

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des ressources sol-eau et environnement

Présente et soutenu par : Rachedi Halima Saadia et Gueffal Zahra

Thème

***La bioindication de la pollution atmosphérique de la région de
Ouargla par l'utilisation du pollen du palmier dattier***

Soutenu Publiquement

Le : 30 /09/ 2020

Devant le jury :

| | | | | |
|---------------------|--------------|-----------------------|------------|----------------------|
| Président | Mme | Babahani Souad | Pr. | U.K.M.Ouargla |
| Encadreur | Mme | Khelil Rahma | MCB | U.K.M.Ouargla |
| Co-encadreur | Mme | Laalam Hadda | MCB | U.K.M.Ouargla |
| examineur | Melle | Omeiri Nawel | MCA | U.K.M.Ouargla |

Année Universitaire : 2019 / 2020



Dédicaces

Nous dédions ce travail à :

*Nos parents et tous les membres
des familles Rachedi et Gueffal et
nos amis Aicha, Nadjet, Sara, Ilham,
Ibtissam, Arwa, Chaima et Houda*



Remerciements

Nous remercions Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaires, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles, qui se sont hissés au travers de notre chemin, durant toutes nos années d'études.

Nos remerciements vont à notre encadreur Mme Khelil Rahma pour son grand aide durant la réalisation de ce travail et on plus les membres de juré Mme Babahani Souad, Mme Omeiri Nawel et Mme Hadda Laalam .

Nos remerciements les plus sincères sont adressés à nos enseignants, qui ont contribué à notre formation à l'université de Ouargla et à la grande famille de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et surtout les enseignants du département des Sciences Agronomiques.

Et à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.

Merci pour tout.

Liste des tableaux

| N°Tableau | Titre | N° page |
|------------|---|---------|
| Tableau 1 | Les polluants, leurs origines et leurs effets sur la santé | 8 |
| Tableau 2 | Impact des polluants atmosphérique sur la végétation. | 13 |
| Tableau 3 | Les polluants et leurs effets sur l'environnement | 15 |
| Tableau 4 | Résumé des types de bioindication | 19 |
| Tableau 5 | le pourcentage de Composition chimiques du pollen de palmier dattier | 45 |
| Tableau 6 | Synthèse des travaux réalisés sur le choix des sites d'étude | 59 |
| Tableau 7 | les caractéristiques de germination des grains des pollens frais | 60 |
| Tableau 8 | les caractéristiques de coloration des graines du pollens frais | 61 |
| Tableau 9 | les caractéristiques de la longueur du tube pollinique des graines du pollens frais | 61 |
| Tableau 10 | Taux de germination <i>in vitro</i> du pollen du palmier dattier en face de la pollution atmosphérique dans les régions : Ghr :Ghardaia / Mt : Metlili / HMD : Hassi Messaoud 4che : 4chemien / Ain Kh :Ain Khemiss. | 63 |
| Tableau 11 | Taux de coloration du pollen de palmier dattier avant et après la transplantation (effet de pollution atmosphérique) dans les régions : Ghr :Ghardaia / Mt : Metlili / HMD : Hassi Messaoud / 4che : 4chemien / Ain Kh :Ain Khemiss | 64 |
| Tableau 12 | Longueur de tube pollinique des pollens étudiés dans les régions : Ghr :Ghardaia / Mt : Metlili / HMD : Hassi Messaoud 4che : 4chemien / Ain Kh :Ain Khemiss. | 65 |

Liste des figures

| N°Figure | Titre | Page |
|-----------|---|------|
| Figure 1 | Les différentes couches de l'atmosphère terrestre (Anthony, 2003) | 4 |
| Figure 2 | Cycle de la pollution atmosphérique (Baazaoui, 2009) | 10 |
| Figure 3 | l'impacte de la pollution sur les végétaux (Ben Bada, 2011) | 15 |
| Figure 4 | Schéma récapitulatif de la biosurveillance (Casale, 2006) | 19 |
| Figure 5 | (De gauche à droite) Lichens à thalle crustacé (<i>Lecanora</i> sp.), foliacé (<i>Physcia aipolia</i>) et fructiculteur (<i>Evernia prunastri</i>) (Nathan, 2019). | 22 |
| Figure 6 | Dessin détaillé du parenchyme foliaire présentant la cuticule (zone d'attaque préférentielle des gaz oxydants forts) et l'appareil stomatique (zone d'attaque préférentielle des gaz hydrosolubles)(Camefort, 1977) | 25 |
| Figure 7 | les feuilles des déférentes espèces utilisées leur écorces en biosurveillance de la qualité de l'air en Eroupe | 27 |
| Figure 8 | Schéma de principe de l'installation d'un rhizotron pour le palmier dattier (<i>Phoenix dactylifera</i> L.) (Tahri., 2018) | 32 |
| Figure 9 | Schéma d'une palme (Munier, 1973) | 33 |
| Figure 10 | Morphologie du palmier dattier (Munier, 1973). | 34 |
| Figure 11 | Morphologie de fleure mâle et femelle de <i>Phœnix dactylifera</i> L. (Halimi, 2004) | 36 |
| Figure 12 | l'inflorescence mâle et femelle de palmier dattier (<i>Phœnix dactylifera</i> L.) (Bennouamane, 2015) | 37 |
| Figure 13 | Fruit (datte) et noyau du palmier dattier (Buelguedj, 2001) | 38 |
| Figure 14 | Organisation d'un grain de pollen bicellulaire. (Richard et al., 2012) | 43 |
| Figure 15 | Ornementations du pollen (Reille, 1990). | 43 |
| Figure 16 | Les étapes de la formation de grain de pollen (Ricard et al., 2012) | 45 |
| Figure 17 | Observation de la germination des pollens à (Gx400). (A) Grain germé (B) Grain non germé (Abdessemed et Djemiat, 2018) | 55 |
| Figure 18 | viabilité de douze mois de grains de pollen de stockés testés par | 56 |

Liste des figures

| | | |
|------------------|---|-----------|
| | coloration à l'Acétocarmin en cv.Khadrawy (200X) (Maryam et al., 2015) | |
| Figure 19 | Longueur de tube pollinique .variété Ghars (X100) (a) grain non germé (b) grain germé (c) tube pollinique. (Abdessemed et Djemiat, 2018) | 57 |
| Figure 20 | Diamètre des pollens de variété Ghars (X400) (a) Diamètre (Abdessemed et Djemiat, 2018) | 58 |
| Figure 21 | Mesures (L, l) de grains des pollens(Gx400) (L) Longueur (l) largeur (Abdessemed et Djemiat, 2018) | 58 |

