaceae* avec 5.38% et les *Oleaceae* avec 4.65%. Cette étude aéropalynologique, nous a permis d'établir trois calendriers polliniques pour les trois années d'étude.

L'enquête sur l'allergie pollinique a permis d'estimer la prévalence des symptômes d'allergie respiratoire chez les résidents de la ville de Annaba. La prévalence des symptômes allergiques se situerait à 5,6% (estimée à partir de la proportion de répondants qui ont une allergie pollinique confirmée par un test cutanée), et à 8,9% (estimée à partir de la proportion de répondants qui se disent allergiques aux pollens), et à 11,2% (estimée à partir de la proportion de répondants qui disent présenter des symptômes d'allergie respiratoire, durant la grande saison pollinique).

La présente étude n'étant qu'une première approche, elle doit être affinée sur plusieurs points. Il serait, par exemple, intéressant de détailler pour les principaux taxons, puis pour les arbres et les herbacées, les corrélations entre les sites, afin de voir si les variables concernées varient de la même façon. L'introduction, dans une nouvelle analyse, d'autres méthodes et appareils ; la méthode volumétrique par exemple.

### **Mots clés :**

Pollen, aéropalynologie, Annaba, El-Hadjar, Dréan, allergie pollinique, calendrier pollinique.

## Abstract

The increase of pollen allergies in recent decades has spurred the development of aeropalynological measures and research on pollen in the air (Chuine et Belmonte, 2004). Pollens are the main cause of seasonal allergic rhinitis and contribute to worsening asthma symptoms. The major effect on the allergenic plants is: extension of the growing season, the increase in the production of pollen in plants and the increase in the allergenicity of pollen.

The aim of this study is to define meteorological parameters influencing the pollen season in a predictive perspective, evaluate the location on the pollen concentration and determine which pollen could expose the population to risks in the field of allergies.

We effect in the first chapter, a floristic inventory in three sites (Annaba, El-Hadjar and Dréan). The objective of this work is the knowledge of the species composition of the vegetation cover of these three cities, mainly allergenic species. The study allowed us to count 57 families belonging to the two groups of plants (gymnosperms and angiosperms). These families are present in the flora of Santa et Quézel (1962-1963). The *Poaceae* were ranked first with 45 species. Among the 57 botanical families inventoried in the three cities, we counted 19 families allergenic or 33.33% of all families. The most important plant families contain almost one third of the species (76 species or 30.5% of species inventoried). In addition, the study identified 17 species allergenic families (76 species).

Comparing the vegetation cover and atmospheric pollen content of each site, we found that:

- The vegetation cover of the city of Annaba, has 22 plant families, and the airborne pollen content 19 families, we observe that the airborne pollen content includes entomophilous families (*Brassicaceae*, *Asteraceae* and *Apiaceae*).
- The airborne pollen of El-Hadjar includes 19 plant families; we noticed the absence of the family of *Urticaceae*, *Cyperaceae*, *Polygonaceae* and *Juncaceae*, despite their presence in the vegetation cover.
- The pollen content of the city of Dréan is less rich with 15 plant families; we observed the absence of families, *Urticaceae*, *Rosaceae*, *Cyperaceae* and *Juncaceae*.

The employee gravimetric method at the Annaba region for three consecutive years (2007, 2008, and 2009) is the subject of Chapter two. This method allowed us to capture a total of 34 349 pollen grains / cm<sup>2</sup>, and identify 18 families and a genre. Nine families are known for their high allergenicity (*Poaceae*, *Asteraceae*, *Cupressaceae*, *Plantaginaceae*,

*Chenopodiaceae*, *Oleaceae*, *Betulaceae*, *Salicaceae* and *Fagaceae*). The dominant plant families: *Poaceae* with 18.89%, the *Asteraceae* with 15.92%, the *Brassicaceae* with 12.42%, the *Pinaceae* with 10.46%, the *Ericaceae* with 7.1%, the *Cupressaceae* with 6.75%, the *Plantaginaceae* with 5.38% and *Oleaceae* with 4.65%.

This aeropalynological study allowed us to establish three pollen calendars for the three years of study.

The investigation of the pollen allergy was used to estimate the prevalence of symptoms of respiratory allergy among residents of the city of Annaba. The prevalence of allergic symptoms would be at 5.6% (estimated from the proportion of respondents who have a pollen allergy confirmed by a skin test) and 8.9% (estimated from the proportion of respondents who say allergic to pollen) and 11.2% (estimated from the proportion of respondents who say they have symptoms of respiratory allergy during the high pollen season).

This study is only a first approach, it must be refined on several points. It would, for example, interesting to detail for major taxa, and for trees and grasses, correlations between sites, to see if the relevant variables vary in the same way. The introduction, in a new analysis, other methods and instruments (volumetric method).

**Keywords:**

Pollen, aeropalynology, Annaba, El-Hadjar, Dréan, pollen allergy, pollen calendar.

## المخلص

لقد ادى ارتفاع عدد الإصابات بالحساسية الطلعية الى تطوير التقنيات المستعملة في الدراسة الهوائية وكذلك الدراسات الخاصة بحبات الطلع في الهواء. تهدف هذه الدراسة الى معرفة تأثير العوامل المناخية و الموقع الجغرافي على نوعية وتركيز حبات الطلع في الهواء و معرفة مدى تأثيرها على الأشخاص المعرضين لها.

قمنا في الفصل الأول من الجزء العملي بالقيام بعملية جرد للنباتات المكونة للغطاء النباتي في ثلاثة مناطق هي مدينة عنابة، الحجار و الذرعان. الهدف من ذلك هو إجراء دراسة مقارنة بين الغطاء النباتي و نوعية التركيب الطلعي في هواء كل منطقة. سمحت لنا هذه الدراسة بإحصاء 57 فصيلة نباتية تنتمي الى صفتين (عاريات البذور و مغلفات البذور)، تضم هذه الفصائل 249 نوعا نباتيا . تحتل الفصيلة النجيلية المرتبة الأولى بخمسة و اربعون (45) نوعا نباتيا , من بين هذه الفصائل , توجد تسعة عشر (19) فصيلة ريحية التلقيح أي مسببة للحساسية الطلعية.

عند مقارنتنا للغطاء النباتي مع تركيب الهواء الطلعي استنتجنا مايلي:

يحتوي الهواء الطلعي لمدينة عنابة على 22 نوعا نباتيا , بينما يتكون الغطاء النباتي على تسعة عشر (19) فصيلة نباتية مسببة للحساسية الطلعية. كما سجلنا وجود ثلاث فصائل نباتية حشرية التلقيح. يتكون الهواء الطلعي و الغطاء النباتي لمدينة الحجار من تسعة عشر (19) فصيلة نباتية. ويعتبر الهواء الطلعي الذرعان الأقل تنوعا , حيث يضم خمسة عشر (15) فصيلة نباتية بينما الغطاء النباتي يحتوي تسعة عشر (19) فصيلة نباتية.

سمحت لنا طريقة الجاذبية المستعملة خلال ثلاثة سنوات متتالية بإحصاء 34349 حبة طلع/سم<sup>2</sup> تنتمي الى ثمانية عشر (18) فصيلة نباتية و نوعا واحدا . من بين هذه الفصائل , تسعة معرفة بقوة حساسيتها الطلعية. تحتل الفصيلة النجيلية المرتبة الأولى بنسبة 18.89% , تليها الفصيلة المركبة بنسبة 15.92% . هذه النتائج سمحت لنا بإنشاء ثلاثة رزنامات طلعية لكل سنة (2007-2008-2009) .

سمحت لنا الدراسة الميدانية الخاصة بالحساسية الطلعية بتقييم مدى انتشارها بمدينة عنابة . تقدر نسبة الإصابة بالحساسية الطلعية ب 5.6% .

هذه الدراسة ليست سوى النهج الأول، لذا يجب تطويرها من عدة جوانب ، على سبيل المثال، الاهتمام بالتفاصيل الخاصة بالأصناف النباتية، سواء الأشجار أو الأعشاب، العلاقات المتبادلة بين المواقع الجغرافية لمعرفة مدى الاختلافات ذات الصلة ، وغيرها من الأساليب والأجهزة منها طريقة الحجم على سبيل المثال. كلمات مفتاحية

حبات الطلع ، الدراسة الطلعية الهوائية، عنابة ، الحجار ، الذرعان ، الحساسية الطلعية ، الرزنامة الطلعية.

## INTRODUCTION

Connaître le contenu pollinique de l'atmosphère contribue non seulement à améliorer l'interprétation des analyses polliniques effectuées sur les dépôts quaternaires mais apporte aussi des données originales pour la recherche en agronomie et en médecine allergologique.

Les pollens sont les principaux responsables de la rhinite allergique saisonnière et contribuent à l'aggravation des symptômes de l'asthme (Jacques *et al.*, 2008). Selon l'Enquête québécoise sur la santé de la population de 2008, le pollen aurait déclenché les symptômes de rhinite allergique chez 76 % des personnes allergiques au cours des 12 mois précédents (Canuel *et al.*, 2012). Les principaux effets observés sur les plantes allergènes sont : l'allongement de la saison de croissance, l'augmentation de la production de pollen par les plantes et l'augmentation de l'allergénicité du pollen (Comtois and Gagnon, 2003).

La palynologie compte plusieurs axes, dont l'aéropalynologie qui consiste à étudier le contenu pollinique dans l'air, cette étude permet d'estimer les dates de pollinisation de diverses familles végétales, qui constituent le couvert végétal d'une région donnée.

La couverture végétale constitue une des composantes principales des milieux naturels. Elle joue un rôle fondamental dans la composition de l'atmosphère pollinique dont elle constitue une expression du potentiel biologique. Il faut noter, que les concentrations polliniques dans l'air varient selon la distribution des groupements végétaux qui produisent les grains de pollen (Velasco-Jimenez *et al.*, 2012). Elles présentent également des variations dans le temps. Au cours de la saison pollinique, les pollens sont émis de façon discontinue et à des concentrations variables (Rizzi-Longo and Pizzulin-Sauli, 2010). Au cours de la journée, les pollens sont recueillis en quantité variable suivant les espèces. Une bonne connaissance de ces variations par les spécialistes, paraît susceptible de conduire à une meilleure prise en charge et à une gestion plus efficace des pollinoses.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) classe les maladies allergiques au quatrième rang mondial des affections et considère que ces pathologies représentent "un problème majeur de santé publique en terme de qualité de vie, de perte de jours de travail ou d'enseignement, de coût médicamenteux, voire de mortalité." En 1873, Charles Blackley met en évidence une relation entre la quantité de grains de pollens présents dans l'atmosphère, les signes cliniques et les tests cutanés. Depuis les années 2000, les allergies dues aux pollens touchent 10 à 15% de la population globale (Ravault *et al.*, 2005).

La prévalence des pathologies allergiques et des pollinoses en particulier n'a cessé d'augmenter au cours des dernières décennies dans les pays industrialisés (Clot, 2003a). Les études épidémiologiques récentes soulignent l'augmentation rapide du nombre d'habitants sujets à ces maladies allergiques qui causent non seulement une souffrance et un handicap pour les personnes sensibilisées mais encore un préjudice financier élevé pour les collectivités (Leynaert, et al., 2000). La rhinite pollinique touche 10 à 20% de la population générale en Europe (Tobias et al., 2003). Selon une estimation de l'OMS, elles pourraient toucher 50 % de la population mondiale dans moins de dix ans (Shahali, 2011).

Depuis Charles Blackley, qui a établi en 1873 (in : Comtois, 1995) que le pollen est la cause du rhume des foins, les médecins souhaitent disposer de données pour les confronter avec les manifestations allergiques observées chez leurs patients (Clot, 2007). Ils jugent que l'efficacité des traitements appliqués est directement liée avec le développement de l'aéropalynologie, la branche de l'aérobiologie qui étudie plus particulièrement le pollen (Comtois et Keuhne, 2006).

Les problèmes d'allergies liés à la présence de pollens dans l'air constituent une préoccupation croissante en matière de santé publique. Selon certaines estimations, pour 10 à 20% de la population, les pollens sont responsables de réactions allergiques, les allergies respiratoires (rhinite, rhino conjonctivite, asthme) ayant doublé en 10 ans (Reidiker et al., 2001). Transporté par le vent, le pollen pénètre dans l'organisme par inhalation et provoque des affections respiratoires, oculaires, et dans une moindre mesure, cutanées et digestives.

Ces constats justifient la surveillance de ces particules biologiques dans l'air et c'est pourquoi aujourd'hui la plupart des régions du monde entier sont équipées d'un dispositif de surveillance des pollens.

La surveillance locale permet, d'une part, aux médecins de mieux diagnostiquer une allergie chez les patients venus les consulter, et d'autre part, aux personnes allergiques de limiter les effets de l'allergie en prenant un traitement au début du pic pollinique. La réduction de l'exposition à ces facteurs (programmes paysagers municipaux pour les pollens) induira une diminution de l'incidence et une atténuation de la gravité des manifestations allergiques.

C'est dans ce contexte que depuis 1995, une équipe de palynologie a été mise en place par le Professeur Boughediri. Elle a formé un grand nombre de chercheurs dans les différents axes (aéropalynologie, méllisopalynologie et biopalynologie).

Cette thèse a pour objet central le pollen dans l'air. Notre attention s'est portée en priorité sur les facteurs qui déterminent la diversité quantitative des pollens dans les aérosols atmosphériques. Parmi eux la composition de la végétation et les facteurs météorologiques. Le spectre pollinique ayant une influence directe sur la prévalence des allergies au pollen, notre étude devait fournir des éléments pratiques pour :

- mieux circonscrire les paramètres météorologiques qui influencent la saison pollinique.
- déterminer quels pollens, déjà présents dans notre région, pourraient exposer la population à des risques dans le domaine des allergies.
- Réaliser un inventaire floristique dans trois sites d'étude : Annaba, El-Hadjar et Dréan.
- Evaluer les variations intrarégionales du contenu pollinique de l'atmosphère des régions d' El-Hadjar (Annaba) et Dréan (El-Tarf) .
- Etablir un calendrier pollinique pour la ville d'Annaba
- Réaliser une enquête qui rassemble des informations sur des malades atteints d'allergies.

La démarche suivie nous permet de présenter ce travail en deux parties :

La première partie est réservée à l'étude bibliographique, contenant deux chapitres, le premier présente le pollen, la palynologie et ses applications. Le deuxième décrit l'état de connaissance en aéropalynologie et l'allergie pollinique.

La deuxième partie est consacrée à la présentation des méthodes d'approche utilisées et les résultats obtenus. Cette partie contient trois chapitres :

Le chapitre 1 : consiste à réaliser un inventaire floristique, afin d'étudier la composition du couvert végétal. L'importance d'un tel travail réside dans le fait qu'il permettra, d'une part, la connaissance de la flore qui domine les sites d'étude et d' autre part, la comparaison entre la couverture végétale et l'atmosphère pollinique.

Le chapitre 2 : montre l'influence des paramètres météorologiques sur les comptes polliniques de la ville de Annaba. Ces données ont permis l'élaboration des calendriers polliniques de trois années d'étude (2007, 2008 et 2009).

Le chapitre 3 : met en évidence la contribution de l'aéropalynologie à l'identification de l'allergie pollinique dans la ville de Annaba.

Ce présent travail rend compte d'une partie de la diversité des intérêts, des applications de l'aéropalynologie. Au carrefour de la botanique, de la météorologie et de la médecine, il souligne l'intérêt que présente l'intégration des connaissances de différentes disciplines.

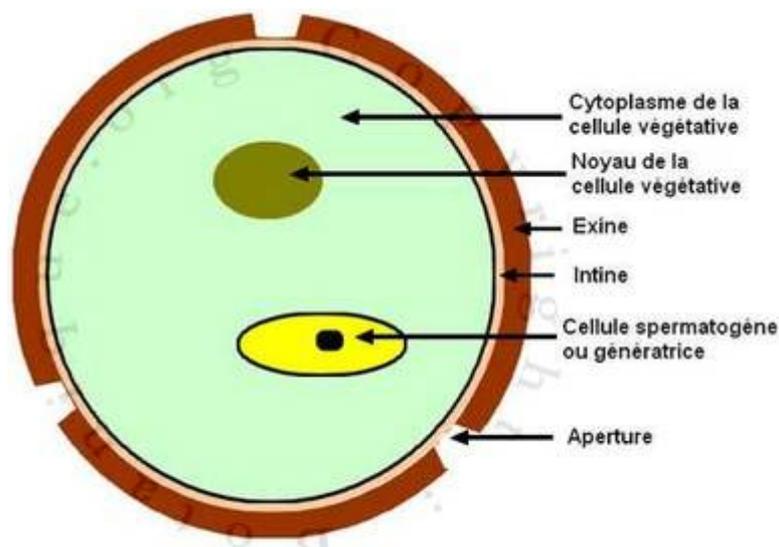
## Partie Théorique

### 1. Le pollen

#### 1.1. Définition

Ce substantif a été proposé par le naturaliste suédois Linné par assimilation au mot latin qui signifie poussière très fine (Guérin et Michel, 1993).

Le pollen est le gamétophyte mâle, c'est-à-dire la structure qui produit et contient les deux gamètes mâles des plantes à graines (Figure 1). Le pollen se développe soit dans un sac pollinique (Gymnospermes), soit dans une anthère, composée de 4 sacs polliniques (Angiospermes), qui s'ouvrent à maturité dans l'atmosphère. Le grain de pollen est entouré par une paroi épaisse qui a pour rôle de le protéger contre la dessiccation et le rayonnement ultraviolet.



**Figure 1.** Schéma d'un grain de pollen (site 1)

#### 1.2. Biologie du pollen

##### 1.2.1. Formation

Les pollens sont responsables de la transmission du matériel génétique mâle, chez les végétaux supérieurs. Ils sont produits dans l'anthère à partir des cellules mères aux noyaux diploïdes volumineux. Chaque cellule mère subira 2 divisions successives pour donner 4 cellules filles haploïdes

qui par la suite se différencieront en grain de pollen (Renault-Myskovsky et Petzold, 1992). La séparation des jeunes microspores après les différentes divisions peut être incomplète, le grain de pollen peut donc contenir plusieurs cellules attachées l'une à l'autre : deux cellules (diade), quatre cellules (tétrade) (Reille, 1992).

Si cette séparation est interrompue beaucoup plus tôt, comme chez les *Mimosaceae*, le grain de pollen peut contenir 8, 16 ou même 32 cellules (polyades) (Leuschner, 1993).

### 1.2.2. Dispersion

Après la déhiscence des anthères, les grains de pollen sont libérés à l'état bicellulaire (le cas le plus général) ou tricellulaire (pour quelques familles : *Poaceae*, *Apiaceae*, *Brassicaceae* et *Asteraceae*, soit environ 32% des Angiospermes) (Cerceau-Larrival et Derouet, 1986).

Plusieurs facteurs assurent la dispersion des grains de pollen qui sont transportés selon les espèces par :

- Le vent (plantes anémophiles), les végétaux, faisant appel à ce facteur pour le transport de leur pollen, se caractérisent par des fleurs discrètes et production massive de pollen à faible taille. Les Gymnospermes dans leur totalité sont anémophiles. Parmi les Angiospermes, l'anémogamie est générale chez les *Poaceae*, les *Cyperaceae*, les *Juncaceae*, les *Betulaceae*, les *Fagaceae*, les *Chenopodiaceae*, les *Polygonaceae*, et les *Urticaceae* (Gorenflot, 1997). Lorsque le courant d'air qui transporte le grain de pollen est dévié par un obstacle, l'inertie a tendance à précipiter le grain de pollen sur celui-ci, c'est la collision. Il est ainsi facile de comprendre comment une forêt exerce un important effet de filtration.

- Les insectes (plantes entomophiles), qui portent les grains de pollen sur toutes les parties de leurs corps. Les plantes possèdent plusieurs moyens pour attirer les insectes et les pousser à les visiter : fleurs voyantes avec des couleurs vives, nectar, odeurs agréables, grains de pollen ornementés et visqueux (Gorenflot, 1997).

- L'eau (plantes hydrophiles), qui assure le transport des grains de pollen des plantes aquatiques. D'autres animaux notamment les oiseaux et même l'homme peuvent être des agents de transport.

### 1.2.3. Transport

Produit dans les anthères des étamines, le pollen doit gagner la surface réceptrice femelle de la fleur pour accomplir son rôle fécondateur. C'est la pollinisation.

Le transport s'effectue sur de très courtes distances si la fleur s'autoféconde. Dans d'autres cas, le pollen est déplacé plus ou moins loin. Le transport est alors assuré par des animaux, des insectes notamment (plantes entomophiles) ou par le vent (plantes anémophiles).

La pollinisation par le vent ou anémogamie se réalise chez un tiers des plantes à fleurs et chez tous les conifères. Ces végétaux produisent beaucoup de pollen pour compenser le caractère hasardeux de ce type de pollinisation. Ils vivent généralement en colonies serrées. Leurs fleurs ternes, sans pièces florales développées sont souvent groupées. Elles n'ont ni nectar ni parfum car elles n'ont pas besoin d'attirer des insectes.

#### **1.2.4. Fécondation**

Si le pollen au cours de son transport parvient à rencontrer le stigmate d'un ovaire et s'il y a compatibilité génétique entre les deux organes, le processus de fécondation peut s'engager (Heller, 1982).

Le grain de pollen s'hydrate, sort de sa vie latente et germe en produisant un tube pollinique qui s'enfonce dans le style jusqu'à ce qu'il atteigne le sac embryonnaire. Une fois, le tube libère ses gamètes pour que l'un d'eux féconde l'oosphère et l'autre fusionne avec les deux noyaux polaires : c'est la double fécondation (c'est un phénomène relatif aux Angiospermes).

Parfois, le pollen d'une fleur ne peut pas germer sur le stigmate de cette même fleur, la fécondation ne sera donc pas réalisée. C'est le phénomène de l'auto incompatibilité (Heller, 1982).

### **1.3. Morphologie du pollen**

#### **1.3.1. Structure du pollen**

L'enveloppe pollinique, appelée sporoderme est constituée de plusieurs couches de compositions chimiques différentes, soit de l'intérieur vers l'extérieur (figure 2) :

- L'intine : de nature pectocellulosique, n'est pas structurée, son prolongement donne la paroi du tube pollinique (Thibaudon *et al.*, 1992).
- L'exine : constituée d'une substance caractéristique, la sporopollenine qui est un haut polymère naturel oxydé de caroténoïdes et d'ester de caroténoïdes. Cette substance présente une résistance remarquable à toutes les dégradations chimiques et biologiques.

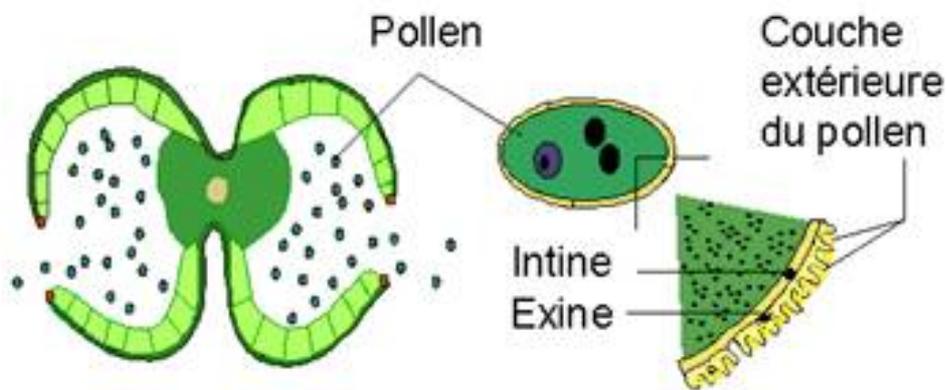
L'exine est subdivisée en deux sous couches, la couche interne non structurée l'endexine, et l'ectexine qui désigne la couche la plus externe, structurée, c'est elle qui porte la particularité pollinique (les ornements). L'ectexine est subdivisée en trois strates :

- Le tectum :

C'est la partie superficielle de l'ectexine, formée par la fusion des extrémités distales des éléments structuraux sous-jacents cette couche peut présenter sur sa surface des éléments de sculpture

- L'infrastructure :

Les columelles qui délimitent un tectum forment un infratectum, ou strate moyenne reposant sur une sole. Le microscope électronique montre que l'ectexine est traversée par des microcanaux qui jouent un rôle dans le transit et le stockage des éléments glycoprotéiques (Cerceanu-Larrival et Derouet, 1986). Certaines familles sont caractérisées par l'absence de l'endexine comme les Monocotylédones (Zavada, 1983).



**Figure 2.** La structure d'un grain de pollen (Site 1).

### 1.3.2. Forme

Dans la majorité des cas, les grains de pollen sont libérés isolés, la forme est généralement proche d'une sphère, qui peut être parfois aplatie aux pôles ou rétrécie à l'équateur. La description d'un grain de pollen fait appel à trois importantes valeurs celles de l'axe polaire (P), de l'axe équatorial (E) et celle du rapport P/E qui peut donner trois cas différents (Renault-Myskovsky et Petzold, 1992).

- $P=E$  le grain de pollen est sphéroïdal ou équiaxe.
- $P > E$  le grain de pollen est prolé ou longiaxe.
- $P < E$  le grain de pollen est oblé ou bréviaxe.

Les grains de pollen peuvent contenir plusieurs cellules attachées l'une à l'autre. Quand quatre cellules se rassemblent, elles forment des tétrades (*Ericaceae*) (Diez et Fernandez, 1989), quand elles sont 8, 16 ou même 32 (*Acacia farnesiana* L.) elles forment des polyades.

### 1.3.3. Taille

Pour certains auteurs, le plus petit grain de pollen qui existe est celui du *Myosotis* (*Borraginaceae*) avec un diamètre de 5µm (Renault-Myskovsky et Petzold, 1992 ; Leuschner, 1993). Les plus grosses tailles varient entre 200 et 250 µm qui sont rencontrées chez les Gymnospermes à deux ballonnets et quelques Angiospermes (*Nyctaginaceae* et *Cucurbitaceae*) (Renault-Myskovsky et Petzold, 1992).

### 1.3.4. Couleur

La couleur du pollen varie d'un genre à l'autre, il y a le jaune clair ou vif, orange, blanc grisâtre, violet, brun, noirâtre, (Cerceau –Larrival *et al.*, 1993).

### 1.3.5. Nombre

Le pollen est libéré en très grandes quantités chez les plantes anémophiles, par exemple l'ivraie ou ray-grass (*Poaceae*) produit 2 millions de grains de pollen par épi, soit 0.5 tonne de pollen / hectare (Bonnemain et Dumas, 1998), le *Cupressus* produit 20000 grains de pollen par étamine soit 350000 par fleur (Hidalgo *et al.*, 1999). Par contre chez les plantes entomophiles, les quantités produites sont moins importantes (Tableau 1).

**Tableau 1.** Production de pollen (Guérin et Michel, 1993).

E. entomophile ; A. anémophile

Espèce	Type de pollinisation	Kg de pollen/arbre produits en 50ans
<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst	E	20.00
<i>Fagus sylvatica</i> L.	E	7.60
<i>Pinus sylvestris</i> L.	A	6.00
<i>Corylus avellana</i> L.	A	2.80
<i>Betula verrucosa</i> Hheh.	A	1.70
<i>Alnus</i> Mill.	A	2.50

### 1.3.6. Apertures

La paroi des grains de pollen est modifiée au niveau des apertures, ces apertures ou zones de germination régulent le volume du grain selon l'hydratation et c'est à leur niveau que se développent les tubes polliniques lors de la germination (Pons, 1970).

L'aperture est un pore si la zone est circulaire : pollens porés, c'est un sillon ou colpus celle-ci est allongée : pollens colpés. L'aperture devient complexe lorsque se superposent deux pores ou deux sillons, ou encore un pore et un sillon : pollens colporés (Pons, 1970).

Lorsque l'aperture est unique, elle se situe au pôle distal du grain, celui-ci est de type monoporé (*Poaceae*), ou monocolpé (*Liliaceae*) (Tableau 2).

**Tableau 2.** Caractéristiques des types aperturaux et de leur répartition dans les trois grands groupes d'Angiospermes (Penet, 2005).

<p><b>Monocotylédones</b></p>	<p>Types aperturaux de base dérivés du type monosulqué</p> <p>Pollen majoritaire : Type monosulqué</p>  <p>Type tétrachotomosulqué (très rare)</p>  <p>Type trichotomosulqué</p> 	<p>Hétéromorphisme exceptionnel</p> <p>-----</p> <p>30 % des familles sont polymorphes</p>
<p><b>Angiospermes basales et Magnoliideae</b></p>	<p>Types zonaperturés</p>   <p>Type inaperturé</p>  <p>Types di- et tri-aperturés (disulqué/trisulqué)</p>   	<p>Hétéromorphisme Moyen</p> <p>-----</p> <p>50 % des familles sont polymorphes</p>
<p><b>Eudicotylédones</b></p>	<p>Types aperturaux de base dérivés du type triaperturé</p> <p>Types 2-, 3- et 4-aperturés</p>    <p>5- et 6-apertures</p>  	<p>Hétéromorphisme Fréquent</p> <p>-----</p> <p>40 % des familles sont polymorphes</p>

### 1.4. Physiologie du pollen

Lors de la formation du grain de pollen, il y a transfert de substances lipopolysaccharidiques du tapis de l'anthere en direction de la future exine (Cerceau-Larrival et Derouet, 1986). Des enzymes, telle que l' estérase sont également transférées. L'auxine est aussi accumulée dans la cellule végétative pour jouer un rôle dans la croissance du tube pollinique (Gorenflot, 1997).

Le pollen est naturellement déshydraté à l'émission (Bonnemain et Dumas, 1998). Cette déshydratation cytoplasmique conduit à une vie ralentie de durée relativement assez courte (Saxena, 1993). La longévité du pollen varie approximativement de un jour (*Poaceae*) à une centaine de jours (*Rosaceae*) (Gorenflot, 1997).

La durée de vie d'un pollen est inversement proportionnelle à sa teneur en eau (Saxena, 1993). Le pollen du peuplier noir (*Populus nigra* L.) a une longue durée de vie, sa teneur en eau ne dépasse pas 8%. Le maïs (*Zea mays* L.) dont la longévité n'excède qu'une à deux heures, a une teneur en eau de 57%. Lorsque cette teneur descend au-dessous de 60%, le métabolisme est nul (Bonnemain et Dumas, 1998).

## 2. Palynologie

### 2.1. Définition

Le mot palynologie a été suggéré en 1944 par Hyde et Williams et traduit du grec palynein qui signifie : saupoudrer ou pale qui signifie : farine ou poussière pollinique. Il désigne l'ensemble de recherches ayant les spores et les grains de pollen pour objet (Renault-Myskovsky et Petzold, 1992). La palynologie est donc une science récente. Les pollens étant très petits, de 10 à 200  $\mu\text{m}$ , ne peuvent être vus à l'œil nu. L'étude de leur morphologie a suivi la découverte et le développement du microscope (Guérin et Michel, 1993).

### 2.2. Historique

Les termes **pollen** et **palynologie** n'étaient pas encore créés quand les babyloniens réalisaient déjà la pollinisation artificielle du palmier dattier quatre siècles avant J-C.

Dès le début du 17<sup>ème</sup> siècle, fut la découverte du microscope par **Crew** et **Hook**, le pollen devient visible, il est observé et décrit par **Malpighi** (Pons, 1970).

En 1682, **Crew** décrit les premières formes polliniques (Renault-Myskovsky et Petzold, 1992). Ensuite en 1694, **Camerarius** établit la relation entre sexe mâle- pollen (Pons, 1970).

Dès le début du 19<sup>ème</sup> siècle, **Bauer** botaniste du jardin de Kew réalise des dessins de pollens chez plus de 175 espèces (In :Saxena, 1993).

**Von Mohl** en 1835, a classé les grains de pollen selon leurs apertures (In : Saxena, 1993).

En 1837, **Fritzsche** a publié un travail qui a été considéré comme étant unique grâce à ses descriptions précises et ses diverses illustrations (In : Saxena, 1993).

En 1890, **Fischer** a décrit les détails de l'exine de bon nombre de plantes (In : Bonnemain et Dumas, 1998). En 1935, **Wodehouse** a publié son ouvrage « Pollen grains » .

En 1943, Erdtman a rassemblé beaucoup d'observations sur les pollens et les spores dans un ouvrage intitulé « Introduction à la palynologie ».

En 1964, **Fægri** et **Iversen** ont publié le plus important ouvrage dans le monde de la palynologie « Text book of pollen analysis ».

La palynologie qui s'intéresse à la l'étude des spores et des grains de pollen n'a cessé de se développer surtout avec l'invention du microscope électronique.

### **2.3. Applications de la palynologie.**

La palynologie se divise en deux grandes parties : la palynologie fondamentale et la palynologie appliquée. La classification des végétaux apparaît comme la plus importante application de la palynologie fondamentale. Les domaines d'application de la palynologie appliquée sont :

#### **2.3.1. Paléopalynologie**

L'exine du pollen, contrairement aux autres organes, se conserve bien dans les sédiments en l'absence d'oxydation, grâce à sa composition en sporopollénine. C'est un matériel inaltérable qui peut traverser les temps géologiques sans dommages ([Cerceau- Larrival et al., 1993](#)). La détermination des pollens fossiles permet d'avoir des indications sur l'ancienne végétation et l'ancien climat ([Reille, 1990](#)). Le grain de pollen est aussi utilisé comme indicateur de couches susceptibles de contenir du pétrole puisque celui-ci se forme grâce à la décomposition des végétaux ([Cerceau- Larrival et Hideux, 1983](#)).

#### **2.3.2. Méliissopalynologie**

C'est l'étude du contenu pollinique dans le miel. L'analyse du pollen récolté par les abeilles permet d'identifier les plantes qui sont visitées par ces dernières ,et de déterminer l'origine géographique du miel, grâce à l'apparition de combinaisons de pollen bien déterminé qui permet la localisation de la région dans laquelle le miel a été produit ([Maurizio et Louveaux, 1961](#)). La Méliissopalynologie permet de vérifier que le miel est bien d'origine et non un mélange provenant de différents miels et participe ainsi, à la répression des fraudes ([Bouzebda, 2001](#)).

#### **2.3.3. Pharmacopalynologie**

Le pollen est un aliment à valeur nutritive très élevée, grâce à sa composition riche en vitamines, en glucides (35 %), en protides (20 %) dont une grande partie se trouve sous forme d'acides aminés et enzymes ([Donadieu, 1983](#)).

La composition qualitative du pollen est pratiquement constante, par contre sa composition quantitative change selon son origine botanique, ce qui signifie que le pollen de chaque espèce végétale peut avoir des propriétés thérapeutiques spécifiques ([Donadieu, 1983](#)).

#### **2.3.4. Biopalynologie**

Les grains de pollen sont porteurs de la moitié des chromosomes des végétaux supérieurs. Ils représentent de ce fait un important potentiel génétique pour les différentes opérations de l'amélioration des plantes.

Le pollen libéré dans l'atmosphère, à l'état tricellulaire se conserve naturellement seulement quelques heures, et dans certains cas quelques jours (Cerceau- Larrival, 1959), une bonne méthode de conservation et de stockage doit permettre de diminuer l'activité physiologique du pollen sans diminuer sa viabilité (Boughediri, 1994).

Le stockage à long terme des pollens bicellulaires pourrait permettre de constituer des banques de pollen comme celle entreprise en 1983 au laboratoire de palynologie du Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris (Cauneau- Pigot, 1988).

Les banques de pollens jouent un rôle très important dans l'amélioration des plantes, la préservation de la diversité génétique, la conservation des espèces (Cerceau- Larrival et al., 1993).

#### **2.3.5. Archéologie**

La palynologie est désormais une science auxiliaire importante au niveau de l'orientation actuelle de l'archéologie. En effet, elle permet d'obtenir un grand nombre d'informations liées au milieu dans lequel évoluait l'homme du passé. Quand des pollens ont été piégés, et conservés dans une structure archéologique, leur analyse et leur comptage apporte plusieurs types d'informations: Des renseignements sur l'environnement végétal général, sur les pratiques de l'homme, et des datations. Plusieurs types de pratiques peuvent être approcher grâce aux pollens: les pratiques agricoles et alimentaires (par exemple les types de céréales cultivées, le temps de mise en culture des parcelles,...), les pratiques funéraires (par exemple le type de dépôt), ou les niveaux d'occupation et d'abandon d'un site. On peut aussi obtenir des datations relatives, par comparaison de diagrammes polliniques. Les analyses de pollens dans les structures archéologiques se font à partir d'échantillons prélevés dans un profil stratigraphique (Laine, 2000).

#### **2.3.6. Aéropalynologie**

Elle consiste à collecter les grains de pollen libérés dans l'atmosphère d'une région donnée, à les identifier et à l'évaluation statistique d'une période de temps déterminée (Renault- Miskovsky et Petzold, 1992). Les premières études visant à déterminer le contenu pollinique de l'air ont été menées en Angleterre par Blackley en 1873 (In : Guérin et Michel, 1993). En Algérie, la première étude a été

réalisée par [Becila- Korteby et al.](#) en 1977 à Alger, à Annaba une équipe de palynologie s'intéresse à l'aéropalynologie à travers plusieurs recherches ([Ketfi, 1999](#)), ([Tlili, 2000](#)), ([Sakhraoui, 2002](#)), ([Salem Kour, 2006](#)), ([Azzouz, 2006](#)), ([Zarouk, 2006](#)) et ([Necib et Boughediri, 2012](#)).

## **Chapitre II**

### **Introduction**

De tous les types de particules véhiculées par l'air, le pollen a certainement fait l'objet du plus grands nombres de recherches. C'est plus particulièrement dans le cadre des études concernant les pollinoses que l'aéropalynologie a pris son essor.

### **1. Aéropalynologie**

#### **1.1 . Définition**

En 1930, Mier introduit le terme aéropalynologie et la définit comme étant la discipline qui a pour objet l'étude des organismes présents dans l'air (*In* : [Jato- Rodriguez et al., 2001](#)).

Les analyses aéropalynologiques s'imposent donc pour fournir à l'allergologue des renseignements pratiques utiles à la bonne compréhension de certains mécanismes allergiques. La renaissance de l'aéropalynologie a montré qu'elle pouvait avoir d'autres intérêts que strictement médicaux : bien comprendre la biologie des espèces qui pollinisent grâce à l'air, établir la relation entre la pollinisation et la production de fruits dans des espèces agricoles ou d'intérêt forestier, élaborer les spectres et calendriers sporopolliniques. Le nom d'aéropalynologie a rapidement fait place à celui d'aérobiologie, trop large pour ne correspondre qu'aux pollens et aux spores, mais accepté et fixé par la communauté scientifique. Aujourd'hui, quand on parle d'aérobiologie, on pense immédiatement aux pollens et/ou aux spores fongiques ([Belmonte, 2012](#)).

L'aéropalynologie est, comme l'aérobiologie, interdisciplinaire : elle requiert au moins les savoirs de la botanique, de la météorologie et de la phénologie. Elle trouve ses applications en particulier dans le domaine de la santé (allergie), de l'agriculture (prévision des récoltes), de la foresterie, de la génétique, et plus récemment, de la climatologie (changement climatique) ([Clot, 2003 a](#)).

#### **1.2. Méthodes de récolte**

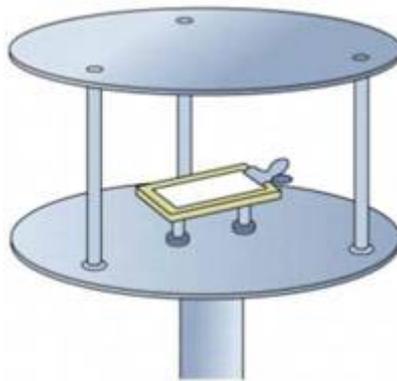
Il existe de nombreux appareils de récolte pollinique, appartenant à deux méthodes : la méthode gravimétrique et la méthode volumétrique.

##### **1.2.1. Méthode gravimétrique**

C'est la méthode la plus ancienne et la plus simple qui fait appel à la sédimentation. Elle est connue sous le nom de « Durham Gravity Slide » ([Durham, 1946](#)). (Figure 3).

Une lame de microscopie, recouverte d'une fine couche de vaseline ou de gélatine glycinée, protégée de la pluie et du soleil sous un petit toit rond, est exposée à l'air extérieur. Les pollens qui sédimentent seront captés sur la lame et pourront ensuite être analysés et dénombrés par examen microscopique (Charpin et Surinyach, 1974).

Les appareils gravimétriques mesurent donc la pluie pollinique. Ils ont de multiples inconvénients : le rendement est relativement faible, les petites particules sédimentent moins que les grosses surtout lorsque le vent souffle fort. Le défaut majeur de cette méthode est qu'elle ne mesure pas des volumes d'air connus ce qui est indispensable pour toute étude comparative (Guérin et Michel, 1993).



**Figure 3.** Appareil de Durham (1946) (Site 2)

### 1.2.2. Méthode volumétrique

Les appareils volumétriques fournissent des résultats quantitatifs. Certains d'entre eux sont basés sur le principe de l'aspiration (Hirst, Burkard et Lanzoni). D'autres utilisent la force d'impact créée par un mouvement d'air (Rotorod sampler, Ogden, et Raynor)

(Carinanos et al., 2000). Il suffit d'envoyer sur une surface – piège, grâce à une pompe, suivant un débit connu, pendant un temps choisi, un certain volume d'air. Le milieu récepteur est ensuite traité chimiquement afin de récolter les grains de pollen piégés. Il existe plusieurs appareils de ce type :

- **Appareil de Hirst**

Il porte une lame- piège préparée comme pour la méthode gravimétrique, elle est aussi changée quotidiennement (Hirst, 1952) (Figure 4).



**Figure 4.** Appareil de Hirst (1952) (Site 2)

- **Appareil de Burkard**

La lame est remplacée par un tambour rotatif portant une bande (unité filtrante), enduite de gelvatol et de vaseline (Boehm et Leuschner, 1989). La méthode volumétrique du Burkard nécessite très peu de manipulations au laboratoire. La lecture est directe et permet d'informer très rapidement les médecins des modifications de la composition biologique de l'air (Leuschner et Boehm, 1979) (Figure 5).



**Figure 5.** Appareil de Burkard (Site 2)

- **Appareil de Cour**

Dans l'unité filtrante mise au point par Cour (Cour, 1974), l'air est prélevé sur deux filtres de 400 cm<sup>2</sup> de surface utile, composés de cinq trames de gaze hydrophile siliconée, montés dans des cadres de matière plastique de 20 cm de côté. Les filtres, placés verticalement sont maintenus face à la direction du vent à l'aide d'une girouette. Un des deux filtres est remplacé une fois par semaine, l'autre deux fois ou tous les jours. Au laboratoire, les filtres sont soumis à une série de traitements chimiques, dissolvant la trame organique des filtres et les éléments minéraux. Les pollens restent par contre intacts. L'identification et le recensement microscopique des fractions volumétriques de culots rigoureusement évalués. Les données ainsi obtenues sont ensuite traitées par un système informatisé (Figure 6).



