

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.

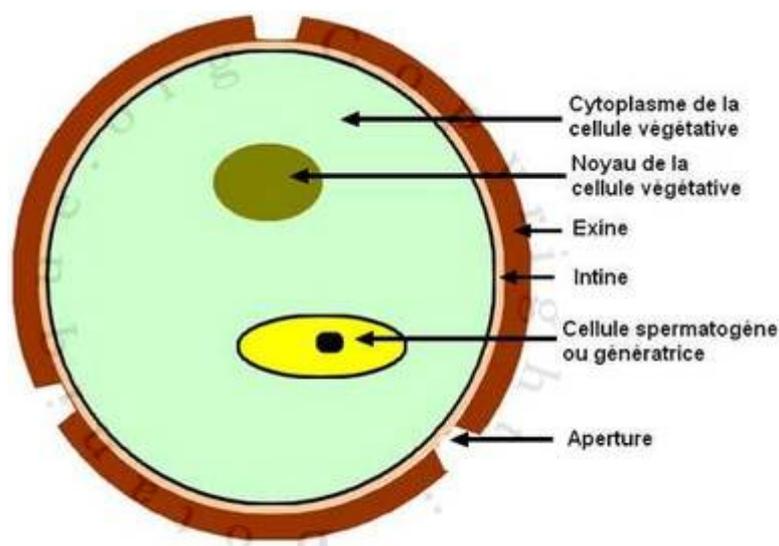


Figure 1. Schéma d'un grain de pollen (site 1)

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).

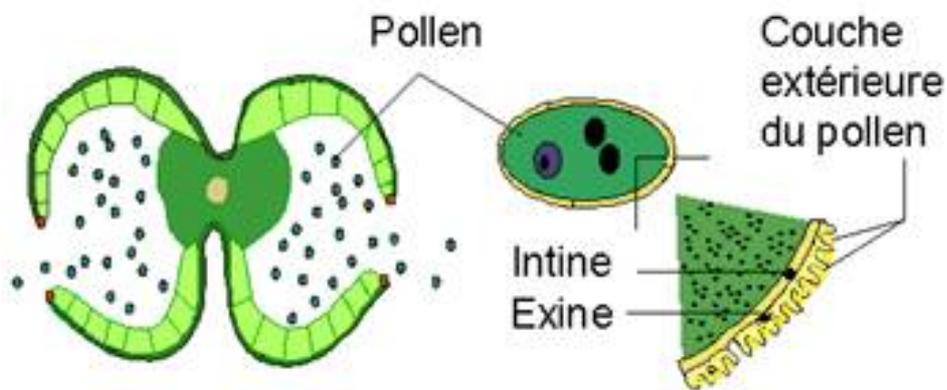


Figure 2. La structure d'un grain de pollen (Site 1).

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

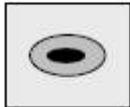
1.3.6. Apertures

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>Monocotylédones</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>Angiospermes basales et Magnoliideae</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>Eudicotylédones</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 μm , 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^{ème} 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^{ème} 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, **Faegri** 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](#)).