Liste des photos

| N°Photo | Titre | N°Page |
|----------------|---|---------------|
| Photo 1 | Mousses bio-accumulateurs de polluant atmosphérique | 23 |
| Photo 2 | Les feuilles de Casuarina equisetifolia (Bebba et Ben Darouich, 2007) | 28 |
| Photo 3 | Feuilles d'Acacia retinoides nécrosées (Bouterra, 2014) | 28 |
| Photo 4 | palmier dattier (Rachedi et Guaffel, 2020) | 29 |
| Photo 5 | Les spathes ou spadices de Ghars et de Dglet Nour (Guaffel et Rachedi, 2020) | 52 |
| Photo 6 | Les deux méthodes de séchage à l'air libre A, à l'étuve B (Gueffal et Rachedi, 2020). | 53 |
| Photo 7 | La fin du séchage (Gueffal et Rachedi, 2020). | 53 |

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Introduction générale..... | 1 |
| Chapitre I : La pollution atmosphérique et bioindication | |
| I. La Pollution atmosphérique..... | 4 |
| 1. Introduction | 4 |
| 2. L'atmosphère terrestre | 4 |
| 3. La pollution en générale..... | 5 |
| 3.1. Définition de la pollution | 5 |
| 3.2. Classification de la pollution. | 5 |
| 3.3. La pollution atmosphérique | 5 |
| 4. Les sources de pollution atmosphérique..... | 6 |
| 4.1. Sources naturelles..... | 6 |
| 4.2. Sources anthropiques (artificielles) | 7 |
| 5. Principaux polluants atmosphérique | 7 |
| 5.1. Polluants primaires | 7 |
| 5.2. Les polluants secondaires | 9 |
| 6. Phénomène d'émission, transport et dépôt de polluants atmosphériques | 10 |
| 7. Paramètre influençant la dispersion des polluants..... | 11 |
| 7.1. Les conditions météorologiques | 11 |
| 7.2. Les conditions topographiques..... | 12 |
| 8. Impact de la pollution atmosphérique | 12 |
| 8.1. Impact sur l'environnement | 12 |
| 8.2. Impact sur la santé humaine | 16 |
| 9. Les méthodes d'évaluation de la pollution atmosphérique..... | 16 |
| 9.1. Les méthodes physico-chimiques | 16 |
| II. La bioindication de la pollution atmosphérique..... | 18 |
| 1. Introduction | 18 |
| 2. Définition de la bioindication | 18 |
| 3. Niveau d'indication | 19 |
| 4. Type de la bioindication..... | 20 |
| 4.1. La bioindication passive..... | 20 |
| 4.2. La bioindication active | 20 |
| 5. Bioindication de la pollution atmosphérique par les organismes vivants | 21 |

| | |
|---|-----------|
| 5.1. Bioindication par les végétaux..... | 21 |
| 5.1.1. Les lichens | 21 |
| 5.1.2. Les mousses | 22 |
| 5.1.3. Les champignons | 24 |
| 5.1.4. Les arbres..... | 24 |

Chapitre II Le palmier dattier et la palynologie

| | |
|--|-----------|
| I : Le palmier dattier..... | 30 |
| I. Généralité sue le palmier dattier | 30 |
| 1. L'origine..... | 30 |
| 2. Taxonomie..... | 30 |
| 3. Caractères morphologiques..... | 31 |
| 3.3. L'appareil reproducteur | 35 |
| II. La palynologie | 40 |
| 1. Généralités sur la palynologie | 40 |
| 1.1. Définition de la Palynologie | 40 |
| 1.2. Les applications de la palynologie..... | 40 |
| 2. Le pollen | 42 |
| 2.1. Définition..... | 42 |
| 2.2. Caractères microscopiques..... | 42 |
| 2.3. La formation des graines de pollen et leurs caractères morphologiques (stratification) | 43 |
| 2.4. Les caractères morphologiques (stratification) | 45 |
| 2.5. Composition chimique du pollen | 46 |
| 3. Le Pollen de palmier dattier | 47 |
| 3.1. Caractéristiques et structure..... | 47 |
| 3.2. Variabilité du pollen..... | 47 |

Chapitre III Matériels et méthodes

| | |
|---|-----------|
| 1. Matériel | 51 |
| 1.1. Matériel végétaux utilisé | 51 |
| 2. Méthodologie de travail | 51 |
| 2.1. Récolte du pollen..... | 51 |
| 2.2. Séchage du pollen | 51 |
| 2.3. La conservation du pollen..... | 53 |
| 2.4. La transplantation..... | 53 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5. Méthodes d'études | 53 |
| Chapitre IV. Technique analytique | |
| 1. Etude de la viabilité du pollen | 54 |
| 1.1. Test de germination <i>in vitro</i> : | 54 |
| 1.2. Test coloration | 55 |
| 1.3. La longueur de tube pollinique : | 56 |
| 2. Etude biométrique | 57 |
| 2.1. Le diamètre du pollen | 57 |
| 2..... | 58 |
| Chapitre V. Résultat et discussion | |
| 2. Etude de la qualité des pollens utilisés..... | 60 |
| 3. Test de germination des grains de pollen après exposition aux polluants..... | 62 |
| 4. Coloration des grains du pollen après exposition aux polluants..... | 64 |
| 5. Détermination de la longueur de tube pollinique après exposition aux polluants ... | 65 |
| Conclusion générale | 67 |

Résumé

Introduction générale

Durant le dernier siècle, l'industrialisation et les transports ont joué un rôle essentiel dans l'évolution de la société, cela revient aux activités de l'Homme pour assouvir ses besoins de domination ou pour tout simplement satisfaire ses besoins matériels à court terme. L'Homme a perturbé l'équilibre écologique de la biosphère en détruisant ou en exploitant des ressources naturelles irremplaçables jusqu'à épuisement, il est également à l'origine des accidents technologiques graves qui ont contribué à changer puis détruire le cycle de vie dans certaines parties du globe (**Mendaci, 1990 ; Amri, 2007**).

En Algérie et selon le ministère de l'Environnement (2010), le secteur des transports occupe le premier rang en termes d'émissions des polluants atmosphériques avec 51 %, suivi de l'industrie avec 47,25 % (**Abdeldjouad, 2014**).

La ville de Ouargla, par sa localisation dans une cuvette est sa situation entre deux grandes zones industrielles de production pétrolières qui sont (Hassi Messaoud et Haoud Berkoui), elle est touchée directement ou indirectement par cette pollution. D'autre part la wilaya connaît une augmentation remarquable de nombres d'automobile (**Kebsa, 2009**).