**Figure 6.** Appareil de Cour (1974) (Laaidi *et al.*, 1997)

- **Aspirateur à filtre de Barthelemy**

Barthelemy a utilisé un aspirateur avec un filtre à fibres de papier ou à fibres de verre fonctionnant sur une batterie électrique de 12 volts (Barthélemy, 1988). Cet appareil pouvait filtrer approximativement 12 m<sup>3</sup> d'air à l'heure.

### 1.3 Scores polliniques

Pour identifier le pollen capturé, les palynologues utilisent des références comme des palynothèques et des Atlas polliniques.

#### 1.3.1 Palynothèque

C'est une collection de pollen prélevé sur des plantes fraîches ou non préparé sur lames pour l'observation microscopique (Reille, 1993). Les méthodes utilisées dans la conservation des grains de pollen sont :

- La méthode de lavage des pollens ou acétolyse (Erdtman, 1952).
- La méthode de Wodehouse (1935).

La première consiste à vider le grain de pollen de son contenu cytoplasmique et à éliminer l'intine par une hydrolyse en laissant seulement l'exine. Quant à la deuxième, elle consiste à ajouter de l'alcool au pollen mit préalablement sur une lame placée sur une plaque chauffante, un morceau de gélatine glycérolisée colorée au vert de méthyle est placé sur le pollen avant son séchage ensuite il est couvert d'une lamelle (Cerceanu-Larrival et Hideux, 1983).

L'intérêt de la palynothèque peut être résumé dans deux points :

- Elle fournit du matériel pollinique aux chercheurs.
- Elle représente une référence dans l'identification des grains de pollen.

#### 1.3.2. Atlas pollinique

Il s'agit d'une collection photographique des grains de pollen, présentés de façon systématique selon des clés de détermination générales (Reille, 1993). Parmi les Atlas qui ont été réalisés, nous citons :

- Atlas pollinique d'Ethiopie (Bonnefille, 1971).
- Atlas pollinique européen des pollens allergisants (Charpin et Surinyach, 1974).
- Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord (Reille, 1992).

#### 1.3.3 Calendrier pollinique

Le calendrier pollinique met en évidence les différents pollens que l'on trouve dans l'air d'une région et la période de l'année à laquelle ceux-ci sont présents. Il est établi sur la base de nombreuses années de

mesures pour tenir compte de la variabilité interannuelle observée. Contrairement à l'idée véhiculée par le nom de rhume des foins, la saison des pollinoses ne se limite pas à la fin du printemps. Le début de l'année est marqué par les pollens d'arbres, et vers la fin de mars peuvent arriver les pollens des herbes. De mai jusqu'en septembre dominent les pollens des graminées et d'autres herbacées (Clot, 2003b).

## **1.4 Domaines d'application**

Le calendrier pollinique a des applications multiples dans les domaines de la phénologie, de la prévision des récoltes polliniques et de l'allergologie (Fornaciari *et al.*, 2000).

### **1.4.1 En Agriculture**

Cour et Van compo (1980) ont montré, lors d'une étude sur le contenu pollinique de l'atmosphère de Montpellier (France), qu'il existe une étroite relation entre le nombre de pollens au m<sup>3</sup> d'air pendant la pollinisation maximale et le rendement de la vigne, l'olivier et les céréales. Les études aéropalynologiques permettent également de contrôler les mauvaises herbes et de prévenir les pathologies végétales et, donc, de mieux les combattre (Jato-Rodriguez *et al.*, 2001).

### **1.4.2 En Météorologie**

L'étude du pollen atmosphérique peut aussi servir en météorologie. Les pluies polliniques, observées en dehors de leurs régions de dispersions, peuvent être considérées comme de bonnes indications de la circulation atmosphérique générale (Cour *et al.*, 1980).

### **1.4.3. En Allergologie**

Les grains de pollen et les spores sont responsables de l'apparition de redoutables crises d'allergie, c'est ainsi qu'en allergologie, l'aéropalynologie a trouvé un vaste terrain d'applications. Les symptômes de rhume des foins (pollinoses) sont corrélés avec la quantité de pollens allergisants récoltés (Ickovic *et al.*, 1988).

## **2. Pollens allergisants**

Les pollens impliqués dans l'induction et le déclenchement de maladies allergiques, comme le rhume des foins, sont essentiellement anémophiles mais ils peuvent provenir de plantes à pollinisation mixte, comme le saule (*Salix* sp.), ou plus rarement d'une libération mécanique produite par l'homme (Moore *et al.*, 1991).

Du point de vue allergique : les pollens allergisants sont le plus souvent émis par des plantes dont le pollen est transporté par le vent (plantes anémophiles). Le risque allergisant varie également en fonction de la quantité de pollen émise (Charpin et Caillaud, 2014).

Un premier trait commun aux grains de pollen allergisants est leur petite taille (Laaidi *et al.*, 1997). L'allergénicité des grains de pollen dépend aussi de leur nombre, et leur taille. Les caractéristiques de leur surface lisse ou collante, le degré de floraison dans l'air, et les taux variables de protéines et d'allergènes.

Pour qu'un pollen soit responsable d'allergies, il faut qu'il réunisse certaines conditions :

- Les grains doivent être suffisamment petits pour pénétrer dans les voies respiratoires
- Le pollen doit contenir certaines protéines allergisantes
- Le nombre de plantes susceptibles de libérer ces pollens doit être suffisamment important
- Le nombre de grains libérés par chaque plante doit être, aussi, suffisamment important

Il existe pour chaque taxon un seuil de concentration dans l'air au dessous duquel on n'observe pas de manifestations pathologiques (Laaidi *et al.*, 1997).

## 2.1 Potentiel allergisant

A l'initiative des réseaux de surveillance, les aéropalynologistes classent les espèces selon un potentiel allergisant allant de 0 à 5 (0 étant un potentiel nul et 5 un potentiel très fort) (site 2).

Le potentiel allergisant :

- est plus élevé pour les plantes herbacées que les arbres, du fait de la durée de la pollinisation plus longue et la production de pollen plus important pour les plantes herbacées.
- varie en fonction des espèces, compte tenu de la quantité de pollens émis et de leur taille respective, car plus les pollens sont petits, plus ils sont volatils et mieux ils pénètrent dans les muqueuses.
- varie en fonction de la météorologie, car les jours de pluies, les gouttes frappent les pollens et libèrent les allergènes qui sont plaqués au sol par les gouttes d'eau, donc le potentiel allergisant diminue.
- est sensible à la quantité de protéines allergisantes contenue dans les grains de pollen (Tobias *et al.*, 2003).

## 2.4 Saisons Polliniques

Les données aéropolliniques permettent de déterminer les périodes de pollinisation des différentes plantes allergisantes au cours de l'année. Ainsi on distingue trois saisons polliniques.

### 2.4.1 Pré-saison pollinique

Les taxons les plus précoces étant les arbres, cette saison débute en janvier, avec les pollens de cyprès (*Cupressus*), genévrier (*Juniperus*) et thuya (*Thuja*). Elle se prolonge en mars par la pollinisation des

arbres à chatons : chêne (*Quercus*), bouleau (*Betula*), charme (*Carpinus*), hêtre (*Fagus*), châtaignier (*Castanea*), noisetier (*Corylus*), aulne (*Alnus*), peuplier (*Populus*) et platane (*Platanus*).

#### 2.4.2 Grande saison pollinique

Elle s'appelle aussi la saison des *Poaceae*, et d'*Urticaceae*. Elle s'étend d'avril à la fin de juillet. On trouve également les pollens de quelques arbres tardifs comme le châtaignier et le tilleul.

#### 2.4.3 Arrière saison pollinique :

Cette saison débute généralement pendant la saison des *Poaceae* et d'*Urticaceae*, et se poursuit tout au long de l'automne, avec les pollens d'armoise, de plantain, d'ambroisie, de chénopode et de l'oseille.

**Tableau 3.** Les plantes allergisantes dans le monde et en Algérie

Famille	Espèces existes en Algérie d'après (Quezèl et Santa, 1962-1963)	Espèces allergisantes d'après (Heeywood, 1976)
<i>Asteraceae</i>	<i>Ambrosia artemisifolia</i> L.  <i>Artemisia</i> L.	<i>Ambrosia artemisifolia</i> L.  <i>Artemisia vulgaris</i> L.
<i>Betulaceae</i>	<i>Alnus glutinosa</i> L.  <i>Corylus avellana</i> L.	<i>Alnus glutinosa</i> L.  <i>Alnus incana</i> L.  <i>Alnus viridis</i> Chaix.  <i>Alnus cordata</i> Lois.  <i>Betula pendula</i> Roch.  <i>Betula pubscens</i> Ehr.  <i>Corylus avellana</i> L.  <i>Corylus purpurea</i> L.  <i>Carpinus betulus</i> L.
<i>Brassicaceae</i>		<i>Brassica compestris</i> L
<i>Caprifoliaceae</i>	<i>Sambucus</i> L.	<i>Sambucus nigra</i> L.  <i>Sambucus racemosa</i> L
<i>Cupressaceae</i>	<i>Cupressus</i> L.  <i>Juniperus oxucedrus</i> L.	<i>Cupressus sempervirens</i> L.  <i>Cupressus glabra</i> Sudw.

	<i>Juniperus communis</i> L. <i>Juniperus phoenicea</i> L.	<i>Thuja plicata</i> Don. <i>Thuja orientalis</i> L. <i>Thuja occidentalis</i> L.
<b>Fagaceae</b>	<i>Castania sativa</i> Mill. <i>Quercus coccifera</i> L. <i>Quercus suber</i> L. <i>Quercus ilex</i> L.	<i>Castania sativa</i> L. <i>Quercus robur</i> L. <i>Quercus pubescens</i> Willd. <i>Quercus ilex</i> L. <i>Quercus suber</i> L.
<b>Juglandaceae</b>		<i>Juglans regia</i> L. <i>Juglans nigra</i> L.
<b>Oleaceae</b>	<i>Ligustrum vulgare</i> L. <i>Olea europaea</i> L.	<i>Ligustrum vulgare</i> L. <i>Olea europaea</i> L.
<b>Pinaceae</b>	<i>Abies numidica</i> <i>Cedrus</i> sp. Trew. <i>Pinus halepensis</i> L. <i>Pinus nigra</i> R. Legay	<i>Pinus sylvestris</i> L. <i>Pinus pinea</i> L. <i>Pinus pinaster</i> Ait. <i>Pinus maritima</i> Mill. (Lam.)
<b>Platanaceae</b>		<i>Platanus acerifolia</i> Ait. <i>Platanus orientalis</i> L. <i>Platanus hybrida</i> Brat. <i>Platanus hispanica</i>
<b>Plantaginaceae</b>	<i>Plantago</i> L.	<i>Plantago major</i> L. <i>Plantago lanceolata</i> L.
<b>Poaceae</b>	Toutes les espèces provoquent la pollinose	Toutes les espèces provoquent la pollinose
<b>Polygonaceae</b>	<i>Rumex acetosella</i> L.	<i>Rumex acetosa</i> L. <i>Rumex acetosella</i> L.
<b>Rosaceae</b>	<i>Prunus</i> L. <i>Rubus</i> L.	<i>Prunus padus</i> L. <i>Filipendula vulgaris</i> Moench

<b><i>Salicaceae</i></b>	<i>Populus euphratica</i> L. <i>Populus nigra</i> L. <i>Populus alba</i> L. <i>Salix purpurea</i> L. <i>Salix triandra</i> L. <i>Salix cinerea</i> L.	<i>Populus nigra</i> L. <i>Populus alba</i> L. <i>Populus termula</i> L. <i>Salix fragilis</i> L. <i>Salix babylonica</i> L. <i>Salix alba</i> L.
<b><i>Tiliaceae</i></b>		<i>Tilia europaea</i> <i>Tilia tomentosa</i> <i>Tilia henryana</i>
<b><i>Urticaceae</i></b>	<i>Urtica pilulifera</i> L. <i>Urtica urens</i> L.	<i>Parietaria officinalis</i> L. <i>Parietaria judica</i>

### 3. Allergie pollinique

#### 3.1 Définition

Lors de la pollinisation, les grains de pollen peuvent entrer en contact avec l'homme (au niveau des muqueuses respiratoires ou conjonctivales) et provoquer des réactions allergiques saisonnières appelées pollinoses ([Charpin et Caillaud, 2014](#)).

La pollinose est représentée par l'ensemble des manifestations cliniques induites par l'allergie aux pollens. C'est une affection très fréquente car 10 à 30 % des habitants de la planète en souffrent selon les zones géographiques ([Ravault et al., 2005](#)).

La rhinite pollinique, souvent dénommée « rhume des foins » est très souvent associée à une conjonctivite, plus rarement à un asthme ([Bousquet et al., 2001](#)).

#### 3.2 Effets de la pollution sur les grains de pollens

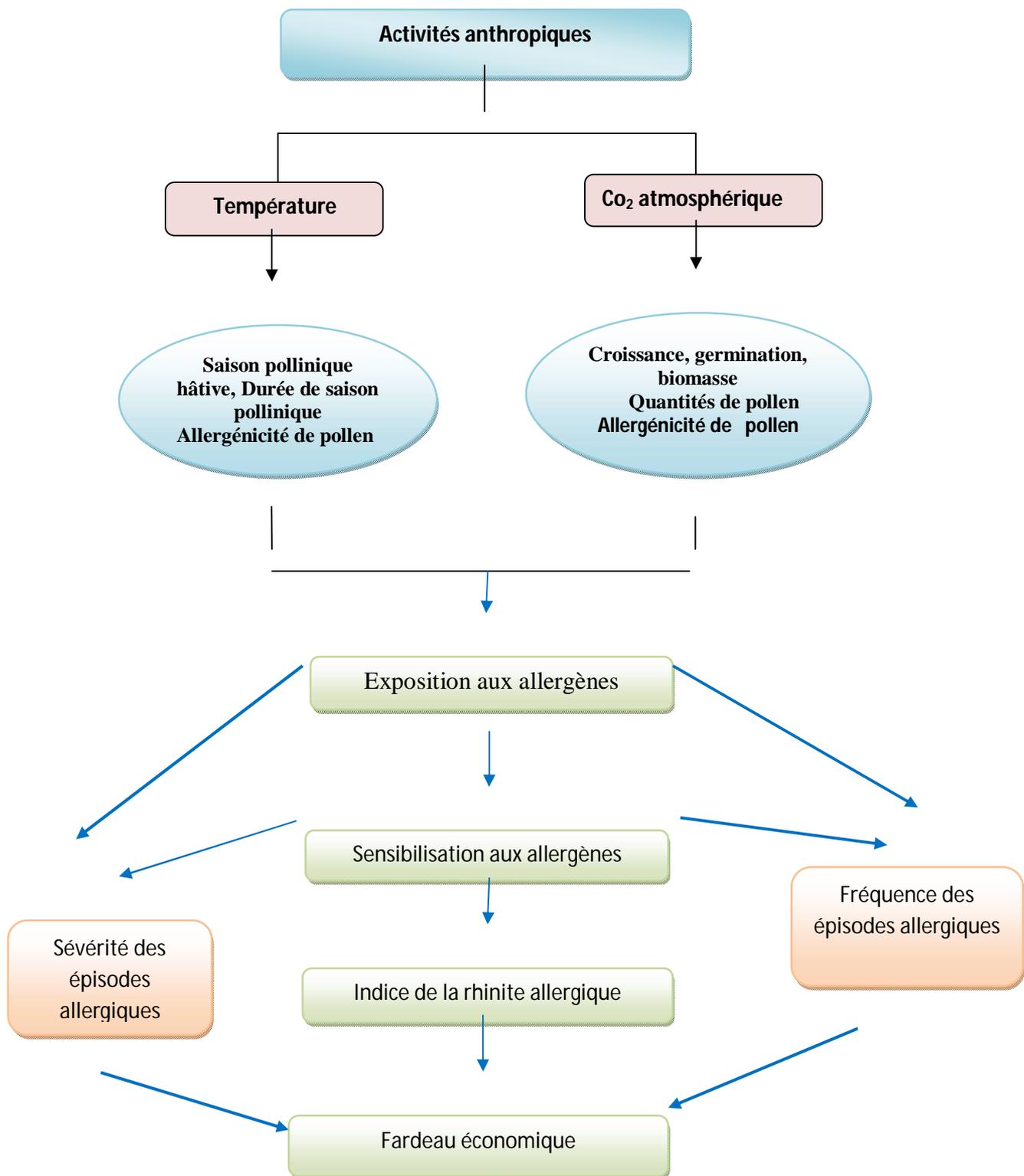
Les polluants sont, dans leur majorité, des irritants qui renforcent l'hyperréactivité bronchique et accentuent l'irritation des muqueuses nasales ou oculaires. Ces phénomènes irritatifs s'ajoutent alors aux effets de l'allergie pollinique ([Obtulowicz, 1993](#)). La pollution atmosphérique est essentiellement liée à l'automobile (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), elle est surtout d'origine industrielle (SO<sub>2</sub> et particules). Ainsi une étude réalisée dans le Nord-Ouest de Londres (Grande Bretagne), n'a pas permis de faire la différence entre le nombre d'urgences pour asthme ou autres affections respiratoires chez des enfants vivant dans des

quartiers peu ou très pollués (Wilkinson *et al.*, 1999). À l'inverse, une étude portant sur 130 000 enfants à Atlanta (U.S.A) a montré que le nombre d'enfants traités pour asthme aigu augmentait parallèlement aux taux d'ozone et de particules fines dans l'atmosphère (Tolbert *et al.*, 2000). De même à Oulu (Finlande), des niveaux élevés de pollution, en particulier par le dioxyde d'azote, sont régulièrement associés à une recrudescence des hospitalisations en urgence pour asthme, les corrélations étant moins constantes et moins significatives avec le SO<sub>2</sub>, le H<sub>2</sub>S et les particules en suspension (Rossi *et al.*, 1993).

Les pollens récoltés en milieu aérien pollué peuvent présenter des dégradations physiques, des particules ou des dépôts adsorbés en surface. La dispersion des granules cytoplasmiques de pollen pourrait ainsi être facilitée par la pollution (Shahali *et al.*, 2009 ; Mortureux *et al.*, 2014) . Les polluants atmosphériques peuvent donc avoir un effet sur les grains de pollen en modifiant leur structure mais aussi leur contenu allergénique et en fragilisant la membrane cytoplasmique (Abou Chakra *et al.*, 2009). La pollution de l'air urbain (O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) modifie la morphologie des cytoplasmique (Abou Chakra *et al.*, 2009 Une acidification des allergènes suite à un mélange de polluants pourrait être un des facteurs modulant la réponse allergique d'après une étude faite sur les pollens de bouleau (*Betula* sp.) et de *Poaceae* dans des villes comme Paris, Rouen, Mulhouse, Munich et Prague (Pasqualini *et al.*, 2011). Un doublement du nombre d'acides aminés par rapport à des pollens « propres » provoqué par CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub> est démontré par exposition expérimentale (Bieberdorf *et al.*, 1961; Ruffin *et al.*, 1983). Une étude sur du pollen de bouleau récolté sur site pollué par une pollution générale montre une augmentation de la charge en polluants en zone industrielle et en centre-ville ainsi qu'une fragilisation de la paroi externe du grain de pollen (Peltre, 1998).

### **3.3 Pollen et changement climatique**

Les plantes allergisantes se développent à l'intérieur d'aires climatiques qui leur conviennent. Mais les prévisions de changements climatiques, et en particulier le réchauffement prévu au cours du siècle prochain pourrait tout d'abord entraîner une augmentation des quantités de pollen produites grâce à la hausse des températures et de l'ensoleillement (Laaidi, 2004) et grâce à la diminution des précipitations. Ceci augmenterait le risque allergénique (Figure 7).



**Figure 7.** Liens entre les changements climatiques et leurs impacts sur les troubles allergiques saisonniers (Beggs, 2010).

### 3.4 Manifestations cliniques

Les pollinoses ou rhinites saisonnières sont des manifestations allergiques se traduisant par divers symptômes. Les allergènes polliniques provoqueraient, cependant, plus de rhinites que de crises d'asthme. Contrairement aux allergènes caractéristiques de l'habitat, les pollinoses peuvent provoquer des insomnies (dus à une obstruction nasale par exemple) pouvant avoir des répercussions sur la vie sociale de l'individu. Les pollinoses caractéristiques de la région méditerranéenne, provoquées par les espèces spécifiques de cette zone, présentent des particularités cliniques ([Abou Chakra et al., 2010](#)).

Les allergènes polliniques se trouvent à la périphérie des grains, dans l'exine d'où ils sont rapidement libérés, mais également à l'intérieur dans l'intine et le cytoplasme.

- La pollinose se traduit par un ou plusieurs symptômes :
- La rhino conjonctivite : associe larmoiement, démangeaisons oculaires et nasales, éternuement et écoulement nasal,
- La toux quinteuse : accompagnée de rhinite, conjonctivite, définissant le “rhume des foins”,
- L'asthme : caractérisé par des difficultés respiratoires,
- Le prurit : se manifeste par une éruption cutanée.

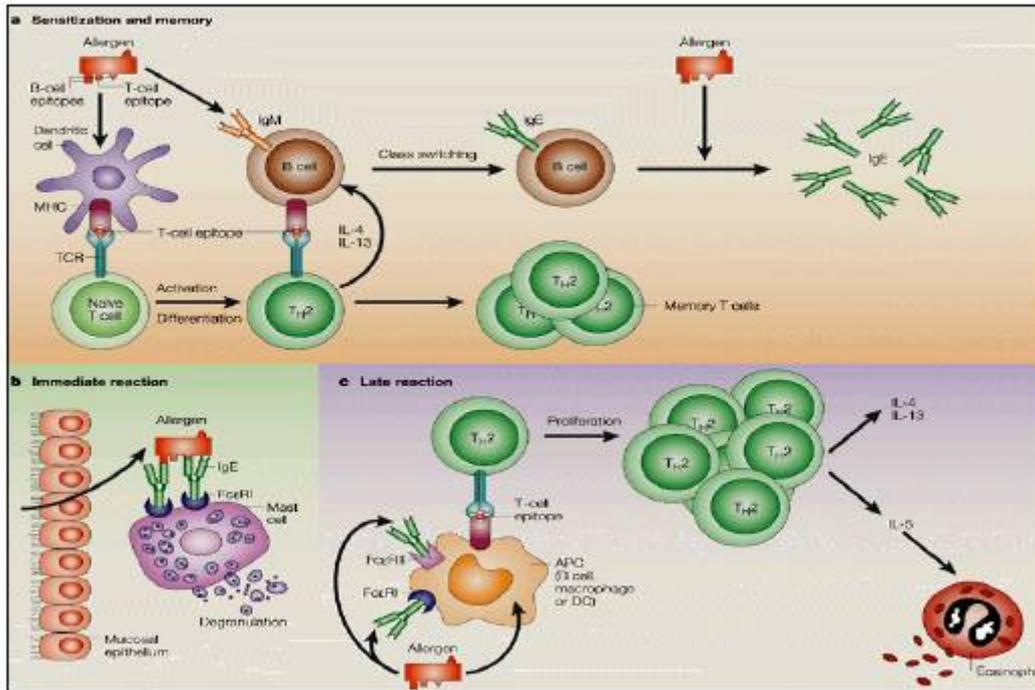
### 3.5 Mécanismes

Le mécanisme de l'allergie a été découvert par l'Anglais Bostock en 1819, au début de l'ère industrielle (*in* : [Laaidi, 2000](#)).

Les mécanismes qui sous-tendent les symptômes sont liés à la réaction anaphylactique dans les fosses nasales, l'œil ou même les bronches et à ses conséquences inflammatoires.

La réaction allergique se réalise comme suit :

Lors d'un premier contact avec l'allergène le système immunitaire le met en mémoire, les lymphocytes B produisent des anticorps (IgE) qui vont se fixer sur d'autres types de globules blancs (les basophiles et les mastocytes). Lorsque l'allergène se complexe au IgE spécifique fixé à la membrane des basophiles ou des mastocytes, ceux-ci libèrent des médiateurs actifs (Histamine, héparine) responsables de l'apparition de la réaction allergique (Figure 8) ([Bousquet et al., 2001](#)).



**Figure 8.** Mécanismes de l'allergie (Abou Chakra *et al.*, 2010).

### 3.6 Diagnostic de l'allergie aux pollens

La consultation est le maillon essentiel de l'identification de toute allergie, y compris la pollinose. Ni les tests cutanés ni la détermination des anticorps IgE spécifiques des allergènes du pollen ne suffisent pour diagnostiquer un «rhume des foins»: la clé du diagnostic reste l'anamnèse. La période de l'année durant laquelle la réaction se manifeste caractérise en général les pollens responsables des symptômes observés. Seul l'entretien durant la consultation permet de faire la distinction entre une sensibilisation détectée fortuitement par test cutané ou par sérologie, et une sensibilisation qui soit un véritable signe clinique d'allergie. La durée d'une anamnèse allergologique approfondie visant une éventuelle allergie aux pollens est d'environ 15 minutes. Les questionnaires sur l'allergie sont utiles mais ne remplacent en aucun cas l'anamnèse (Valenta, 2002).

#### 3.6.1 Test cutané

Le prick-test s'utilise couramment au cas où l'on présume un phénomène de transmission par les IgE comme l'allergie aux pollens. Une goutte de solution d'allergène disponible dans le commerce est d'abord déposée sur la peau de l'avant-bras.

La peau est ensuite piquée (pricked) à travers la goutte au moyen d'une lancette standardisée ou d'une aiguille fine, permettant ainsi à l'allergène d'atteindre le derme pour interagir avec les mastocytes. La réaction croisée des anticorps IgE spécifiques et de l'allergène déclenche ensuite la dégranulation des

mastocytes si la surface de ces derniers présente les anticorps IgE spécifiques contre les protéines de la solution d'allergènes. (Abou Chakra, 2009).

### **3.6.2 Sérologie**

Le radio-allergosorbent test (RAST) est le test classique pour la détection d'anticorps IgE spécifiques. Les tests plus sensibles n'utilisent plus d'anticorps radiomarqués mais des anticorps marqués par des enzymes ou par de la fluorescéine. A l'opposé des tests cutanés, les tests d'anticorps spécifiques ne mesurent que les anticorps IgE non liés, circulant librement dans le sang. Le test sérologique devrait donc être utilisé non pas pour le dépistage, mais plutôt de manière ciblée, par exemple pour poser l'indication d'une immunothérapie spécifique (ITS).

### **3.6.3 Eosinophilie**

L'allergie est une pathologie systémique. En plus des mastocytes, certaines cellules inflammatoires, comme les éosinophiles, participent à la pathogenèse. Sous nos latitudes, une éosinophilie modérée (0,4–1,0 G/L) indique souvent une atopie et reflète une exposition momentanée à un allergène d'inhalation. C'est pourquoi la gravité et l'évolution d'une allergie par inhalation peuvent parfois être évaluées par la mesure des éosinophiles sanguins. Il n'est en général pas nécessaire d'effectuer ces mesures au cabinet médical en cas de pollinose, pour autant que le diagnostic repose principalement sur l'anamnèse présentant une répétition de signes cliniques à caractère saisonnier, et sur le dépistage *in vitro* ou *in vivo* de la sensibilisation aux pollens (D'Amato et Cecchi, 2008).

## **3.7 Traitement du pollinose**

Le traitement le plus efficace contre toute allergie – y compris celle aux pollens – consiste à éviter tout contact avec l'agent déclencheur (allergène). Cette mesure n'étant pas praticable en cas d'une allergie aux pollens, on dispose de deux options thérapeutiques: le traitement des symptômes et l'immunothérapie spécifique. Pour qu'un traitement symptomatique réussisse, il faut que les médicaments anti-allergiques soient pris non pas au besoin, mais de manière cohérente et régulière, dès la manifestation des premiers signes de pollinose et jusqu'à ce que la floraison incriminée prenne fin. En cas de non-respect de ces prescriptions, les symptômes se manifestent malgré tout, et la médication, considérée comme inefficace, est interrompue. L'échec d'un traitement symptomatique résulte souvent d'une transmission insuffisante d'information au patient (Bousquet *et al.*, 2008).

## **Partie Pratique**

### **Chapitre I. Couvert végétal et sa relation avec le contenu pollinique**

#### **INTRODUCTION**

La distribution naturelle des plantes est le reflet des facteurs biotiques (exigences écologiques et potentialités de reproduction et de dispersion propres à chaque espèce) et abiotiques (distribution des niches écologiques potentielles) dans une perspective historique, l'histoire paléoclimatique et paléogéographique ayant profondément interféré sur la distribution actuelle des espèces (Felber et Clot, 2003). Plusieurs scientifiques suggèrent que la composition de la végétation locale exerce une profonde influence sur la quantité de pollens mesurée par un capteur (Carinanos *et al.*, 2002; Frenz, 2000; Defila et Clot, 2001 ; Rodriguez-Rajo *et al.*, 2010).

L'extension des zones urbanisées a entraîné, depuis plusieurs années, un profond remaniement du paysage végétal. Les phytocénoses originelles ont disparu de nombreuses localités. Sur les terres-pleines des avenues, les bermes des routes, entre les immeubles récemment construits, l'homme a implanté des phytocénoses artificielles ou dominant des Graminées fauchés, des herbacées ornementales choisies pour leur aspect décoratif et des espèces ligneuses recherchées pour l'ombrage (Mediouni, 2002).

L'objectif de la présente étude est d'établir, au niveau des trois localités, la comparaison entre la liste des plantes du couvert végétal et celle des espèces polliniques atmosphériques récoltées.

#### **1. Couvert végétal**

##### **1.1 Généralités sur la flore méditerranéenne**

A l'échelle de la biosphère, Myres *et al.* (2000) distinguent 35 Hotspots majeurs de biodiversité. Ils correspondent pour 18 d'entre eux à des écosystèmes de forêts tropicales, les autres à des zones sises dans divers écosystèmes méditerranéens, un seul d'entre eux dans la région caucasienne. En matière de biodiversité végétale, ces zones privilégiées sont caractérisées par le fait qu'elles comptent plus de 1000 espèces de plantes pour 2500 km<sup>2</sup> (Véla et Benhouhou, 2007). Ces mêmes auteurs, soulignent que ces 25 Hotspots bien qu'ils ne couvrent au total que 1.5% de la surface des continents renferment 44% de la biodiversité totale en plantes vasculaires et 33% des espèces de mammifères.

La région méditerranéenne est considérée comme région privilégiée dans sa diversité floristique et son endémisme par son histoire à travers les ères géologiques. Elle apparaît donc sur le plan mondial comme un centre majeur de différenciation des espèces végétales (Quézel et Médail, 1995). Ces derniers distinguent au sein de ces régions dix points chauds ou Hotspots réparties tout autour du bassin.

Les flores des régions méditerranéennes, et particulièrement celles présentes autour du Bassin Méditerranéen, sont unanimement considérées comme étant d'une exceptionnelle diversité (De Bélair, 2005). Le Bassin Méditerranéen, avec 30 000 espèces vasculaires, est un lieu de fort endémisme (Quézel et Médail, 2003). Si l'on étend cette évaluation à l'ensemble des zones à climat méditerranéen du monde, l'ensemble des flores méditerranéennes du globe regroupe au moins 70 000 espèces vasculaires, soit environ le quart ou le cinquième des espèces végétales vasculaires connues aujourd'hui sur l'ensemble de la planète.

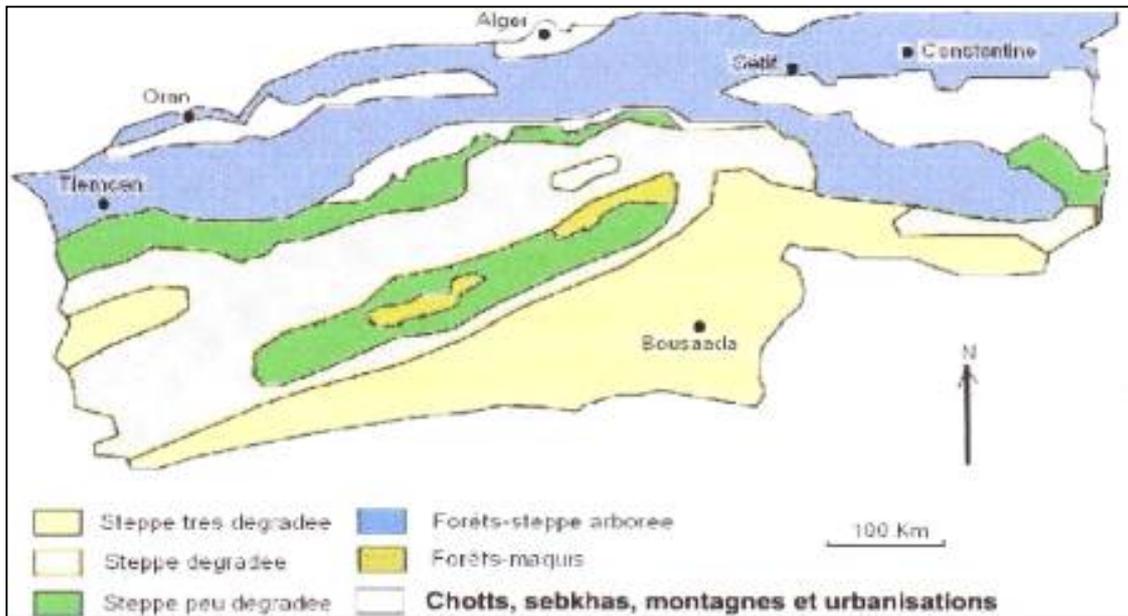
## 1.2 La flore algérienne

La flore algérienne occupe une place importante au niveau du Bassin Méditerranéen. Parmi les 11 hotspots méditerranéens, 2 appartiennent au territoire algérien. Le tableau 4, relatif à la biodiversité des pays du bassin méditerranéen, nous permet de situer l'Algérie par rapport aux autres pays du bassin. Parmi les quatorze pays méditerranéens, l'Algérie occupe la septième position de point de vue richesse en nombre de taxons (Myres *et al.*, 2000 ; Yahi *et al.*, 2012).

L'Algérie étant soumise à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré, caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien. Au Nord, tous les bioclimats méditerranéens sont représentés, depuis le perhumide (monts des Babor) jusqu'au semi-aride (Sahel d'Oran) (Mediouni, 2002). Les principales unités de végétation rencontrées en Algérie du Nord sont (Figure 9) :

- Les forêts (sclérophylles à chêne vert, chêne liège, etc.), caducifoliées (à chêne zeen, chêne afarès, érables), de conifères (pin d'Alep, pin noir, pin maritime, thuya, cèdre, sapin) ;
- Les matorrals qui regroupent les formations sempervirentes dominées par le pistachier lentisque, les cistes, les genêts, le calicotome, le diss, le romarin, la globulaire;
- Les pelouses thérophytiques, orophytiques, chasmophiles, les ermes à asphodèle ;

- La végétation hygrophile représentée par les ripisylves à *Populus alba*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia* ainsi que la végétation des marais, Lacs, étangs et lagunes.



**Figure 9.** Carte des principales essences forestières en Algérie (Nedjraoui et Bédrani, 2008).

- La végétation halophile et littorale qui regroupe la végétation des dunes maritimes, la végétation des falaises ainsi que la végétation des maquis littoraux.

La flore algérienne comprend environ 4000 taxons répartis en 131 familles et 917 genres. Le nombre d'endémiques nationales est de 464 (387 espèces, 53 sous-espèces et 24 variétés) (Medjahdi, 2010).

**Tableau 4.** Biodiversité des pays du Bassin Méditerranéen (Quézel, 1995)

Pays	Surfaces en régions Méd. (Km <sup>2</sup> )	Nbre d'espèces en région Méd.
Algérie	300.000	2700
Maroc	300.000	3700
Tunisie	100.000	1600
Lybie	100.000	1400
Egypte	15.000	1100
Jordanie	10.000	1800
Syrie	50.000	2600
Turquie	480.000	5000
Italie	200.000	3850
France	50.000	3200
Espagne	400.000	4000

### 1.3 Bilan taxonomique

La flore vasculaire de l'Algérie est relativement mieux étudiée par rapport aux autres groupes. Mais, comparé à d'autres pays voisins, le niveau des connaissances sur notre flore reste insatisfaisant. Ce bilan taxonomique est réalisé sur la base des données bibliographiques, notamment les flores de [Quézel et Santa \(1962-1963\)](#) et d'[Ozenda \(1977\)](#) ainsi que les travaux de [Quézel \(1976, 1979, 1991 et 1995\)](#), [Quézel et Médail \(1995\)](#).

Il n'existe pas, en Algérie, de mise au point permettant d'avoir une idée précise de la richesse floristique. Les chiffres avancés par les auteurs sont très variables. [Quézel \(1964\)](#) cite 2840 espèces pour l'Algérie du Nord (Sahara exclu). En 1975, [Quézel et Bounaga \(1975\)](#) signalent 3300 espèces pour l'Algérie et la Tunisie. A la même époque, [Le Houerou \(1975\)](#) avance le chiffre de 3150 espèces pour l'Algérie alors qu'il en signale 3200 en 1995 ([Le Houerou, 1995](#)). [Quézel et Médail \(1995\)](#) retiennent également 3150 espèces dont 2700 se retrouvent en région méditerranéenne.

La flore de [Quézel et Santa \(1962-1963\)](#) comprend 3139 espèces. Toutefois, 33 espèces naturalisées, cultivées, hybrides ou de présence douteuse ne sont pas numérotées. Par ailleurs, 4 espèces endémiques signalées par [Ozenda \(1977\)](#) ne figurent pas dans la flore de [Quézel et Santa \(1962-1963\)](#). 56 autres nouvelles espèces sont considérées comme présentes en Algérie par [Greuter \(1991\)](#). Notons par ailleurs, que le formulaire floristique des végétaux vasculaires de l'Algérie, établi par [Brisse et Grandjouan \(1979\)](#), sur la base de la flore de [Quézel et Santa \(1962-1963\)](#), compte 5222 taxons (3274 espèces, 1376 sous- espèces, 551 variétés et 21 sub-variétés) et 87 hybrides.

L'embranchement des Ptéridophytes est représenté par 45 espèces appartenant à 23 genres et 8 familles. La famille des *Polypodiaceae* prédomine avec 15 genres et 31 espèces. Les autres familles sont très faiblement représentées. Il s'agit de la famille des *Marsileaceae* (4 espèces, 2 genres), *Isoetaceae* (3 espèces, 1 genre), *Equisetaceae* et *Ophioglossaceae* (2 espèces, 1 genre), *Osmandaceae*, *Salviniaceae* et *Selaginaceae* (1 espèce, 1 genre).

Le sous-embranchement des Gymnospermes (embranchement des Spermatophytes) compte seulement 4 familles, 8 genres et 17 espèces arbustives ou arborées. Ces familles sont par ordre d'importance : Les *Cupressaceae* (7 espèces, 3 genres), les *Pinaceae* (5 espèces, 3 genres), les *Ephedraceae* (4 espèces, 1 genre) et les *Taxaceae* (1 espèce, 1 genre).

Le sous-embranchement des Angiospermes est le groupe le plus important. La première classe (Monocotylédones) du groupe est représentée essentiellement par des plantes herbacées, soit 581 espèces (1001 espèces, sous-espèces, variétés et sub-variétés) appartenant à 201 genres et 23 familles. Les familles les mieux représentées sont : les *Poaceae* qui dominent largement avec 116 genres et 288 espèces, suivies des *Liliaceae* (22 genres et 79 espèces), des *Cyperaceae* (9 genres, 59 espèces), des *Orchidaceae* (15 genres, 48 espèces), des *Juncaceae* (2 genres, 24 espèces) et des *Iridaceae* (4 genres, 21 espèces). La classe des Dicotylédones, de loin, la plus importante, elle réunit la majorité des espèces de la flore algérienne, soit 2631 espèces (4126 espèces, sous-espèces, variétés et sub-variétés) appartenant à 685 genres et 96 familles. Les familles les plus importantes sont : les *Asteraceae* (111 genres, 428 espèces), les *Fabaceae* (56 genres, 361 espèces), les *Brassicaceae* (68 genres, 183 espèces), les *Caryophyllaceae* (32 genres, 147 espèces), les *Lamiaceae* (28 genres, 145 espèces), les *Apiaceae* (55 genres, 132 espèces) et les *Scrofulariaceae* (15 genres, 96 espèces), viennent ensuite les *Borraginaceae* (28 genres, 69 espèces), les *Chenopodiaceae* (20 genres, 69 espèces), les *Ranunculaceae* (12 genres, 52 espèces), les *Cistaceae* (5 genres, 51 espèces), les *Euphorbiaceae* (5 genres, 44 espèces), les *Rosaceae* (16 genres, 41 espèces), les *Rubiaceae* (10 genres, 41 espèces), les *Geraniaceae* (3 genres, 41 espèces). Les familles les plus riches, comptant plus de 100 espèces sont au nombre de sept seulement, et regroupent ensemble plus de 1684 espèces, soit près de la moitié (52.10%) de la richesse spécifique totale du pays (Mediouni, 2002). Les familles sont : les *Poaceae*, les *Asteraceae*, les *Fabaceae*, les *Brassicaceae*, Les *Caryophyllaceae*, les *Lamiaceae* et les *Apiaceae* (Quézel et Santa, 1962-1963).

## **2. Couvert végétal de la Wilaya de Annaba**

Le patrimoine forestier de la wilaya de Annaba est estimé à 75.424 hectares représentant plus de 53 % de la superficie total de la Wilaya (Aouadi et al., 2010). Cette superficie est composée d'une mosaïque d'écosystèmes riche et diversifié ; on y trouve des forêts de Chêne liège, de Pin et d'Eucalyptus, des maquis à Lentisque et à Myrte. On y trouve également, des zones humides qui sont des écosystèmes complexes et riches et dont la plus importante est le lac Fetzara (DGF, 2009).

### **2.1 Présentation géographique**

La Wilaya de Annaba est située à 600 km de la capitale Alger, à l'extrême Est du pays qu'elle partage avec sa voisine El-Tarf, ouverte sur le littoral méditerranéen sur 80 km. Elle s'étend sur 1 439 km<sup>2</sup> soit 0,06% du territoire national.

Elle est limitée géographiquement par :

- la Méditerranée, au Nord,
- la willaya de Guelma, au Sud,
- la wilaya d'EL-Tarf, à l'Est,
- la wilaya de Skikda à l'Ouest.

Son relief est constitué principalement de :

- Montagnes à vocation forestière : 52,16%
- Collines et piémonts : 25,82 %
- Plaines : 18,08%

La Wilaya de Annaba possède un Lac, le Fezzara qui couvre 6 600 ha et l'Oued Seybouse, long de 255 km, y trouve son embouchure. Ses côtes, s'étalant sur 80 km ; sont halieutiques, et la biomasse y est estimée à quelques 30.000 tonnes. Les opportunités du secteur de la pêche sont multiples. À promouvoir notamment, la transformation et la conservation, l'élevage aquacole, l'artisanat et le tourisme marin.