Le développement des infrastructures dans notre pays et plus précisément l'installation de grandes autoroutes, peut augmenter le taux de polluants dans l'air et peut affecter les êtres vivants dont la végétation est en premier lieu. Donc la quantification de cette pollution est possible par des espèces végétales qui peuvent être soit de strate arborescente ou arbustive. Ces espèces végétales représentent une ressource vitale pour notre vie, jouant un rôle écologiques (purifiant l'aire, protégeant le sol contre l'érosion et améliorant la qualité de l'eau), et socioéconomiques important (**Bouteraa, 2014**).

Depuis les années soixante dix de nombreuses recherches ont été menées sur l'utilisation des végétaux comme bio indicateurs et bio cumulateurs de la pollution atmosphérique (**Maizi et al., 2010**), ces végétaux ont la propriété, soit de réagir très rapidement et d'une façon très visible aux polluants, soit d'accumuler très fortement les polluants présents (**Garrec, 2007**). Les différents végétaux utilisés comme bio indicateurs de pollution atmosphérique sont : végétaux inférieur (les lichens et les mousses), végétaux supérieur comme les arbres (le palmier dattier) ou des parties des végétaux comme les feuilles, les gamètes (pollen).

Le pollen est un indicateur qui permet aux chercheurs d'étudier la phytogéographie du passé, l'évolution de la plante, le climat, les caractéristiques du sol et la pollution d'air (**Assala, 2006 in Kebsa, 2009**). Aujourd'hui la connaissance fondamentale du pollen est d'une grande importance étant donné les applications qui en découlent (Géologie, Médecine, Écologie, Agronomie) (**Cerceau-Larrival et al., 1983**).

Notre travail de recherche a donc porté sur l'évaluation de l'impact de la pollution atmosphérique liée aux pollutions industriels et automobiles dans la région de Ouargla à l'aide du pollen de palmier dattier comme bio indicateur de l'état de cette ville, mais par manque de possibilités de réaliser ce travail au laboratoire nous avons opté pour une synthèse bibliographique.

Pour cela, nous avons présenté notre problématique sous forme des questions posées comme suivants :

- Est-ce-que la pollution atmosphérique peut influencer la qualité du pollen ?
- Comment le pollen est utilisé comme bio indicateur de pollution atmosphérique?
- Quel est le comportement morphologique et physiologique du pollen dans une atmosphère polluée ?
- Quel type de pollen est le plus sensible à la pollution atmosphérique ?
- Existe-il un effet du mode de conservation et séchage du pollen sur ses qualités ?

C'est dans ce contexte que nous avons structuré notre recherche en 3 parties à savoir :

- La première partie est consacrée à l'étude bibliographique concernant des généralités sur la pollution atmosphérique et la bio indication ainsi que le palmier dattier et la palynologie.
- Dans la seconde partie, nous avons présenté notre méthodologie de travail et les techniques analytiques sous forme des tableaux de synthèse et leurs interprétations.
- En fin, les tableaux de synthèse et leurs interprétations accompagnés d'une conclusion générale font partie de la dernière partie.



RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : La pollution atmosphérique et bio indication

I. La Pollution atmosphérique

1. Introduction

De tous les milieux avec lesquels l'homme est en contact, l'atmosphère est le seul auquel il ne peut se soustraire. C'est aussi le milieu où il a les échanges les plus importants (**Bouterra, 2014**). L'atmosphère est la fine couche gazeuse qui entoure notre planète. Bien que très mince en comparaison au rayon terrestre, son rôle de filtre du rayonnement solaire est essentiel à la présence de la vie sur terre. Elle est des plus grands biotopes existant sur terre, c'est-à-dire, un milieu naturel ayant des caractéristiques physico-chimiques uniformes et qui héberge des êtres vivants (**Belhadj et Moudjah, 2015**).

2. L'atmosphère terrestre

L'atmosphère terrestre est la zone la plus proche du sol, elle est composée de différentes couches superposées, on distingue notamment la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, suivie de la thermosphère (figure 1), Les basses couches atmosphériques (altitude inférieure à 10 km) sont divisées en deux parties distinctes :

- la couche libre, la partie supérieure de la troposphère.
- la couche limite atmosphérique (CLA), la partie proche de la surface terrestre (**Anthony, 2003**).

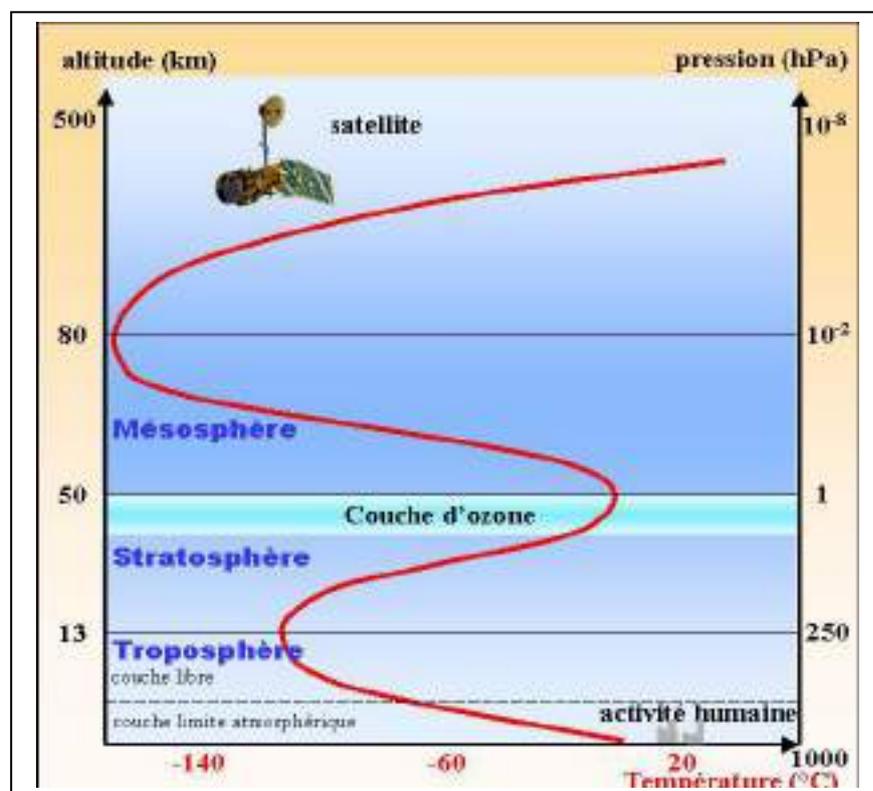


Figure 1: Les différentes couches de l'atmosphère terrestre (**Anthony, 2003**).

L'air, principalement concentré dans la troposphère, est composé essentiellement d'azote et d'oxygène. L'air propre et sec est constitué de 78 % d'azote, 21 % d'oxygène, 1 % d'argon et de dioxyde de carbone (**Anthony, 2003**).

L'air est un mélange gazeux inodore et incolore sur une faible épaisseur, s'organisant en plusieurs couches superposées jusqu'à une altitude de plus de 500 km, l'atmosphère joue également un rôle de protection contre les agressions en bloquant les dangereuses particules énergétiques éjectées par le soleil, en freinant les météorites, ainsi qu'en absorbant les rayonnements ultraviolets nocifs (**Germain, 2006**).

3. La pollution en générale

3.1. Définition de la pollution

La pollution c'est un déséquilibre des écosystèmes émis soit par l'activité humaine soit par un processus naturel qui affecte l'homme et son environnement. (**Ayadi, 2002 in Djendi, 2006**).

3.2. Classification de la pollution.

La pollution peut-être classée selon la nature du polluant en question, on révèle donc : la pollution physique, la pollution chimique, la pollution biologique et les nuisances esthétiques, (**Popescu et al., 1998**), ou encore selon le compartiment affecté : la pollution des eaux, la pollution du sol et la pollution de l'air.

3.3. La pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique est une déformation de la composition chimique de l'air, sous l'effet des activités humaines (**Belhadj et Moudjah, 2015**).

Selon la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (loi 96-1236 du 30 décembre 1996 intégrée au Code de l'Environnement - LAURE) la définition de la pollution atmosphérique a retenu comme suivante :

"Constitue une pollution atmosphérique l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les échanges climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives"(**Laure, 1996 in Hoenner, 2006**).

La pollution de l'air donc est une modification de la composition de l'air par des polluants nuisibles à la santé et à l'environnement. Elle est parfois caractérisée par des mesures de polluants gazeux, particuliers, et peut-être liquides présents dans l'air.

La pollution de l'atmosphère peut ainsi être vue comme une présence dans l'air, d'un ajout d'agents chimiques, biologiques ou physiques ayant des conséquences préjudiciables à la santé humaine, aux êtres vivants, au climat, ou aux biens matériels (**Dreal, 2017**).

L'étude de la pollution atmosphérique nous permet de distinguer trois grandes échelles spatiotemporelles qui sont en fonction du transport des polluants et donc de leur durée de vie qui dépend de la stabilité des substances chimiques :

- **échelle locale** (rue, quartier, ville donc de 10 m à 10 km), la pollution provient des effets directs du chauffage individuel, des fumées des usines et des modes de transport. L'impact des divers polluants est direct sur la santé des hommes et des animaux, sur la végétation et sur les matériaux. La procédure courante d'observation à cette échelle repose sur des échantillonnages au niveau du sol par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air
- **échelle régionale** (environ 100 km). A cette échelle, des phénomènes physico-chimiques complexes et variés interviennent. Elle concerne les zones où des phénomènes secondaires apparaissent, tels que les pluies acides ayant un impact non négligeable sur les forêts, les écosystèmes aquatiques ou la production d'ozone dans les basses couches atmosphériques.
- **échelle globale** (environ 1000 km). A cette échelle, les études intéressent de très vastes régions où les effets des polluants les plus stables chimiquement agissent sur l'ensemble de la planète : diminution de la couche d'ozone à haute altitude ou encore augmentation de l'effet de serre qui pourrait provoquer des changements climatiques importants. (**Anthony, 2003**).

4. Les sources de pollution atmosphérique

Il y a deux sources de la pollution atmosphérique : naturelles et anthropique

4.1. Sources naturelles

Les activités volcaniques, les érosions éoliennes ou marines (embruns marins), les incendies et les poussières d'origine extra-terrestre sont autant de sources naturelles provoquant des déséquilibres dans les compositions physico-chimiques de l'atmosphère (**Agnan, 2013 ; Kabsa, 2009**).

✓ **Les activités volcaniques**

Les éruptions volcaniques rejettent de quantités importantes de cendres qui peuvent parcourir des milliers de kilomètres. Ces éruptions dégagent aussi différents gaz dérivés du carbone (CO, CO₂) ou de soufre (H₂S, SO₂).

✓ Les embruns marins

Ils sont soulevés par le vent et peuvent être transplantés à de grandes distances à l'intérieur des terres. Ces sels marins, qui parviennent chaque année dans l'atmosphère, contiennent environ 40 millions de tonnes de soufre sous formes de sulfate de sodium.

✓ Les incendies

Chaque année, des millions d'hectares de forêts, principalement tropicales sont brûlés. Ces incendies provoquent, entre autres, l'émission de plusieurs millions de tonnes d'oxydes de carbone dans l'atmosphère (**Bosert, 2000**).

4.2. Sources anthropiques (artificielles)

De nombreuses activités humaines sont capables d'émettre diverses substances dans l'air, à partir de l'industrie, de l'utilisation des véhicules à moteur et des transports maritimes et aériens, des fumées domestiques et industrielles principalement au niveau des grands centres urbains, des zones d'exploitation minière, d'extraction et des secteurs à forte productivité agricole (**Agnan, 2013; Kabsa, 2009**).

✓ Les industries

Constituent un foyer important de la pollution. Elles propagent une variété de poussières et de gaz dans l'air.

✓ Les véhicules à moteur et les transports maritimes et aériens

Particulièrement pour une bonne part à la pollution atmosphérique, ils offrent un cocktail empoisonné à base d'hydrocarbures non brûlés, d'oxydes (de carbone, de soufre et d'azote).

✓ Les fumées domestiques et industrielles

Sont chargées généralement d'une quantité plus ou moins importante d'impuretés (suie, goudron, oxyde de soufre...etc.) qui varie en fonction de la nature du combustible (charbon, fuel).

L'incinération et le traitement des déchets, l'incinération des ordures ménagères, des déchets industriels et agricoles (**Popescu et al., 1998 in Ben hamada, 2004**).