Le sous-sol offre des ressources appréciables quant aux roches sédimentaires, dans les régions de Seraïdi et Chetaïbi notamment. Ses forêts se prêtent à une activité sylvestre, surtout pour le liège (30.000 Qx/an) et le bois d'Eucalyptus (20.000 tonnes/an). Elles couvrent près de 75 500 ha dont 15 000 ha de chêne-liège et conviennent parfaitement à l'activité touristique. Le potentiel agropédologique représente près de 58 600 ha, notamment localisé dans les plaines

de la Seybouse et du Lac Fezzara. Près de 58% des terres cultivables se situent dans les zones de piémont (38 700 ha de S.A.U).

Les ressources hydriques sont évaluées à 162 hm<sup>3</sup> dont 30% proviennent du barrage de Echaffia (El -Tarf) en proportion égale avec les ressources souterraines. Annaba abrite un important pôle industriel avec :

- le complexe sidérurgique d'El-Hadjar
- Le complexe phosphatier de la Seybouse
- Le complexe métallurgique d'Allelik
- Près de 260 PME/PMI dans les domaines de la sous-traitance et de l'agro industriel (site 5).

## **2.2 Climat**

Le climat de la ville d'Annaba est un climat méditerranéen : l'hiver est humide et pluvieux, l'été chaud et sec, la pluviométrie annuelle enregistrée est forte, la moyenne est comprise entre 800 et 1000 mm/an.

Les températures sont douces en hiver (11<sup>0</sup> en janvier) et chaudes en été (27<sup>0</sup> en août).

Les vents les plus fréquents durant la saison balnéaire sont ceux du N/E et S/O de juin à septembre où le Sirocco chasse l'influence méditerranéenne.

L'humidité dans la journée est voisine de 70% sauf pour le mois de janvier où elle dépasse légèrement ce seuil.

## **2.3 MATERIEL ET METHODES**

### **3.1 MATERIEL**

La seule référence exhaustive qui concerne la flore d'Algérie est celle de la nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques et méridionales de [Quézel](#) et [Santa \(1962-1963\)](#). Aucune flore plus récente, ni aucune révision à cette flore n'a été entreprise à ce jour.

Pour faciliter l'inventaire, nous avons établi une liste des plantes, possédant les espèces végétales composant le couvert végétal de Annaba selon la nouvelle flore d'Algérie (La Numidie littorale ceinturant les villes de Annaba et El Kala.

L'étude a porté sur trois sites, la ville de Annaba, El-Hadjar et Dréan.

### 3.2 METHODES

L'incapacité de couvrir la totalité de la zone à étudier nécessite la mise en place d'un échantillonnage adéquat pour toute la surface à couvrir. Celui-ci consiste à choisir des éléments de façon à obtenir des informations objectives et d'une précision mesurable sur l'ensemble de la zone. [Gounot \(1969\)](#) distingue quatre types d'échantillonnage : l'échantillonnage aléatoire, l'échantillonnage subjectif, l'échantillonnage systématique et enfin l'échantillonnage stratifié.

Pour cette étude, nous avons retenu l'échantillonnage aléatoire. Ce dernier est plus simple et plus intuitif pour caractériser le couvert végétal ([Meddour, 2010](#)).

Des visites régulières durant la saison de végétation (de 15 octobre à 15 juin), afin de recenser les espèces automnales à post-hivernales, au cours desquelles l'ensemble du site étudié a été prospecté plusieurs fois afin d'établir une liste d'espèces la plus complète possible.

Les relevés de végétation sont réalisés selon les méthodes classiques, par l'établissement de la liste de toutes les espèces végétales présentées sur une unité de surface préalablement déterminée au sein d'une station homogène. La surface 100 m<sup>2</sup> paraît suffisamment représentative de l'aire minimale dans notre région et des formations végétales majoritaires ([Medjahdi, 2010](#)). Chaque relevé a été décrit par la présence ou l'absence des espèces dans la liste des espèces déjà préparée ([Buisson et al., 2004](#)). Mises à part quelques exceptions, la nomenclature taxonomique adoptée est celle de Quézel et Santa (1962-1963). Pour des cas particuliers, on s'est référé à la Flore de Tunisie ([Le Floc'h et Boulos, 2008](#)) et ([Le Floc'h et al., 2010](#)).

Pour identifier les espèces inventoriées, nous avons utilisé les références suivantes :

- La nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales ([Quézel et Santa, 1962-1963](#)).  
La flore d'Afrique du nord ([Maire, 1952-1987](#)).
- La flore pratique du Maroc ([Fennane et al., 2007](#)).
- Le catalogue des plantes vasculaires du Nord du Maroc ([Valdès et al., 2002](#))  
La flore de Tunisie ([Poittier-Alapetite, 1979-1981](#)).
- Flore de Tunisie : Catalogue synonymique commenté ([Le Floc'h et Boulos, 2008](#)).
- Flore de Tunisie : Catalogue synonymique commenté de la flore de Tunisie ([Le Floc'h et al., 2010](#)).
- [http://www.tela-botanica.org/page:accueil\\_botanique](http://www.tela-botanica.org/page:accueil_botanique) (site 3)

 [www.botanique.org](http://www.botanique.org) (site 4)

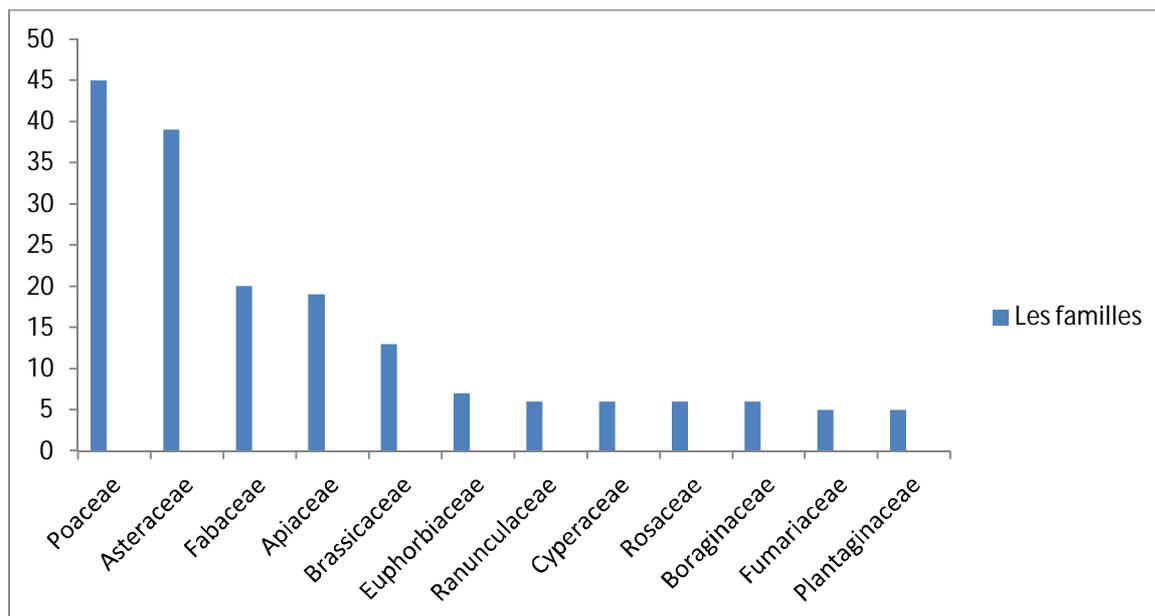
## 2.4 RESULTATS ET DISCUSSION

L'exploration botanique des 3 sites étudiés, a permis de donner un aperçu sur la composition du couvert floristique. Nous dressons par ordre alphabétique la liste botanique finale de 249 espèces inventoriées (annexe 1).

Les 249 espèces inventoriées se répartissent en 57 familles. Les Dicotylédones rassemblent le plus grand nombre d'espèces (184 espèces soit 73.9% et seulement 24.5% pour les deux autres groupes), les Monocotylédones (11 familles et 61 espèces) et les deux familles des Gymnospermes (4 espèces soit 1.6%) faisant partie des espèces recensées dans les jardins publics surtout dans la ville de Annaba (espèces ornementales).

### 2.4.1 Composition floristique de la région de Annaba

L'étude nous a permis de compter 57 familles appartenant aux deux groupes végétaux (Gymnospermes et Angiospermes). Ces familles sont présentes dans la flore de [Quézel et Santa \(1962-1963\)](#). Les familles les plus riches en espèces et qui dominent la flore, classées en ordre décroissant sont : les *Poaceae* (45 espèces soit 18.1 %), les *Asteraceae* (39 espèces et 15.66% ), les *Fabaceae* (20 espèces soit 8.1%), les *Apiaceae* (19 espèces soit 7.63%) et les *Brassicaceae* possèdent 13 espèces avec un taux de 5.26%, les *Euphorbiaceae* (7 espèces et 2.83%), les *Cyperaceae* , les *Ranunculaceae*, les *Rosaceae* et *Boraginaceae*, possède chacune 6 espèces, pour un pourcentage de 2.43%, les *Fumariceae* et *Plantaginaceae* comprennent 5 espèces avec un pourcentage de 2.02% . Les *Convulvulaceae* représentent 1.62% avec 4 espèces, les *Caryophyllaceae*, les *Chenopodiaceae*, les *Lamiaceae*, les *Oleaceae*, les *Pinaceae*, les *Salicaceae* et les *Solanaceae* représentent un taux de 1.21% (3 espèces pour chacune). Les *Anacardiaceae*, les *Araceae*, les *Liliaceae*, les *Moraceae*, les *Myrtaceae*, les *Papaveraceae*, les *Polygonaceae*, les *Primulaceae*, les *Rubiaceae* et les *Urticaceae* sont présentes avec 2 espèces soit un taux de 0.8%. Les autres familles (25 familles) comme, les *Oxalidaceae*, les *Resedaceae*, les *Typhaceae*, les *Araliaceae*, les *Arecaceae*, les *Acanthaceae*, les *Agavaceae*, et les *Cupressaceae* sont représentés avec un faible pourcentage (Figure 10).



**Figure 10.** Les familles botaniques les plus représentées dans le couvert végétal de la région de Annaba.

**Tableau 5.** Les familles rencontrées dans le couvert végétal des sites étudiés, listées en fonction de leur contribution spécifique à la flore.

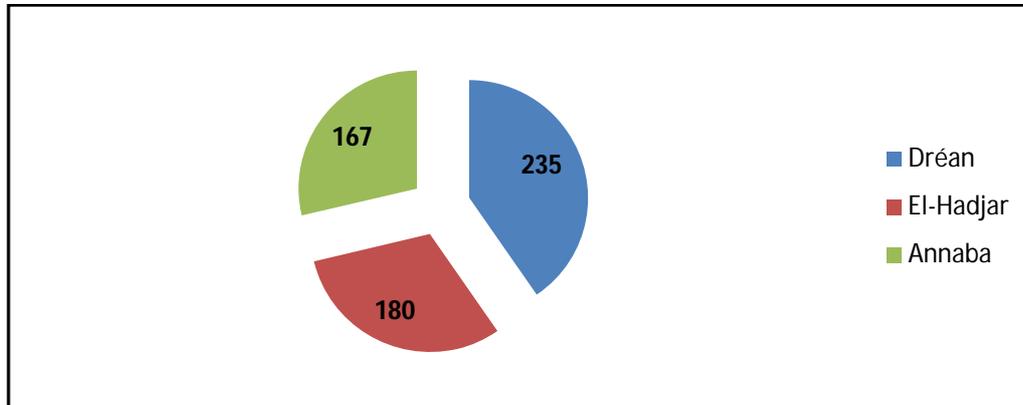
Familles	Espèces	Contribution en %	Familles	Espèces	Contribution en %
<i>Poaceae</i>	45	18.22	<i>Fumariaceae</i>	5	2.02
<i>Asteraceae</i>	39	15.79	<i>Plantaginaceae</i>	5	2.02
<i>Fabaceae</i>	20	8.1	<i>Convulvulaceae</i>	4	1.62
<i>Apiaceae</i>	19	7.69	<i>Chenopodiaceae</i>	3	1.21
<i>Brassicaceae</i>	13	5.26	<i>Lamiaceae</i>	3	1.21
<i>Euphorbiaceae</i>	7	2.83	<i>Oleaceae</i>	3	1.21
<i>Ranunculaceae</i>	6	2.43	<i>Pinaceae</i>	3	1.21
<i>Cyperaceae</i>	6	2.43	<i>Salicaceae</i>	3	1.21
<i>Rosaceae</i>	6	2.43	<i>Solanaceae</i>	3	1.21
<i>Ranunculaceae</i>	6	2.43	<i>Anacardiaceae</i>	2	0.8
<i>Boraginaceae</i>	6	2.43	<i>Moraceae</i>	2	0.8

Dix familles dominent nettement le couvert végétal dans les sites d'étude : *Poaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Apiaceae*, *Brassicaceae*, *Euphorbiaceae*, *Ranunculaceae*, *Cyperaceae* et *Boraginaceae* (Tableau 5). Elles capitalisent à elles seules 173 espèces soit 69.5 % de l'effectif global. Les trois premières familles occupent d'ailleurs les trois premiers rangs si on considère la flore algérienne dans son ensemble. Leur supériorité numérique est également confirmée par [Guillerm](#) et [Maillet](#) (1982) au sein de la flore des régions Ouest-méditerranéennes de l'Europe. Ces dix familles englobent à elles seules 67.6 % des espèces, les 32.4 % restants étant répartis entre 48 familles différentes. Toutefois, quelques familles présentent une contribution au couvert végétal plus importante que ne le laisserait prévoir leur rang au sein de la flore globale : *Fumariaceae*, *Plantaginaceae* et *Convolvulaceae*.

Pour les sites étudiés, la ville de Dréan est classée en première position avec 236 espèces (par rapport au nombre total des espèces inventoriées dans les trois sites), soit un taux de 94.8 %, en deuxième ordre, arrive la ville d'El-Hadjar avec 181 espèces (72.7%) et en dernière classe vient la ville de Annaba avec 167 espèces et un taux de 67.1% (Figure 11). La superficie de la ville de Dréan est de 48 Km<sup>2</sup>, la céréaliculture occupe une place prédominante dans cette surface. Tandis que les deux autres villes (Annaba et El-Hadjar), leurs superficies sont respectivement 49 Km<sup>2</sup> et 63 Km<sup>2</sup> et le tapis végétal des deux sites est à vocation forestière puisque la forêt occupe 57.28 % de la superficie totale ([Benlakhlef](#), 2009). Néanmoins, l'accroissement de surfaces mises en urbanisation et en industrialisation tend à réduire le couvert végétal et conduit à la dégradation de la couverture végétale dans les deux villes. Cette analyse met en évidence un gradient de dégradation anthropique allant des sites les plus riches en biodiversité floristique vers les sites les plus dégradés. Dans une étude réalisée dans le littoral de Beni-Saf (Ain Temouchent), [Merioua](#) (2014) a recensé 40 familles, ce sont les *Asteraceae* et les *Poaceae* qui dominent la flore, avec un taux de 14% pour la première famille, et 12 % pour la deuxième. Les *Lamiaceae*, les *Fabaceae*, représentent chacune 7%, les *Liliaceae* 6%, les *Apiaceae* 5%. [Kazi Tani et al.](#) (2010), ont recensé dans une étude dans la région d'Oran, 425 espèces appartenant à 44 familles, cette couverture est caractérisée par la prépondérance, par ordre décroissant, des *Asteraceae*, *Fabaceae* et *Poaceae*. [Toubal et al.](#) (2014), dans une étude réalisée dans le complexe Guerbès- Senhadja, Nord-Est algérien (zone humide), ont recensé un total de 121 espèces végétales inféodées à l'aulnaie et 80 espèces caractéristiques des pelouses et/ou des prairies marécageuses limitrophes.

L'étude des séries de végétation dans le massif de l'Edough menée par [Toubal-Boumaza](#) en 1986, a permis d'individualiser la série du chêne zeen; ainsi trois forêts ont été déterminées: la

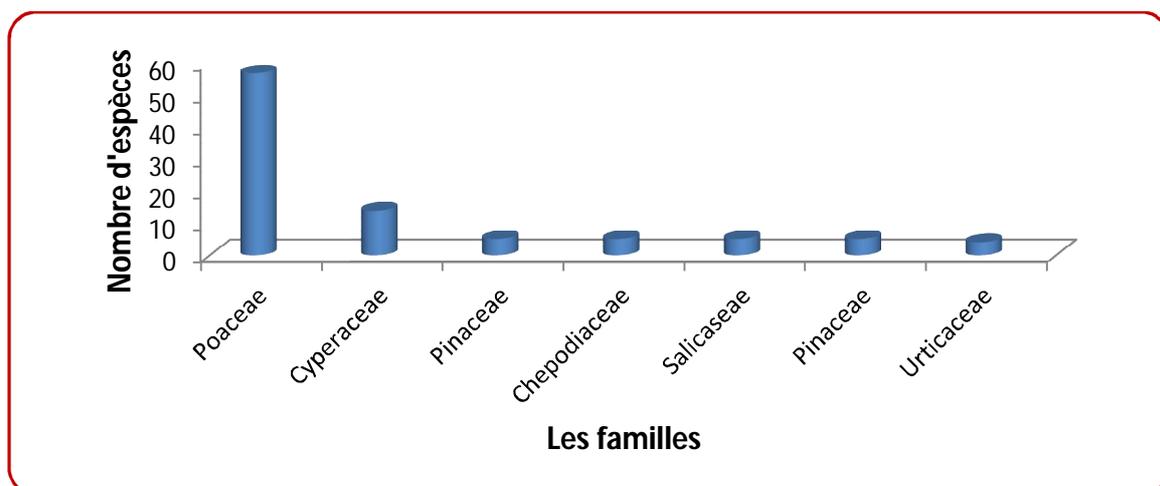
forêt à *Cytisus triflorus*, *Crataegus monogyna*, *Pteridium aquilinum* et *Rubus incanescens*, la forêt à *Castanea sativa* et la forêt à *Alnus glutinosa*, *Laurus nobilis* et plus rarement *Ilex aquifolium*.



**Figure 11.** Répartition des espèces selon les sites d'étude

#### 2.4.2 Le couvert végétal allergisant dans les sites d'études

Il existe vingt deux familles dans la flore allergisantes de notre région d'étude (Annexe 2), les familles qui possèdent un grand nombre des espèces sont les *Poaceae*, les *Cyperaceae*, les *Chenopodiaceae*, les *Cupressaceae*, les *Salicaceae*, les *Pinaceae*, les *Moraceae* et les *Oleaceae*. Elles sont constituées d'espèces principalement méditerranéennes. Le taux de ces dernières est de 30,8% pour l'ensemble des espèces inventoriées. Pour les *Poaceae*, 59, 53% pour les *Cyperaceae*, 7,9%, pour les *Chenopodiaceae*, les *Cupressaceae*, les *Salicaceae*, les *Pinaceae*, les *Fagaceae* et les *Urticaceae* 3.90% (Figure 12).



**Figure 12:** Classement des principales familles allergisantes par nombre d'espèces dans les sites d'études.

Plusieurs scientifiques suggèrent que la composition de la végétation locale exerce une profonde influence sur la quantité de pollens mesurée par un capteur (Carinanos *et al.*, 2002; Emberlin et Norris-Hill, 1991; Frenz *et al.*, 1997; Frenz, 2000; Rodriguez-Rajo *et al.*, 2010 ; Matsouka and Kaplan, 2008). En outre, une étude de Ranta *et al.* (2008) sur le transport et le dépôt du pollen suggère que la hauteur des plantes peut avoir un rôle à jouer dans la distribution spatiale du pollen. En effet, les résultats de leur expérimentation laissent croire que les plantes de petite taille (Graminées, mauvaises herbes) contribuent davantage aux concentrations locales. Tandis que, les plus hautes plantes (arbres) contribuent aux concentrations régionales. Une explication serait que le pollen des arbres étant émis en hauteur, il aurait tendance à se disperser sur une plus grande superficie (Carinanos and Casares-Porcel, 2011).

Des études récentes portent à croire que ce sont les plantes des bords de routes qui contribuent à la persistance des plantes dans les champs (Simard et Benoit, 2010). La production de fleurs et de graines des populations localisées sur le bord des chemins a été très peu étudiée. La production de fleurs des espèces rurales n'a pas été étudiée puisque les études en milieu agricole se sont concentrées sur la production de graines. En milieu urbain, les mauvaises herbes sont présentes autant sur les terrains publics que privés, mais il semblerait que certains milieux soient plus favorables à leur établissement, comme les terrains vagues, les abords de routes et de rues, les sites industriels et les développements résidentiels (Simard et Benoit, 2011). Une meilleure évaluation de la distribution et la densité des mauvaises herbes en milieu urbain permettrait d'estimer la quantité de pollen émise en fonction des territoires. La caractérisation des habitats les plus propices à l'établissement et à la croissance des plantes messicoles en ville permettrait d'établir une stratégie de contrôle dans le but de réduire significativement la prévalence de la rhinite allergique saisonnière (Olivereau, 2007).

### **3. Contenu pollinique de sites d'étude**

#### **3.1 MATERIEL ET METHODES**

##### **3.1.1 MATERIEL**

###### **3.1.1.1 Sites d'étude**

Dans le cadre de la réalisation d'une étude aéropalynologique comparative entre le couvert végétal et le contenu pollinique atmosphérique de la ville de Annaba, la ville El-Hadjar et la ville de Dréan (W. El-Tarf).

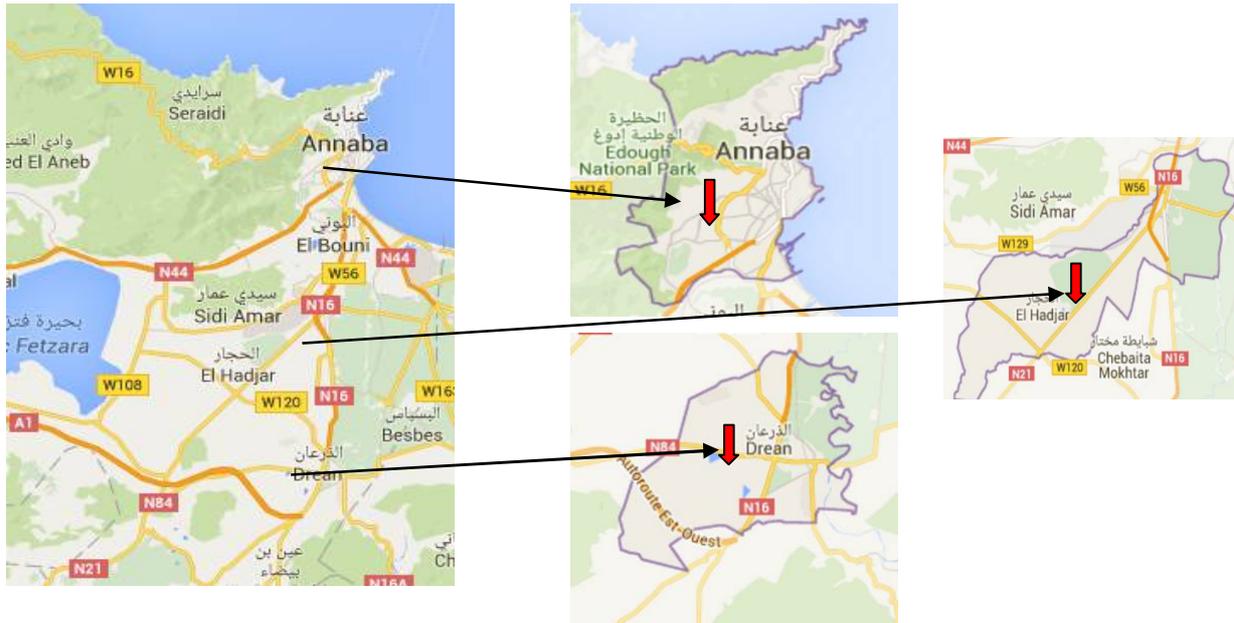
La commune de Dréan (W. El-Tarf) est située à l'Ouest du chef lieu de la Willaya d'El-Tarf. Elle est limitée au Nord par la commune de Chebaïta-Mokhtar, au Sud par la commune de Chihani, à l'Est par la commune de Besbes et à l'Ouest par la commune d'Ain Ben-Baïda (W.Guelma). La commune de Dréan est à vocation agricole de par ses 4800 Ha de terre à caractère agricole. Les cultures les plus dominantes sont les céréales et les cultures industrielles.

La commune d'El-Hadjar est située à 8 kilomètres à l'Ouest de la ville d'Annaba (Nord Est-algérien). C'est une ville industrielle de 37 364 habitants (en 2012) ([ONS, 2014](#)) où se trouve une grande usine sidérurgique et une zone industrielle.

###### **3.1.1.2 Implantation des capteurs de pollen**

Le recensement pollinique a été effectué à l'aide de trois capteurs types Durham (1946) placés dans trois endroits différents. Ces endroits sont sélectionnés selon les critères suivants :

- Leur présence dans une agglomération urbaine.
- Leur situation sur l'axe de la direction du vent (absence d'obstacles).
- Surélevés par rapport au sol à 1.5m et 18m.



**Figure 13.** Localisation des capteurs de Durham (1946) dans les sites d'étude (Google maps).

### 3.1.2 METHODES

#### 3.1.2.1 Préparation et exposition des lames de captage

Pour récolter des grains de pollen atmosphériques, une lame enduite de glycérine est glissée dans chacun des trois appareils. Après une exposition de 24 h, les lames sont récupérées et remplacées par d'autres.

#### 3.1.2.2 Identification des pollens

Les lames sont transportées au laboratoire et lues au microscope optique type Zeiss. Pour l'identification des grains de pollen, nous avons utilisé des Atlas polliniques (Reille, 1990 ; 1992 et 1993), et les palynothèques du laboratoire de palynologie de Annaba (Ketfi, 1999) et (Sakhraoui, 2002).

## 3.2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.2.1 RESULTATS

#### 3.2.1.1 L'évolution du contenu pollinique dans les sites d'étude

Le tableau 6 présente les taux semestriels des familles végétales de Annaba, d'El-Hadjar et de Dréan, selon un ordre décroissant. Ces données sont également exprimées en pourcentage.

La méthode gravimétrique utilisée nous a permis de recenser un nombre total de 2509 grains de pollen / cm<sup>2</sup> et 21 familles à Annaba, 1822 grains de pollen/cm<sup>2</sup> à El-Hadjar appartenant à 19 familles, et 2179 grains de pollens/cm<sup>2</sup> appartenant à 15 familles et celui de l'espèce *Alnus glutinosa* (L.) de la famille des *Betulaceae* à Dréan. Les grains de pollen des familles :

*Urticaceae*, *Cyperaceae* et *Juncaceae* sont captés dans l'atmosphère pollinique de Annaba, les pollens des familles *Mimosaceae*, *Fagaceae*, *Rosaceae* et *Juglandaceae* sont remarqués seulement dans l'atmosphère d'El-Hadjar par contre les pollens d'*Alnus glutinosa* (L.) sont recensés seulement à Dréan.

En ce qui concerne l'ensemble des grains de pollen des *Poaceae*, les valeurs les plus élevés ont été atteintes à Annaba 587 grains de pollen /cm<sup>2</sup>, à Dréan, le taux est 454 grains/ cm<sup>2</sup>, et la valeur la plus faible est enregistrée à El-Hadjar avec 285 grains de pollen. La production pollinique des *Cupressaceae* n'a pas une grande différence entre El-Hadjar (245 grains) et Dréan (258 grains de pollen), à Annaba, la valeur des grains de pollen de cette famille est 212 grains de pollen/cm<sup>2</sup>. Concernant les *Brassicaceae*, la quantité la forte est enregistrée à El-Hadjar avec 198 grains de pollen/cm<sup>2</sup>, suivi de Dréan (145 grains de pollen) et Annaba (126 grains de pollen/cm<sup>2</sup>). Pour les *Oleaceae*, le contenu pollinique est très fort à El-Hadjar, 164 grains y ont été recensés et 156 grains de pollen à Annaba contre 54 grains à Dréan, malgré la présence des oliviers dans cette région. Les grains de pollens de *Myrtaceae*, sont plus élevés à Annaba et El-Hadjar avec respectivement 141 et 138 grains /cm<sup>2</sup>, contre seulement 26 grains à Dréan, en raison, peut être de l'existence de plusieurs implantations d'*Eucalyptus*.

Les densités de pollen de *Pinaceae*, *Salicaceae*, *Ericaceae*, *Chenopodiaceae* et *Fagaceae* étaient plus importantes à Dréan que celles de Annaba et d'El-Hadjar, à cause peut être d'une couverture végétale riche de des familles botaniques.

**Tableau 6.** Le compte pollinique des trois sites : Annaba, El-Hadjar et Dréan

N	Taxons	Annaba		El-Hadjar		Dréan		Potentiel allergique (site2)
			%		%		%	
1	<i>Poaceae</i>	587	23.4	285	18.99	454	22.78	5
2	<i>Cupressaceae</i>	212	8.45	245	16.32	258	12.95	5
3	<i>Brassicaceae</i>	126	5	198	13.19	145	7.28	1
4	<i>Oleaceae</i>	156	6.22	164	10.93	54	2.71	3
5	<i>Myrtaceae</i>	141	5.62	138	9.19	26	1.31	1
6	<i>Plantaginaceae</i>	203	8.1	117	7.8	87	4.36	3
7	<i>Pinaceae</i>	113	4.5	78	5.2	141	7.1	0
8	<i>Salicaceae</i>	125	4.98	77	5.13	190	9.53	2
9	<i>Asteraceae</i>	235	9.36	49	3.26	175	8.78	3
10	<i>Ericaceae</i>	123	4.9	44	2.93	114	5.72	1
11	<i>Chenopodiaceae</i>	93	3.7	26	1.73	115	5.77	3
12	<i>Fagaceae</i>	89	3.55	19	1.27	175	8.76	3
13	<i>Mimosaceae</i>	56	2.23	14	0.93	-	-	1
14	<i>Betulaceae</i>	73	2.9	12	0.80	-	-	5
15	<i>Rosaceae</i>	09	0.36	10	0.66	-	-	1
16	<i>Apiaceae</i>	07	0.28	9	0.61	21	1.05	1
17	<i>Urticaceae</i>	14	0.56	-	-	-	-	4
18	<i>Cyperaceae</i>	12	0.48	-	-	-	-	3
19	<i>Euphorbiaceae</i>	8	0.32	7	0.47	11	0.55	3
20	<i>Casuarinaceae</i>	-	-	5	0.33	-	-	3
21	<i>Alnus glutinosa</i>	-	-	-	-	16	0.8	4
22	<i>Polygonaceae</i>	11	0.44	-	-	11	0.55	3
23	<i>Juglandaceae</i>	09	0.35	4	0.27	-	-	3
24	<i>Juncaceae</i>	04	0.16	-	-	-	-	2
25	Pollen N.D.	103	4.5	321	17.62	186	8.56	
	<b>Total</b>	<b>2509</b>	<b>100</b>	<b>1822</b>	<b>100</b>	<b>2179</b>	<b>100</b>	

**5-4** : forte allergénicité

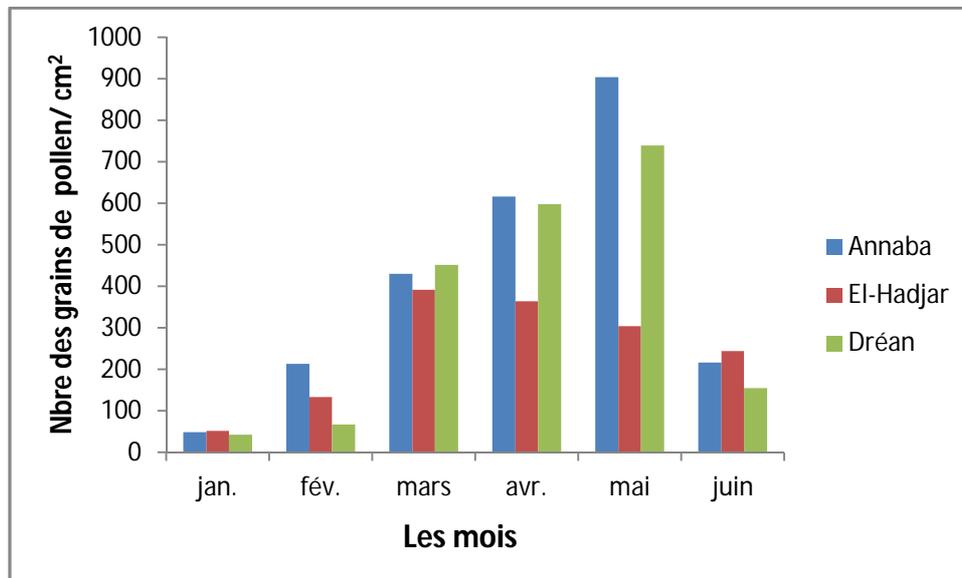
**3-2** : moyenne allergénicité

**1** : faible allergénicité

### 3.2.1.2 Fréquence pollinique mensuelle

La fréquence pollinique mensuelle montre qu'il existe une différence entre les quantités mensuelles obtenues dans les trois sites. La petite fréquence pollinique mensuelle a été enregistrée pendant le mois de janvier à Dréan (38 grains de pollen / cm<sup>2</sup>), 49 grains de pollen à Annaba et à El-Hadjar (52 grains de pollen/cm<sup>2</sup>). La grande fréquence pollinique a été obtenue à Annaba pendant le mois de mai (903 grains de pollen /cm<sup>2</sup>).

Parallèlement, la grande fréquence pollinique a été enregistrée durant le mois de mai à El-Hadjar (408 grains de pollen/cm<sup>2</sup>). La figure 13 représentant l'histogramme des comptes polliniques mensuels, montre que le maximum des émissions polliniques est remarqué à Annaba durant les mois de février, mars, avril et mai. Elle montre aussi que les grandes quantités polliniques sont produites entre mars et mai.



**Figure 14.** Variation pollinique mensuelle dans les trois sites (Annaba, El-Hadjar et Dréan) d'étude durant le premier semestre 2005.

Une simple comparaison graphique de comptes polliniques dans les trois sites, montre que les types polliniques présentés dans l'atmosphère sont presque les mêmes dans les trois sites.

Dans une autre étude à El-Hadjar (Ketfi, 1999), nous avons pu capter 7190 grains de pollen appartenant à 16 familles végétales, dont 1520 grains appartenant à la famille des *Poaceae*, qui est la plus redoutée de toutes les familles. La majorité des manifestations cliniques signalées dans le monde est due aux pollens des *Poaceae* (Dopazo-Martinez *et al.*, 2002 ; Juan *et al.*, 2003 ; Puc and Puc, 2004 ; D'Amato *et al.*, 2007; Chlopek, 2007 ; Peel *et al.*, 2014).

L'implication des *Poaceae* dans l'apparition des manifestations allergiques est approuvée et ne peut pas être discutée. Dopazo- Martinez *et al.*, (2002) ; Peternel *et al.*, (2006) et León-Ruiz *et al.*, (2011), les citent comme étant les redoutables en matières d'allergie dans le monde entier. Elles se caractérisent par la forte productivité de pollens. Des études réalisées sur le Centre-Est de la France (Laaidi *et al.*, 2002), en Croatie (Peternel *et al.*, 2005) et en

Arabie Saoudite (Alwadie, 2008) confirment la première place du pollen de *Poaceae* dans le déclenchement de pollinoses.

La famille des *Cupressaceae* : Les espèces de cette famille sont très utilisées en ornementation notamment le cyprès (*Cupressus*) et le genévrier (*Juniperus*), ces deux genres sont responsables de la pollinose la plus précoce (pollinose hivernale) dans le midi méditerranéen (Fardeau, 1999, Altunoglu *et al.*, 2010). Dans l'étude de Ketfi (1999) à El-Hadjar les pollens de cette famille ont été recueillis à partir du mois de mars jusqu'au mois de juillet. Gioulekas *et al.* (2004) ont récolté les pollens de *Cupressaceae* avec une grande quantité, elle a été classé en première position.

La famille des *Brassicaceae* : En raison du grand nombre d'espèces présentes dans toutes les régions, la période principale de dissémination des pollens de cette famille s'étale sur plusieurs mois en régions méditerranéennes (Guérin et Michel, 1993). Cette famille est considérée par certains auteurs comme étant peu allergisante (Peternel *et al.*, 2005).

La famille des *Oleaceae*: L'espèce la plus représentative de cette famille est l'olivier (*Olea europaea* L.) doté lui aussi d'une haute capacité allergisante (Aira *et al.*, 1998). Les pollens sont recueillis du début du mois d'avril jusqu'au mois de juin, cette période de pollinisation s'étale sur presque trois mois, le pic pollinique de ce taxon a été enregistré durant la deuxième décennie du mois de mai.

La famille des *Myrtaceae*: Cette famille est représentée surtout par l'*Eucalyptus*. Ce genre fait partie des plantes pouvant causer de faibles réactions allergiques, mais Dopazo- Martinez *et al.*, (2002) ont cité les *Myrtaceae* parmi les familles à pouvoir allergisant important.

La famille des *Plantaginaceae* : Cette famille est considérée parmi les plus allergisantes (Iglesias-Otero *et al.*, 2014), le pouvoir allergisant du *Plantago* est cité par plusieurs auteurs (Leuschner *et al.*, 2004). D'après Laaidi (2000) le plantain libère des grains de pollen sur une longue période allant d'avril jusqu'à la fin d'août.

La famille des *Pinaceae* : Les pollens de cette famille sont considérés comme étant très bien adaptés au transport éolien grâce à leurs ballonnets, qui leur permettent d'être suspendus et transportés sur plusieurs kilomètres (Emberlin *et al.*, 2000).

La famille des *Salicaceae*: Deux espèces sont principalement responsables de manifestations allergiques, le saule (*Salix*) et le peuplier (*Populus*) (Emberlin *et al.*, 2000).

La famille des *Asteraceae*: Bien qu'elle soit une famille entomophile dans sa majorité, certaines de ses espèces sont responsables de pollinoses. On note l'armoise (*Artemisia*) et l'ambrosie (*Ambrosia*) qui est très redoutée aux U.S.A. (Liccardi and D'Amato, 2002).

La famille des *Chenopodiaceae*: Cette famille est très bien représentée par le chénopode (*Chenopodium*) qui est réputé pour sa forte allergénicité (Galan *et al.*, 1999).

### 3.2.2 DISCUSSION

La variabilité des concentrations polliniques pose ainsi un problème lorsqu'on désire évaluer la représentativité spatiale d'un capteur de pollen. En effet, les concentrations polliniques de deux sites peuvent présenter d'importantes variations, même à de faibles distances (par exemple deux quartiers voisins) (Frenz, 2000). A cet effet, différentes études ont révélé que la variabilité spatiale des concentrations de pollens augmente à mesure que la distance entre deux sites augmente (Raynor *et al.*, 1975; Hall, 1992; Frenz *et al.*, 1997; Frenz, 2000;; Rodríguez-Rajo *et al.*, 2010. DellaValle *et al.*, 2012).

Plusieurs études comparatives ont évalué des relations entre le contenu pollinique dans l'air et les sites géographiques. Par exemple, entre les différents pays européens (Jager *et al.*, 1996 ; Corden *et al.*, 2002 ; Spieksma *et al.*, 2003 et Alcazar *et al.*, 2009 ), ou entre des villes dans les différentes régions du Royaume-Uni (Adams-Groom *et al.*, 2002). Pashley *et al.* (2010) ont comparé entre deux sites qui représentent des différences géographiques spécifiques, la distance entre les deux villes est 41 km. Ils ont trouvé plusieurs similarités entre la quantité et la qualité des contenus polliniques.

Barral *et al.*, (2009), ont montré que le profil de concentrations polliniques quotidiens est similaire dans deux régions la distance entre elles est 6.5 km. D'autres auteurs ont mis en évidence la contribution de la flore ornementale dans les comptes polliniques enregistrés pour chaque site (Alcazar *et al.*, 2009 ; Recio *et al.*, 2009 et Hernandez-Ceballos *et al.*, 2011). Rizzi-Longo and Pizzulin -Sauli (2010) ont procédé à une comparaison des comptes polliniques de deux localités distantes d'environ 125 km dans le Nord-est de l'Italie. Or, une étude de Velasco-Jimenez *et al.* (2012) révèle une forte corrélation entre les mesures effectuées à deux sites distancés de 9 km dans la ville de Cordoba (Espagne). Ils concluent que les données d'un seul capteur, localisé dans une ville de taille moyenne dont les conditions de topographie et de végétation sont uniformes, sont suffisantes pour informer sur les principaux types de pollen présents, sur les dates de la saison pollinique et sur les dates des

pics de concentrations. Toutefois, ils mentionnent que des données de plusieurs capteurs peuvent être nécessaires dans le cas d'études cliniques, car des variations de concentrations polliniques peuvent être tout de même observées à l'intérieur d'une localité, principalement en raison de l'influence de la végétation locale. Ces différences, bien que faibles, pourraient faire varier les impacts sur la santé.

Parallèlement, il semblerait que la majorité des grains de pollen émis se déposent à proximité de leur source. [Raynor \*et al.\*, \(1970\)](#) ont constaté, lors d'une expérimentation en milieu contrôlé avec de l'herbe à poux (*Ambrosia sp.*), que les concentrations de pollens à une distance de 64 mètres de la source avaient diminué de 95 % par rapport aux concentrations mesurées à 1 mètre de la source. Il peut toutefois arriver qu'une fraction du pollen soit transportée sur de longues distances ([Garneau \*et al.\*, 2006](#); [Raynor \*et al.\*, 1970](#)). À cet égard, [Laaidi \*et al.\* \(1997\)](#) mentionnent que près de 80 % des grains de pollen se déposent à moins de 500 m de leur source et 20 % entre 500 m et 10 km. L'infime fraction restante peut selon eux monter à 2000 m d'altitude et parcourir jusqu'à 800 km en 24 heures. Les pollens les plus légers peuvent ainsi franchir les plus longues distances.

De cette analyse fouillée, il ressort des différences considérables, tant en ce qui concerne les quantités de pollen recueillies, que les taxons les plus représentés ou les dates et les durées des saisons de pollinisation des espèces communes aux deux sites. Si l'on généralise ces constatations, il devient évident que la représentativité spatiale d'un capteur ne s'exerce pas sur un rayon de 125 km. À l'opposé, [Detandt et Nolard \(1996\)](#) signalent que les dix stations intérieures du réseau aéropollinique belge (espacement moyen de 28 km) sont largement redondantes (en dehors des quantités de pollen recueillies) et que Bruxelles peut être considéré comme le site de référence pour toute la Belgique, et les mêmes résultats pour les études de ([Alcazar \*et al.\*, 1999](#) et [Chakraborty \*et al.\*, 2001](#)), en raison des espaces verts et le microclimat de chaque site, soit en raison de la hauteur du capteur, ou de la hauteur de la source de pollen ([Arobba \*et al.\*, 2000](#) et [Carinanos \*et al.\*, 2002](#)).