5. Principaux polluants atmosphériques**5.1. Polluants primaires**

Ces polluants sont résumés dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Les polluants, leurs origines et leurs effets sur la santé

| Polluants | Origines | | Effets sur la santé |
|---|--|--|--|
| | Naturelle | Artificielle | |
| Dioxyde de soufre (SO₂) | Par des volcans et de l'activité de fermentation anaérobique de certaines bactéries | Par des combustibles fossiles contenant du soufre et ainsi que de certaines fabrications industrielle (fabrication de l'acide sulfurique et des plastiques...) | broncho-spastiques chez l'asthmatique, augmenter les symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire), altérer la fonction respiratoire chez l'enfant (baisse de la capacité respiratoire, excès de toux ou de crise d'asthme) |
| Oxydes d'azote (NO_x) | produits par les microorganismes anaérobies du sol, les éclairs et le volcan. | Ils sont émis par les installations de combustion (centrales thermiques, usines de traitement des déchets...) et par les véhicules environ 75%. | Il cause une altération de la fonction respiratoire et une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et chez les enfants, augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes. |
| Monoxyde de carbone (CO) | le volcanisme, les éclairs, les fermentations en milieu anaérobique, certains organismes marins (algues brunes), les incendies de forêts ou de savanes | CO provient de la combustion incomplète des combustibles et carburants. En raison de mal réglés ou fonctionnant de moteurs d'automobile dans de mauvaises conditions, quand il tourne dans un espace clos garage | Il remplace l'oxygène de l'hémoglobine du sang conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur, des vaisseaux sanguins. A des taux importants, et à doses répétées, il peut être à l'origine d'intoxication chronique avec céphalées, vertiges, asthénie, vomissements. |

| | | | |
|---|--|--|--|
| <p>Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</p> | <p>par les feux de forêt, qui libèrent près de 2000 tonnes d'HAP par an</p> | <p>émis par évaporation des bacs de stockage pétroliers, remplissage des réservoirs automobiles. et par certaines activités telles que l'imprimerie, les ateliers de peinture, l'utilisation de solvants et de colles.</p> | <p>Causent une irritation et une diminution de la capacité respiratoire jusqu'à des risques, d'effets mutagènes et cancérogènes.</p> |
| <p>Poussières ou particules en suspension (PS)</p> | <p>Provient essentiellement de l'érosion éolienne des sols : aérosol terrigène (taille supérieur de 1µm), aérosol cristal (croute terrestre), des océans (aérosol marin), des volcans (aérosol volcanique), des feux de forêt ou de savane (aérosol de combustion de biomasse)</p> | <p>Par les combustions industrielle ou de chauffage, incinération, véhicules.</p> | <p>peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire.</p> |
| <p>Métaux lourds</p> | <p>Ils sont représentés principalement par le plomb (Pb), le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), l'étain (Sn), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le vanadium (V), le zinc (Zn), le cuivre (Cu). Qui sont émis par les foyers de combustion, la circulation automobile, l'incinération des déchets.</p> | <p>Ces métaux ont la propriété de s'accumuler dans l'organisme, créer ainsi un risque de toxicité à long terme impliquant d'éventuelles propriétés cancérogènes. C'est aussi un irritant respiratoire.</p> | |

Source : (Anthony, 2003; Ramade 2005 ; Masclet, 2005 ; Lacour, 2009 ; Bouteraa, 2014).

5.2. Les polluants secondaires

Les polluants secondaires dits photo-oxydants résultent des phénomènes de dispersion et de transformations photochimiques de certains polluants primaires entre eux dans

l'environnement, ils se forment par action du rayonnement solaire sur les polluants précurseurs que sont principalement le dioxyde d'azote NO_2 et les composés organiques volatils COV donc les polluants secondaires sont représentés par l'ozone (Anatony, 2003; Charpin *et al.*, 2015).

L'ozone (ou trioxygène) est un gaz de formule chimique O_3 . Il se forme à l'issue de réactions chimiques entre des composés organiques volatils (hydrocarbures, solvants...) rejetés par les activités industrielles, et divers polluants émis dans l'air (tels que les oxydes d'azote) émis principalement par le trafic routier (Bouteraa, 2014).

6. Phénomène d'émission, transport et dépôt de polluants atmosphériques

L'intensité des émissions des polluants atmosphérique dépend de la propagation, du type de source d'émission et des conditions météorologiques. Une proportion élevée des composés émis reste proche de la source, mais certains composés peuvent voyager à des milliers de kilomètres (Wittig, 1993).

Selon la figure 2, les polluants atmosphériques peuvent affecter les plantes et les écosystèmes à différents niveaux dans leur fonctionnement. On distinguera les effets directs induits par une absorption du polluant par la plante ou un dépôt à sa surface, et les effets indirects liés à une modification du milieu dans lequel la plante se développe, sol ou atmosphère (Bouteraa, 2014).

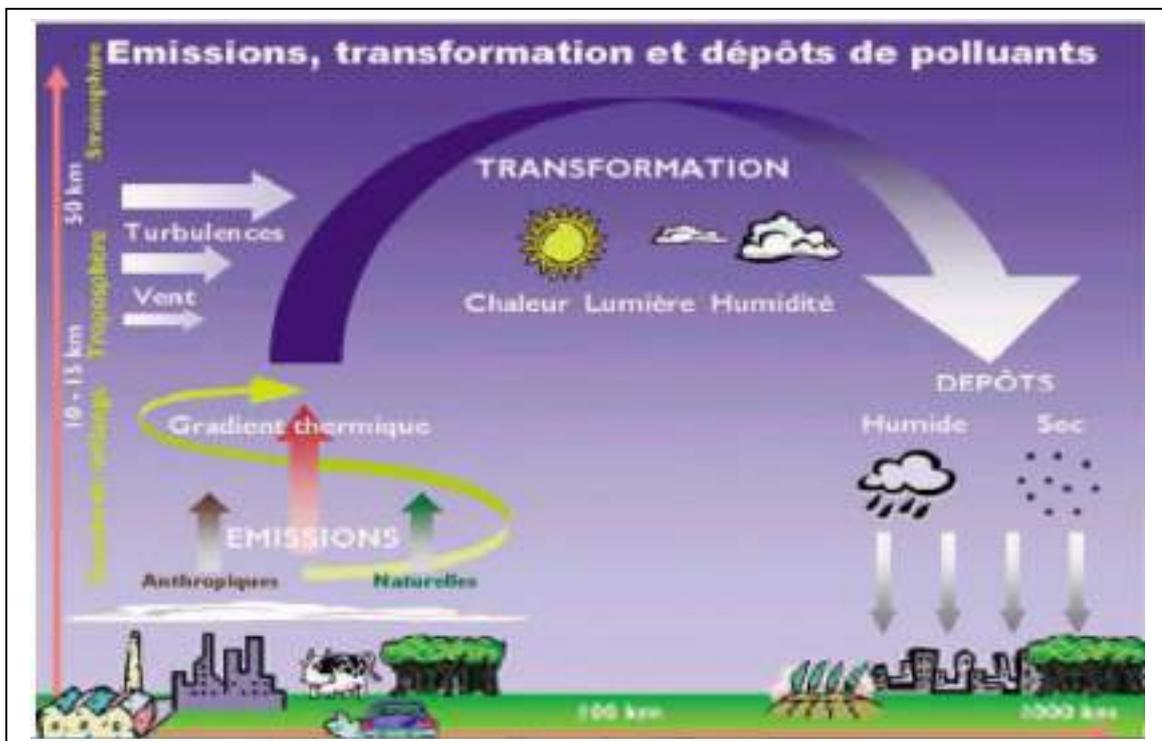


Figure 2 : Cycle de la pollution atmosphérique (Baazaoui, 2009).