## **4. Situation pollinique à El-Hadjar sur la période 1995- 2005.**

### **INTRODUCTION**

Cette analyse permet de déterminer et dénombrer les grains de pollen sédimentés sur les lames. Dans un premier temps, nous réaliserons une synthèse de la charge pollinique total sur les sept ans sur l'ensemble des sites. Puis dans un second temps, nous avons choisi d'analyser, pour les trois sites, les courbes polliniques des taxons les plus allergisants afin de dégager les principales périodes de pollinisation. Nous avons choisi trois hauteurs différentes pour les trois sites, pour savoir l'influence de la hauteur sur la qualité et la quantité des comptes polliniques recueillis.

### **4.1 MATERIEL ET METHODES**

#### **4.1.1 MATERIEL**

L'étude concerne trois sites de mesures de pollens dans la ville d'El-Hadjar. L'étude s'étend de 1995 à 2005 de premier février au 31 mai.

#### **4.1.2 METHODES**

##### **● Localisation des capteurs**

Nous avons exposé les lames dans trois sites

Site 1 : El-Maarifa, les lames sont disposées sur un toit d'immeuble de 3m d' hauteur.

Site 2 : Diar El-Salem, les lames sont exposées à l'air libre sur un mur de 1.5 m.

Site 3 : Protection civile, les lames sont placées au sommet de la tour qui mesure (32 m).

##### **● Recueil des données**

Les données polliniques ont été obtenues par la méthode gravimétrique. Nous avons recueillis le compte journalier pollinique total pendant les quatre mois de chaque année. Le dénombrement et l'identification se font à l'aide d'un microscope de type Zeiss avec le grossissement 400x.

## 4.2 RESULTATS ET DISCUSSION

### 4.2.1 RESULTATS

#### 4.2.1.1 Description de la variabilité temporelle des données polliniques totales.

Le tableau 7 et la figure 14 présentent l'évolution saisonnière des pollens totaux (en grains de pollen/cm<sup>2</sup>) révélés de février 1995 au mai 2005. On note une tendance marquée d'évolution, avec un pic des pollens apparaissant entre fin avril et mi-mai tous les ans. Toutefois, on révèle une variation entre les comptes polliniques d'une année à une autre. Il est intéressant de noter que l'on retrouve les mêmes principaux taxons à El-Hadjar, avec toutefois un ordre différent d'importance d'une année à l'autre.

Durant les sept années de la période d'étude, 5825 grains de pollen/cm<sup>2</sup> ont été enregistrés. Près d'une vingtaine de familles ont été recueillies à un moment ou un autre de ces sept années, en plus ou moins grande quantité. De cette liste, nous avons retenu pour la présente étude 15 familles habituellement observés à El-Hadjar, ces familles sont : les *Pinaceae*, les *Cupressaceae*, les *Poaceae*, les *Asteraceae*, les *Fagaceae*, les *Oleaceae*, les *Brassicaceae*, les *Plantaginaceae*, les *Betulaceae*, les *Salicaceae*, les *Chenopodiaceae*, les *Myrtaceae*, les *Polygonaceae*, les *Urticaceae* et les *Cyperaceae*. Nous présentons la fréquence de ces différents pollens de 1995 à 2005.

Le nombre de grains recueillis pour chaque année (Tableau 7) présente une variation interannuelle marquée. On observe une variation allant du simple au double entre 1995 (563 grains/cm<sup>2</sup>) et 2003 (1089 grains/cm<sup>2</sup>). Sur l'ensemble de la période de mesure des comptes polliniques, soit de février au mai, chaque année présente des variations mensuelles. Deux pics de pollinisation se distinguent : le premier en fin février et le second en mi-mai. Ces informations se vérifient dans le graphique (Figure 14).

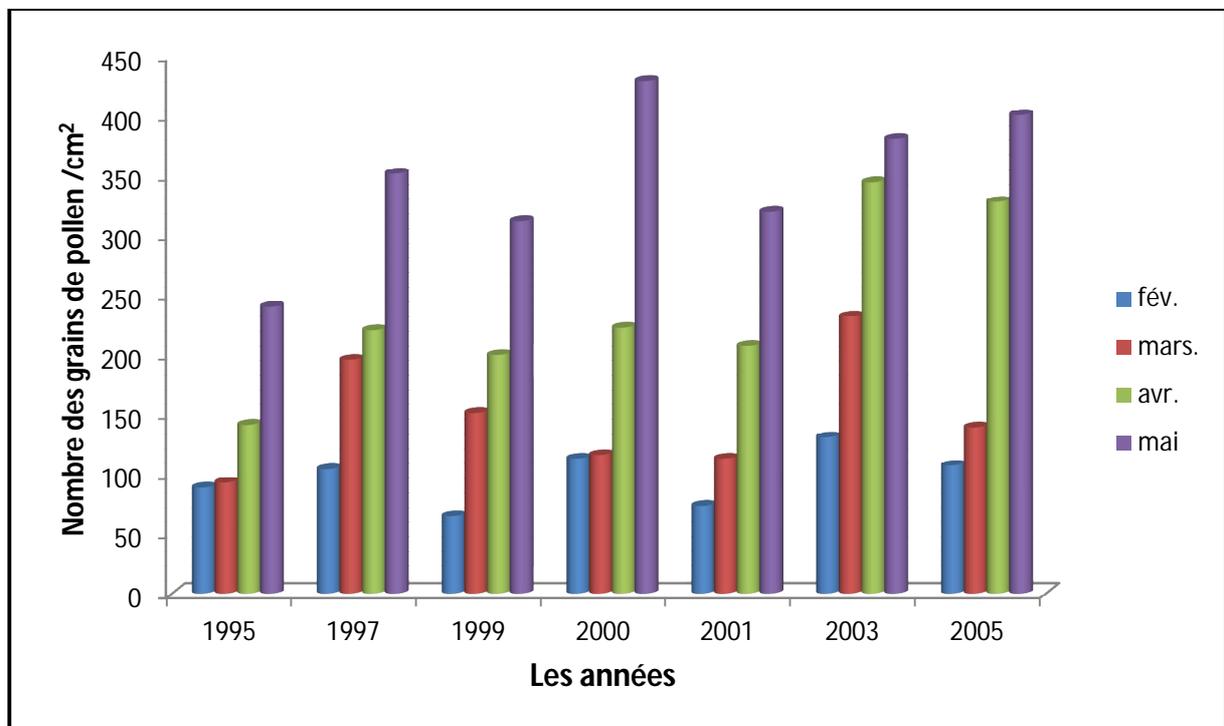
Sur les sept ans d'étude, généralement, 2003, 2005 et 2000 sont les années de mesures récoltant le plus grand nombre de grains de pollen allergisants et 1995 et 2001, les plus faibles. C'est en 2003, que l'on recueille les comptes polliniques les plus élevés pour les *Poaceae* et les *Plantaginaceae*. 2001 se caractérise par un nombre de grains dominant d'*Urticaceae*, de *Fagaceae* et de *Cupressaceae* (Figure 15).

La pollinisation des *Poaceae* est souvent plus importante d'une année sur l'autre. Ces herbacées ont été définies comme des espèces biennales, une année de floraison faible étant généralement suivie par une année de forte floraison (Thibaudon et al., 2013).

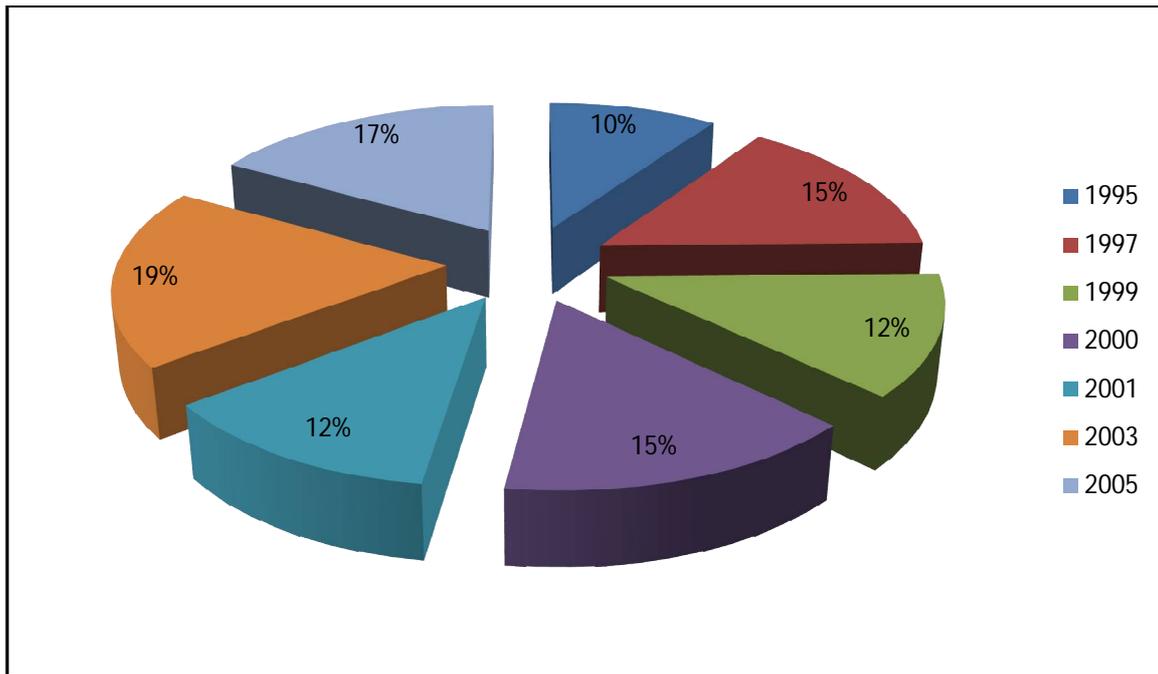
Mais l'alternance peut être modifiée par le contexte climatique. Les conditions climatiques peuvent compenser l'effet du cycle biennal, ce qui explique en fin de compte le faible taux de variation constaté parfois entre deux années ; nous avons remarqué ce phénomène entre 2000 (882 grains/cm<sup>2</sup>) et 2001 (715 grains/cm<sup>2</sup>).

**Tableau 7.** Evolution saisonnière des pollens récoltés à El-Hadjar durant quatre mois (1995-2005).

Mois \ Année	Février	Mars	Avril	Mai	Total
1995	89	93	141	240	563
1997	104	196	221	352	873
1999	65	151	200	312	728
2000	113	116	223	430	882
2001	74	113	208	320	715
2003	131	232	345	381	1089
2005	107	139	328	401	975
Total	683	1040	1666	2436	5825



**Figure 15.** Quantité pollinique mensuelle récoltée durant la période (1995- 2005).



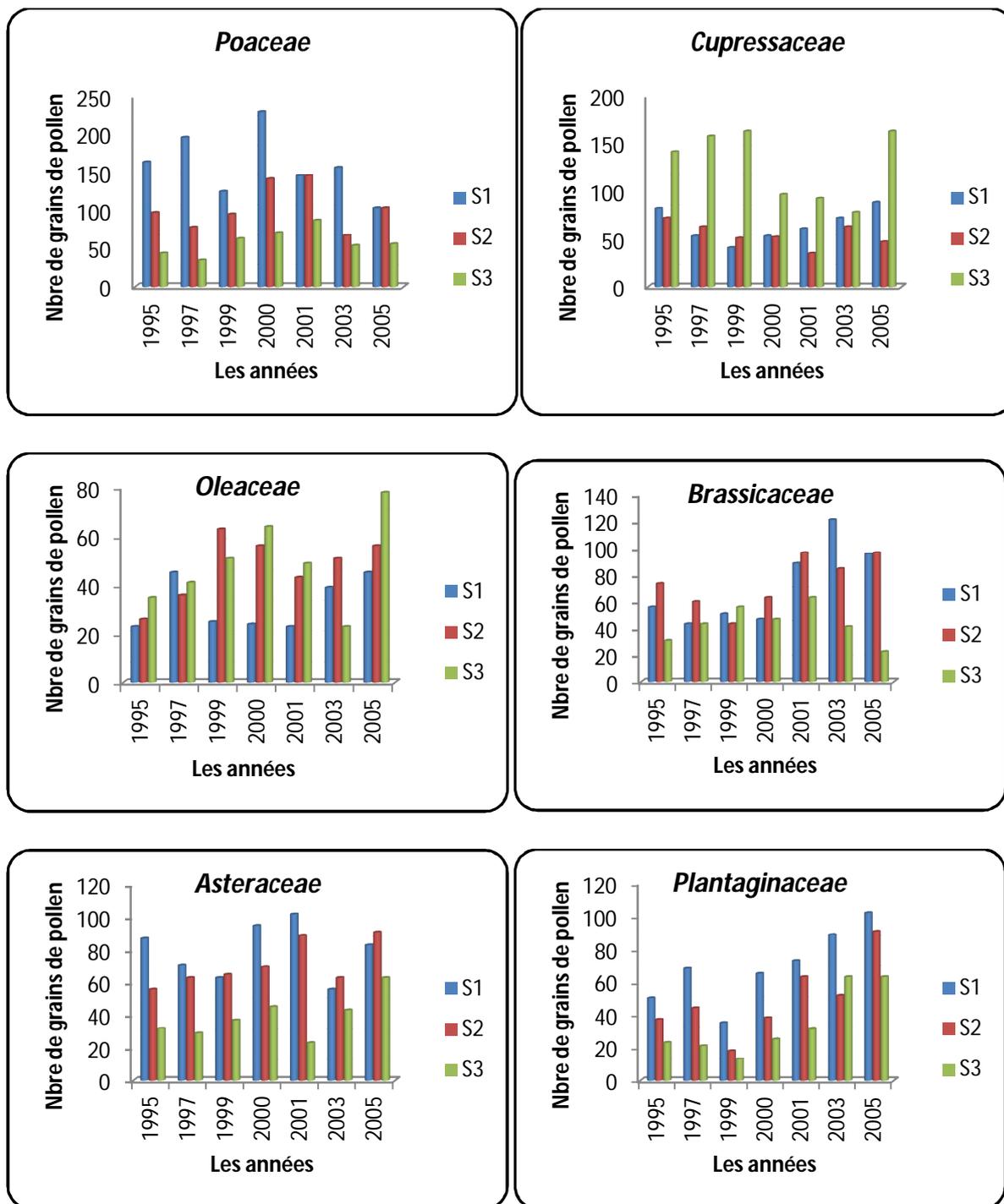
**Figure 16.** Quantités polliniques récoltées durant la période 1995- 2005.

#### 4.2.1.2 Influence de la position en hauteur du capteur

La comparaison de concentration des principaux taxons allergisants a été réalisée sur les données des saisons 1995-2005, dans les trois sites de la ville d'El-Hadjar dont la hauteur est différent (S1 :1.5m ; S2 :3m et S3 :32). Pour ces six taxons, l'observation des concentrations journalières obtenues montre que leurs profils sont différents dans les trois sites et les différentes saisons polliniques (1995-2005). On remarque que chaque site évolue différemment.

Pour les *Poaceae*, Les données obtenues par les comptes polliniques permettent d'identifier des variations dans le temps, et sur chaque site, en 2003 et dans le S1, nous avons enregistré la grande quantité (321grains de pollen/ cm<sup>2</sup>). Le nombre de grains recueillis en 2000 et 2001 est proche dans le S2, dans le S3, on a marqué une faible quantité de pollen de *Poaceae* durant toute la période d'étude (**Figure 16**).

Le nombre de grains de *Cupressaceae* est plus important en 1999 et 2005, mais le profil des histogrammes polliniques est très varié d'un site à l'autre. Le maximum de grains récolté se situe dans le site 3 durant toute la période d'étude avec une similitude signalé en 2003 dans les trois sites, en raison peut être de la grande hauteur d'exposition de la lame dans le site 3 (32m).



**Figure 17.** Comparaison des comptes polliniques des principaux taxons allergisants (*Poaceae*, *Cupressaceae*, *Oleaceae*, *Brassicaceae*, *Asteraceae* et *Plantaginaceae*) dans les trois sites. S1: Site El-Maarifa, S 2: Site Diar El-Salem, S3: Site Protection civile.

La famille des *Oleaceae* arrive en troisième position. Le nombre de grains recueillis sur le site 1 au cours des années 1995, 1999, 2000 et 2001 est proche. La grande quantité des pollens des *Oleaceae* a été enregistrée dans le site 3 en 2005.

La famille des *Brassicaceae* arrive en quatrième position sur l'ensemble des sites. Le maximum de grains récoltés se situe dans le site 1 durant la saison 2003. En 2005 on a enregistré une très faible quantité dans le site 3, et même compte pollinique dans les sites 1 et le site 2.

Pour la famille des *Asteraceae*, la variabilité interannuelle et inter-site se distingue nettement. Par exemple, en 2001, nous avons récolté la plus grande quantité dans le site 1, et la faible quantité dans le site 3. La saison 2005 présente un nombre élevé de grains d'*Asteraceae* dans le site 2.

Le nombre des grains de pollens des *Plantaginaceae* est plus important en 2005 dans le site 1, cependant dans ce site le nombre des pollens de cette famille est le plus haut durant toutes les saisons.

#### **4.2.2 DISCUSSION**

Le paramètre le plus influent est, très probablement, la hauteur de la terrasse (ou du toit) où se situe le capteur, par rapport au sol. En effet, une étude sur le pollen d'ambrosie ([Alcazar et al., 2000](#)) a montré que les concentrations relevées différaient significativement selon la position en hauteur du capteur, notamment entre un capteur installé au sol, qui est censé de capter ce que respire un individu se déplaçant dans une rue, et un autre placé à 15 m de hauteur, ils ont recensé un nombre considérable de grains de pollen d'herbacées pour le premier capteur, dans le deuxième les pollens des arbres étaient dominants.

Pour étudier l'influence de la hauteur sur la dispersion des pollens de *Ligustrum* sp., [Carinanos et al. \(2003\)](#) ont utilisé deux hauteurs (1.5m et 15m), ils ont trouvé une grande différence entre les deux concentrations : 45 grains/cm<sup>2</sup> de pollen pour le site de 1.5m et seulement 2 grains de pollen pour le site de 15m.

Un capteur situé au niveau du sol semblerait être la solution la plus efficace pour évaluer fidèlement ce que peut respirer un individu. Mais les concentrations enregistrées seraient fortement influencées par les types d'espèces végétales à proximité. La girouette s'orienterait face à un flux d'air grandement affecté par la configuration du bâti alentour, ce qui n'est pas représentatif à l'échelle d'une agglomération.

Selon [Comtois et Gagnon \(2003\)](#), la fourchette idéale de l'hauteur pour placer un capteur pollinique est de l'ordre de 15-20 mètres.

Plusieurs études concluent que les plus fortes concentrations sont enregistrées à une hauteur de 3 m (Rodriguez-Rajo *et al.*, 2010), alors que d'autres démontrent que ces concentrations importantes sont enregistrées au niveau du sol (Sabariego-Ruiz *et al.*, 2008). Il semble donc difficile de déterminer une hauteur optimale au vu de ces résultats. Le positionnement au sol des capteurs présentant de nombreux inconvénients, il semble plus judicieux de se baser sur la fourchette d' hauteur préconisée par l'étude de Comtois et Gagnon (2003).

Face à ce constat, il est nécessaire de préciser que l'implantation des capteurs n'est pas aisée. En effet, il faut trouver un bâtiment avec une terrasse dégagée, à l'abri du vandalisme et sans végétation à proximité immédiate. Néanmoins, il faudrait éviter le plus possible de les placer à plus de 35 mètres du sol. On constate que la hauteur moyenne est de 20 m pour ceux dont les valeurs étaient disponibles.

## Conclusion

Le présent travail a été mené dans le but de réaliser une comparaison entre la liste des plantes du couvert végétal et celle des espèces polliniques atmosphériques récoltées. Les résultats obtenus montrent que parmi les 57 familles recensées (249 espèces), dans les trois sites, la famille des *Poaceae* est la plus représentée entre elles par un effectif de 45 espèces (soit 18,22%), suivi par les *Asteraceae* (39 espèces) et les *Fabaceae* (20 espèces). Concernant le nombre d'espèces inventoriées dans les sites d'études, Dréan est classé en premier ordre avec 235 espèces, en deuxième position, on trouve la ville d'El-Hadjar avec 180 espèces, en troisième classe, la ville de Annaba (167 espèces). En outre, cette étude a permis de dénombrer 17 familles allergisantes (76 espèces), dont la pollinisation est anémophile et deux familles botaniques (*Plantaginaceae* et *Myrtaceae*) qui sont adoptées par la pollinisation mixte.

L'étude de contenu pollinique de trois sites, nous a permis de compter 24 familles végétales. En comparant le couvert végétal et le contenu pollinique atmosphérique de chaque site, nous avons trouvé que :

- Le contenu pollinique de la ville de Annaba, compte 22 familles végétales, et le couvert végétal dénombre 19 familles (17 familles allergisantes et deux familles à pollinisation mixte). On note que le contenu pollinique comprend des familles entomophiles comme (les *Brassicaceae*, les *Asteraceae* et les *Apiaceae*). La présence de ces familles dans le contenu pollinique atmosphérique, est peut être expliqué par les caractères des grains de pollen (la petite taille et le poids léger).

- Le contenu pollinique d'El-Hadjar comprend 19 familles végétales, nous avons remarqué l'absence des familles, les *Urticaceae*, les *Cyperaceae*, les *Polygonaceae* et les *Juncaceae*, malgré leur présence dans le couvert végétal.

- Le contenu pollinique de la ville de Dréan est le moins riche avec 15 familles végétales, nous avons observé l'absence des familles, les *Urticaceae*, les *Rosaceae*, les *Cyperaceae* et les *Juncaceae*.

Nous avons remarqué la présence des familles comme les *Betulaceae* et les *Ericaceae* et les *Casuarinaceae* pour El-Hadjar, dans le contenu pollinique atmosphérique, et leur absence dans le couvert végétal.

D'un point de vue fondamental, cette évaluation doit être rapidement confrontée aux données nouvelles, notamment en raison de la dégradation du patrimoine floristique observée pour la plupart des secteurs concernés par la présente étude (urbanisation des plaines et du littoral, dégradation des couverts végétaux, etc.). En effet, nos connaissances en matière de flore vasculaire sont encore majoritairement livresques et relativement anciennes, et il devient urgent de prospecter à nouveau le territoire national afin de mettre à jour nos données. Ainsi, une révision systématique, avec une redéfinition des espèces végétales et une actualisation des flores s'avère indispensable pour moderniser les inventaires et l'approfondir à une échelle nationale et même locale.

## **Chapitre II. Calendrier pollinique de la ville de Annaba**

### **INTRODUCTION**

De nombreuses études tendent à prouver une augmentation rapide de la prévalence des maladies allergiques respiratoires durant les vingt dernières années ([Chakraborty et al., 2001](#)). Parmi les aéroallergènes, les pollens sont des facteurs de risque environnementaux importants de ces pathologies ([Erbas et al., 2012](#)). Le suivi du contenu pollinique de l'air permet d'acquérir de meilleures connaissances sur les périodes de pollinisation, principalement en vue d'améliorer l'information des malades allergiques au pollen et la prévention de leurs symptômes. La saison pollinique de chaque espèce varie fortement d'une année à l'autre, dans son intensité comme dans les dates de son début et de sa fin, il est donc important d'avoir à disposition le déroulement exact de la saison. La présence et la concentration de pollen dans l'air sont de plusieurs façons et à différentes échelles de temps fortement influencées par les conditions météorologiques.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1 MATERIEL

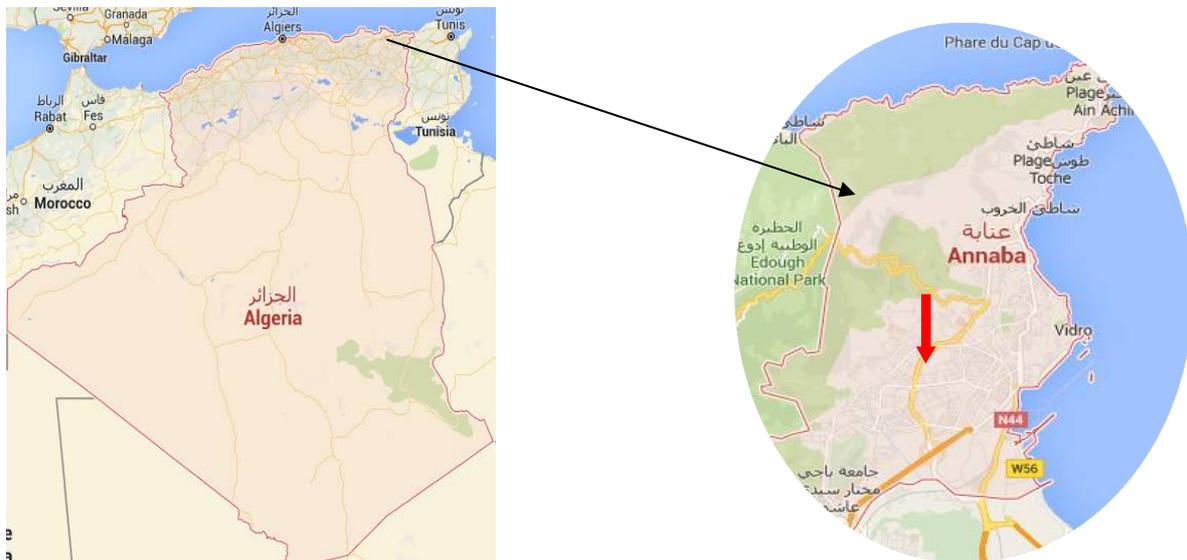
Pour établir le calendrier pollinique de la ville d'Annaba, nous avons effectué une étude qui s'étale sur trois années successives 2007,2008 et 2009. Le recueil du contenu pollinique de l'air s'effectue grâce à un capteur de particules de type [Durham \(1946\)](#). Le capteur est placé sur un toit de 18 m d'hauteur au centre d'une agglomération urbaine (cité 49 logements, Saf saf, Annaba) (Figure 18).

### 1.2 METHODES

#### 1.2.1 Situation du capteur

Le capteur est placé sur un toit d'immeuble. Cet endroit est sélectionné selon les critères suivants :

- Leur présence dans une agglomération urbaine.
- Leur situation sur l'axe de la direction du vent (absence d'obstacles).
- Surélevé par rapport au sol (18 m).



**Figure 18.** Positionnement de capteur des pollens type Durham (1946) (Google maps).

#### 1.2.2 Préparation des lames de capture

Une lame enduite de la gélatine glycérolisée et colorée à la fuschine est exposée pendant 24h à l'air libre, puis elle est transportée au laboratoire dans une boîte de pétri, et remplacée par d'autre.

#### 1.2.3 Observation microscopique

L'identification et le recensement des pollens récoltés sont réalisés au microscope optique (grossissement 400x).

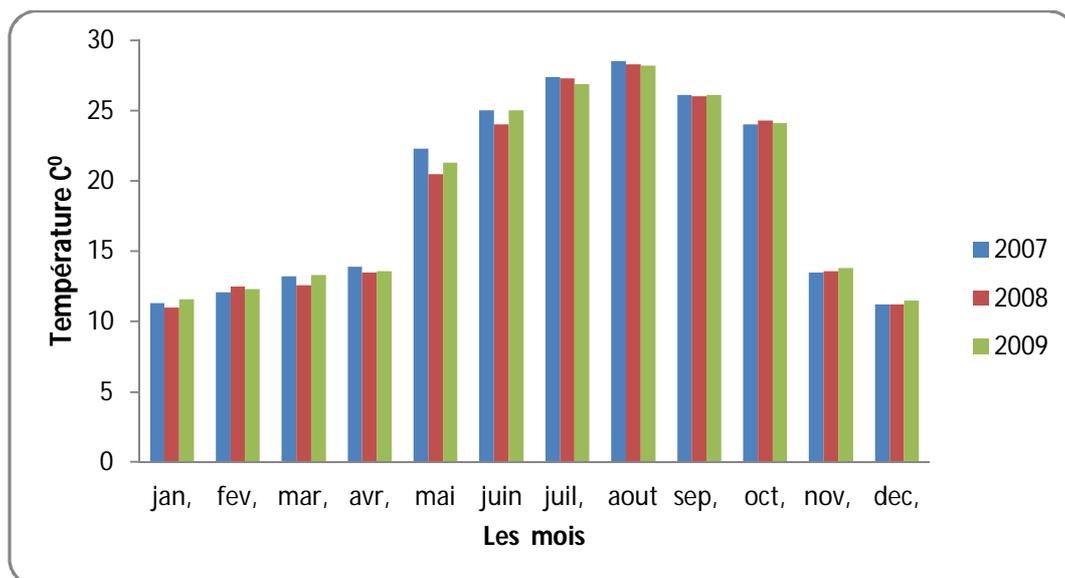
#### 1.2.4 Les données météorologiques de la ville de Annaba

Les données météorologiques nous ont été fournies par la station météorologique, Aéroport Rabah Bittat, Annaba.

Le climat de la ville d'Annaba est un climat méditerranéen : l'hiver est humide et pluvieux, l'été chaud et sec, la pluviométrie annuelle enregistrée est forte, la moyenne est comprise entre 800 et 1000 mm/an.

##### 1.2.3.1 1 La température

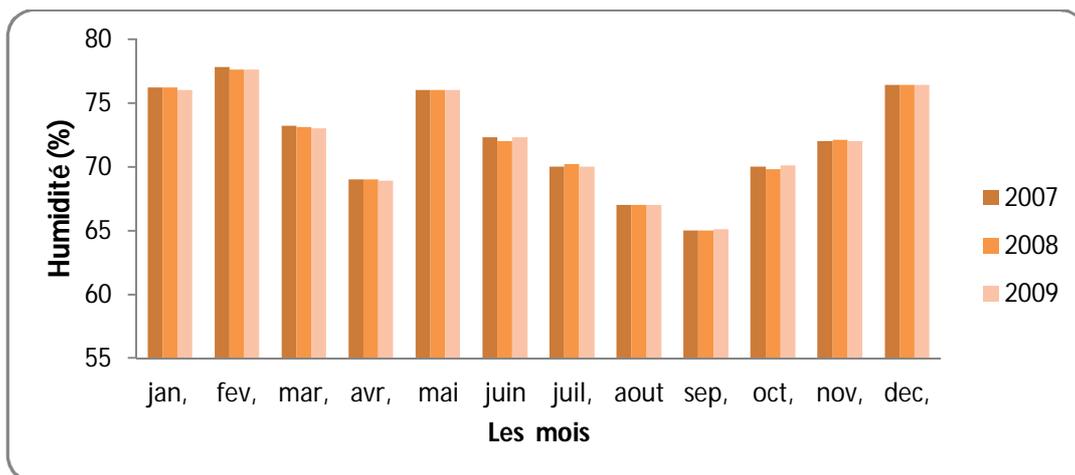
Au cours du 20<sup>ème</sup> siècle, la planète a subi un réchauffement rapide (Clot, 2003a). La température en Algérie a augmenté de près du double de la température globale. Cependant, en Algérie comme dans le monde, cette élévation des températures ne s'est pas faite de manière homogène : l'automne et l'hiver se sont réchauffés plus que les autres saisons (Rebetez, 2000) Figure 19).



**Figure 19.** La température moyenne durant les années (2007-2008-2009).

##### 1.2.3.2 L'humidité

Le taux d'humidité est très élevé dans la région de Annaba durant les années 2007, 2008 et 2009. L'humidité dans la journée est voisine de 70%, sauf pour le mois de janvier ou elle dépasse légèrement ce seuil (Figure 20).

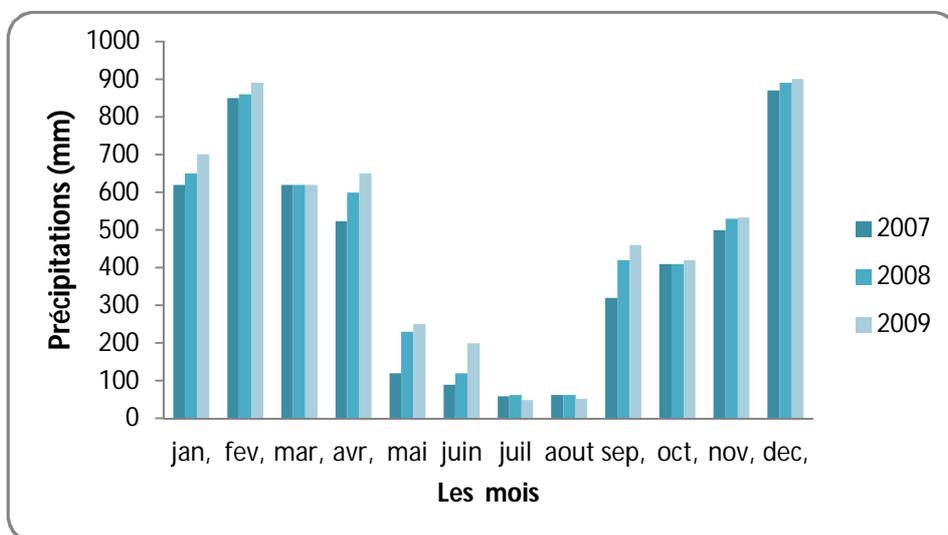


**Figure 20.** Taux d'humidité moyen durant les années (2007-2008-2009).

### 1.2.3.3 Les précipitations

La variabilité d'une année à l'autre est importante. Cependant, les fortes précipitations en bref laps de temps et longues sècheresses, se font fréquents (Rebetez, 2000).

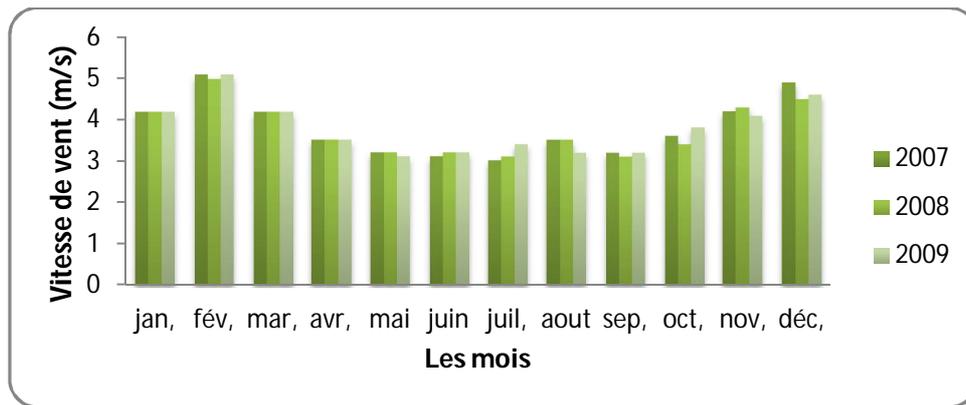
La moyenne annuelle des précipitations durant les années 2007, 2008 et 2009, est 890.2 mm. Le mois de décembre, c'est le mois le plus pluvieux, avec une moyenne de 126.5mm. Par contre le mois de juillet a enregistré la plus faible moyenne avec 65.7mm (Figure 21).



**Figure 21.** La moyenne des précipitations durant les années (2007-2008-2009).

### 1.2.3.4 Le vent

Les vents dominants dans la région de Annaba pendant l'hiver sont les vents Nord- Est, et dans la période estivale les vents Nord- Ouest. La moyenne de la vitesse la plus élevée est enregistrée pendant le mois de décembre avec 4.3 m/s (Figure 22).



**Figure 22.** La moyenne des vents durant les années (2007-2008-2009).

## 2. Analyses statistiques

Dans les études aérobiologiques, l'impact des facteurs météorologiques, notamment la température, sur la saison pollinique est souvent analysé ([Grewling et al., 2012](#)).

Pour mieux expliquer l'effet de paramètres météorologiques sur la dispersion des grains de pollen recueillis durant les trois années (2007-2008-2009), nous avons utilisé le coefficient de corrélation linéaire de Spearman et le logiciel Statistica 10. Les paramètres météorologiques étudiés sont :

- La température moyenne
- La température minimale
- La température maximale
- La vitesse du vent
- La précipitation (mm)
- L'humidité relative (%).

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 RESULTATS

#### 3.1.1 Contenu pollinique global

21 familles et un genre ont été reconnus (Tableau 8). Ils ont été regroupés, en fonction de leur quantité récoltée. Ces familles sont inégales, du point de vue de leur importance dans les spectres polliniques. Afin d'estimer l'importance de familles étudiées, nous avons calculé la somme des comptes polliniques journaliers de ces 22 taxons.

La récolte totale de l'année 2007 (Tableau 8), a atteint 5862 grains/ cm<sup>2</sup>, ce qui correspond à 17.55% de la récolte totale moyenne des trois années. Cette quantité est la plus faible par rapport aux autres

années, suivi par 2008 avec 10937 grains/cm<sup>2</sup>, soit 32.75% de la récolte totale, et la plus grande quantité a été enregistrée en 2009 avec 16593 grains de pollen / cm<sup>2</sup>, et un pourcentage de 49.7 %.

**Tableau 8.** Concentration pollinique de l'air à Annaba par famille et par année.

Arbres et arbustes	2007	2008	2009	Total	Moy. (07-09)	Pourcentage (%)
<i>Pinaceae</i>	456	1469	1587	3512	1171	10.51
<i>Cupressaceae</i>	299	687	1281	2267	756	6.79
<i>Oleaceae</i>	249	411	900	1560	520	4.67
<i>Eucalyptus sp.</i>	90	840	308	1238	413	3.71
<i>Salicaceae</i>	84	290	825	1199	400	3.59
<i>Ericaceae</i>	146	475	514	1135	378	3.4
<i>Betulaceae</i>	180	202	387	769	256	2.3
<i>Ulmaceae</i>	72	86	39	197	66	0.59
<i>Juglandaceae</i>	13	64	213	290	97	0.87
<i>Fagaceae</i>	23	43	68	134	45	0.4
<i>Rosaceae</i>	19	04	37	60	20	0.18
<i>Mimosaceae</i>	02	02	10	14	5	0.042
<b>Plantes herbacées</b>						
<i>Poaceae</i>	1525	1645	3657	6827	2276	20.45
<i>Asteraceae</i>	1378	1846	2604	5828	1943	17.45
<i>Brassicaceae</i>	785	1772	2100	4657	1552	13.95
<i>Plantaginaceae</i>	342	573	1042	1957	653	5.86
<i>Chenopodiaceae</i>	50	213	481	744	248	2.23
<i>Myrtaceae</i>	54	137	243	434	145	1.3
<i>Apiaceae</i>	14	21	23	58	19	0.17
<i>Urticaceae</i>	12	25	07	44	15	0.13
<i>Cypereceae</i>	06	08	11	25	8	0.074
<i>Juncaceae</i>	04	05	07	16	5	0.05
<b>Pollen N. D.</b>	59	119	249	427	142	1.28
<b>Total</b>	5862	10937	16593	33392	1172.3	<b>100</b>

D'après le tableau 8, les pollens d'herbacées représentent 61.72% du spectre global annuel. Les pollens d'arbres représentent 37%, et les pollens non déterminés constituent 1.28% de la récolte pollinique totale. Le flux pollinique annuel présente donc un pourcentage d'herbacées supérieur à celui des arbres, pourtant on compte 10 familles botaniques d'herbacées et 12 familles d'arbres et arbustes.

En comparant les densités polliniques des arbres, nous avons trouvé que la famille des *Pinaceae* est le type pollinique le plus abondant, avec une production moyenne globale de 3512 grains de pollen. La grande quantité a été enregistrée en 2009 avec 1587 grains, suivi par 2008 et 2007 (respectivement 1469 et 456 grains de pollen/cm<sup>2</sup>) (Figure 23).

La production pollinique des *Cupressaceae* est exceptionnellement forte en 2009, 1281 grains/cm<sup>2</sup> y ont été recensés, comparé à 687 grains/cm<sup>2</sup> en 2008 et 299 grains/cm<sup>2</sup> en 2007 (Figure 24).

En ce qui concerne la famille des *Oleaceae*, le total annuel le plus élevé a été enregistré en 2009 avec 900 grains/cm<sup>2</sup>, contrairement aux deux années 2008 et 2007 où nous avons dénombré respectivement seulement 411 et 249 grains/cm<sup>2</sup> (Figure 25).

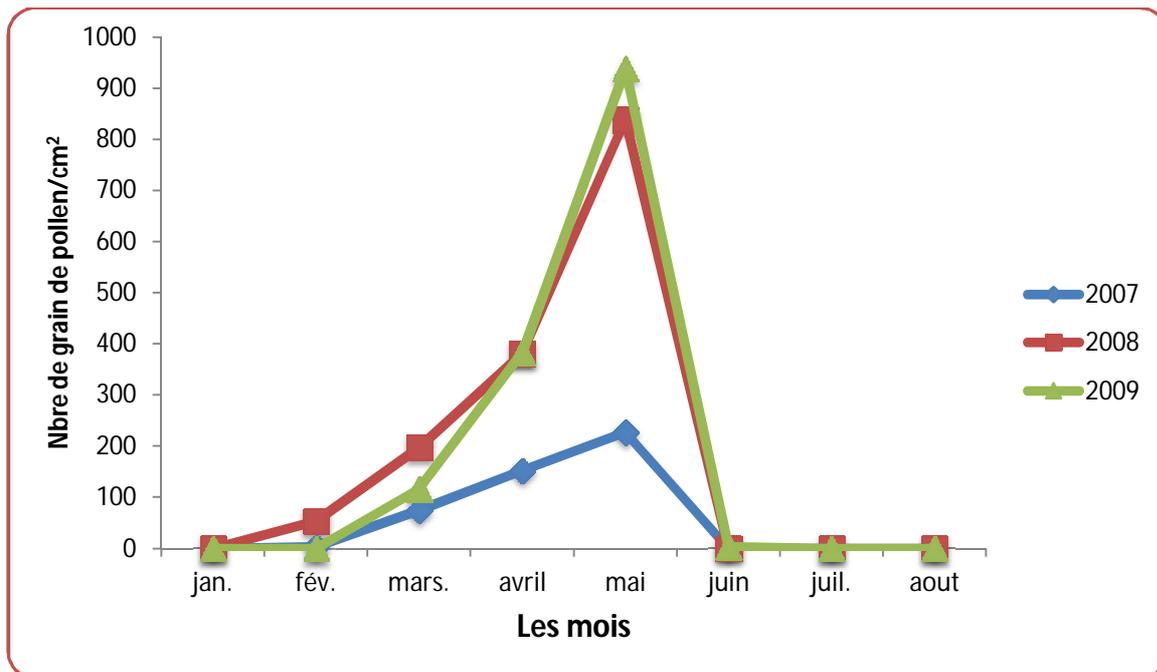
Les densités polliniques de pollen d'*Eucalyptus sp.* étaient plus importantes en 2008 avec 840 grains/cm<sup>2</sup> suivi par 2009 avec 308 grains et 2007 avec 90 grains de pollen.

Les *Salicaceae* ont été récolté en forte quantité en 2009 (825 grains/cm<sup>2</sup>) et la faible quantité a été enregistrée en 2007 avec 84 grains de pollen/cm<sup>2</sup>.

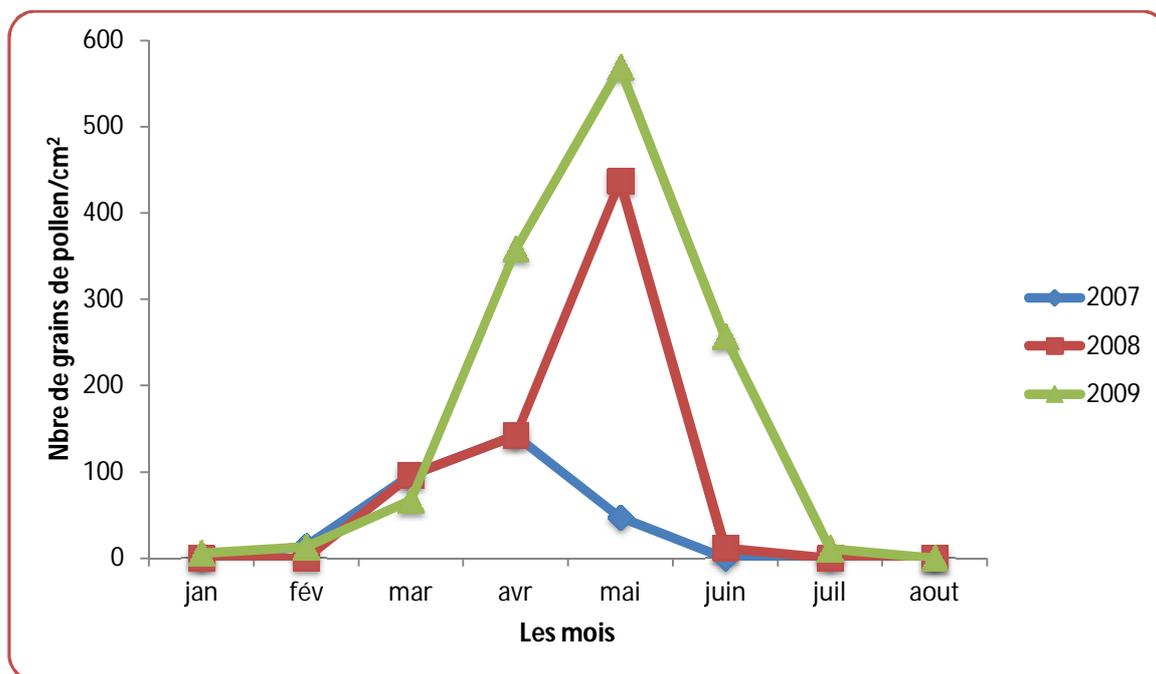
En ce qui concerne l'ensemble des pollens de la famille des *Poaceae*, les valeurs les plus élevées ont été atteintes en 2009 avec 3657 grains/cm<sup>2</sup> avec une quantité moyenne annuelle de 2163 grains de pollen. C'est la première famille végétale dans le spectre pollinique avec une production moyenne de 6827 grains de pollen/cm<sup>2</sup>. Les pollens des *Poaceae* est le type pollinique le plus dominant (Figure 26). Cette tendance a été observée dans d'autres études à travers le monde (Garcia-Mozo *et al.*, 2006 et Alwadie, 2008). Mandal *et al.* (2008) ont rapporté l'allergénicité de grains de pollen à partir de diverses espèces de *Poaceae*.

Le nombre de grains de pollens des *Asteraceae* est également supérieur en 2009 avec 2484 grains, 1642 grains en 2008, et seulement 1259 grains en 2007 (Figure 27). Le nombre de grains de pollen des *Brassicaceae* est plus élevé en 2009 avec 2570 grains/cm<sup>2</sup>, 775 grains en 2008 et 474 grains/cm<sup>2</sup> en 2007 (Figure 28). Le total annuel des pollens des *Plantaginaceae* était plus important en 2009, suivi par 2008 et 2007 (Figure 29). Une des propriétés du spectre pollinique de Annaba est la représentation des mauvaises herbes : *Poaceae* (20.45%), *Asteraceae* (17.45%), *Brassicaceae* (13.95%) et *Plantaginaceae* (5.86%).

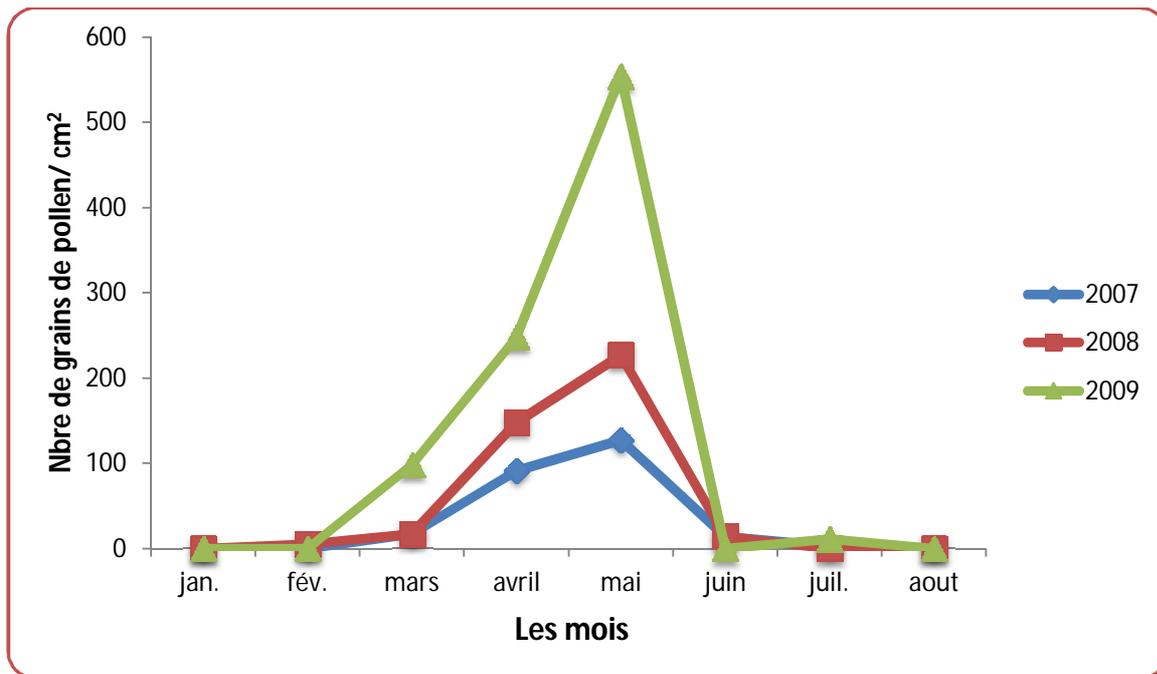
Les espèces forestières et introduites et les espèces des zones de cultures sont également représentées dans le spectre de pollen comme les *Pinaceae*, les *Myrtaceae*, les *Oleaceae* et les *Fagaceae*. A l'exception du type *Pinaceae*, tous les types sont entomophiles ou de pollinisation mixte. Les arbustes méditerranéens sont représentés qualitativement dans le spectre par des espèces entomophiles comme les *Ericaceae*. Les quantités de pollen provenant de zones riveraines (*Alnus*, *Ulmaceae*, *Salicaceae*) et des familles de la végétation des zones humides (*Typhaceae*, *Cyperaceae*). Tous ces types sont anémophiles, et ils sont présentes avec des quantités polliniques considérables. Les espèces ornementales sont fortement représentées dans le contenu pollinique. Les types végétaux d'origine anémophile sont (*Cupressaceae*, *Moraceae*, *Rosaceae*, *Mimosaceae*).



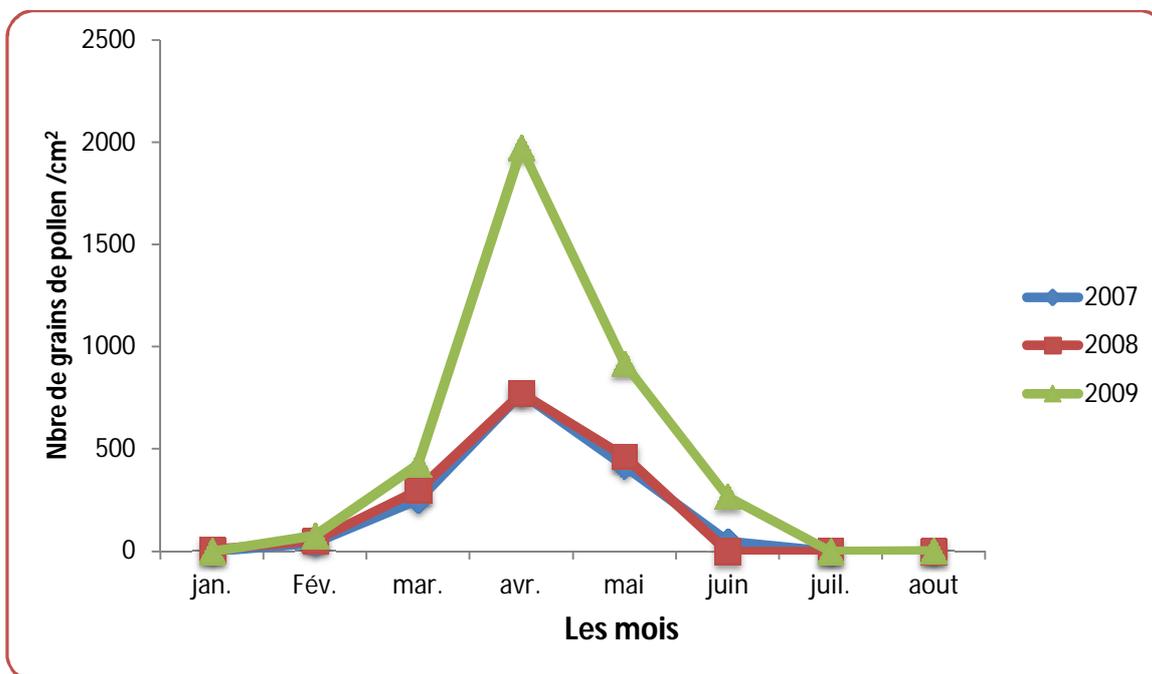
**Figure 23.** Evolution du nombre de grains de pollen des *Pinaceae* des années 2007, 2008 et 2009.



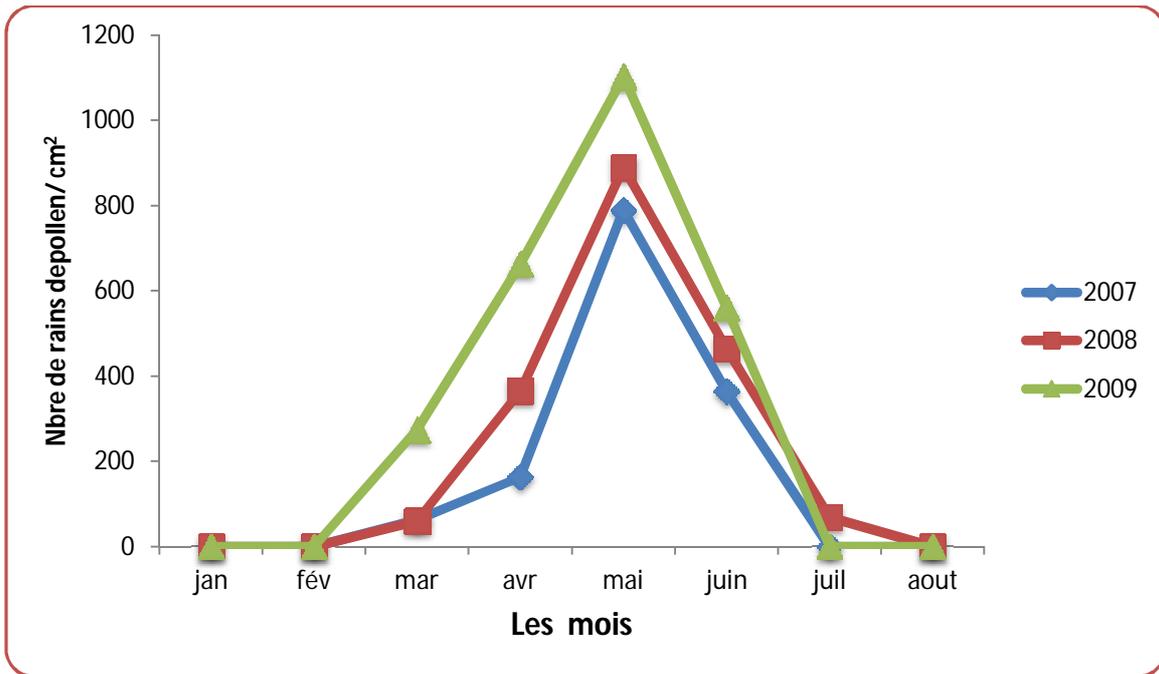
**Figure 24.** Evolution du nombre de grains de pollen des *Cupressaceae* des années 2007, 2008 et 2009.



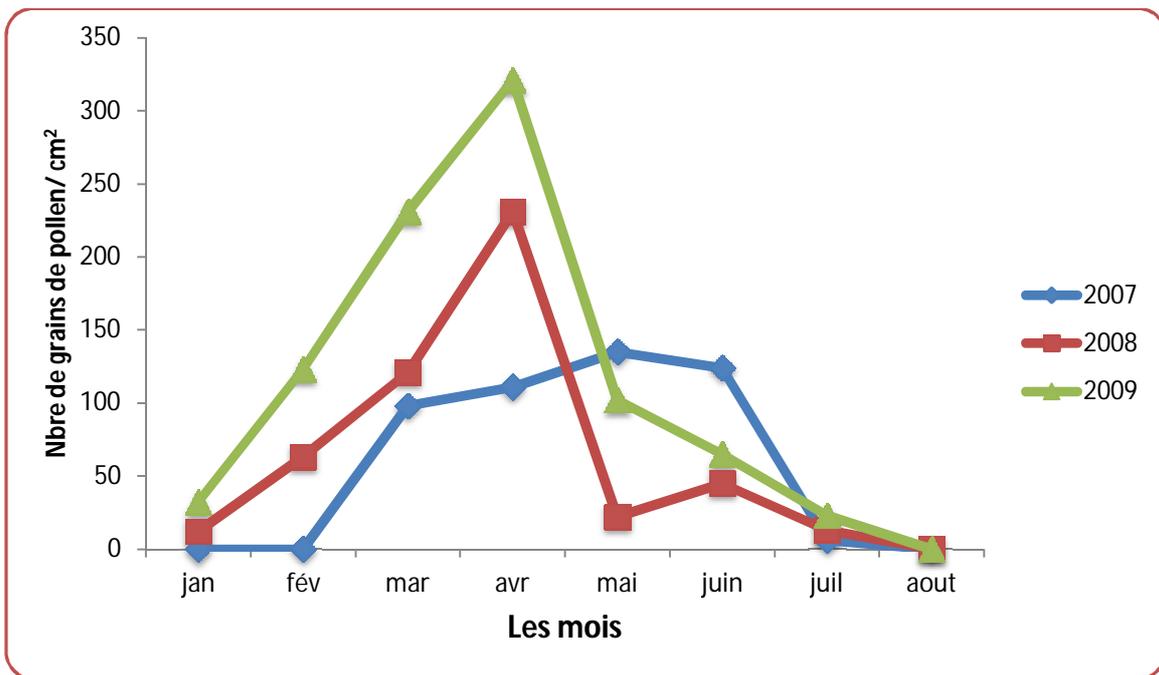
**Figure 25.** Evolution du nombre de grains de pollen des *Oleaceae* des années 2007, 2008 et 2009.



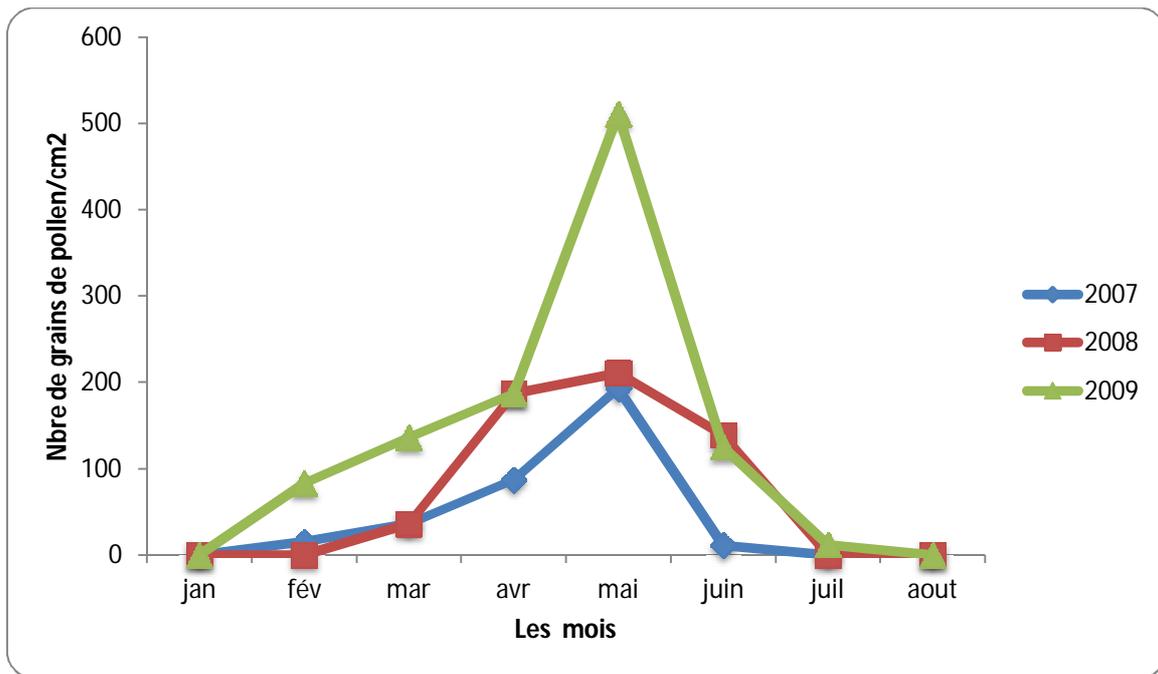
**Figure 26.** Evolution du nombre de grains de pollen des *Poaceae* des années 2007, 2008 et 2009.



**Figure 27.** Evolution du nombre de grains de pollen des *Asteraceae* des années 2007, 2008 et 2009.



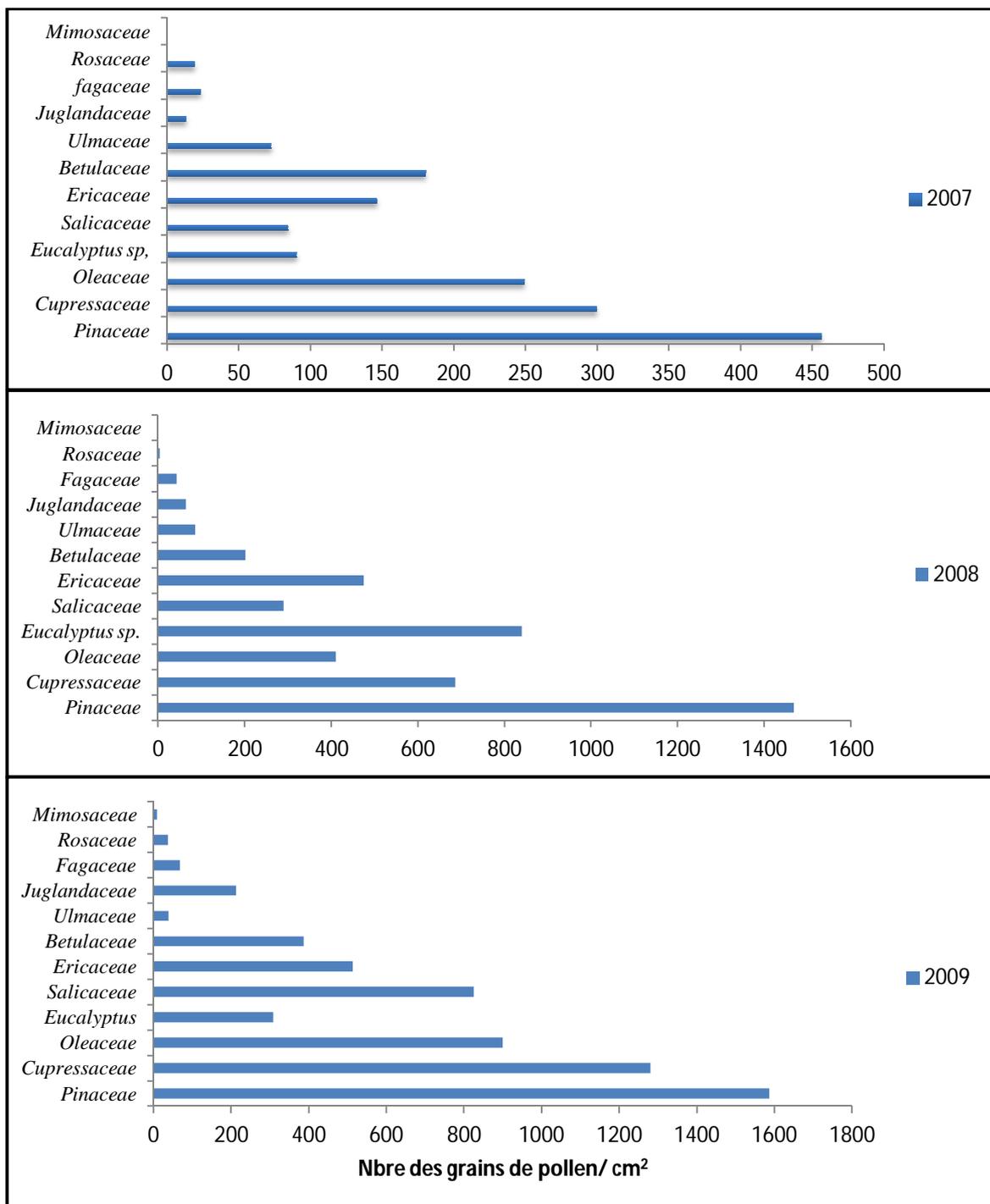
**Figure 28.** Evolution du nombre de grains de pollen des *Brassicaceae* des années 2007, 2008 et 2009.



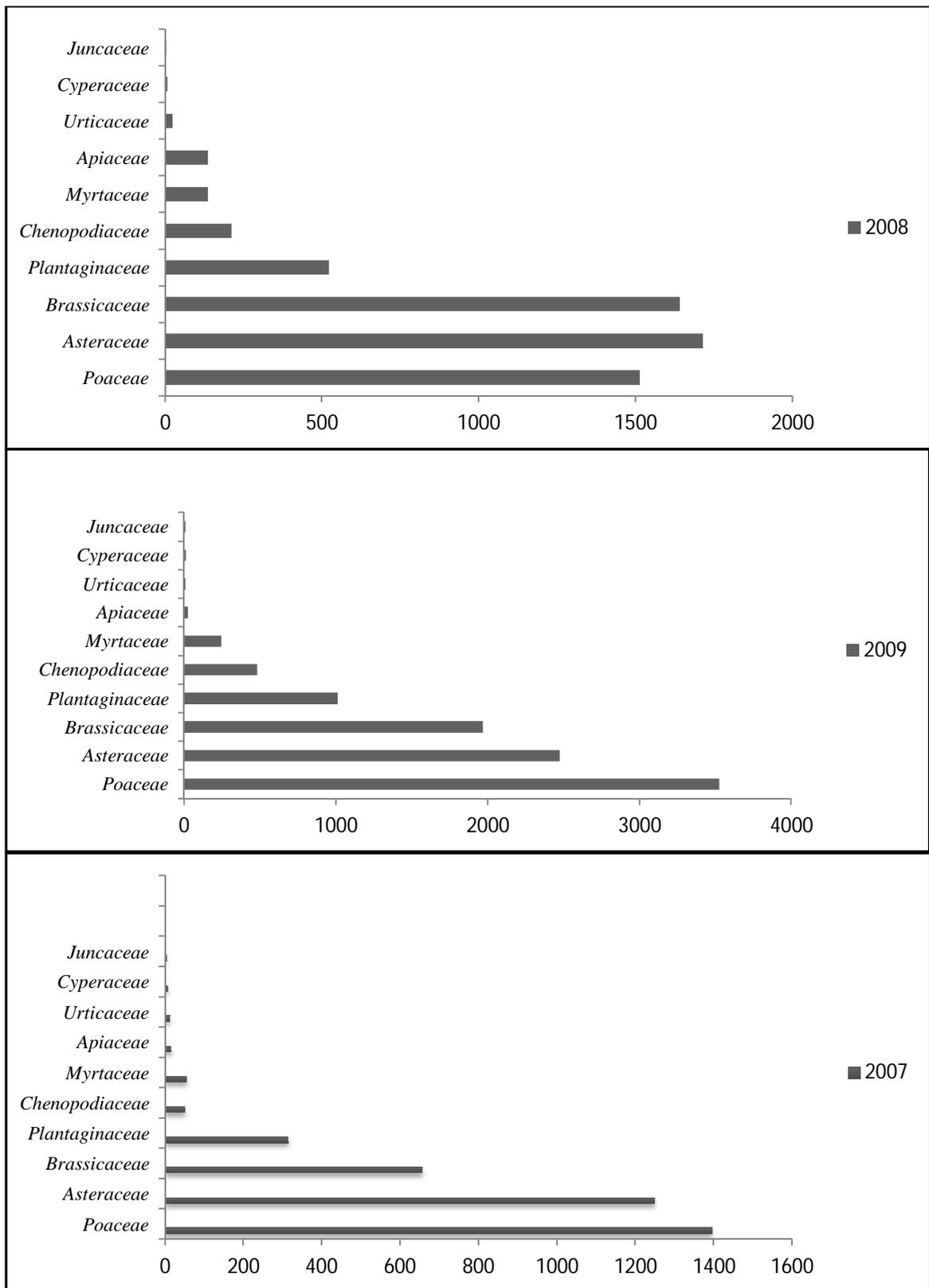
**Figure 29.** Evolution du nombre de grains de pollen des *Plantaginaceae* des années 2007, 2008 et 2009.

### 3.3.1. 2. Caractéristiques de la saison pollinique

Les données de la saison pollinique sont utilisées comme indicateurs phénologiques dans plusieurs régions du monde (Jato *et al.*, 2013). La saison pollinique de chaque espèce varie fortement d'une année à l'autre, dans son intensité comme dans les dates de son début et de sa fin. D'après les figures 30 et 31, nous retrouvons presque les mêmes taxons en 2007, 2008 et en 2009, avec toutefois, un ordre différent d'importance d'une année à l'autre.



30. Le contenu pollinique annuel des arbres et arbustes à l'atmosphère de la ville de Annaba



**Figure 31.** Le contenu pollinique annuel des herbacées de l'atmosphère de la ville de Annaba

**Tableau 9.** Caractéristiques de la saison pollinique 2007.

**DDP :** Date de début de pollinisation

**DFP :** Date de fin de pollinisation

Arbres et arbustes	DDP	DFP	Pic journalier (grains/cm <sup>2</sup> )	Durée (jours)	Date de pic journalier
<i>Pinaceae</i>	21 fév.	27 mai	57	96	13 mai.
<i>Cupressaceae</i>	13 jan.	2 mai	51	109	12 avr.
<i>Oleaceae</i>	3 mar.	15 juin	23	102	2 mai
<i>Eucalyptus sp.</i>	21 fév.	23 mai	38	72	14 avr.
<i>Salicaceae</i>	15 fév.	10 mai	25	85	1 mai
<i>Ericaceae</i>	21 fév.	1 juin	14	97	4 avr.
<i>Betulaceae</i>	12 mar.	02 mai	28	50	15 avr.
<i>Ulmaceae</i>	8 mar.	15 avr.	9	37	1 avr.
<i>Juglandaceae</i>	6 avr.	9 mai	6	33	3 mai
<i>Fagaceae</i>	31 mar.	29 mai	8	52	29 avr.
<i>Rosaceae</i>	3 avr.	14 mai	1	41	11 avr.
<i>Mimosaceae</i>	2 mar.	19 mai	7	77	15 avr.
<b>Herbacées</b>					
<i>Poaceae</i>	15 fév.	19 juin.	91	124	25 avr.
<i>Asteraceae</i>	8 mar.	11 juin	63	93	3 mai
<i>Brassicaceae</i>	3 fév.	12 juin	37	99	19 avr.
<i>Plantaginaceae</i>	23 fév.	17 juin	17	111	5 mai
<i>Chenopodiaceae</i>	3 mar.	23 juin	33	110	17 mai
<i>Myrtaceae</i>	9 mar.	13 mai	14	70	21 avr.
<i>Apiaceae</i>	6 mar.	23 mai	9	77	23 mai
<i>Urticaceae</i>	12 avr.	15 juin	3	63	14 mai
<i>Cyperaceae</i>	6 avr.	8 juin	2	62	28 avr.
<i>Juncaceae</i>	4 mai	5 juin	06	31	25 mai

**Tableau 9.** Caractéristiques de la saison pollinique pendant 2008.

**Tableau 10.** Caractéristiques de la saison pollinique 2008.

<b>Arbres et arbustes</b>	<b>DDP</b>	<b>DFP</b>	<b>Pic journalier (grains/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Durée (jours)</b>	<b>Date de pic journalier</b>
<i>Pinaceae</i>	22 fév.	29 mai	39	97	23 mai
<i>Cupressaceae</i>	12 jan.	3 juin	16	111	12 avr.
<i>Oleaceae</i>	27 fév.	5 juin	60	96	2 mai
<i>Eucalyptus sp.</i>	8 mar.	3 juil.	56	75	14 mai
<i>Salicaceae</i>	9 mar.	12 juin	9	93	13 mai
<i>Ericaceae</i>	3avr.	17 juin	20	74	4 mai
<i>Betulaceae</i>	8 mar.	2 juin	6	84	15 mai
<i>Juglandaceae</i>	13mar.	4 juin	3	81	12 mai
<i>Ulmaceae</i>	25 mar.	1 juin	7	38	15 mai
<i>Fagaceae</i>	23 mar.	3 mai	13	40	16 avr.
<i>Rosaceae</i>	19 mar.	4 juin	1	75	6 mai
<i>Mimosaceae</i>	2 mar.	03juin	1	91	15 avr.
<b>Herbacées</b>					
<i>Poaceae</i>	14 jan.	15 juin.	91	151	15 mai
<i>Asteraceae</i>	12 mar.	6 juil.	48	114	1 mai
<i>Brassicaceae</i>	15 fév.	16 juin.	27	120	19 mai
<i>Plantaginaceae</i>	12 mar.	23 juin	17	95	2 avr.- 5 mai
<i>Chenopodiaceae</i>	5 mar.	29 juin	24	114	17 mai
<i>Myrtaceae</i>	14 mar.	13 mai	14	59	21 avr.
<i>Apiaceae</i>	3 mar.	21 juin	8	109	23 mai
<i>Urticaceae</i>	15 mar.	3 juin	5	78	12 avr.
<i>Cyperaceae</i>	1 mar.	1 juil.	2	120	21 mai
<i>Juncaceae</i>	27 avr.	25 mai	4	28	30 avr.

**Tableau 11.** Caractéristiques de la saison pollinique 2009.

Arbres et arbustes	DDP	DFP	Pic journalier (grains/cm <sup>2</sup> )	Durée (jours)	Date de pic journalier
<i>Pinaceae</i>	3 mar.	13 juin	86	100	3 mai
<i>Cupressaceae</i>	15 jan.	7 juin	97	143	12 mai
<i>Oleaceae</i>	6 mar.	31 mai	142	65	2 mai
<i>Eucalyptus sp.</i>	8 mar.	14 juin	41	68	14 mai
<i>Salicaceae</i>	2 avr.	15 juin	102	43	1 mai
<i>Ericaceae</i>	5 avr.	30 juin	35	85	4 avr.
<i>Betulaceae</i>	18 mar.	2 juin	16	75	15 mai
<i>Juglandaceae</i>	11 mar.	4 mai	9	37	21 avr.
<i>Ulmaceae</i>	20 mar.	30 juin	21	100	2 mai
<i>Fagaceae</i>	28 fév.	2 juin	12	95	29 avr.
<i>Rosaceae</i>	19 avr.	4 juin	6	46	6 avr.
<i>Mimosaceae</i>	1 mar.	02 juin	2	91	15 mar.
<b>Herbacées</b>					
<i>Poaceae</i>	18 fév.	22 juin.	102	124	25 avr.
<i>Asteraceae</i>	3 mar.	30 juin	51	110	5 mai
<i>Brassicaceae</i>	12 fév.	30 juin	32	138	19 Avr.
<i>Plantaginaceae</i>	22 fév.	12 juin	40	80	5 mai
<i>Chenopodiaceae</i>	1 mar.	25 juin.	31	114	17 mai
<i>Myrtaceae</i>	1 mar.	13 juin	34	102	21 avr.
<i>Apiaceae</i>	27 fév.	21 juin	7	115	23 mai
<i>Urticaceae</i>	1 mar.	30 juin	3	119	27 avr.
<i>Cyperaceae</i>	23 fév.	29 juin	2	96	26 avr.
<i>Juncaceae</i>	1 avr.	6 juin	2	65	9 mai

Le principal seuil brut pour provoquer l'allergie pollinique rencontré dans la littérature est de 15 grains/cm<sup>2</sup> pour la méthode gravimétrique (Kramer, 1994) et 30 grains/ m<sup>3</sup> pour la méthode

volumétrique (Gonzalez-Parrado *et al.*, 2014) par jour. Le début de la pollinisation, ou plutôt de l'apparition du risque lié aux pollens, a lieu quand cette concentration est atteinte. La genèse de ce seuil se base sur des études cliniques portant sur un certain nombre de patients. Une d'entre elles (Vazquez *et al.*, 2003) concluant, semble-t-il, au même seuil ont servi de base d'étude à des articles postérieurs traitant du bouleau (Clot, 2001), du frêne (Peeters, 2000) et des *Poaceae* (Smith et Emberlin, 2005). Un seuil de 50 grains est utilisé pour une étude australienne sur les *Poaceae* (Ong *et al.*, 1997), se basant sur un seuil qui a été établi par Davies et Smith (1973). Cela montre que les auteurs ont réutilisé ce seuil pour différents taxons. La valeur utilisée semble, en effet, relativement médiane, et pourrait constituer un bon critère de détermination pour des espèces dont la pollinisation est relativement abondante. D'autres études utilisent des seuils bruts, qui se basent sur des concentrations journalières très faibles, mais qui ne doivent pas être isolées. Ainsi, le début de la pollinisation d'une espèce donnée correspond au premier jour atteignant un grain, à condition qu'il soit suivi d'au moins cinq jours consécutifs présentant, au moins, la même concentration. Il apparaît, d'ailleurs, que la deuxième condition n'est pas toujours aussi clairement présentée dans certains articles utilisant ce critère. Celui-ci semble spécialement adapté à l'étude du pollen d'olivier qui pose un problème sanitaire majeur dans les pays méditerranéens, et plus particulièrement l'Espagne. La plupart des articles, utilisant ce critère, traitent de ce pollen (Galan *et al.*, 2001). Il est également choisi parfois dans l'étude d'autres taxons tels que le bouleau (Radisic et Sikoparija, 2005), les *Poaceae* (Sanchez-Mesa *et al.*, 2005) et le chêne (Garcia-Mozo *et al.*, 2006). Ce critère, étant retenu par les auteurs espagnols, semble difficile à utiliser pour des plantes dont la pollinisation est très progressive, durant la période précédant le pic maximal. En effet, dans le cas des *Poaceae* par exemple, de très faibles concentrations peuvent apparaître dès le mois de février dans l'air, sans pour autant avoir d'incidence sur les allergiques (Fuertes-Rodriguez *et al.*, 2007), et sans correspondre à la pleine pollinisation de ce taxon qui a lieu en mars-mai.

Selon les tableaux **9,10** et **11** et les figures **33** et **34**, nous présentons les dates de début et la fin de pollinisation des familles principales et pour chaque année d'étude.

La famille des *Pinaceae* : La période de pollinisation des *Pinaceae* a débuté vers le 21 février pour se terminer à la fin-mai en 2007 et 2008. En 2009, cette période est décalée d'une dizaine de jours par rapport aux années précédentes. La valeur moyenne maximale atteignant 57 pollens/cm<sup>2</sup> en 2007(13 mai), alors qu'elle était 39 pollens/cm<sup>2</sup> et 29 pollens/cm<sup>2</sup> pour les années suivantes. La durée de pollinisation des *Pinaceae* est similaire en 2007 et 2008 avec presque 97 jours, pour 100 jours en 2009 . Dans l'étude de Pérez-Badia *et al.* (2010), la saison pollinique des *Pinaceae* dure 150 jours, dans le sud de Turquie (Konya). Cette saison pollinique s'étale jusqu'à 5 mois (Altunoglu *et al.* 2010).

La famille des *Cupressaceae* : La période de pollinisation des *Cupressaceae* a connu un premier pic vers la fin janvier. En de début février qui n'est plus présent, puis il a recommencé vers la mi-mars

avec une durée de pollinisation quasiment identique à la moyenne des trois années. La quantité de pollens des *Cupressaceae* a été beaucoup plus importante pour l'année 2009 que pour les deux années précédentes, avec deux pics importants durant la première et deuxième quinzaine de mars. Pour la durée de pollinisation, elle est passée d'une moyenne d'environ 143 jours en 2009 pour être à une moyenne de plus de 111 jours en 2008 et 109 jours en 2007. Les *Cupressaceae* sont les types polliniques dominants dans l'atmosphère de Beirout (Rahal *et al.*, 2007). Cette saison pollinique dure 3 mois (91 jours) dans le Nord Ouest de l'Allemagne (Melgar *et al.*, 2012).

La famille des *Oleaceae* : La pollinisation des *Oleaceae* a commencé début mars en 2007 et fin février en 2008 et 2009 avec un pic de quantité, de 60 grains de pollens/cm<sup>2</sup> (2008). La pollinisation des *Oleaceae* s'est terminée plus tard en 2007 en comparaison aux deux autres années. La durée de pollinisation des *Oleaceae* est passée d'une moyenne de 102 jours en 2007 à environ 96 jours en 2008 et 65 jours en 2009. Garcia-Mozo *et al.* (2006) ont trouvé que la saison pollinique des *Oleaceae* dure 42 jours dans Sud Ouest d'Espagne.

Le genre *Eucalyptus* : La durée de pollinisation d'*Eucalyptus* en 2008 a été aussi longue que les deux autres années (115 jours). La pollinisation d'*Eucalyptus* a, tout d'abord, débuté en fin février 2007 et début mars en 2008 et 2009 avec un pic de 56 grains de pollens/cm<sup>2</sup>. C'est en 2008 qu'apparaissent les dernières quantités de pollens d'*Eucalyptus* vers le début juillet. La durée de pollinisation passe de 72 jours en 2007 à 65 jours en 2009.

La famille des *Poaceae* : La saison de pollinisation des *Poaceae* en 2008 est plus longue (151 jours) que celle des deux autres années. Cependant, le pic pollinique journalier a été enregistré à la fin de mois d'avril en 2009 (120 grains de pollen). La pollinisation des *Poaceae* a commencé à peu près en même temps pendant les deux années 2007 et 2009, mais elle est plus précoce en 2008. La plus longue saison pollinique de cette famille est remarquée en 2008 avec une période de 151 jours, c'est le même résultat enregistré par (Bogawski *et al.*, 2014). Selon Chlopek (2007), les pollens de *Poaceae* dans l'air de Sosnowiec (Pologne) a été remarqué à partir de fin avril à la fin de septembre. La moyenne durée de la saison pollinique sur une période de dix ans était 138 jours, la plus courte saison pollinique, qui a duré 123 jours, était noté en 2003. Léon-Ruiz *et al.* (2011) ont remarqué que la saison pollinique en Cordoba (Espagne) commence le 1<sup>er</sup> mars et se termine vers la fin d'aout dans les régions méditerranéennes. Burr *et al.* (2003) dans une étude sur la relation entre le contenu pollinique et l'allergie pollinique, ont donné la durée de la saison pollinique dans plusieurs pays. Elle dure 142 jours à Salzburg (Suisse), 101 jours à Bruxelles (Belgique), 75 jours à Turku and Pori Turku (Finlande), en France, la durée est de 117 jours à Paris, 165 jours à Montpellier, et 130 jours à Marseille, 155 jours à Munster (Allemagne), 91 jours à Rome (Italie) et 67 jours à Barcelone (Espagne). La plus courte période de la saison pollinique a été enregistrée au Royaume uni (28 jours à Preston). En Algérie,

[Becila- Korteby et al. \(1988\)](#), ont récolté les pollens des *Poaceae* de la fin avril à la fin juin, et la durée de leur recensement égale à 119 jours en 1977.

La famille des *Asteraceae* : La période de pollinisation des *Asteraceae* est presque identique durant les trois saisons (2007-2009). En revanche, le pic pollinique le plus important a été enregistré en 2007 (63 grains de pollen/cm<sup>2</sup>). Deux autres pics moins importants qui apparaissaient pendant les deux autres années. La durée de pollinisation des *Asteraceae* est variable durant les trois années mais avec une période moins importante. Cependant cette période passe de 93 jours en 2007 à 114 et 110 jours en 2008 et 2009. Selon l'étude de [Bilisik \(2008\)](#), la saison pollinique des *Asteraceae* dure 5 mois à Savastepe (Turquie).

La famille des *Brassicaceae* : La période de pollinisation des *Brassicaceae* commence le début février 2007. Cette période est décalée d'environ 10 jours pour les deux autres années. On note la présence d'un pic très intense en 2007 (19 avril) avec une quantité de pollens de 37 grains/cm<sup>2</sup>. La durée de pollinisation passe de 99 jours en 2007 à 120 et 138 jours en 2008 et 2009. Dans une étude réalisée à Bursa (Turquie), [Tosunoglu et al. \(2015\)](#) ont récolté une faible quantité de pollen des *Brassicaceae* pendant une courte saison pollinique (32 jours). [Ianovici \(2007\)](#), a signalé l'absence des grains de pollen des *Brassicaceae* dans l'atmosphère de Timisoara (Roumanie).

La famille des *Ericaceae* : La période de pollinisation des *Ericaceae* commence fin février 2007 et début avril en 2008 et 2009. En effet, en 2009, un pic très intense est à noter en 4 avril 2009 avec une quantité de pollens qui atteint 35 grains/cm<sup>2</sup>. La durée de pollinisation des *Ericaceae* est similaire en 2007 et 2009 avec 97 jours et 74 jours pour l'an 2008 (Figure 33). [Garcia- Mozo et al. \(2006\)](#) ont récolté les pollens d'*Ericaceae* en très faible quantité (0.7% de spectre pollinique). La saison pollinique d'*Ericaceae* commence le début de juillet et se continue jusque le début de décembre à Bursa (Turquie) ([Bilisik, 2008](#)).