7. Paramètre influençant la dispersion des polluants

La dispersion des polluants dans l'atmosphère peut être influencée par des facteurs météorologiques (vents, températures, précipitations) ainsi que des facteurs topographiques (relief). (**Guelle et Emmanuel, 1998**).

7.1. Les conditions météorologiques**7.1.1. Le vent**

Le vent est un facteur météorologique important qui intervient dans l'étude générale de la pollution, il contribue dans la circulation des polluants ainsi que leur balayage.

Pour résumer ce phénomène, le vent assure la dispersion horizontale des polluants, mais la présence d'une inversion de la température peut créer une situation de stagnation des contaminants localement, cette action peut être renforcée par le vent qui les rabat vers le sol, (**Alioua, 2001**).

7.1.2. La température

L'origine du phénomène de circulation générale de l'air est due à la différence de la quantité de chaleur du soleil reçue par la terre à l'équateur et aux deux pôles. Ainsi la température de l'air diminue avec l'altitude, ce qui provoque une différence thermique entre les couches basses les plus hautes de l'atmosphère.

Les inversions de température se manifestent sous forme de couvercle appelé couche d'inversion thermique qui favorise la concentration de divers polluants (**Copalarly, 2001 in Aouissi, 2011**).

7.1.3. Les précipitations

Les polluants ne séjournent pas à l'infini dans l'air, les précipitations contribuent à abaisser le niveau de pollution grâce aux gouttes d'eau qui captent les impuretés atmosphériques; comme l'affirme, (**Popescu et al., 1998**), la pluie est un facteur de nettoyage de l'atmosphère.

Les pluies plaquent les particules au sol et peuvent dissoudre certains polluants. Elles contribuent au lavage ou lessivage de l'air, (**Viala, 1998 in Aouissi, 2011**).

7.1.4. Influence de la pression de l'atmosphère

Les situations dépressionnaires (basses pressions) correspondent généralement à une turbulence de l'air assez forte et donc de bonne condition de dispersion. En revanche, des situations anticycliques (hautes pressions) où la stabilité de l'air ne permet pas la dispersion des polluants, entraînent des épisodes de pollution (**Mackenzi, 2000**).

7.2. Les conditions topographiques.

La topographie d'un site peut influencer sur la circulation des masses d'air. Par exemple les rues canyon, les bords de mer et les vallées peuvent jouer un rôle très important sur la dispersion et la concentration des polluants (Nicolas, 2003).

7.2.1. Les vallées

Les masses d'air ne se déplacent pas dans le même sens, le jour et la nuit. En effet, le jour, l'air s'échauffe sur les pentes et crée un courant, qui remonte la vallée. Les polluants se dispersent rapidement, mais la nuit, ce phénomène s'inverse: l'air froid s'écoule le long de pentes et s'accumule au fond de la vallée, tout en descendant la pollution évacuée dans la journée, est alors ramenée dans la vallée, la nuit (Viala, 1989 in Aouissi, 2011).

7.2.2. Les versants

Milieux récepteurs de pollution (obstacles naturels), plus ils sont redressés plus les dépôts de polluants sont importants sur la partie exposée aux vents (brise) et faible sur le côté opposé (Aouissi, 2011) .

7.2.3. Cultures et prairies

Ce sont des obstacles qui retiennent les impuretés par absorption et réaction avec les feuilles. (Merabti, 2008 in Aouissi, 2011).

8. Impact de la pollution atmosphérique**8.1. Impact sur l'environnement****8.1.1. Impact sur la végétation**

Les végétaux sont exposés aux effets toxiques des polluants de l'atmosphère comme les autres êtres. Ces polluants agissent sur le métabolisme et les fonctions de base appartenant à n'importe quel être vivant. Ces effets toxiques sont, soit directs, du fait du contact de l'air, soit indirects par l'intermédiaire de substances nutritives et de l'eau polluée dans le sol (Barnea et Ursu, 1974).

Les plantes souffrent d'effets nocifs plus immédiats et plus puissants que les autres êtres pour plusieurs raisons : sensibilité plus grande, capacité d'adaptation et de défense plus réduite, contacts plus étendus et presque permanents avec l'atmosphère polluée et dépendance totale des facteurs locaux pédologiques et climatiques (Aouissi, 2011).

L'impact de cette pollution sur les végétaux se traduit par une réduction de la croissance des plantes sans dommages apparents, et des nécroses visible en cas de fortes concentrations de polluants ou une résistance amoindrie à un certains agents infectieux (Dgac, 2003 in Bouteraa, 2014).

La pollution atmosphérique représente des dommages qui peuvent apparaître rapidement sur le feuillage. sous la forme de lésions nécrotiques (tissus morts) et provoque aussi le jaunissement ou la chlorose de la feuille. On peut aussi remarquer un ralentissement de croissance au niveau de différentes parties de la plante. Il arrive que les plantes meurent tout de suite, mais la mort se produit habituellement après des attaques répétées (**Griffiths, 2003 in Bouteraa, 2014**).

La pénétration des polluants s’effectue par deux voies l’une est aérienne et l’autre est racinaire (par le sol). Les particules métalliques par exemple, elles se déposent à la surface des feuilles, et ne pénètrent pratiquement pas à l’intérieur, elles peuvent être facilement lavées, soit de façon naturelle par la pluie, soit artificiellement. Flanagan et ses collaborateurs en 1980, ont prouvaient qu’il est impossible d’éliminer tout le plomb et le zinc de la surface de feuilles de rhododendrons exposés en bordure de route à la circulation automobile, qu’on utilise le NH₄-EDTA qui est un chélateur très puissant. Le résultat obtenu par un lavage avec NH₄-EDTA est identique à celui qu’ils obtiennent lorsqu’ils effectuent un arrachage d’épiderme. Le plomb associé à la végétation, ainsi que le zinc, sont donc présents en tant qu’enduits inertes et dépôts superficiels (**Deletraz et Paul, 1998**). La rugosité, le caractère lipophile des cires épicuticulaires et la présence d’eau sont autant de paramètres permettant de capter les polluants particuliers et gazeux. Une fois accumulée sur la structure lipidique, les polluants pénètrent dans les tissus foliaires et seront métabolisés, stockés ou éliminer suivant les même conditions que les polluants intégrés par voie stomatique (**Garrec, 2010**), (Tableau 2).