La famille des *Plantaginaceae* : La période de pollinisation des *Plantaginaceae* débute fin février 2007 et 2009 se termine mi- juin. Cette période est décalée d'une vingtaine de jours en 2008 par rapport aux deux autres années. Le pic des pollens est plus élevé en 2009 avec une quantité de 40 grains de pollen/ cm<sup>2</sup>. La durée de pollinisation est variée entre 80 jours en 2009, 95 jours en 2008 et 111 jours en 2007. [Iglesias-Otero et al. \(2014\)](#) ont montré que la saison pollinique des *Plantaginaceae* se caractérise par une longue période et de forte concentration pollinique atmosphérique, et dans une autre étude Ponferrada (Espagne), [Gonzalez-Parrado et al. \(2014\)](#) ont enregistré une grande variation dans la quantité pollinique récoltée entre 2003 et 2007. Cette variation est de 103 grains de pollen récoltés en 2003 et 1008 grains de pollen en 2007.

La famille des *Chenopodiaceae* : La période de pollinisation des *Chenopodiaceae* débute début mars pendant les trois années d'étude et se termine fin juin. Le pic journalier le plus élevé est enregistré en

2007 avec 71 grains/cm<sup>2</sup>. La durée de la saison pollinique est presque similaire pour les trois années (114 et 110 jours). Dans l'étude de Pérez-Badia *et al.* (2010), ils ont récolté les pollens de *Chenopodiaceae* en faible quantité, et la durée de la saison pollinique dure 145 jours.

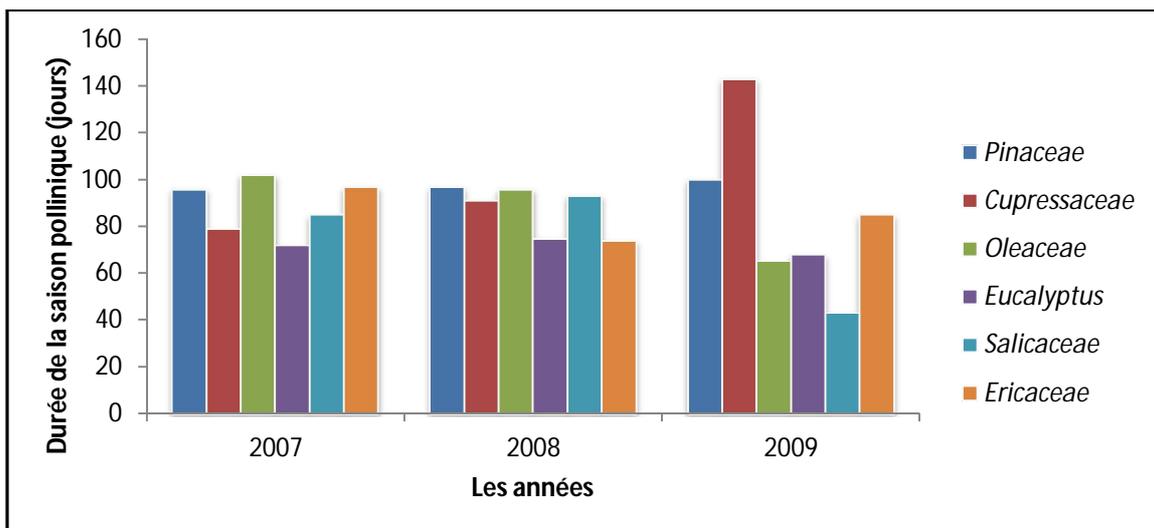
La famille des *Myrtaceae* : La période de pollinisation des *Myrtaceae* a débuté vers le début mars pour l'année 2007 et une semaine plus tard en 2008 et 2009, et a terminé en même temps pour 2007 et 2008 et un mois plus tard en 2009. La pollinisation des *Myrtaceae* a été un peu plus importante en 2009 que les années précédentes, avec un pic moyen à 34 pollens/cm<sup>2</sup> le 21 avril alors que cela atteignait tout juste les 14 pollens/cm<sup>2</sup> en moyenne sur les deux années précédentes. La saison a été plus courte en 2007 avec 59 jours et plus longue en 2009 avec 102 jours, pour 70 jours en 2008 (Figure 31).

D'après ces résultats (Tableau 8, 9 et 10 et Figures 32 et 33), on peut regrouper les familles botaniques en trois groupes selon la période de pollinisation :

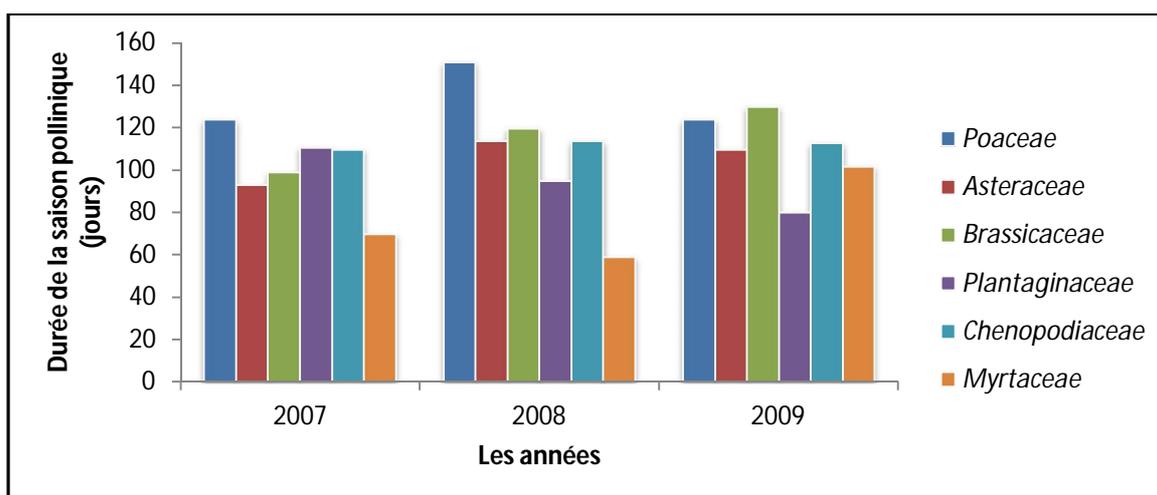
Le premier groupe, se caractérise par une durée de pollinisation courte (entre 31 et 60 jours), parmi les familles de ce groupe, on trouve les *Rosaceae*, *Salicaceae*, *Juglandaceae*, *Ulmaceae* et *Fagaceae*. Les *Rosaceae* et *Juglandaceae*, sont des plantes entomophiles ou mixtes, et les *Ulmaceae*, les *Fagaceae* et les *Salicaceae* sont des plantes anémophiles mais elles ne sont pas abondantes dans le spectre pollinique.

Le deuxième groupe comprend les familles : les *Juncaceae*, les *Oleaceae*, les *Myrtaceae*, les *Mimosaceae*, les *Urticaceae* et les *Ericaceae*. La période de la saison de pollinisation s'étale entre 61 et 90 jours, la plupart de ces familles sont entomophiles ou mixtes (*Myrtaceae*, *Mimosaceae* et *Ericaceae*).

On trouve dans le troisième groupe les familles végétales suivantes : Les *Poaceae*, Les *Asteraceae*, les *Brassicaceae*, Les *Pinaceae*, les *Cupressaceae* et les *Plantaginaceae*. Ce groupe renferme les deux grandes familles (les *Poaceae* et les *Asteraceae*), la majorité des familles sont anémophiles et cosmopolites, la saison de pollinisation s'étale sur une période de plus de 90 jours.



**Figure 32.** Durée de la saison pollinique des principales familles des arbres et arbustes.



**Figure 33.** Durée de la saison pollinique des principales familles herbacées.

### 3.3.1. 3. Calendrier pollinique de Annaba

Les données obtenues à l'aide de la méthode gravimétrique, nous ont permis l'établissement de calendrier pollinique. Il met en évidence les périodes de pollinisation des principaux pollens en général, et ceux provoquant des manifestations allergiques durant toute l'année.

Le calendrier pollinique de Annaba (Figures 34, 35 et 36) montre les vagues successives de pollinisation des différentes plantes au cours de l'année. Il reprend pour chaque taxon, en fonction de la période de l'année, le nombre de grains de pollen récolté.

La période de pollinisation des arbres et arbustes a commencé en janvier avec la floraison des *Cupressaceae*, puis les autres familles, des *Pinaceae*, des *Oleaceae*, des *Salicaceae*, des *Betulaceae*, et l'*Eucalyptus*. La pollinisation est terminée à mi-juin.

Depuis la fin mars, nous avons dénombré le pollen des *Juglandaceae*, des *Rosaceae*, des *Mimosaceae* et des *Fagaceae*. La période principale de pollinisation de ces arbres a eu lieu en mars et en avril.

Comme nous l'avons signalé précédemment, la concentration de pollen d'arbres est moins élevée que la concentration de pollen d'herbacées.

Les premiers grains de pollen des *Poaceae* sont déjà apparus dans l'air au mi- février 2009.

Au cours du mois de février, d'importantes quantités de pollen de cette famille ont été recensées. Le 23 février, nous avons dénombré 127 grains de pollen de par cm<sup>2</sup>. Le 6 et le 19 mars, nous avons dénombré respectivement 310 et 234 grains de pollen par cm<sup>2</sup>. Les premiers grains de pollen des *Asteraceae* et des *Brassicaceae* ont également été recueillis en février 2007.

A la fin juin, de petites quantités de pollen des *Poaceae*, des *Asteraceae* et des *Brassicaceae* ont été récoltées.

Deux familles herbacées dont la période de floraison est assez longue ; les *Brassicaceae* et les *Plantaginaceae*. Les plantes de cette dernière sont des plantes à la fois anémophiles et entomophiles (dispersion du pollen par le vent et les insectes), ce qui explique les faibles quantités de pollen retrouvées dans l'air.

A partir de la deuxième quinzaine du mois de juin, nous avons recensé quotidiennement de petites quantités de grains de pollen des *Poaceae*. Suite aux conditions météorologiques, les valeurs récoltées sont restées la plupart du temps nettement en dessous de la moyenne des trois dernières années. Ceci est également valable pour les *Asteraceae*. C'est la plus importante famille productrice de pollen, parmi les plantes herbacées, après les *Poaceae*.

### **3.3.1. 3.1 Représentation graphique**

Nous distinguons clairement trois périodes: une première période qui correspond à la période de floraison des *Pinaceae*, des *Cupressaceae*, des *Poaceae* et des *Brassicaceae*. Une deuxième période (mi- mars à fin avril), qui correspond à la période de floraison presque de toutes les autres familles végétales. La troisième période se caractérise par une faible production pollinique.

Ce graphique indique deux choses intéressantes :

- Le calendrier pollinique met en évidence les différents pollens que l'on trouve dans l'air de notre région d'étude et la période de l'année à laquelle ceux-ci sont présents. Il est établi sur la base de trois années de mesure pour tenir compte de la variabilité interannuelle observée.

- Contrairement à l'idée véhiculée par le nom de « rhume des foins », la saison des pollinoses ne se limite pas à la fin du printemps. Le début de l'année est marqué par le pollen d'arbres, au cœur de l'hiver, dès janvier, fleurissent les *Cupressaceae* et les *Poaceae*.

Dès fin février, dominant les pollens des *Poaceae* et d'autres herbacées : *Plantaginaceae*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*, et *Ericaceae*.

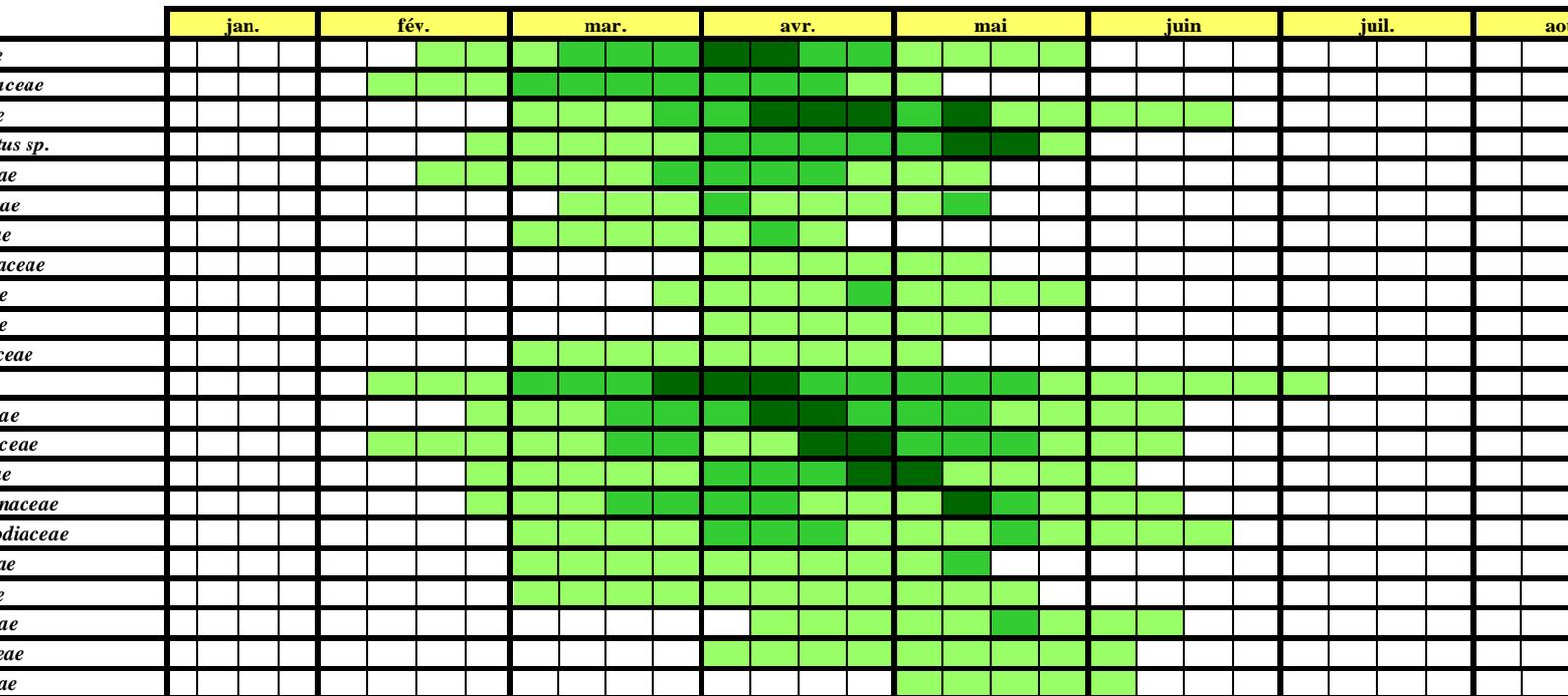
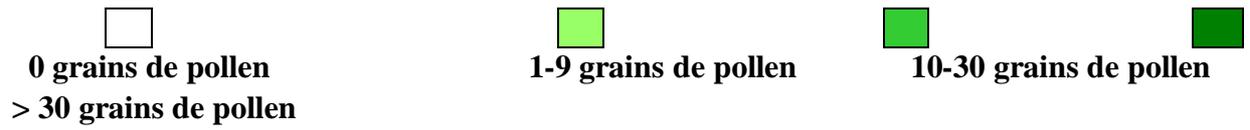


Figure 34. Calendrier pollinique de la ville de Annaba en 2007.

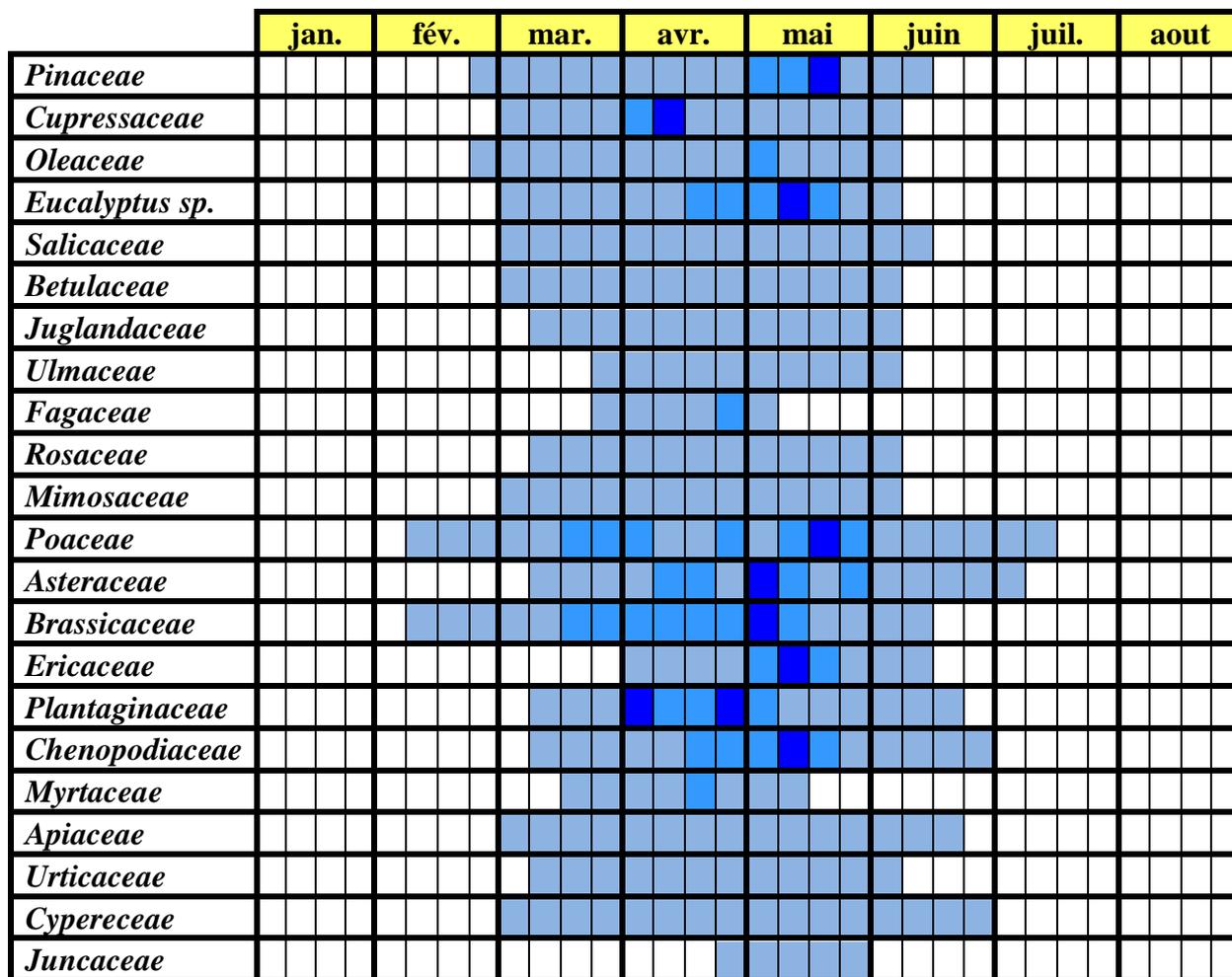
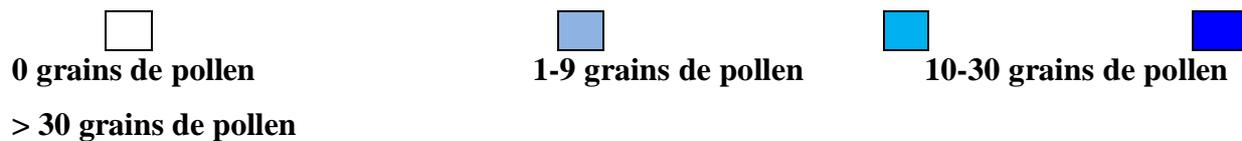


Figure 35. Calendrier pollinique de la ville de Annaba en 2008.

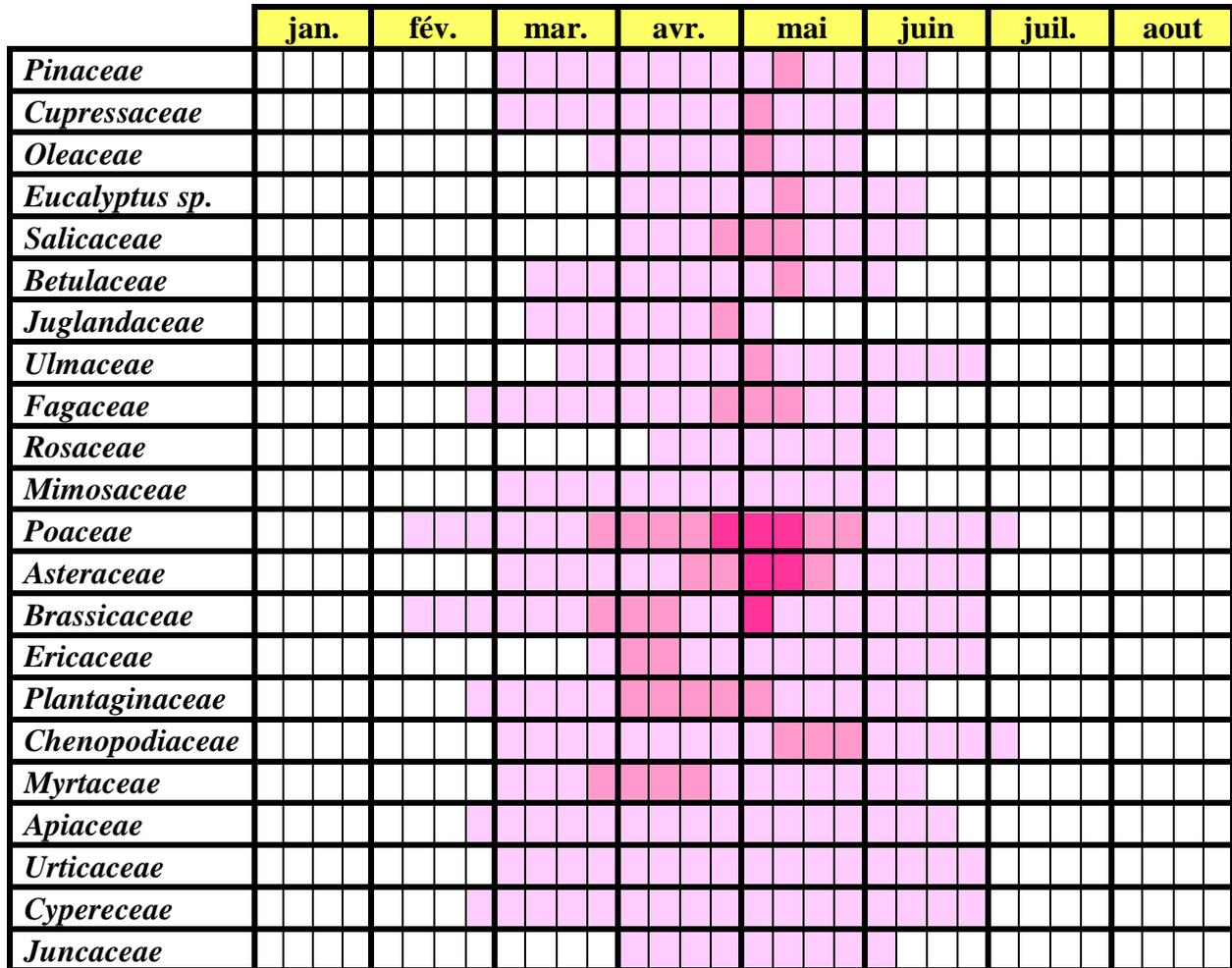


Figure 36. Calendrier pollinique de la ville de Annaba en 2009.

### 3.3.1. 3.2. Influence des conditions météorologiques sur le contenu pollinique

Le test de corrélation de Spearman a été réalisé pour déterminer l'influence des paramètres météorologiques sur les concentrations polliniques dans l'air.

Concernant les recueils polliniques en 2007 (Tableau 12), nous avons trouvé une corrélation positive et significative entre le contenu pollinique des *Plantaginaceae* ( $r=0.62$  ;  $p= 0.05$ ), des *Oleaceae* ( $r=0.50$  ;  $p= 0.05$ ) et la température moyenne. Une corrélation négative et significative se trouve entre la température moyenne et les pollens des *Betulaceae* ( $r= -0.8$  ;  $p=0.05$ ). Pour la température maximale, nous avons remarqué une corrélation négative et significative entre les pollens de *Plantaginaceae* ( $r= -0.59$  ;  $p= 0.05$ ) et les pollens de *Betulaceae* ( $r= -0.51$  ;  $p= 0.05$ ), l'humidité relative est corrélée positivement et significativement avec les pollens des *Oleaceae* ( $r= 0.65$  ;  $p=0.05$ ) et les pollens de *Chenopodiaceae* ( $r= 0.63$  ;  $p=0.05$ ).

**Tableau 12.** Corrélation entre le contenu pollinique de la ville de Annaba et paramètres météorologiques en 2007 ( $p= 0.05$ ).

Famille	Température moy. (C <sup>0</sup> )	Température max. (C <sup>0</sup> )	Température min. (C <sup>0</sup> )	Vitesse de vent (m/s)	Précipitations (mm)	Humidité relative (%)
<i>Poaceae</i>	0.09	-0.29	0.28	0.12	0.30	0.25
<i>Asteraceae</i>	-0.47	-0.40	0.38	-0.12	0.41	0.38
<i>Brassicaceae</i>	-0.06	-0.47	-0.31	-0.20	0.35	-0.31
<i>Pinaceae</i>	-0.53	-0.37	0.28	-0.03	0.4	0.28
<i>Ericaceae</i>	0.33	-0.42	0.44	-0.13	0.3	0.44
<i>Cupressaceae</i>	-0.30	-0.32	0.03	-0.51	0.29	0.03
<i>Plantaginaceae</i>	0.62*	-0.59*	0.38	-0.06	0.33	0.38
<i>Oleaceae</i>	0.53*	-0.16	0.65*	0.18	0.05	0.65*
<i>Eucalyptus sp.</i>	0.02	-0.36	0.42	0.24	0.35	0.42
<i>Salicaceae</i>	-0.26	-0.36	-0.05	-0.50	0.28	-0.05
<i>Ulmaceae</i>	0.06	-0.30	0.48	0.12	0.35	0.48
<i>Chenopodiaceae</i>	0.29	-0.44	0.63*	-0.16	0.21	0.63*
<i>Betulaceae</i>	-0.80*	-0.51*	-0.19	-0.20	0.41	-0.19
<i>Myrtaceae</i>	0.03	-0.37	0.79*	-0.05	0.01	0.79
<i>Juglandaceae</i>	0.12	-0.28	0.33	0.27	0.33	0.33

Pour la période d'étude 2008 (Tableau 13), la température moyenne est corrélée positivement et significativement avec les grains de pollen de *Poaceae* ( $r=0.91$  ;  $p= 0.05$ ), les pollens des *Oleaceae* ( $r= 0.74$  ;  $p= 0.05$ ), les pollens des *Ericaceae* ( $r= 0.73$  ;  $p= 0.05$ ) et les pollens des *Pinaceae* ( $r= 0.62$  ;  $p= 0.05$ ). Une corrélation positive et significative est trouvée entre la température maximale et les grains de pollens des *Oleaceae* ( $r=0.82$  ;  $p= 0.05$ ) et les pollens de *Chenopodiaceae* ( $r=0.92$  ;  $p= 0.05$ ).

**Tableau 13.** Corrélation entre le contenu pollinique de la ville de Annaba et paramètres météorologiques en 2008 (p=0.05).

Famille	Température moy. (C <sup>0</sup> )	Température max. (C <sup>0</sup> )	Température min. (C <sup>0</sup> )	Vitesse de vent (m/s)	Précipitations (mm)	Humidité relative (%)
<i>Poaceae</i>	0.91*	-0.40	-0.17	-0.55	0.19	-0.17
<i>Asteraceae</i>	0.21	-0.16	-0.24	-0.69	0.31	-0.24
<i>Brassicaceae</i>	-0.39	-0.70	0.19	0.12	-0.10	0.19
<i>Pinaceae</i>	0.62*	-0.69	0.23	0.14	-0.14	0.23
<i>Ericaceae</i>	0.73*	-0.75	0.02	-0.14	-0.08	0.02
<i>Cupressaceae</i>	-0.95	-0.59	-0.18	-0.44	0.10	-0.18
<i>Plantaginaceae</i>	-0.63	-0.08	-0.09	-0.49	0.24	-0.09
<i>Oleaceae</i>	0.74*	0.82*	0.22	0.31	-0.25	0.22
<i>Eucalyptus sp.</i>	0.075	-0.73	0.17	0.02	-0.25	0.17
<i>Salicaceae</i>	-0.53	-0.22	-0.14	-0.57	0.22	-0.12
<i>Ulmaceae</i>	-0.86	-0.15	-0.20	-0.56	0.32	-0.14
<i>Chenopodiaceae</i>	0.23	0.92*	0.11	0.20	-0.23	0.11
<i>Betulaceae</i>	0.45	0.12	-0.30	-0.83	0.49	-0.30
<i>Myrtaceae</i>	0.21	-0.72	0.17	-0.17	-0.10	0.23
<i>Juglandaceae</i>	0.17	-0.92	0.11	0.20	-0.28	0.11

En 2009 (Tableau 14), nous avons remarqué une corrélation positive et hautement significative entre la température moyenne et les pollens des familles suivantes : les *Poaceae* ( $r= 0.72$  ;  $p= 0.05$ ), les *Asteraceae* ( $r= 0.97$  ;  $p= 0.05$ ), les *Pinaceae* ( $r= 0.89$  ;  $p= 0.05$ ) et les *Myrtaceae* ( $r= 0.74$  ;  $p= 0.05$ ). Une corrélation négative et hautement significative est détectée entre la température moyenne et les pollens des familles : *Ericaceae* ( $r= -0.95$  ;  $p= 0.05$ ), *Oleaceae* ( $r= -0.92$  ;  $p= 0.05$ ) et *Ulmaceae* ( $r= -0.77$  ;  $p= 0.05$ ). La température maximale est corrélée négativement avec les pollens des *Oleaceae* ( $r= -0.92$  ;  $p=0.05$ ) et les *Myrtaceae* ( $r= -0.74$  ;  $p= 0.05$ ).

**Tableau 14.** Corrélation entre le contenu pollinique de la ville de Annaba et paramètres météorologiques en 2009 (p=0.05).

Famille	Température moy. (C <sup>0</sup> )	Température max. (C <sup>0</sup> )	Température min. (C <sup>0</sup> )	Vitesse de vent (m/s)	Précipitations (mm)	Humidité relative (%)
<i>Poaceae</i>	0.72*	0.04	0.08	0.05	0.21	0.08
<i>Asteraceae</i>	0.97*	-0.38	0.09	-0.20	0.01	0.09
<i>Brassicaceae</i>	0.28	0.26	-0.42	-0.26	0.43	-0.42
<i>Pinaceae</i>	0.89*	-0.04	0.04	-0.10	0.21	0.04
<i>Ericaceae</i>	-0.95	-0.18	0.13	-0.24	0.01	0.13
<i>Cupressaceae</i>	-0.19	0.16	-0.12	-0.55	0.31	-0.12
<i>Plantaginaceae</i>	-0.55	0.12	0.03	-0.16	0.07	0.03
<i>Oleaceae</i>	-0.92	-0.92	0.37	0.10	-0.72	0.37
<i>Eucalyptus sp.</i>	-0.90	-0.32	0.13	0.14	-0.05	0.13
<i>Salicaceae</i>	-0.13	0.24	-0.18	-0.54	0.34	-0.18
<i>Ulmaceae</i>	-0.77	-0.42	0.20	0.04	-0.13	0.20
<i>Chenopodiaceae</i>	-0.57	-0.57	0.24	-0.24	-0.33	0.24
<i>Betulaceae</i>	0.27	0.28	-0.34	-0.27	0.48	-0.34
<i>Myrtaceae</i>	0.74*	-0.74	0.36	-0.14	-0.64	0.36
<i>Juglandaceae</i>	0.60*	-0.12	0.11	0.19	0.10	0.11

### 3.3.2 Discussion

L'étude de contenu pollinique de l'atmosphère de la ville d'Annaba montre que celui-ci reflète assez fidèlement les grands traits de la végétation régionale. Toutefois nous constatons comme cela est généralement la règle en palynologie, qu'une part importante des taxons botaniques n'est pas représentés.

Pour notre site d'étude, 21 familles et un genre ont été recensés. Les pollens des herbacées constituent dans l'atmosphère de la ville de Annaba un pourcentage de 61.72 % suivi par les grains de pollen des arbres et arbustes (37 %).

Le calendrier pollinique de la ville d'Annaba présente les saisons polliniques de 21 familles et un genre (Figures 33, 34 et 35). Il est divisé en trois principales périodes :

La première période : c'est une période courte, et se situe entre la deuxième semaine de janvier et mi-mars pour les années 2007, 2009 et 2008. Cette période est marquée par la dispersion pollinique de pollen des *Poaceae* et des *Cupressaceae*.

La deuxième période : c'est la plus longue période, et dure presque quatre mois (mars-mi-juin). Les plus grandes quantités de pollen y ont été enregistrées. Les *Poaceae* atteignent des taux trop élevés notamment en avril et mai.

La troisième période : c'est une très courte, elle se situe entre mi-juin et le début de juillet. La production pollinique a considérablement régressé. Nous avons pu capturer les pollens des *Poaceae*, des *Asteraceae*, des *Brassicaceae*, des *Oleaceae* et des *Plantaginaceae*, mais en faibles quantités.

Les concentrations de pollens dans l'air dépendent de différents facteurs qui peuvent causer

d'importantes variations dans le temps et dans l'espace (Frenz, 2000 et DellaValle *et al.*, 2012). Les conditions météorologiques sont, en grande partie, responsables de cette variabilité, puisqu'elles interviennent sur la biologie des végétaux. Le développement des plantes (croissance, floraison, production de pollen) est principalement influencé par la photopériode, les précipitations et la température.

Plusieurs études ont étudié la corrélation entre la concentration des pollens dans l'air et les paramètres météorologiques (température, vent, précipitations et humidité relative).

Celenk *et al.* (2009) ont étudié la corrélation entre le contenu pollinique de neuf espèces (parmi 66 espèces recensées) et les quatre paramètres météorologiques. Ils ont trouvé une corrélation négative entre la concentration pollinique des *Poaceae*, de *Platanus*, de *Quercus* et des *Urticaceae* et la température, et une corrélation positive entre l'humidité et les *Moraceae*. La corrélation positive se trouve entre le compte pollinique des *Urticaceae* et la température et la vitesse de vent. Ces différences entre les corrélations peuvent être dues à des régions de source distincte associée à différents modèles d'écoulement de l'air, la capacité des grains de certains taxons de rester dans l'air pendant des périodes plus longues que les autres et la fluctuation de la production de pollen en raison de cycles bisannuels ou triennaux.

Ribeiro *et al.* (2008) ayant étudié les distributions de pollen dans l'air dans la ville de Porto (Portugal), ont constaté que la concentration de pollen de certaines espèces était généralement à un maximum le matin et d'autres espèces dans l'après-midi. Plus précisément, ils ont constaté que les concentrations de pollen des *Urticaceae*, des *Cupressaceae*, *Acer* sp. et *Plantago* sp. sont plus élevés dans la matinée qu'à d'autres moments. Le pollen d'*Alnus* sp. et de *Betula* sp. était surtout présent dans l'après-midi. Les plus fortes concentrations de *Poaceae* ont été observées dans la soirée. Les grains de pollen d'*Olea europaea* et de *Platanus* sp. étaient présent à des concentrations similaires à toutes les heures du jour et de la nuit. Donc la majorité des espèces ont une forte concentration la matinée, lorsque l'humidité est en baisse et la température et le vent sont en augmentation. Ces trois facteurs favorisent l'ouverture des anthères et facilitent le transport et la dispersion des pollens.

## Conclusion

La mesure des concentrations de pollens dans l'air constitue un moyen de quantifier et de caractériser l'exposition humaine et d'évaluer l'efficacité des mesures de prévention et de

protection de la santé des populations. La méthode utilisée pour la récolte des grains de pollens est la méthode gravimétrique.

Les concentrations polliniques, enregistrées pendant trois années successives (2007, 2008 et 2009), sont issues de l'analyse, sous microscope optique, des lames journalières préparées. Sur lesquelles sont impactées les particules contenues dans l'air durant 24 heures. Les concentrations enregistrées revêtent une grande importance du point de vue allergologique et phénologique. Elles permettent la mise au point de différents niveaux de risque d'exposition allergique. Ces concentrations reflètent, en premier lieu, l'abondance et la répartition spatiale des familles végétales.

21 familles et un genre ont été récoltés dans l'atmosphère de la ville de Annaba. La récolte totale de l'année 2007, a atteint 5862 grains/ cm<sup>2</sup>, suivi par 2008 avec 10937 grains/cm<sup>2</sup> et la plus grande quantité a été enregistrée en 2009 avec 16593 grains de pollen / cm<sup>2</sup>. Les pollens d'herbacées représentent 61.72% du spectre global annuel, les pollens d'arbres représentent 37%, et les pollens non déterminés constituent 1.28% de la récolte pollinique totale.

Pour la densité pollinique des arbres, la famille des *Pinaceae* est arrivée en première position, suivie par les *Cupressaceae* (2267 grains de pollen /cm<sup>2</sup>) et les *Oleaceae* (1560 grains de pollen /cm<sup>2</sup>). Pour les herbacées, la famille des *Poaceae* est classée la première, par une production pollinique de 6827 grains de pollen/ cm<sup>2</sup>, suivie par les *Asteraceae* (5828 grains de pollen /cm<sup>2</sup>) et les *Brassicaceae* (4657 grains de pollen /cm<sup>2</sup>).

La saison pollinique de chaque espèce varie fortement d'une année à l'autre, dans son intensité comme dans les dates de son début et de sa fin, nous retrouvons presque les mêmes taxons en 2007, 2008 et en 2009, avec toutefois, un ordre différent d'importance d'une année à l'autre.

La méthode gravimétrique utilisée, nous a permis de réaliser trois calendriers polliniques pour chaque année d'étude.

Le test de corrélation de Spearman a été réalisé pour déterminer l'influence des paramètres météorologiques sur les concentrations polliniques dans l'air. Nous avons trouvé des corrélations positives et significatives entre le contenu pollinique atmosphérique et les paramètres météorologiques étudiés.

## Chapitre III. Enquête sur l'allergie pollinique dans la ville de Annaba

### INTRODUCTION

L'augmentation de la prévalence des maladies allergiques respiratoires, observée parallèlement à l'urbanisation, a suscité diverses hypothèses sur le rôle de la pollution atmosphérique. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 2012), l'allergie au pollen représente 10 à 20 % des maladies allergiques en Europe. Elle est liée à la durée et à l'intensité de la saison pollinique, à la fréquence et à l'importance des pics polliniques et à la charge des allergènes. Ces facteurs peuvent être exacerbés par des variations de températures et de précipitations qui entraînent une modification de l'aire d'extension des espèces végétales

(Thibaudon *et al.*, 2004).

La présente enquête visait donc à cerner l'importance des problèmes d'allergie pollinique dans la population de la ville de Annaba. De façon plus spécifique, nous avons voulu:

- Mesurer la prévalence des problèmes d'allergie pollinique pendant la saison pollinique dans la population de la ville de Annaba;
- Évaluer la gravité des problèmes d'allergie respiratoire rapportés pendant cette période;
- Évaluer la perception des personnes atteintes quant au rôle des pollens allergisants dans les symptômes qu'elles présentent ;
- Et enfin comparer le contenu pollinique atmosphérique avec le nombre des répondants pendant la période d'étude.

### 1. Méthodologie

La méthode utilisée consiste à un questionnaire comportant un nombre de questions adressées aux malades dans le but d'avoir des informations sur les principales causes d'allergie, les tranches d'âges les plus touchées et quelles sont les précautions qu'il faut faire pour éviter cette maladie.

#### 1.1 L'échantillonnage

Afin d'étudier la relation entre la concentration pollinique aérienne et le risque allergique, le choix a été fait de construire un indicateur très spécifique de cette pathologie. Les cas choisis ont été définis selon les critères d'âges et de traitement suivants :

- Les sujets identifiés devaient avoir un âge plus de 5 ans, le diagnostic de pollinose étant rare et difficile à faire avant cet âge. (Dominici *et al.*, 2003).

Les sujets ayant bénéficié, un jour donné d'un traitement par antihistaminique associé soit à un traitement local pour rhinite allergique, soit à un traitement pour conjonctivite allergique, soit aux deux.

La population étudiée est constituée d'individus qui résident Annaba au moment de l'enquête. L'échantillonnage a été fait au hasard sur 346 patients au niveau du centre de santé (Larbi Khrouf, rue Ben Haous Ibrahim) de Annaba pendant trois mois : de 1<sup>er</sup> avril au 28 juin 2009.

Le questionnaire élaboré est présenté en annexe 7. Il se compose d'une partie concernant des informations personnelles, et d'une partie qui contient des questions sur l'allergie. Les symptômes compatibles avec un diagnostic d'allergie respiratoire et qui amenaient à remplir une fiche individuelle si ceux-ci avaient été présents à plusieurs reprises en dehors de tout phénomène épidémique infectieux durant l'année.

#### **4.1.2. Définition des variables**

Les variables d'intérêt comprennent: la prévalence des symptômes d'allergie respiratoire, le profil sociodémographique des répondants, l'histoire de la maladie, la gravité des symptômes, l'utilisation des services de santé, les connaissances sur les plantes allergisantes ainsi que l'impact de l'allergie respiratoire sur la qualité de la vie .

Pour la prévalence des symptômes d'allergie respiratoire, nous avons utilisé le pourcentage des personnes qui présentent des symptômes d'allergie respiratoire, bien que l'enquête porte plus spécifiquement sur les symptômes d'allergie respiratoire pendant la saison de la pollinisation. Les sujets ont, également, été questionnés sur la présence de ces symptômes à d'autres périodes de l'année (Spector *et al.*, 2003). Pour décrire le profil des sujets, nous leur avons demandé leur âge, leur sexe, leur scolarité, leur statut d'emploi. Pour l'histoire de la maladie, on cherche la durée de la maladie, les antécédents familiaux d'allergie et les allergènes connus. L'utilisation des services de santé inclut la consultation de professionnels (médecin généraliste ou allergologue), dans le passé et dans les deux mois précédents l'enquête, les tests d'allergie, la désensibilisation (actuelle ou antérieure), la prise de médicaments (sur recommandation professionnelle ou non; la nature et la fréquence de la prise de médicaments). Concernant les connaissances sur les plantes allergisantes, nous voulons savoir si les sujets avaient déjà entendu parler des plantes allergisantes et s'ils croyaient qu'elles étaient une cause importante de leurs symptômes d'allergie (Robson-Ansley *et al.*, 2012). Pour comparer le nombre des répondants avec le contenu pollinique atmosphérique, nous avons utilisé les concentrations polliniques des trois mois d'étude contenant dans le chapitre 2.

## 2. RESULTATS

### 2.1 Profil sociodémographique des répondants

Le tableau 15 nous livre le profil sociodémographique des répondants. L'âge moyen des personnes ayant déclaré souffrir d'allergie respiratoire est de 29,1 ans. Les proportions les plus élevées de sujets se concentrent dans les groupes d'âge compris entre 30 - 39 ans et 20-29, soit 29.47%, chez les 30-39 ans et 21.93% chez les 20-29 ans. Un peu plus de la moitié (53.75%) sont des hommes. En ce qui

**Tableau 15.** Profil sociodémographique des répondants

	Echantillon (n=346)	
	Nombre	Pourcentage %
1. Age (ans)		
0-9	52	15.1
10-19	29	8.37
20-29	76	21.93
30-39	102	29.47
40-49	41	11.85
50-59	24	6.93
60-69	13	3.75
≥ 70ans	09	2.60
2. Sexe		
Masculin	186	53.75
Féminin	160	46.25
3. Scolarité		
Primaire	65	18.79
Moyenne	132	38.15
Secondaire	73	21.1
Universitaire	17	4.91
Analphabète	59	17.05
4. Statut d'emploi		
Travail à plein temps	91	26.3
Travail à temps partiel	39	11.27
Chômage	51	14.74
À la maison	67	19.37
Retraite	45	13
Études	53	15.32

### 2.2. Histoire de la maladie

Le tableau 16 décrit ce qu'il est convenu d'appeler l'histoire de la maladie. Trois personnes sur quatre (79,48%) disent connaître la cause de leurs allergies. Parmi les causes les plus fréquentes, on retrouve: la poussière (60 %), les pollens en général (45,81%), le pollen de *Poaceae* (41.81%), les fleurs (34.54%), les moisissures (27.27%), la fumée de cigarettes (31.63%), les chats (16,36%), les acariens (4.36%) et le pollen d'arbres (4%).

Les individus qui se disent allergiques aux plantes allergisantes ont, dans 63% des cas, passé des tests d'allergie confirmatoires. Pour ce qui est des autres, c'est-à-dire ceux qui ne se disent pas allergiques aux plantes allergisantes, la proportion d'individus qui ont passé des tests d'allergie se situe à 37%. Parmi les 275 répondants (personnes ayant déclaré connaître la cause de leurs allergies) 52 (18.9 %) ont déclaré que leurs symptômes d'allergie respiratoire étaient présents toute l'année, 115 (41.8%) que les symptômes étaient présents toute l'année avec exacerbation certains mois et 108 (39,3%) qu'ils n'étaient symptomatiques que certains mois (allergie saisonnière). Pour ce qui est des antécédents familiaux, un peu plus de la moitié des répondants (63,58%) ont une histoire familiale d'allergie. C'est la mère qui semble le plus souvent affectée (37.57%).

**Tableau 16.** Histoire de la maladie.

	Echantillon (n=346)	
	Nombre	Pourcentage %
<b>1. Connaît la cause de ses allergies</b>	<b>275</b>	<b>79.48</b>
<b>2. Cause des allergies*</b>		
Fleurs	<b>95</b>	<b>34.54</b>
Pollen (général)	<b>126</b>	<b>45.81</b>
Pollen d'arbres	<b>11</b>	<b>4</b>
Pollen de <i>Poaceae</i> (Graminées)	<b>115</b>	<b>41.81</b>
Chats	<b>45</b>	<b>16.36</b>
Chiens	<b>32</b>	<b>11.63</b>
Poussière	<b>165</b>	<b>60</b>
Acarions	<b>12</b>	<b>4.36</b>
Moisissures	<b>75</b>	<b>27.27</b>
Fumée de cigarettes/tabac	<b>87</b>	<b>31.63</b>
Les symptômes présents toute l'année	<b>123</b>	<b>44.72</b>
Les symptômes présents toute l'année avec exacerbation certains mois	<b>115</b>	<b>41.81</b>
Les symptômes présents pendant quelques mois	<b>108</b>	<b>39.27</b>
<b>3. Antécédents familiaux d'allergie</b>		
Père	<b>90</b>	<b>32.72</b>
Mère	<b>130</b>	<b>47.27</b>
Aucun	<b>126</b>	<b>45.81</b>

\* Parmi les 275 personnes ayant déclaré connaître la cause de leurs allergies.

### 2.3. Nature et gravité des symptômes

Le tableau 17 décrit le type de symptômes déclarés par les personnes affectées. Les manifestations les plus fréquentes sont compatibles avec un problème d'allergie. Elles incluent, au niveau du nez, les éternuements (69.36%), la congestion nasale (67.05%), l'écoulement nasal (58.95%) et les picotements du nez (46.24%). Au niveau des yeux, le larmoiement (37.57%) et les picotements ou brûlements (43.93%) figurent aux premiers rangs. Pendant la saison pollinique, des phénomènes de

toux et les difficultés respiratoires sont rapportés par environ le tiers des répondants. Enfin, 7.20% des personnes interviewées ont dit qu'elles souffraient d'asthme.

**Tableau 17.** Nature des signes et symptômes présentés au cours des mois de l'enquête

	<b>Echantillon (n=346)</b>	
	<b>Nombre</b>	<b>Pourcentage %</b>
Fièvre	<b>24</b>	<b>6.93</b>
Congestion nasale	<b>232</b>	<b>67.05</b>
Éternuements	<b>240</b>	<b>69.36</b>
Écoulement nasal	<b>204</b>	<b>58.95</b>
Picotements du nez	<b>160</b>	<b>46.24</b>
Picotements ou brûlements des yeux	<b>152</b>	<b>43.93</b>
Paupières gonflées	<b>90</b>	<b>26.01</b>
Larmoiments, yeux rouges	<b>130</b>	<b>37.57</b>
Conjonctivite	<b>13</b>	<b>3.75</b>
Toux	<b>85</b>	<b>24.56</b>
Bronchite	<b>31</b>	<b>8.95</b>
Difficultés à respirer	<b>101</b>	<b>29.19</b>
Otite	<b>46</b>	<b>13.29</b>
Picotements dans la gorge	<b>69</b>	<b>19.94</b>
Asthme	<b>25</b>	<b>7.22</b>

#### **2.4. Utilisation des services de santé**

Environ 75% des répondants nous ont dit avoir consulté, dans le passé, un professionnel ou une personne de leur entourage à cause de leurs symptômes. Les médecins qu'ils soient généralistes (53,53%), 28.76% sont ceux qui ont été consultés par les allergologues et les oto-rhino-laryngologistes. 59.73% des sujets ont eu recours aux médecines douces.

La moitié des répondants (51,44%) ont déjà passé des tests d'allergie (tests cutanés). Pour ce qui est des traitements de désensibilisation, 72.83% en ont déjà suivi.

Concernant le nombre de consultations, parmi les 252 personnes qui suivent un traitement de désensibilisation, 110 personnes (43.65%) consultent le praticien une seule fois, 42 questionnés (16.66%) visitent le médecin traitant 2 fois pendant la période de crise et 100 personnes consultent les médecins entre 3 et 4 fois durant la saison des crises allergiques, soit 30.55% et 9.12% (Tableau 18).

**Tableau 18.** Utilisation des services de santé dans le passé et au cours des mois de l'enquête

	Echantillon (n= 346)	
	Nombre	Pourcentage %
<b>1. A déjà consulté pour ses symptômes</b>		
Non	85	24.56
Généraliste	121	53.53
Allergologue	65	28.76
Oto-rhino-laryngologiste	78	34.51
Pharmacien	56	24.77
Pédiatre	23	10.17
Médecine douce	135	59.73
<b>2. A eu des tests cutanés</b>		
Oui	178	51.44
Non	168	48.56
<b>3. Suit actuellement un traitement de désensibilisation</b>		
Oui	252	72.83
Non	94	27.17
<b>4. Nombre de consultations (n=252)</b>		
1	110	43.65
2	42	16.66
3	77	30.55
4	23	9.12

## 2.5. Connaissances sur les plantes allergisantes

Parmi les 346 personnes qui ont participé à l'enquête, 235 (67.91%) ont déjà entendu parler des plantes allergisantes. De ce nombre, 66 individus (28.08%) ont déclaré être en mesure de reconnaître quelques plantes allergisantes. Le nombre des personnes qui croient que les plantes allergisantes sont une importante cause de leurs allergies est 90 personnes, 89 personnes pensent que les pollens jouent un rôle moins important dans leurs allergies et enfin 56 personnes déclarent que les pollens n'ont aucun effet dans leurs maladies (Tableau 19).

**Tableau 19.** Connaissances sur les plantes allergisantes

	Echantillon (n=346)	
	Nombre	Pourcentage %
<b>1. Ont déjà entendu parler des plantes allergisantes</b>		
Oui	<b>235</b>	<b>67.92</b>
non	<b>111</b>	<b>32.08</b>
<b>2. Pourraient reconnaître des plantes allergisantes (n=235)</b>		
Oui	<b>66</b>	<b>28.08</b>
Non	<b>169</b>	<b>71.92</b>
<b>3. Croient que les plantes allergisantes sont une cause de leurs symptômes (n=235)</b>		
importante	<b>90</b>	<b>23.83</b>
peu importante	<b>89</b>	<b>37.87</b>
pas du tout importante	<b>56</b>	<b>38.30</b>

## 2.6. Impact de l'allergie respiratoire sur la qualité de vie

L'impact sur la qualité de vie est présenté au tableau 20. Il est intéressant de noter que 33.24%

des gens ont une atteinte assez sévère pour les obliger à s'absenter du travail ou de l'école. Une baisse d'efficacité dans les activités de la vie quotidienne affecte 21.1% des sujets. Enfin 35.54% des répondants ont déclaré avoir diminué volontairement leur temps de séjour à l'extérieur de la maison en

raison de leurs symptômes d'allergie, et 35 personnes évitent toutes activités en plein air (sports, promenade, jardinage) surtout durant les crises allergiques.

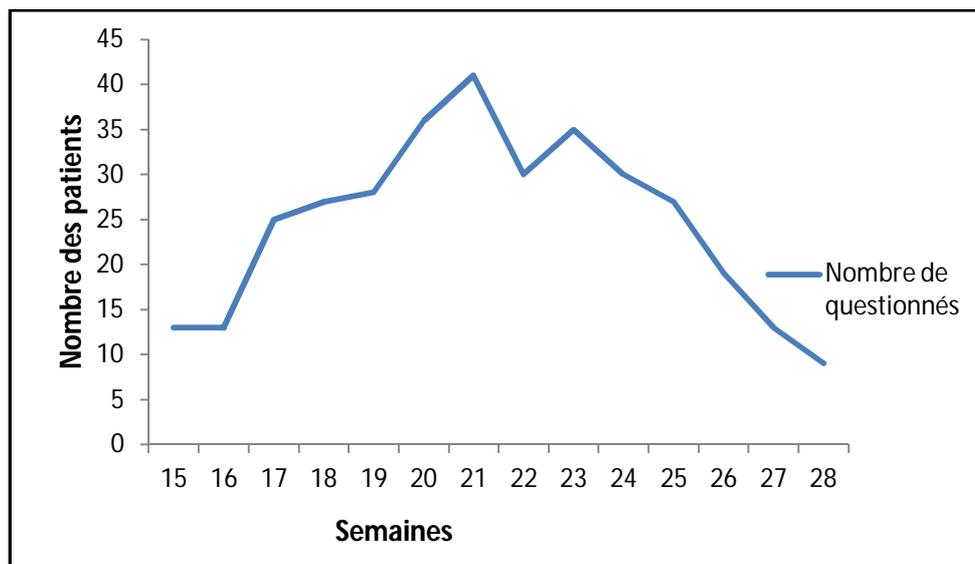
**Tableau 20.** Impact sur la qualité de vie

	Echantillon (n=346)	
	Nombre	Pourcentage %
Absentéisme du travail ou de l'école	115	33.24
Baisse d'efficacité dans les activités de la vie quotidienne	73	21.1
Diminution volontaire du temps passé dehors	123	35.54
Diminution des activités de plein air (sports, promenade, jardinage)	35	10.12

### 2.7 Comparaison entre le contenu pollinique et le nombre des questionnés

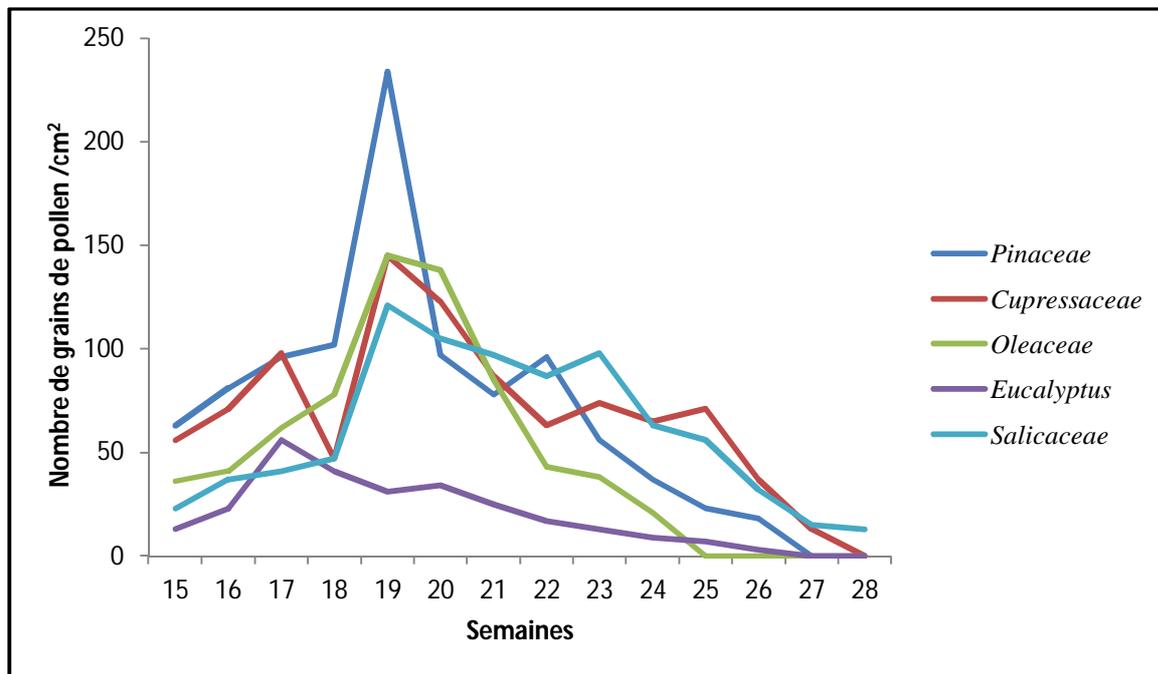
La figure de la répartition des patients allergiques qui ont été consulté pour la totalité des symptômes allergiques, montre 2 pics correspondant aux semaines 21 et 23. D'autre part, à partir de la semaine 25, le nombre de patients allergiques consultant diminue significativement (Figure 37).

Les concentrations polliniques hebdomadaires les plus fortes de pollen d'arbres et des arbustes (*Pinaceae*, *Cupressaceae*, *Oleaceae*, *Salicaceae* et *Eucalyptus sp.*) sont situées entre les semaines 19 et 20. Un pic est observé pendant la semaine 19 pour les pollens des *Pinaceae*, des *Oleaceae* et des *Salicaceae*. Une semaine plus tard (semaine 20), l'optimum du pollen des *Cupressaceae* est atteint (242 grains de pollen/cm<sup>2</sup>) (Figure 38). Pour le pollen des *Poaceae* (Figure 39), on remarque que les concentrations polliniques commencent à augmenter à partir de la semaine 17, et s'estompent à partir de la semaine 28. Les taux de pollen des *Poaceae* ont été les plus élevés pendant les semaines 18 et 19 (entre 493 et 517 grains de pollen/cm<sup>2</sup>).



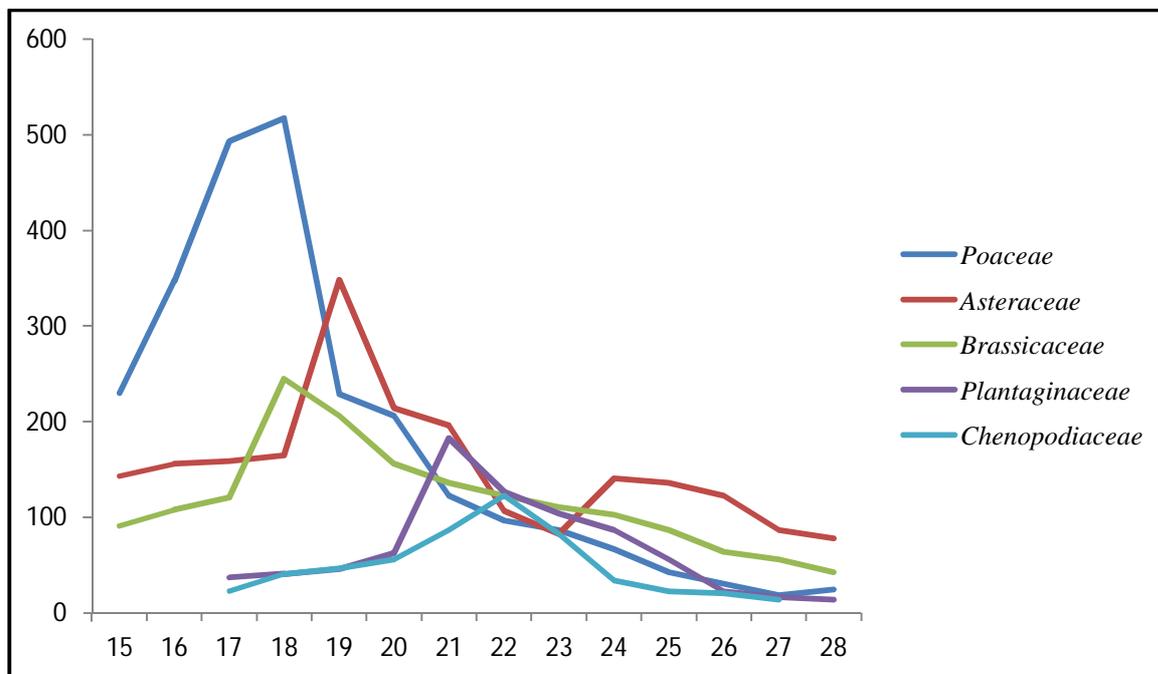
**Figure 37.** Evolution du nombre d'allergiques durant la période d'étude (de 1<sup>er</sup> avril au 28 juin).

Les autres taxons polliniques (*Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Plantaginaceae* et *Chenopodiaceae*) présentent des pics de recueil pollinique pendant les semaines 19, 20, 21, 22 et 24. À partir de la



semaine 25, cette catégorie présente une diminution significative dans la concentration pollinique.

**Figure 38.** Evolution des concentrations atmosphériques de pollen d'arbres et d'arbustes (*Pinaceae*, *Cupressaceae*, *Oleaceae*, *Eucalyptus* et *Salicaceae*) sur l'ensemble de la période d'étude.



**Figure 39.** Evolution des concentrations atmosphériques de pollen des herbacées (*Poaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Plantaginaceae* et *Chenopodiaceae*) sur l'ensemble de la période d'étude.

Le tableau 21 montre les coefficients de corrélation (coefficient de Spearman) entre le nombre des grains de pollen, le nombre des consultations et les symptômes allergiques.

**Tableau 21.** Corrélations entre le nombre de consultations, les symptômes et le nombre des grains de pollen des principales familles pendant la période d'étude.

Espèces	Nombres des consultations	Eternuements	Écoulements	Picotement du nez	Congestion nasale
<i>Pinaceae</i>	0.03	-0.12	0.09	0.10	-0.13
<i>Cupressaceae</i>	0.62*	-0.13	0.03	0.42	0.43
<i>Oleaceae</i>	0.24	-0.10	-0.22	0.01	0.12
<i>Salicaceae</i>	-0.5	0.15	0.12	0.06	-0.23
<i>Eucalyptus sp.</i>	0.06	-0.18	0.27	0.41	0.02
<i>Poaceae</i>	0.52*	-0.12	0.38	0.50*	0.13
<i>Asteraceae</i>	0.32	0.52*	-0.07	-0.30	0.41
<i>Brassicaceae</i>	-0.45	-0.18	-0.16	0.01	-0.12
<i>Plantaginaceae</i>	0.27	0.23	0.64*	-0.13	0.38
<i>Chenopodiaceae</i>	0.18	0.22	0.10	-0.30	-0.42

\* : p= 0.05

Le nombre de consultations est corrélé significativement avec les grains de pollen des *Poaceae* ( $r=0.52$  ;  $p=0.05$ ) et le nombre de grains de pollen des *Cupressaceae* ( $r=0.62$  ;  $p=0.05$ ). Pour les symptômes allergiques, les éternuements ont été corrélés significativement avec les pollens des *Asteraceae* ( $r=0.52$  ;  $p=0.05$ ), l'écoulement est corrélé significativement avec les pollens des *Plantaginaceae* ( $r=0.64$  ;  $p=0.05$ ), le picotement du nez est corrélé significativement avec les grains de pollen de *Poaceae* ( $r=0.50$  ;  $p=0.05$ ).

### 3. DISCUSSION

La méthode utilisée permet d'obtenir une bonne représentativité de l'ensemble de la population étudiée. Le questionnaire a été présenté aux personnes interrogées comme une étude sur l'allergie sans apporter plus de précision.

Le taux de prévalence (nombre de cas d'allergie présents rapportés par rapport à la population étudiée) calculés estime la prévalence durant la période d'étude. Une autre étude effectuée aux États-Unis estime qu'entre 10 et 30 % des adultes et jusqu'à 40 % des enfants sont affectés par les allergènes spécifiques au rhume des foins (Carinanos *et al.*, 2002)

Une enquête a été réalisée, en France, en 2007, sur la base de questionnaires, auprès de 4025 patients souffrant de rhinite allergique (moyenne d'âge de 37,1 ans). D'après les déclarations des patients, 29,6 % étaient allergiques à la poussière domestique, 25 % au pollen de graminées et 9 % aux animaux de compagnie. L'allergie au pollen de cyprès était plus importante dans le Sud-est, alors que celle au pollen de graminées l'était dans l'Ouest et celle au pollen de bouleau (*Betula* sp.) dans le Nord de la France (Truong van ut *et al.*, 2012). Dans une étude menée en 2001, dans 6 pays européens, chez des adultes de plus de 18 ans. La prévalence de la rhinite allergique, en France, confirmée par un test allergologique était de 24,5 %. Le plus faible taux était en Italie (16,9 %) et le plus fort, en Belgique (28,5 %). La prévalence de la sensibilisation aux pneumallergènes parmi les sujets atteints de rhinite allergique, s'établissait comme suit : pollens de graminées 52 %, acariens 49 %, pollen d'arbres 33 %, pollen de mauvaises herbes (armoïse, pariétaires...) 27 %, phanères d'animaux 26 %, moisissures 10%. 63 % était sensibilisé à au moins un allergène du milieu extérieur, 55% à au moins un allergène du milieu intérieur et 34 % à, au moins un allergène des milieux extérieur et intérieur (Bauchau et Durham, 2004).

Plusieurs études épidémiologiques discutent le problème d'allergie pollinique Fajraoui *et al.* (2005) en Tunisie, Charpin *et al.* (1993) en France . Mais chaque étude utilise une méthode différente. Ainsi dans l'étude de Neukirch *et al.* (1995), réalisée dans trois villes françaises (Paris, Grenoble, Montpellier) par une enquête par voie postale, la prévalence cumulée était de 30.8%.

Dans une autre enquête épidémiologique menée en France, de 1994 à 2006 (Demers, 2013), la prévalence est estimée au plus à 7 % chez les enfants de 6-7 ans, 20 % chez les enfants de 9 à 11 ans, 18 % chez les adolescents de 13-14 ans et 31 à 34 % chez les adultes.

La sensibilisation aux pollens se traduit habituellement par une rhinite dénommée rhume des foins souvent associé à une conjonctivite plus rarement à un asthme (Rodriguez-Rajo *et al.*, 2010). La prévalence de la sensibilisation aux pollens varie selon la population étudiée (générale, ou avec symptômes d'asthme, de rhinite ou de conjonctivite), les régions géographiques et les critères retenus pour son diagnostic. Dans une population de sujets atteints d'asthme et/ou rhinite et/ou conjonctivite, la prévalence de la sensibilisation aux pollens est élevée allant de 64.6% à 85% (Canuel et Lebel, 2012). En Tunisie ce taux est de 18% (Benzarti *et al.*, 1998), au Maroc, la prévalence des sensibilisations aux pollens est 28% (Alaoui Yazidi *et al.*, 2001).

## CONCLUSION

La présente enquête a permis d'estimer la prévalence des symptômes d'allergie respiratoire chez les résidents de la ville de Annaba. A la présence de pollen des plantes dans l'environnement, la prévalence des symptômes allergiques se situerait soit à 5,6% (estimée à partir de la proportion de répondants qui ont une allergie pollinique confirmée par un test cutanée), soit à 8,9% (estimée à partir

de la proportion de répondants qui se disent allergiques aux pollens), soit à 11,2% (estimée à partir de la proportion de répondants qui disent présenter des symptômes d'allergie respiratoire, durant la grande saison pollinique).

La distribution par âge des répondants confirme que ce sont les personnes âgées entre 25 et 44 ans qui composent une grande partie la population souffrant d'allergie respiratoire. De plus, il s'agit d'individus scolarisés, 54,8% ayant au moins un niveau d'étude moyenne.

Cette dernière donnée peut être interprétée de différentes façons. Il est possible que les individus scolarisés aient plus tendance à participer à des enquêtes ou qu'ils soient plus enclins à faire un lien entre leurs symptômes et la présence d'allergie.

Bien sûr, dans ce type d'enquête, nous ne pouvons confirmer la présence d'allergie respiratoire par des tests diagnostiques.

Plusieurs éléments permettent cependant de conclure que le phénomène que nous avons étudié est bien de nature allergique. Premièrement, les répondants rapportent des symptômes compatibles avec de l'allergie respiratoire (congestion nasale, éternuements, écoulement nasal clair, picotements du nez, larmoiement et brûlement des yeux). Deuxièmement, la moitié des sujets déclarent avoir passé des tests d'allergie. Troisièmement, 76,5% des personnes interviewées disent connaître la cause de leurs allergies. Enfin, les deux allergènes les plus fréquemment rapportés, soit les pollens et la poussière, correspondent à ce qu'on retrouve dans la littérature comme premières causes de rhinite allergique (Bauchau and Durham, 2004 ; Breton *et al.*, 2006).

Des données complémentaires sur le revenu de ces individus et la durée de l'absentéisme auraient permis de calculer les coûts liés à la perte de productivité. Finalement, la baisse d'efficacité ressentie par près de 50% des personnes allergiques se traduit également par une atteinte à leur qualité de vie.

Le recours à la profession médicale demeure la forme de thérapie la plus recherchée: 20,0% des personnes interviewées ont consulté un médecin pendant la phase aiguë de leur maladie.

Moins de 2% des sujets ont consulté la médecine douce. La consommation de médicaments pour soulager les symptômes ou traiter les infections concomitantes est répandue. Ainsi, 65,4% des personnes consultées ont pris, sur une base régulière, le médicament recommandé. À ceci s'ajoutent les médicaments achetés sans ordonnance. À cet égard, 45,7% des répondants ont pris, occasionnellement, un médicament de leur choix, 15,4% en ont pris deux.

Concernant les connaissances sur les plantes allergisantes, il ressort que plus de 90% des répondants ont entendu parler de pollen allergisant. Quant à la perception qu'ils ont du rôle de cet allergène dans l'apparition de leurs symptômes, il convient de rappeler que 30,7% des personnes allergiques croient

que les pollens allergisants sont une cause importante de leur maladie et 20,0% qu'ils sont une cause moins importante.

Par ailleurs, il convient de souligner les limites de l'approche méthodologique utilisée pour atteindre nos objectifs. L'enquête est un moyen rapide et relativement peu coûteux qui permet d'estimer la fréquence d'un phénomène au sein d'une population.

## Conclusion générale et perspectives

La naissance de l'aéropalynologie a montré qu'elle pouvait avoir plusieurs intérêts : bien comprendre la biologie des espèces qui pollinisent grâce à l'air, établir la relation entre la pollinisation et la production de fruits dans des espèces agricoles ou d'intérêt forestier, élaborer les spectres et calendriers sporopolliniques dans l'étude des allergies.

Notre objet central est le pollen dans l'air. Notre attention s'est portée en priorité sur les facteurs qui déterminent la diversité quantitative des pollens dans les aérosols atmosphériques. Parmi eux la composition de la végétation et les facteurs météorologiques.

Nous avons étudié le couvert végétal de trois sites : Annaba, El-Hadjar et Dréan. Cette étude a révélé sa richesse et sa diversité en familles végétales, notamment celles dont les pollens sont connus pour leur allergénicités. L'étude nous a permis de compter 57 familles appartenant aux deux groupes végétaux (Gymnospermes et Angiospermes). Ces familles sont présentes dans la flore de Quézel et Santa (1962-1963). Les *Poaceae* ont été classée en première position avec 45 espèces, les *Asteraceae* en deuxième ordre (39 espèces) et les *Fabaceae* en troisième position (20 espèces). Parmi les 57 familles botaniques inventoriées dans les trois villes, nous avons compté 19 familles allergisantes soit 33.33% de l'ensemble des familles végétales (38 familles non allergisantes). Les familles botaniques les mieux représentées renferment presque le tiers des espèces (76 espèces soit 30.5% des espèces inventoriés).

Pour les sites étudiés, la ville de Dréan est classée en première position avec 235 espèces soit un taux de 94.4%, en deuxième ordre, arrive la ville d'El-Hadjar avec 180 espèces (72.3%) et en dernière classe vient la ville de Annaba avec 167 espèces et un taux de 67.1%.

En comparant le couvert végétal avec le contenu pollinique dans les trois sites, nous avons trouvé que :

- Le contenu pollinique de la ville de Annaba, compte 22 familles végétales, et le couvert végétal dénombre 19 familles (17 familles allergisantes et deux familles à pollinisation mixte). On remarque la présence de trois familles entomophiles, les *Brassicaceae*, les *Asteraceae* et les *Apiaceae*.

- Le contenu pollinique d'El-Hadjar comprend 19 familles végétales, nous avons remarqué l'absence des familles, les *Urticaceae*, les *Cyperaceae*, les *Polygonaceae* et les *Juncaceae*, malgré leur présence dans le couvert végétal.
- Le contenu pollinique de la ville de Dréan est le moins riche avec 15 familles végétales, nous avons observé l'absence des familles, *Urticaceae*, *Rosaceae*, *Cyperaceae* et *Juncaceae*.

Nous avons remarqué la présence des familles comme les *Betulaceae* et les *Ericaceae* et les *Casuarinaceae* pour El-Hadjar, dans le contenu pollinique atmosphérique, et leur absence dans le couvert végétal.

Les concentrations de pollens dans l'air dépendent de différents facteurs qui peuvent causer d'importantes variations dans le temps et dans l'espace. Nous avons remarqué que la situation géographique a une influence sur la composition qualitative et quantitative de l'atmosphère pollinique.

Les principales familles détectées dans l'atmosphère de Annaba sur la période 2007-2009 sont les *Poaceae*, les *Asteraceae*, les *Brassicaceae*, les *Pinaceae*, les *Cupressaceae*, et les *Ericaceae*. Parmi cette liste, les plus allergisants sont les *Poaceae*, les *Cupressaceae* et les *Asteraceae*. Il convient de noter la présence de pollens d'*Urticaceae*, certes en quantité limitée, mais non anecdotique.

L'étude aéropalynologique de l'atmosphère de la ville de Annaba durant trois saisons successives (2007,2008 et 2009) , nous a permis d'identifier 21 familles et un genre. Les pollens d'herbacées représentent 61.72% du spectre global annuel, Les pollens d'arbres représentent 37 %, et les pollens non déterminés constituent 1.28% de la récolte pollinique totale. Le flux pollinique annuel présente donc un pourcentage d'herbacées supérieur à celui des arbres.

En revanche, on remarque que le début et la fin de la pollinisation, pour un taxon donné, varient d'une année à l'autre. Afin d'expliquer ces fluctuations interannuelles, qualitatives et quantitatives, de la pollinisation, il serait nécessaire de les comparer avec les variations de quelques paramètres météorologiques : les précipitations, l'humidité relative, les températures moyennes, minimales et maximales et la vitesse de vent.

Le dénombrement des pollens de l'air, réalisés à Annaba, nous a permis la réalisation de calendriers polliniques. Ils mentionneraient par taxon la moyenne mensuelle de la charge de pollen.

L'enquête sur l'allergie pollinique a permis d'estimer la prévalence des symptômes d'allergie respiratoire chez les résidents de la ville de Annaba. A la présence de pollen des plantes dans l'environnement, la prévalence des symptômes allergiques se situerait soit à 5,6% (estimée à partir de la proportion de répondants qui ont une allergie pollinique confirmée par un test cutané), soit à 8,9% (estimée à partir de la proportion de répondants qui se disent allergiques aux pollens), soit à 11,2% (estimée à partir de la proportion de répondants qui disent présenter des symptômes d'allergie respiratoire, durant la grande saison pollinique).

L'allergie au pollen est une maladie dite environnementale, c'est-à-dire qu'elle est liée à l'environnement de la personne et non à un agent infectieux. Pour cette raison, elle doit être traitée de manière environnementale qui est le seul moyen de faire de la vraie prévention. La conception des plantations urbaines est un élément central de la problématique de l'allergie pollinique en ville. C'est pourquoi il doit s'engager une réflexion pour mettre en accord les objectifs de végétalisation des villes et la question des allergies aux pollens. Parmi les propositions nécessaires sont :

- Ne pas planter les espèces allergisantes, et éviter qu'elles se retrouvent en quantité trop importante à un endroit donné.
- Instaurer de la diversité dans les aménagements paysagers permet tout simplement de diminuer la concentration de pollens d'une même espèce dans l'air. Selon le potentiel allergisant, le degré de diversité nécessaire à réduire le risque d'allergie varie.
- Entretenir des espèces allergisantes. En effet, une taille régulière empêche les fleurs d'apparaître et ainsi diminue la quantité de grains de pollen émise dans l'air. Par exemple, une haie de cyprès taillée à l'automne, produira moins de fleurs et donc moins de grains de pollen l'année suivante.
- Tondre la pelouse empêche les mauvaises herbes (graminées) qui s'y trouvent de fleurir et donc de devenir allergisantes.
- Diversifier les espèces en limitant les plantes allergisantes, permet de diminuer le risque d'allergie et rend aussi le patrimoine végétal moins sensible, en remplacent les espèces allergisantes par des plantes entomophiles comme : *Sophora japonica* L., *Celtis occidentalis* L., *Sambucus nigra* L., *Ginkgo biloba* L., *Rhamnus alaternus*...

La présente étude n'étant qu'une première approche, elle doit être affinée sur plusieurs points. Il serait, par exemple, intéressant de détailler pour les principaux taxons, puis pour les arbres et les herbacées, les corrélations entre les sites, afin de voir si les variables concernées varient

de la même façon. L'introduction, dans une nouvelle analyse, d'autres méthodes et appareils ; la méthode volumétrique, par exemple, et d'autres taxons d'herbacées (*Chenopodiaceae*) et d'arbres (*Quercus*) permettraient de compléter la présente étude.

On retiendra que les flux polliniques et les pollinoses associées sont des phénomènes multifactoriels. Leurs variabilités chronologiques en un endroit donné ne peuvent être comprises, et par suite prévues, sans une analyse intégrée de tous les paramètres caractérisant l'état de l'atmosphère. On saisit là l'impérieuse nécessité d'une collaboration du météorologiste avec le palynologue et l'allergologue.

Enfin, dans une perspective de surveillance des allergies respiratoires, il serait important de pouvoir compter sur des statistiques permettant de distinguer les allergies saisonnières des allergies chroniques, de documenter les allergènes mis en cause (pollen, acariens, moisissures) et le cas échéant, de coupler ces renseignements avec des variables météorologiques et climatiques (température, humidité, vitesse des vents). La mise à jour de la distribution des plantes allergisantes, tant en milieu urbain qu'en milieu rural ([Ibiapina et al., 2008](#)), sa cartographie ([Jacques et al., 2009](#)) et le développement d'un modèle bioclimatique prédisant leurs développements végétatifs ([Benoit et Bourgeois, 2007](#)) pourraient aussi s'avérer utiles.

## Références bibliographiques

- 1. Abou Chakra, O. 2009.** Allergénicité des Granules Cytoplasmiques de Pollen Allergenicity of Pollen Cytoplasmic Granules. Thèse de Doctorat, Ecole Doctorale Abies (Paris), 200p.
- 2. Abou Chakra, O. Lacroix, R. Sénéchal, G. et Thibaudon, M. 2010.** Synergie pollen-polluants et rôle des facteurs météorologiques sur le risque de pollinose : évolution des consultations dans la région amiénoise pendant la saison pollinique 2007. Rev. Fr. Allergol., 50: 443-449.
- 3. Adams-Groom, B. Emberlin, J. Corden, J. Millington, W. and Mullins, J. 2002.** Predicting the start of the birch pollen season at London, Derby and Cardiff, United Kingdom, using a multiple regression model, based on data from 1987 to 1997. Aerobiologia 18:117-123.
- 4. Aira, M. J. Jato, V. et Iglesias, I. 1998 .** *Alnus* and *Betula* pollen content in the atmosphere of Santiago de Compostela, North- Western Spain (1993- 1995). Aerobiologia, 14: 135-140.
- 5. Alaoui Yazidi, A. Nejari, C. et Bartal, M. 2001.** La sensibilisation cutanée au Maroc. Rev. Mal. Respir 18: 523-529.

- 6. Alcazar, P. Galan, C. Carinanos, P. et Dominguez-Vilches, E. 1999.** Diurnal variation of airborne pollen at two different heights. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 9(2): 85–89.
- 7. Alcazar, P. Galan, C. Carinanos, P. and Dominguez-Vilches, E. 2000.** Effects of sampling height and climatic conditions in aerobiological studies. *J. of International Allergology and Clinical Immunology*. Vol. 9 (4): 253-261.
- 8. Alcazar, P. Stach, A. Nowak, M. and Galan, C. 2009.** Comparison of airborne herb pollen types in Cordoba (Southwestern Spain) and Poznan (Western Poland). *Aerobiologia*, 25 :55-63.
- 9. Altunoglu, M. K. Toraman, E. Temel, M. Bicakci, A. and Kargioglu, M. 2010.** Analysis of airborne pollen grains in Konya, Turkey, 2005. *Pak. J. Bot.*, 42(2): 765-774.
- 10. Alwadie, H. M. 2008.** Pollen concentration in the atmosphere of Abha city, Saudi Arabia and its relationship with meteorological parameters. *Journal of Applied Sciences* 8(5):842-884.
- 11. Aouadi, A. Khaznadar, M. et Aouadi, H. 2010.** La relance du chêne –liège dans le plan national de reboisement en Algérie. Leçon tirée des résultats du terrain. *Forêt méditerranéenne* T. 31(1) :45-54.
- 12. Arobba, D. Guido, M. A. Minale, P. Montanari, C. Placereani, S. et Pracilio, S. 2000.** Airborne pollen in Genoa (N.W. Italy): a comparison between two pollen-sampling stations. *Aerobiologia*, 16 :233–243.
- 13. Azzouz, F. 2006.** Etude de l’atmosphère pollinique de la région d’El-Hadjar. Mémoire de Magistère. Dpt. de Biologie, Université de Annaba, 102p.
- 14. Barral, S. Oliver, G. Bordenave, L. Dusseaux, Bex-Capelle, M.V. Squinazzi, F. Thibaudon, M. 2009.** Contenu pollinique de l’air à Paris : Etude de la représentativité du site Pasteur de 2003 à 2007. *Pollution Atmosphérique* 201: 79-89.
- 15. Barthélemy, L. 1988.** Le prélèvement quantitatif des pollens atmosphériques. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique et biologie végétale*. 13<sup>ème</sup> série, 9 : 63-66.
- 16. Bauchau, V. and Durham, S.R. 2004.** Prevalence and rate of diagnosis of allergic rhinitis in Europe. *Eur Respir J.* 24: 758–764.
- 17. Becila-Korteby H. Abed, L. et Larbaoui, D. 1988.** Influence des facteurs météorologiques sur la pluie pollinique des Graminées de la région algéroise, *Annales des sciences naturelles. Botanique et Biologie Végétale*. 13 (9) : 67-71 .
- 18. Beggs, P.J. 2010.** Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7 (8): 3006-3021.

- 19. Belmonte, J. 2012.** Influence of temperature, rainfall and wind trends on grass pollination in Malaga (Western Mediterranean coast). Agricultural and Forest Meteorology. Agr Forest Meteorol , 150 (7): 931-940.
- 20. Benlakhlef, B. 2009.** L'aire métropolitaine, un nouveau champ d'analyse de la ville algérienne. L'exemple d'Annaba. Penser la ville - approches comparatives. German Journal for Politics and Economics of the Middle East, 1: 259-276.
- 21. Benoit, D. and Bourgeois, G. 2007.** Un modèle bioclimatique pour prédire le développement végétatif de l'herbe à poux, Le flash herbe à poux, 8(3) : 1-2.
- 22. Benzarti, M. Jerray, M. Garrouch, A. et Klabi, N. 1998.** Sensibilisation cutanée aux pneumallergènes courants dans une population générale de la région de Sousse. Annuel Meeting Interasma Marrakech 52: 26-27.
- 23. Bieberdorf, F.W. Gross, A.L. and Weichlein, R. 1961.** Free amino acids content of pollen. Ann Allergy; 19: 869-876.
- 24. Bilisik, A. 2008.** Airborne Pollen Grains in Savastepe (Balikesir). Ekoloji, 67: 8-14.
- 25. Boehm, G. and Leuschner, R. M. 1989.** Les polluants aériens à diverses altitudes. Revue Internationale de Pédiatrie 193: 23- 33.
- 26. Bogawski, P. Grewling, L. Nowak, M. Smith, M. and Jackowiak, B. 2014.** Trends in atmospheric concentrations of weed pollen in the context of recent climate warming in Poznan (Western Poland). Int J Biometeorol 58:1759–1768.
- 27. Bonnefille, R. 1971.** Atlas des pollens d’Ethiopie, principales espèces des forêts de montagne. Pollen et Spores, 13 (1): 15-72.
- 28. Bonnemain, J. L. et Dumas, Ch. 1998.** La biologie végétale. Collection, que sais- je?, Ed. Presses Universitaires de France. 127 p.
- 29. Boughediri, L. 1994.** Le pollen de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) Approche multidisciplinaire et modélisation des différents paramètres en vue de créer une banque de pollen. Thèse de Doctorat. Université Paris 6. Spécialité botanique tropicale. 158p.
- 30. Bousquet, J. Cour, P. Guérin, B. et Michel, F.B. 2001.** Allergenic rhinitis and its impact on asthma, J. allergy and pollinosis of Montpellier, 14: 249 - 258.
- 31. Bousquet, J. N. Khaltayev, A.A. Cruz, J. Denburg, W.J. Fokkens, A. Togias, T. Zuberbier, C.E. Baena-Cagnani, G.W. Canonica, C. van Weel, I. Agache, N. Aït-Khaled, C. Bachert, M.S. Blaiss, S. Bonini, M. 2008.** Allergic Rhinitis and its Impact on Asthma (ARIA) 2008 update Allergy, 63 (86): 8-16.
- 32. Bouzebda, A. 2001.** Analyse pollinique et physicochimique des miels provenant des régions d’El- Taref, d’Annaba et de Guelma. Mémoire de magistère en Biologie végétale, Faculté des Sciences. Université de Annaba. 171p. (en arabe).