Tableau 2: Impact des polluants atmosphérique sur la végétation.

| Polluants atmosphériques | Symptômes des polluants sur les végétaux |
|---|--|
| Anhydride sulfureux (SO₂) | <ul style="list-style-type: none"> ●nécroses entre les nervures de la feuille; ●Inhibition de la photosynthèse en raison de l’augmentation de la perméabilité des membranes cellulaires et de la perte d’ions indispensables comme le potassium; ●Substitution du dioxyde de carbone (CO₂) par le SO₂ dans la fixation photosynthétique ; ● Inactivation d’enzymes indispensables ; ● disparition d’espèces sensibles : pin sylvestre ; ●Diminution de la productivité forestière ; ● perturbe la floraison de certaines plantes (vigne, blé...) et diminue leurs rendements ; ●Jaunissement (d’ocre clair ou presque blanc à rouge orangé |

| | |
|---|---|
| | ou brun) des feuilles et leurs chutes prématurées. |
| Oxydes d'azote NO_x | <ul style="list-style-type: none"> ● diminution du rendement des plantes (cultivées) ; ● formation de zones nécrotiques irrégulières et décolorées sur les deux faces des feuilles; ● Des stries nécrotiques internervales rougeâtres ou une décoloration sombre de la face supérieure des feuilles (graminées). |
| Ozone (O₃) et les autres photo-oxydant (PAN, éthylène) | <ul style="list-style-type: none"> ● Nécroses importantes chez les végétaux retraduisant par l'accélération de la sénescence ; ● Réduction de la photosynthèse chez les végétaux chlorophylliens ; ● Feuillage devient bronze ou décoloré, en cas de PAN une teinte argentée vitreuse ou métallique à la face inférieure du limbe foliaire ; ● Défoliation totale de la plante. |
| Les particules (poussière de ciment, les métaux, la chaux dolomitique en poudre et la suie carbonique) | <ul style="list-style-type: none"> ● Nuisance à la respiration normale des feuilles ; ● Perturbation des mécanismes de la photosynthèse à l'intérieur de la feuille ; ● Chlorose et la mort des tissus foliaires par la combinaison d'une croûte épaisse et de la toxicité alcaline produite par temps humide. ● les éléments émis se fixent sur les sites chargés extracellulaires (pariétaux et membranaires, généralement des groupes carboxyliques). |
| Fluore | <ul style="list-style-type: none"> ● ralentir la croissance de certaines plantes (pin sylvestre, épicéa, prunier, poireau...) ; ● Inhiber les fonctions d'assimilation et de reproduction chez les plantes. ● perturber le développement des organes (en agissant sur l'hormone de croissance (l'auxine) ; ● Nécroses et la chute des feuilles ou des aiguilles ; ● Carence en sels minéraux chez les plantes en bloquant le calcium et le magnésium sous forme de complexes insolubles ; |

Source : (Griffiths, 2003 ; Ramade, 2005 et Kebiche, 2006)

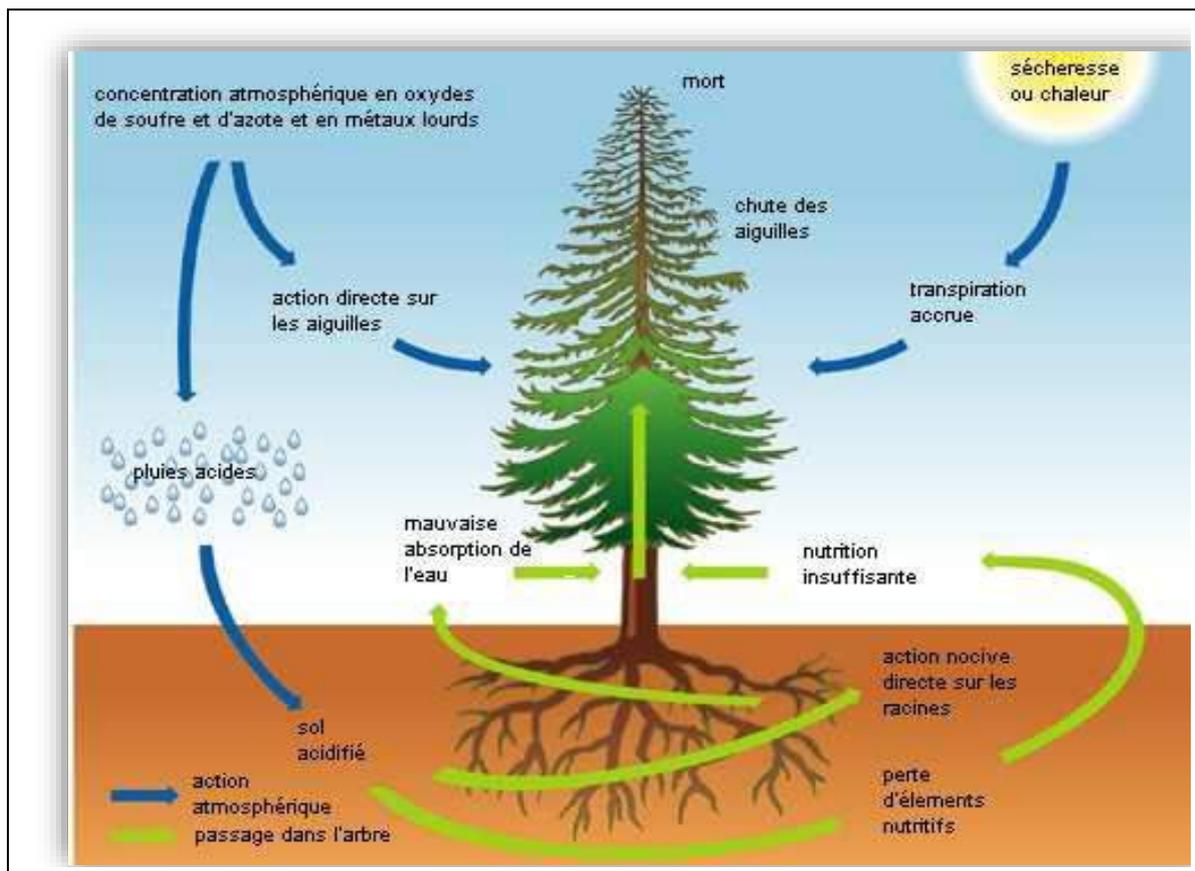


Figure 3 : l'impacte de la pollution sur les végétaux (Ben Bada, 2011)

7.1.2. Impact sur les animaux

Les animaux exposés à l'intoxication par le fluore qui se traduit par des troubles de gravité croissante chez les ruminants. Les premiers symptômes sont de nature dentaire où les dents deviennent fragile, des déformations osseuses, des nécroses des reins, des lésions du tube digestive et aussi une cachexie progressive des animaux contaminées (Ramade, 2005 in Bouteraa, 2014).