- 33. Breton, M.C. Garneau, M., Fortier, I. Guay, F. and Louis, J. 2006.** Relationship between climate, pollen concentrations of Ambrosia and medical consultations for allergic rhinitis in Montreal, 1994-2002. *Science of the Total Environment* 370:39–50.
- 34. Brisse, H. et Grandjouan, G. 1979.** Formulaire floristique des végétaux vasculaires de l'Algérie, d'après la Flore de Quézel et Santa (1962-1963). Institut de botanique de Strasbourg. 20 p.
- 35. Buisson, E. Dutoit, T. et Rolando, C. 2004.** Composition et structure de la végétation aux bordures entre friches post-culturelles et végétation steppique dans la plaine de Crau (Bouches-du-Rhône). *Ecologia Mediterranea*. 30(1) :71-84.
- 36. Burr, M. L. Emberlin, J. C. Treu, R. Cheng, S. Pearce, N. E. 2003.** Pollen counts in relation to the prevalence of allergic rhinoconjunctivitis, asthma and atopic eczema in the International Study of Asthma and Allergies in Childhood. *Clin. Exp. Allergy* 33:1675-1680.
- 37. Canuel, M. and Lebel, G. 2012.** Prévalence des symptômes et du diagnostic de la rhinite allergique chez les 15 ans et plus. Institut national de santé publique du Québec, 51 p.
- 38. Carinanos, P. Galan, C. Emberlin, J. and Dominguez- Vilches, E. 2000.** Comparison of two pollen methods of slides from a Hirst type volumetric trap. *Aerobiologia* 16: 339- 346.
- 39. Carinanos, P. Sanchez-Mesa, J.A. Prieto-Baena, J.C. Lopez, A. Guerra, F. Moreno, C. Dominguez, E. et Galan, C. 2002.** Pollen allergy related to the area of residence in the city of Cordoba, South-West Spain, *Journal of Environmental Monitoring*, 4 (5):734-738.
- 40. Carinanos, P. Alcazar, P. Galan, C. and Dominguez, E. 2003.** Privet pollen (*Ligustrum sp.*) as potential cause of pollinosis in the city of Cordoba (Southwest Spain). *Allergy* 57: 92–97.
- 41. Carinanos, P. and Casares-Porcel, M. 2011.** Urban green zones and related pollen allergy: A review. Some guidelines for designing spaces with low allergy impact. *Landscape and Urban Planning* 101:205–214.
- 42. Cauneau- Pigot, A. 1988.** Biopalynological Study of *Lapageria rosea* and *Iris inguicularis*. Storage of pollen. *Grana* 27: 297 – 312.
- 43. Celenk, S. Canitez, Y. Bicakci, A. Sapan, N. and Malyer, H. 2009.** An aerobiological study on pollen grains in the atmosphere of North-West Turkey. *Environ Monit Assess.* 158: 365-380.
- 44. Cerceau- Larrival, M. Th. 1959.** La clé de détermination des Ombellifères de France et d'Afrique du Nord d'après leurs grains de pollen. *Pollen et Spores*. 1 (2) : 145-190.
- 45. Cerceau- Larrival, M. Th. et Hideux, M. 1983.** Pollen de quelques plantes médicinales du Rwanda. Ed. Agence de Coopération Culturelle et Technique. Paris 62p.
- 46. Cerceau-Larrival, M. Th. et Derouet, L. 1986.** Recherches biopalynologiques sur *Dactylis glomerata* L. French- Swedish Symposium on Pollen of Cockfoot (*Dactylis glomerata* L.) and their environment. Stockholm, Sep. 17 -19 A.F.S. R. Report N<sup>o</sup> 51: 13 -18.

- 47. Cerceau- Larrival, M. Th. Carbonnier, M. C. Verhille, A. M. Peltre, G. et Senechal, H. 1993.** Le pollen et l'allergie. Rapport de projet de recherche entre le lab. de palynologie, (M.N.H.N.) Paris et l'Unité d'immuno-allergie de l'institut Pasteur, Paris 35p.
- 48. Chakraborty, P. Gupta-Bhattacharya, S. Chowdhury, I. Majumdar, M. R. et Chanda, S. 2001.** Differences in concentrations of allergenic pollens and spores at different heights on an agricultural farm in West Bengal, India. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 8:123–130.
- 49. Charpin, J. et Surinyach, R. 1974.** Atlas Européen des pollens allergisants (Français-Anglais). Ed. Sandoz, Paris. 229p.
- 50. Charpin, D. Hughes, B. Mallea, M. Sutra, J.P. Blansard, G. and Vervleot, D. 1993.** Seasonal allergic symptoms and their relation to pollen exposure in South-East France. *Clinical and Experimental Allergy*, 23: 435-439.
- 51. Charpin, D. et Caillaud, D. 2014.** Épidémiologie de l'allergie pollinique. *Revue des Maladies respiratoires*, 36 : 123-131.
- 52. Chlopek, K. 2007.** Grass pollen (*Poaceae*) in the air of Sosnowiec (Poland), 1997-2006. *Acta Agrobotanica* 60 (2): 79–86.
- 53. Chuine, I. and Belmonte, J. 2004.** Improving prophylaxis for pollen allergies: Predicting the time course of the pollen load of the atmosphere of major allergenic plants in France and Spain. *Grana* 43: 65–80.
- 54. Clot, B. 2001.** Airborne birch pollen in Neuchâtel (Switzerland): onset, peak and daily patterns. *Aerobiologia*, 17: 25-29.
- 55. Clot, B. 2003 a.** Trends in airborne pollen: an overview of 21 years of data in Neuchatel (Switzerland). *Aerobiologia* 19: 227-234.
- 56. Clot, B. 2003 b.** Aérobiologie: Plantes, Pollen, Allergies. Jardin botanique de l'Université et de la ville de Neuchâtel. Rapport : 123- 127.
- 57. Clot, B. 2007.** Pollen dans l'air du plateau suisse. Paramètres climatiques et nouveaux risques pour les allergies. Thèse de doctorat és Sciences. Université de Neuchâtel, 102p.
- 58. Comtois, P. 1995.** The experimental research of Charles H. Blackley. *Aerobiologia*, 11: 63-68.
- 59. Comtois, P. et Gagnon, L. 2003.** Concentration pollinique et fréquence des symptômes de pollinose : une méthode pour déterminer les seuils cliniques. *Revue française d'allergologie* 36 : 123-240.
- 60. Comtois, P. et Kuechne, E. 2006.** Abstracts of 8<sup>th</sup> International Congresson Aerobiology, Neuchatel, Switzerland, pp: 13.

- 61. Corden, J. Stach, A. and Millington, W. M. 2002.** A comparison of *Betula* pollen seasons at two European sites; Derby, United Kingdom and Poznan, Poland (1995–1999). *Aerobiologia* 18:45-53.
- 62. Cour, P. 1974.** Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques : Etude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol. *Pollen et Spores*, 16 : 103- 141.
- 63. Cour, P. et Van compo, M. 1980.** Agronomie, Prévision de récoltes à partir de l'analyse du contenu pollinique de l'atmosphère. *C. R. Acad. Sc. Paris, T. 290, série D.* 1043- 1046.
- 64. Cour, P. Seignalet, C. Guerin, B. Mayrand, L Nilsson, S. and Michel, F.B. 1980.** Inter-regional studies of pollen indice from Lapland to North Africa. *Proceeding of 1<sup>st</sup> international Conference on Aerobiology, Munich, Berlin.* 61- 80.
- 65. D'Amato, G. Cecchi, L. Bonini, S. Nunes, C. Annesi-Maesano, I. Behrendt, H. Liccardi, G. Popov, T. et Cauwenberge, P. 2007.** Allergenic pollen and pollen allergy in Europe. *Allergy*, 62: 976–990.
- 66. D'Amato, G. et Cecchi, L. 2008.** Effects of climate change on environmental factors in respiratory allergic diseases, *Clinical and Experimental Allergy: Journal of The British Society for Allergy And Clinical Immunology*, 38 (8): 1264-1274.
- 67. Davies, R.R. and Smith, L.P. 1973.** Forecasting the start and severity of the hay fever season. *Clinical Allergy*, 3: 263-267.
- 68. De Bélair, G. 2005.** Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, N.E. Algérie). *Ecologia Mediterranea*, 31(1): 83-100.
- 69. Defila, C. et Clot, B. 2001.** Phytophenological trends in different seasons, regions and altitudes in Switzerland. *Int. J. Biometeorol* 45: 203-207.
- 70. DellaValle, C. Triche, E. and Bell, M. 2012.** Spatial and temporal modeling of daily pollen concentrations. *International Journal of Biometeorology*, 56 (1): 183-194.
- 71. D.G.F, 2009.** Rapport annuel, direction générale de la Wilaya de Annaba. 12p.
- 72. Demers, I. 2013.** État des connaissances sur le pollen et les allergies : les assises pour une gestion efficace. *Institut national de santé publique du Québec.* 109 p.
- 73. Detandt, M. et Nolard, N. 1996.** The Belgian Pollen Phone Service: immediate and direct information to hay fever sufferers. *Aerobiologia*, 12(3): 201-203.
- 74. Diez, M.J. et Fernandez, I. 1989.** Identification d'Ericacées espagnoles. *Pollens et Spores.* 29 (3-4) : 215-227.
- 75. Dominici, F. McDerott, A. Zerger, S. L. Samat, J. M. 2003.** On the use of generalized additive models in time series studies of air pollution and health. *Am. J. Epidemiol*; 156 (3): 193-203.

- 76. Donadieu, Y. 1983.** Le pollen. Thérapeutique naturelle. 6<sup>ème</sup> édition Librairie Maloine S.A. Paris 97p.
- 77. Dopazo-Martinez, M. Jato-Rodriguez, V. et Aira-Rodriguez, M.J. 2002.** Allergenic pollen types in the atmosphere of Santiago de Compostela (North-Western of Spain): A pollen calendar for the last six year. *Botanica Helvetica* 110: 51-60.
- 78. Durham, O.C. 1946.** A proposed standard method of gravity sampling counting, and volumetric interpretation of results: *Journal of allergy*, 17 (2): 79-86.
- 79. Emberlin, J. et Norris-Hill, J. 1991.** Spatial variation of pollen deposition in north London, *Grana*, 30 (1):190-195.
- 80. Emberlin, J. Jaegar, E. Dominguez-Viches, E. et Galan, C. 2000.** Temporal and geographical variation in pollen season in areas of Western Europe. *Aerobiologia* 6: 373-379.
- 81. Erbas, B. Akram, M. et Dharmage, S.C. 2012.** The role of seasonal grass pollen on childhood asthma emergency department presentations. *Clin Exp Allergy* 42:799-805.
- 82. Erdtman, G. 1952.** Pollen morphology and plant taxonomy, angiosperms. Almqvist and Wiksell, Stockholm, 539p.
- 83. Faegri, K. and Iversen, J. 1964.** Textbook of Pollen Analysis. Munksgaard, Copenhagen, 2nd ed., 237 p.
- 84. Fajraoui, N. Charfi, M.R. Khouani, H., and Zbiba, M. 2005.** Épidémiologie des allergies aux pollens : à propos de 994 cas. *Revue des Maladies Respiratoires*, 22 :34-39.
- 85. Fardeau, M. F. 1999.** Commentaire sur les données aéropolliniques d'Aix-En-Provence. R.N.S.A. Ed. N.F. et G.F., Paris, 12- 13.
- 86. Felber, F. et Clot, B. 2003.** Dispersion du pollen et des graines, distribution des plantes. *In* : Felber, F., Clot, B., Leimgruber, A. et Spertini, F. (Eds) *Plantes, pollen, allergies*. Jardin botanique de l'Université et de la ville de Neuchâtel, 208p.
- 87. Fennane, M. Ibn Tattou, M. Ouyahya, A. et El Oualidi, J. 2007.** Flore pratique du Maroc. Vol II, Institut Scientifique, Université Mohammed V, Rabat. 558p.
- 88. Fuertes-Rofriguez, C.R. Gonzalez-Parrado, Z. Vega-Maray, A.M. Valencia-Barrera, R. M. and Fernandez-Gonzalez, D. 2007.** Effect of air temperature on forecasting the start of *Cupressaceae* pollen type in Ponferrada (León, Spain). *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 14:237-242.
- 89. Fornaciari, M. Galan, C. Mediavilla, A. Dominguez, E. and Romano, B. 2000.** Aeropalinological and phenological study in two different Mediterranean olive areas: Cordoba (Spain) and Perugia (Italy). *Plant Biosystems*, 134 (2): 199- 204.

- 90. Frenz, D.A. 2000.** Interpreting atmospheric pollen counts for use in clinical allergy: Spatial variability. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*, 84 (5):481-491.
- 91. Frenz, D. Melcher, S. Murray, L. et Sand, R. 1997.** A comparison of total pollen counts obtained 5.6 km apart, *Aerobiologia*, 13 (3): 205-208.
- 92. Galan, C. Alcazar, A. Carinanos, P. Garcia, H. et Dominguez-Vilches, E. 1999.** Meteorological factors affecting daily *Urticaceae* pollen counts in Southwest Spain. *Int. Biometeorol.* 43:191-195.
- 93. Galan, C. Garcia-Mozo, H., Carinanos P., Alcazar P. and Dominguez-Vilches E. 2001.** The role of temperature in the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in southwestern Spain. *International Journal of Biometeorology*, 45:8-12.
- 94. Garcia Mozo, H. Perez-Badia, R. Fernandez-Gonzalez, F. and Galan. C. 2006.** Airborne pollen sampling in Toledo, Central Spain. *Aerobiologia*, 22: 55-66.
- 95. Garneau, M. Breton, M.C. Guay, F. Fortier, I. Sottile, M. F. et Chaumont, D. 2006.** Hausse des concentrations des particules organiques (pollens) causée par le changement climatique et ses conséquences potentielles sur les maladies respiratoires des populations vulnérables en milieu urbain, Fonds d'action pour le changement climatique. *Aerobiologia*, 22 (1) : 11-22.
- 96. Gioulekas, D. Papakosta, D. Damialis, A. Spieksma, A. Giouleka, P. Patakas, D. Papakosta, A. Damialis, A. Spieksma, Giouleka, F. and Patakas, D. 2004.** Allergenic pollen records (15 years) and sensitization in patients with respiratory allergy in Thessaloniki, Greece. *Allergy* 59: 174–184.
- 97. Gonzalez-Parrado, Z. Fernandez-Gonzalez, D. Camazon, B. Valencia-Barrera, R. M. Vega-Maray, A. M. and Asturias, J. A. 2014.** Molecular aerobiology *Plantago* allergen Pla 11 in the atmosphere. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 21, 82–289.
- 98. Gorenflot, R. 1997.** Biologie végétale, Plantes supérieures : appareil reproducteur, 4<sup>ème</sup> édition, Edition Masson, 278p.
- 99. Gounot, M. 1969.** Méthode d'études quantitatives de la végétation. Masson Paris. 314 p.
- 100. Greuter, W. 1991.** Botanical diversity, endemism, rarity, and extinction in the Mediterranean area: An analysis based on the published volumes of Med-Checklist. *Bot. Chron.* 10 : 63–79.
- 101. Guérin, B. et Michel, F.B. 1993.** Pollen et Allergie. Edition Allerbio, Varennes-en-Agronne, 279p.
- 102. Guillerm, J. L. et Maillet, J. 1982.** Western Mediterranean countries of Europe. *in*: Holzner, W. & Numata, M. (eds.) *Biology and ecology of weeds*. 227-243.

- 103. Grewling, L. Jackowiak, B. Nowak, M. Uruska, A. and Smith, M. 2012.** Variations and trends of birch pollen seasons during 15 years (1996–2010) in relation to weather conditions in Poznan (western Poland). *Grana* 51(4): 280-292.
- 104. Heeywood, V.H. 1976.** Plant taxonomy. 2<sup>nd</sup> Edition. Edward Arnold, London, 63p.
- 105. Heller, R. 1982.** Abrégé de physiologie végétale. Tome II. Croissance et Développement. Ed. Masson, Paris .215p.
- 106. Hernandez-Ceballos, M. A. H. Garcia-Mozo, J. A. Adame, E. Domínguez-Vilches, B. A. De la Morena, J. P. Bolivar, et C. Galán, 2011.** Synoptic and meteorological characterization of olive pollen transport in Córdoba province (South-Western Spain). *Int. J. Biometeorol.* 55:17-34.
- 107. Hidalgo, P.J. Galan, C. and Dominguez, E. 1999.** Pollen production of genus *Cupressus*. *Grana* 38: 296- 300.
- 108. Hirst, J.M. 1952.** An automatic volumetric spore traps. *Annals of applied biology*, 39. (2):257-265.
- 109. Hyde, H.A. et Williams, D.A. 1944.** Palynology, *Nature*, London, 155-265.
- 110. Ianovici, N. 2007.** *Plantago* atmospheric pollen in the area of Timișoara in 2006-2007. *Annals of West University of Timișoara, Ser. Biology*, 10: 1-10.
- 111. Ibiapina, C. C. Sarinho, E. Carmagos, P. Andrade, C. and Cruz Filho, A. 2008.** Allergic Rhinitis: epidemiological aspects, diagnosis and treatment, *J Bras. Pneumol*, 34(4): 234-240.
- 112. Ickovic, M.R. Sutra, J.P. and Thibaudon, M. 1988.** Pollinosis symptoms compared to atmospheric pollen counts, from April 1<sup>st</sup> to July 30<sup>th</sup> 1987 in the Paris area. *Annales des Sciences Naturelles. Botanique et Biologie végétales.* 13<sup>ème</sup> série, tome 9 : 89-94.
- 113. Iglesias-Otero, M. A. Fernandez- Gonzalez, M. Rodriguez-Caride, D. Astray, G. Mejuto, J. C. and Rodriguez- Rajo, F. J. 2014.** A model to forecast the risk periods of *Plantago* pollen allergy by using the ANN methodology. *Aerobiologia* 30 (4): 31-42.
- 114. Jacques, L. Goudreau, S. Plante, C. Fournier, M. and Thivierge, R. L. 2008.** Manifestations allergiques associées à l'herbe à poux chez les enfants de l'île de Montréal. *Bulletin d'information en santé environnementale*, 20(2) : 6-8.
- 115. Jager, S. Nilsson, S. Berggren, B. Pessi, A. M. Helander, M. and Ramfjord, H. 1996.** Trends of some airborne tree pollen in the Nordic Countries and Austria, 1980-1993 - A comparison between Stockholm, Trondheim, Turku and Vienna. *Grana* 35:171-178.
- 116. Jato-Rodriguez, V. Iglesias Fernandez, J. Aira, J. and Rodriguez, M. 2001.** Atlas de pollen allergisants de Galicia (1993-1999). Ed. Xunta de Galicia. Espana. 224p.

- 117. Jato, M. V. Rodriguez-Rajo, F. J. Aira, M. J., Tedeschini, E. and Frenguelli, G. 2013.** Differences in atmospheric trees pollen seasons in Winter, Spring and Summer in two European geographic areas, Spain and Italy. *Aerobiologia*, 29: 263–278.
- 118. Juan, A. Mesa, S. Smith, M. Emberlin, J. Allitt, U. Caulton, E. and Galan, C. 2003.** Characteristics of grass pollen seasons in areas of Southern Spain and the United Kingdom. *Aerobiologia* 19: 243–250.
- 119. Kazi Tani, Ch. Le Bourgeois, T. et Munoz, F. 2010.** Aspects floristiques des adventices du domaine phytogéographique Oranais (Nord-Ouest algérien) et persistance d'espèces rares et endémiques. *Flora Mediterranea* 20 : 29-49.
- 120. Ketfi, L. 1999.** Etude aéropalynologique de l'atmosphère d'El-Hadjar, Annaba. Mémoire de magistère, Uni. Badji Mokhtar, Annaba. 193p. (en arabe).
- 121. Kramer, K. 1994.** Selecting a model to predict the onset of growth of *Fagus sylvatica*. *Journal of Applied Ecology*, 31: 172-181.
- 122. Laaidi, K. Laaidi, M. et Besancenot, P. J. 1997.** Pollen, pollinoses et météorologie. *La météorologie*, 8(20) : 41-56.
- 123. Laaidi, M. 2000.** La périodicité interjournalière des émissions polliniques, utilisation dans la gestion quotidienne des pollinoses par les malades. *Rev. Fr. Allerg. Immunol. Clin.* (40) : 597-605.
- 124. Laaidi, M. 2004.** Pollution biologique et santé, *Environnement, Risques et Santé*. 3(1) : 30- 38.
- 125. Laaidi, K. Laaidi, M. et Besancenot J.P. 2002.** Synergie entre pollens et polluants chimiques de l'air : les risques croisés. *Environnement, Risques & Santé*, 1(1) : 42-49.
- 126. Laine, A. 2000.** La palynologie. Ed. *Archeologia* (1): 43-45.
- 127. Le Floc'h, E. et Boulos, L. 2008.** Flore de Tunisie, Catalogue synonymique commenté. Le Floc'h (ed.), Montpellier. 461 p.
- 128. Le Floc'h, E. Boulos, L. et Véla, E. 2010.** Flore de Tunisie. Catalogue synonymique commenté de la flore de Tunisie, Banque Nationale de Gènes, Ministère de l'Environnement et du Développement Durable. Tunis. 500p.
- 129. Le Houérou, H.N. 1975.** Problèmes et potentialités des terres arides du Nord de l'Afrique *Options Méditer.*, 26: 17-36.
- 130. Le Houérou, H. N. 1995.** Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. *Diversité biologique, développement durable et désertisation, Options méditerranéennes, série B* (10) : 1-36.

- 131. Léon-Ruiz, E. Alcazar, P. Dominguez-Vilches, E. and Galan, C. 2011.** Study of *Poaceae* phenology in a Mediterranean climate. Which species contribute most to airborne pollen counts? *Aerobiologia* 27:37–50.
- 132. Leuschner, R.M. et Boehm, G. 1979.** A staining method for detection of protein in pollen and other particles in the air. *Current Concepts in Pollen- Spores and Biopollution Research*. 337- 341.
- 133. Leuschner, R. M. 1993.** Pollen. *Human Biometeorology*. Part II, Multi- Author Reviews, *Biometeorology* 35: 71-75.
- 134. Leuschner, R.M. Laaidi, M. et Besancenot, J.P. 2004.** Calendriers polliniques et prévisions de la date d'apparition des pollens dans l'air : intérêt dans la prévention des pollinoses, *Allergie Immunol.*, 32(4):174-178.
- 135. Leynaert, B. Neukirch, C. Liard, R. Bousquet, J. and Neukirch, F 2000.** Quality of life in allergic rhinitis and asthma. A population based of young adults. *Am J.Respir Crit Care Med*. 162 (4): 123-136.
- 136. Liccardi, G. and D'Almato, G. 2002.** The increasing trend of seasonal respiratory allergy in urban areas. *Allergy* ; 57 (71):35-38.
- 137. Maire, R. (1952-1987).** Flore de l'Afrique du Nord. 16 volumes. Ed. Le chevalier Paris. 1142p.
- 138. Mandal, J. Chakraborty, P. Roy, I. Chatterjee, S. and Bhattacharya, S.G. 2008.** Prevalence of allergenic pollen grains in the aerosol of the city of Calcutta, India: A two year study. *Aerobiologia*, 24: 151-164.
- 139. Matsouka, R. H. and Kaplan, R. 2008.** People needs in the urban landscape: analysis of landscape and urban planning contributions. *Landscape and Urban Planning*, 84, 7–19.
- 140. Maurizio, A. et Louveaux, J. 1961.** Pollen de plantes mellifères d'Europe II, *Pollen et Spores*. 3(2): 219 -246.
- 141. Meddour, R. 2010.** Bioclimatologie, Phytogéographie et Phytosociologie. Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie Djurgjuréenne. Thèse, Doc. Univ. Mouloud Maameri, Tizi-Ouzou, 152 p.
- 142. Mediouni, K., 2002.** Bilan taxonomique bibliographique des groupes systématiques de la flore continentale. Tome III. FEMPNUD Projet ALG/97/G31. Ministère d'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Algérie. 282 p.
- 143. Medjahdi, B. 2010.** Réponse de la végétation du littoral Oranais aux perturbations : cas des monts des Trara (Nord-Ouest de l'Algérie). Thèse de Doctorat en foresterie, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen 293p.

- 144. Melgar, M. Trigo, M. M. Recio, M. Docampo, S. Garcia-Sanchez, J. and Cabezudo, B. 2012.** Atmospheric pollen dynamics in Munster, north-western Germany: a three-year study (2004-2006). *Aerobiologia* 28:423-434.
- 145. Merioua, S. M. 2014.** Phyto-écologie et éléments de cartographie de la couverture végétale : cas du littoral d'Ain Temouchent. Thèse de doctorat, option : Management des écosystèmes forestiers et steppiques, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen 161p.
- 146. Moore, P. D. Webb, J. A. Collison, M. E. 1991.** Pollen analysis, 2nd edition, Blackwell Scientific Publications. 13- 32.
- 147. Mortureux, M. Clot, B. Caillaud, D. Charpin, D. Chauvel, B. Farrera, I. Khvorostynov, D. Laaidi, M. Meleux, F. Phamthi, N. Sénéchal, H. et Visez, N. 2014.** État des connaissances sur l'impact sanitaire lié à l'exposition de la population générale aux pollens présents dans l'air ambiant. Paris : ANSES, 56p.
- 148. Myres, N., Mittermeter, A., Mittermeter, G. 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
149. Nedjraoui, D. et Bédrani, S. 2008. La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Sciences de l'environnement*, 8 (1) : 114-127.
- 150. Necib, A. et Boughediri, L. 2012.** Le contenu pollinique de l'atmosphère de la région de Sidi Amar (Annaba, Algérie). 22<sup>èmes</sup> Journées Nationales de Biologie de la SSNT, 15-18 décembre, Hammamat, Tunisie, pp : 128.
- 151. Neukirch, F. Pin, I. Knani, J. Henry, C. Pison, C. Liard, R. Romazzini, S. and Bousquet, J. 1995.** Prevalence of asthma and asthma-like symptoms in three French cities. *Respiratory Medicine* 89(10) :685-692.
- 152. Obtulowicz, K. 1993.** Air pollution and pollen allergy. *Folia Med. Cracov*; 341: 121-128.
- 153. Olivereau, F. 2007.** Les plantes messicoles des plaines françaises, *Courrier de l'Environnement de l'I.N.R.A.* 28 :1-8.
- 154. Ong, E.K. Taylor, P.E. and Knox, R.B. 1997.** Forecasting the onset of the grass pollen season in Melbourne (Australia). *Aerobiologia*, 13: 43-48.
- 155. O.M.S. 2012.** Statistiques sanitaires mondiales 2012.
- 156. O.N.S. 2014.** Annuaire statistique de l'Algérie, résultats 2010-2012. Vol.30, 467p. ([www.ons.dz](http://www.ons.dz)).
- 157. Ozenda, P. 1977.** Flore du Sahara. Deuxième édition, CNRS, Paris, France. 622 p.
- 158. Pashley, C.H. Abbie F. Richard, E. John, P. Bailey, J. and Corden, M. 2010.** Reproducibility between counts of airborne allergenic pollen from two cities in the East Midlands, UK. *Aerobiologia* 30:23-35.

- 159. Pasqualini, S. Tedeschini, E. Frenguelli, G. Wopfner, N. Ferreira, F. D'Amato, G. and Ederli L. 2011.** Ozone affects pollen viability and oxidase release from *Ambrosia artemisiifolia* pollen. *Environ Pollut.*; 159: 2823-2830.
- 160. Peel, R. G. Orby, P. V. Skjoth, C. A. Kennedy, Schlünssen, R. Smith, V. Sommer, M. J. et Hertel, M. J. 2014.** Seasonal variation in diurnal atmospheric grass pollen concentration profiles. *Biogeosciences*, 11: 821–832.
- 161. Peeters, A.G. 2000.** Frost periods and beginning of the ash (*Fraxinus excelsior* L.) pollen season in Basel (Switzerland). *Aerobiologia*, 16:353-359.
- 162. Peltre, G. 1998.** Interrelation entre les pollens allergisants et la pollution de l'air. *Allerg Immunol*; 30: 324-336.
- 163. Penet, L. 2005.** Evolution de la morphologie du pollen chez les Angiospermes : sélection naturelle et/ou contraintes développementales. Thèse de Doctorat. Université de Paris 6 Orsay, 208p.
- 164. Pérez-Badia, R. Rapp, A. Morales, C. Sardinero, S. Galan, C. and García-Mozo, H. 2010.** Pollen spectrum and risk of pollen allergy in central Spain. *Ann. Agric. Environ Med.* 17:139–151.
- 165. Peternel, R. Hrga, I. Hercog, P. and Culig, J. 2005.** *Poaceae* pollen concentrations in the atmosphere of three Inland Croatian sites (2003–2004). *Coll. Antropol.* 29 (2): 671–676.
- 166. Peternel, R. Srnec, L. Culig, J. Hrga, I. and Hercog, P. 2006.** *Poaceae* pollen in the atmosphere of Zagreb (Croatia), 2002 – 2005. *Grana*; 45: 130–136.
- 167. Poittier-Alapetite, G. (1979-1981).** Flore de la Tunisie. Tome I : Angiospermes-dicotylédones. Apétales-Dialypétales. Tome II : Angiospermes-dicotylédones. Gamopétales. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Ministère de l'Agriculture, Tunis, Tunisie. 1190 p.
- 168. Pons, A. 1970.** Le pollen. Collections, que sais-je ? Edition Presse Universitaire de France. Paris. 128p.
- 169. Puc, M. and Puc, M. I. 2004.** Allergenic airborne grass pollen in Szczecin, Poland. *Ann Agric Environ Med*, 11: 237–244.
- 170. Quézel, P. 1964.** L'endémisme dans la flore de l'Algérie. *C.R. de la Soc. de Biogéogr.* 361 : 137-149.
- 171. Quézel, P. 1976.** Les Forêts du Pourtour Méditerranéen. Ecologie, Conservation et Aménagement. U.N.E.S.C.O. Note Tech. du M.A.B : 9-33.
- 172. Quézel, P. 1979.** La région méditerranéenne française et ses semences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen. *Revue Forêt méditerranéenne*, 1 : 7-18.

- 173. Quézel, P. 1991.** Structures de végétation et flore en Afrique du Nord: leurs incidences sur les problèmes de conservation. Actions édition. 19-32.
- 174. Quézel, P. 1995.** La flore du Bassin méditerranéen : origine, mise en place, endémisme. *Ecologia mediterranea* 21 (1-2) : 19-39.
- 175. Quézel, P. et Santa, S. 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I. Ed. du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 565p.
- 176. Quézel, P. et Santa, S. 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. Ed. du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris. 635p.
- 177. Quézel, P. et Bounaga, D. 1975.** Aperçu sur la connaissance actuelle de la flore d'Algérie et de Tunisie. Colloque International, CNRS. *Flora Mediterranea*, 235 : 125-130.
- 178. Quézel, P. et Médial, F. 1995.** La région circum-méditerranéenne, Centre Mondial Majeur de Biodiversité végétale. Institut Méditerranéen d'Ecologie et de la Paléoécologie, France, 152-55.
- 179. Quézel P. et Médail, F. 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris, 592 p.
- 180. Radisic, P. and Sikoparija, B. 2005.** *Betula* sp pollen in the atmosphere of Novi Sad (2000-2002). *Aerobiologia*, 21: 63-67.
- 181. Rahal, E.A. Halas, Y. Zaytoun, G. Zeitoun, F. and Abdelnour, M. A. 2007.** Predominant airborne pollen in a district of Beirut, Lebanon for the period extending from March 2004 to August 2004. *Lebanese Science Journal*, 8 (1): 29-37.
- 182. Ranta, H. Sokol, C. Hicks, S. Heino, S. et Kubin, E. 2008.** How do airborne and deposition pollen samplers reflect the atmospheric dispersal of different pollen types? An example from northern Finland, *Grana*, 47 (4): 285-296.
- 183. Ravault, C. Zeghnoun, A. Fabres, B. Lecadet, J. Quénel, P. Thibaudon, M. et Caillaud, D. 2005.** 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, 36p.
- 184. Raynor, G.S. Ogden, E.C. et Hayes, J.V. 1970.** Dispersion and Deposition of Ragweed pollen from experimental sources, *Journal of applied meteorology*, 9: 885-895.
- 185. Rebetez, M. 2000.** Changements climatiques en Suisse au 20<sup>ème</sup> siècle : grandes tendances et extremes. Actes de la journée thématique, WSL. Lausanne, 48p.
- 186. Recio, M. Rodriguez-Rajo, F. J. Jato, V. Trigo, M. M. et Cabezudo, B. 2009.** The effect of recent climatic trends on *Urticaceae* pollination in two bioclimatically different areas in the Iberian Peninsula: Malaga and Vigo. *Climatic Change*, 97 :215-228.

- 187. Reille, M. 1990.** Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. Ed. CNRS, Paris. 206p.
- 188. Reille, M. 1992.** Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Edition Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie. Univ. D'Aix-Marseille III, France. 520p.
- 189. Reille, M. 1993.** Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. Palynosciences. Publication de L' A. P. L .F. 2 : 273- 274.
- 190. Renault-Myskovsky, J. et Petzold, M. 1992.** Spores et pollen. Ed. La Duralie, Paris. 248p.
- 191. Ribeiro, H. Oliveira, M. and Abreu, I. 2008.** Intradurnal variation of allergenic pollen in the city of Porto (Portugal). *Aerobiologia* 24:173-177.
- 192. Riediker, M. Monn, Ch. Koller, T. Stahel, W.A. and Wuthrich, B. 2001.** Air pollutants enhance rhinconjunctivitis symptoms in pollen-allergic individuals. *Ann. Allergy Asthma Immunol* 87: 311-318.
- 193. Rizzi-Longo, L. et Pizzulin-Sauli, M. L. 2010.** Airborne pollen calendar for Trieste (Italy), 1990–2004. *Grana* 46: 98–109.
- 194. Robson-Ansley, P. Howatson, G. Tallent, J. Mitcheson, K. Walshe, I. Toms, C. Du Toit, G. Smith, M. and Ansley, L. 2012.** Prevalence of allergy and upper respiratory tract symptoms in runners of the London marathon. *Official Journal of the American College of Sports Medicine* 44(6): 999-1004.
- 195. Rodriguez-Rajo, F. Fdez-Sevilla, D. Stach, A. et Jato, V. 2010.** Assessment between pollen seasons in areas with different urbanization and differences in allergen exposure, *Aerobiologia*, 26 (1):1-14.
- 196. Rossi, O.V. J. Kinnula, V. L. Tienari, J. and Huhti, E. 1993.** Association of severe asthma attacks with weather pollen, and air pollutants. *Thorax*; 48: 244-248.
- 197. Ruffin, J. Banerjee, S. and Brown, C. 1983.** A physiochemical characterization of allergenic pollen proteins. *Environ Exp. Botany*; 23: 311-319.
- 198. Sabariego-Ruiz, S. Gutierrez Bustillo, A. M. Cervigon Morales, P., et Cuesta, P. 2008.** Forecasting airborne *Platanus* pollen in Madrid region. *Grana*, 47: 234–240.
- 199. Sakhraoui, N. 2002.** Etude aéropalynologique de la cite Ben M'Hidi (Skikda) et réalisation d'une palynothèque et d'un inventaire des pollens allergisants. Mémoire de Magistère. Dpt. de Biologie. Université de Annaba, 111p.
- 200. Salem Kour, N. 2006.** Etude de l'atmosphère pollinique de la région de Dréan (El-Tarf) (Recensement des espèces allergisantes composant le couvet végétal de la région). Mémoire de magistère. Dpt. de Biologie. Université de Annaba, 105p.

- 201. Sanchez- Mesa, J.A. Galan, C. and Hervas, C. 2005.** The use of discriminant analysis and neural networks to forecast the severity of the *Poaceae* pollen season in a region with a typical Mediterranean climate. *International Journal of Biometeorology*, 49:355-362.
- 202. Saxena, M. R. 1993.** Palynology, a treatise. Oxford and I.B.H. Publishing C.O. 109 p.
- 203. Shahali, Y. Pourpak, Z. Moin, M. Zare, A. Majd, A. 2009.** Impact of air pollution exposure on the allergenic properties of Arizona cypress Pollens. *J Physics*, 151: 1-9.
- 204. Shahali, Y. 2011.** Étude analytique de l'allergie au pollen de cyprès : aspects moléculaires et particulières. Thèse de Doctorat. École supérieure de physique et de chimie industrielles Paris, 132p.
- 205. Simard, M. J. et Benoit, D. L. 2010.** Distribution and abundance of an allergenic weed, common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.), in rural settings of Southern Quebec, Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(4): 549-557.
- 206. Simard, M. J. et Benoit, D. L. 2011.** Effect of repetitive mowing on common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen and seed production. *Ann. Agric. Environ. Med* (18):55-26.
- 207. Smith, M. and Emberlin, J. 2005.** Constructing a 7-day ahead forecast model for grass pollen at North London, United Kingdom. *Clinical and Experimental Allergy*, 35:1400-1406.
- 208. Spector, S.L. Nicklas, R.A. Chapman, J.A. Bernstein, I. L. Berger, W. E. and Blessing-Moore, J. 2003.** Symptom severity assessment of allergic rhinitis: part 1. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 91:105-14.
- 209. Spieksma, F. T. M. Corden, J. M. Detandt, M. Millington, W. M. Nikkels, H. Nolard, N. Schoenmakers, C. H. H. Wachter, R. de Weger, L. A. Willems, R. and Emberlin, J. 2003.** Quantitative trends in annual totals of five common airborne pollen types (*Betula*, *Quercus*, *Poaceae*, *Urtica*, and *Artemisia*), at five pollen-monitoring stations in western Europe. *Aerobiologia* 19:171-184.
- 210. Statsoft, Inc. 2014.** Statistica (data analysis software system). Version 10.0. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)
- 211. Thibaudon, M. Sulmont, G. et Caillier, J. 1992.** Pneumallergène polliniques, traité d'allergologie. Edition Flammarion, Médecine, Sciences, chapitre 33 : 409-463.
- 212. Thibaudon, M. Elias, K. et Besancenot, J.P. 2004.** Ambrosie et allergie. Le cas de la France. *Environnement, Risques & Santé*, 3(6) :353-367.
- 213. Thibaudon, M. D. Caillaud, D. et Besancenot, J. P. 2013.** Méthodes d'étude des pollens atmosphériques et calendriers polliniques. *Revue des Maladies Respiratoires*, 30 : 463- 479.

- 214. Tlili, N. 2000.** Influence de la pollution atmosphérique globale sur certains caractères du pollen des arbres de la famille des *Rosaceae* dans les régions de Annaba. Mémoire de diplôme de Magistère. Dpt. de Biologie, Université de Annaba, 97p. (en arabe).
- 215. Tobias, A. Galan, I. and Banegas, J. R. 2003.** Short term effects of airborne pollen concentrations on asthma epidemic. *Thorax*; 58: 708-810.
- 216. Tolbert, P.E. Mulholand, J.A. and Macintosh, D. L. 2000.** Air quality and pediatric emergency room visit of asthma in Atlanta, Georgia, U.S.A. *Am. J. Epidemiol*; 151:789-810.
- 217. Truong van ut, C. Trébuchon, F. Birnbaum, J. Agell, M. Navarro-Rouimi, R. Gentile, G. Charpin, D. 2012.** Connaissances et comportements des patients atteints de rhinite allergique lors d'une consultation de premier recours chez le médecin généraliste. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 52(6): 429- 436.
- 218. Tosunoglu, A. Babayigit, S. and Biçakçi, A. 2015.** Aeropalynological survey in Buyukorhan, Bursa. *Turk. J. Bot.* 39: 40-47.
- 219. Toubal-Boumaza, O. 1986.** *Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord orientale)*. Cartographie au 1/25000. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Grenoble, 111 p.
- 220. Toubal, O. Boussehaba, A. Toubal, A. et Samraoui, B. 2014.** Biodiversité méditerranéenne et changements globaux : cas du complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja (Algérie), *Physio- Geo* 8 : 273-295.
- 221. Valdès, B. Rejdali, M. Kadmiri, A.A.E. Jury, S. L. et Montserrat, J. M. 2002.** Catalogue des plantes vasculaires du Nord du Maroc incluant des clés d'identification. Vol. I et II, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid. 1007p.
- 222. Valenta, C. 2002.** The future of antigen-specific immunotherapy of allergy. *Nat Rev Immunol.* 2 :446-553.
- 223. Vazquez, L.M. Galan, C. Dominguez-Vilches, E. 2003.** Influence of meteorological parameters on *Olea* pollen concentrations in Cordoba (South-Western Spain). *International Journal of Biometeorology* 48: 83-90.
- 224. Véla, E. et Benhouhou, S. 2007.** Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale, dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *C. R. Biologies* 330 : 589–605.
- 225. Velasco-Jimenez, M. J. Alcazar, P. Dominguez-Vilches, E. Galan, C. 2012.** Comparative study of airborne pollen counts located in different areas of the city of Cordoba (South-western Spain). *Aerobiologia*, 28 : 21-31.
- 226. Wilkinson, P., Eliot, P. and Grundy, C. 1999.** Case-control study of hospital admissions with asthma in children aged 5-14 years: Relationship with road traffic in North West London. *Thorax*; 54: 1070-1074.

**227. Wodehouse, R. P. 1935.** Pollen grains, their structure, identification and significance in science and medicine. Hafner Eds. New York. 574p.

**228. Yahi, N. Vela, E. Benhouhou, S. De Belair, G. et Gharzouli, R. 2012. Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in Northern Algeria.** Journal of Threatened Taxa 4(8): 2753–2765.

**229. Zavada, M. S. 1983.** Comparative morphology of monocot pollen and evolutionary trends of apertures and wall structures. Bot. Rev. 49: 331-379.

**230. Zerouk, S. 2006.** Utilisation des grains de pollen comme bio-indicateur de pollution (effet de la poussière du tamisage de la matière première de complexe d'El-Hadjar sur la germination des grains de pollen des arbres fruitiers de la famille des *Rosaceae*). Mémoire de Magistère. Dpt. de Biologie, Université de Annaba, 108p. (en arabe).

#### **Site d'internet**

1. [www.pollenfr.com](http://www.pollenfr.com)

2. [www.rnsa.fr](http://www.rnsa.fr)

3. [http://www.tela-botanica.org/page:accueil\\_botanique](http://www.tela-botanica.org/page:accueil_botanique)

4. [www.botanique.org](http://www.botanique.org)

5. [www.interieur.gov.dz](http://www.interieur.gov.dz)