Le tableau 3 répertorie les impacts des différents polluants sur l'environnement.

Tableau 3: Les polluants et leurs effets sur l'environnement

| Polluants | Effets sur l'environnement |
|---|---|
| CO | Toxique à haute dose pour les plantes (rarement observé) |
| CO ₂ | Gaz à effet de serre |
| NO _x (NO + NO ₂) | Acidification des pluies (formation de HNO ₃) |
| SO ₂ | Acidification des pluies (formation de H ₂ SO ₄), attaques du bâti, effets sur la végétation |
| O ₃ | Toxique pour les végétaux, baisse de l'activité photosynthétique, gaz à effet de serre |

| | |
|------------|--|
| Poussières | Dégradation du bâti, perturbation de la respiration et de la photosynthèse des plantes |
| Pb | Toxique pour la faune (accumulation par la chaîne alimentaire) |
| COV | Gaz à effet de serre (formation de CH ₄) |

Source :(Casale, 2006)

8.2. Impact sur la santé humaine

L'impact de la pollution dépend essentiellement du type et de la concentration des différents polluants, de la durée d'exposition à ces polluants, ainsi que de l'état de santé et de la morphologie des populations exposées (Martin, 2006 in Catinon, 2010). Les effets néfastes de la pollution atmosphérique sur l'Homme sont classés en deux groupes :

► **Les effets à court terme** : Se sont des manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans quelques jours ou semaines suite aux variations journalières des niveaux ambiants de la pollution atmosphérique.

► **Les effets à long terme** : Qui peut être en raison d'une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique et qui peuvent induire une surmortalité et une réduction de l'espérance de vie.

D'après l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), la pollution atmosphérique dans les grandes villes cause la mort de plus de 2 millions de personnes par an dans les pays en voie de développement, en plus des millions de personnes qui souffrent de différentes maladies respiratoires (Laïd *et al.*, 2011 in Bouteraa, 2014).

9. Les méthodes d'évaluation de la pollution atmosphérique

9.1. Les méthodes physico-chimiques

Il existe de nombreux appareils de mesure de la concentration des polluants gazeux. Leurs variétés permet de mesurer les concentrations momentanées ou les doses cumulatives. La majorité d'entre eux se base sur des méthodes physico-chimiques.

Les mesures spectrométriques directes ou échantillonnage passif qui fonctionne sur le principe de la diffusion de la substance dans un milieu absorbant, le matériel spectroscopique utilisé étant coûteux, il est difficile de multiplier les points de mesures momentanées. En revanche, les capteurs passifs sont moins chers et il est possible de les installer partout, mais leur utilisation est actuellement restreinte à NO₂ et O₃.

L'information que donnent les capteurs sur la dose totale en fonction d'un temps d'exposition limité, peut être insuffisante pour ceux qui s'intéressent aux variations journalières. De surcroît, toutes ces techniques de mesures ne sont faites que pour les polluants majeurs, les techniques de mesures de polluants mineurs ou occasionnels n'étant que peu

développées, leur application pour le contrôle courant est réduite. De plus, il n'est jamais suffisant de connaître les concentrations de chaque polluant car leur effet sur les êtres vivants peut ne pas être simplement additif. **(Semadi, 1989).**

II. La bio indication de la pollution atmosphérique**1. Introduction**

Les méthodes physico-chimiques ne permettent pas d'estimer les effets cumulés dans le temps ni les effets synergiques ou antagoniques de plusieurs polluants lorsque les concentrations de chacun d'eux sont connues. Etant conscients de ces problèmes, les chercheurs se tournent vers les organismes vivants dont l'observation peut apporter les informations complémentaires. (Semadi, 1989). Cette méthode est appelée la bio surveillance qui fournissent des informations sur la quantité des polluants ainsi que leurs effets sur les organismes en contact. Pendant des nombreuses années, les programmes « classiques » de surveillance environnementale sont complétés par des mesures basées sur des bio indicateurs (Markert *et al.*, 2010 in Bouteraa, 2014).

2. Définition de la bio indication

les indicateurs biologiques ou bio indicateurs se résume en l'utilisation d'organismes sensibles à un polluant donné dont la présence ou l'état renseigne sur la qualité écologique de l'environnement (Tachet, 2006 ; Khaldi, 2013). Ils sont définir comme l'utilisation des réponses aux niveaux d'organisation biologique (moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique, tissulaire, morphologique, écologique) d'un individu ou d'un ensemble d'organismes pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution, pour prévoir et/ou révéler une altération de l'environnement et pour en suivre l'évolution (Garrec et Van Haluwyn, 2002) .

Il existe deux approches possibles de la bio indication :

L' approche passive : qui consiste à étudier les végétaux naturellement présents sur le site d'étude.

- **L'approche active** : qui consiste à importer des végétaux cultivés et sélectionnés, sur les sites à étudier.

Parmi les différents végétaux utilisés en bio surveillance, il y a : **les bio indicateurs, les bio intégrateurs, les bio accumulateurs et les bio marqueurs** (Casale, 2006).

Si les organismes vivants les plus divers peuvent être utilisés en bio surveillance, les végétaux en sont les outils privilégiés. La diversité végétale offre un large panel d'organismes utilisables : bryophytes, lichens, plantes supérieures qui sont employés spécifiquement ou non pour un grand nombre de polluants (ozone, oxydes d'azote, métaux lourds, HAP, dioxines, pesticides ...) (Casale, 2006)

3. Niveau d'indication

_ Des **bio marqueurs** : dans ce cas, les changements se situent au niveau infra-individuel. Les altérations sont moléculaires, biochimiques, cellulaires ou même physiologiques. Mais toutes ces modifications ne sont pas visibles à l'œil nu.

- Des **bio-indicateurs** : les effets sont visibles à l'nu, et ils se traduisent par des altérations morphologiques, tissulaires ou physiologiques (notamment de la croissance et de la reproduction). Cette utilisation concerne seulement les végétaux dits « sensibles ».

- Des **bio-intégrateurs** : les effets de la pollution sont dans ce cas appréciés à l'échelle de la population voire de la communauté ou de l'écosystème. Les phénomènes d'apparition ou de disparition d'espèces sont utilisés comme des indicateurs de variations de la qualité environnementale, et peuvent être utilisés pour mettre en évidence une pollution.

- Des **bio accumulateurs** : La bioaccumulation est un phénomène par lequel une substance s'accumule en surface et/ou pénètre dans un organisme, même si elle n'a aucun rôle métabolique, voire si elle est toxique à l'organisme (Casale, 2006)

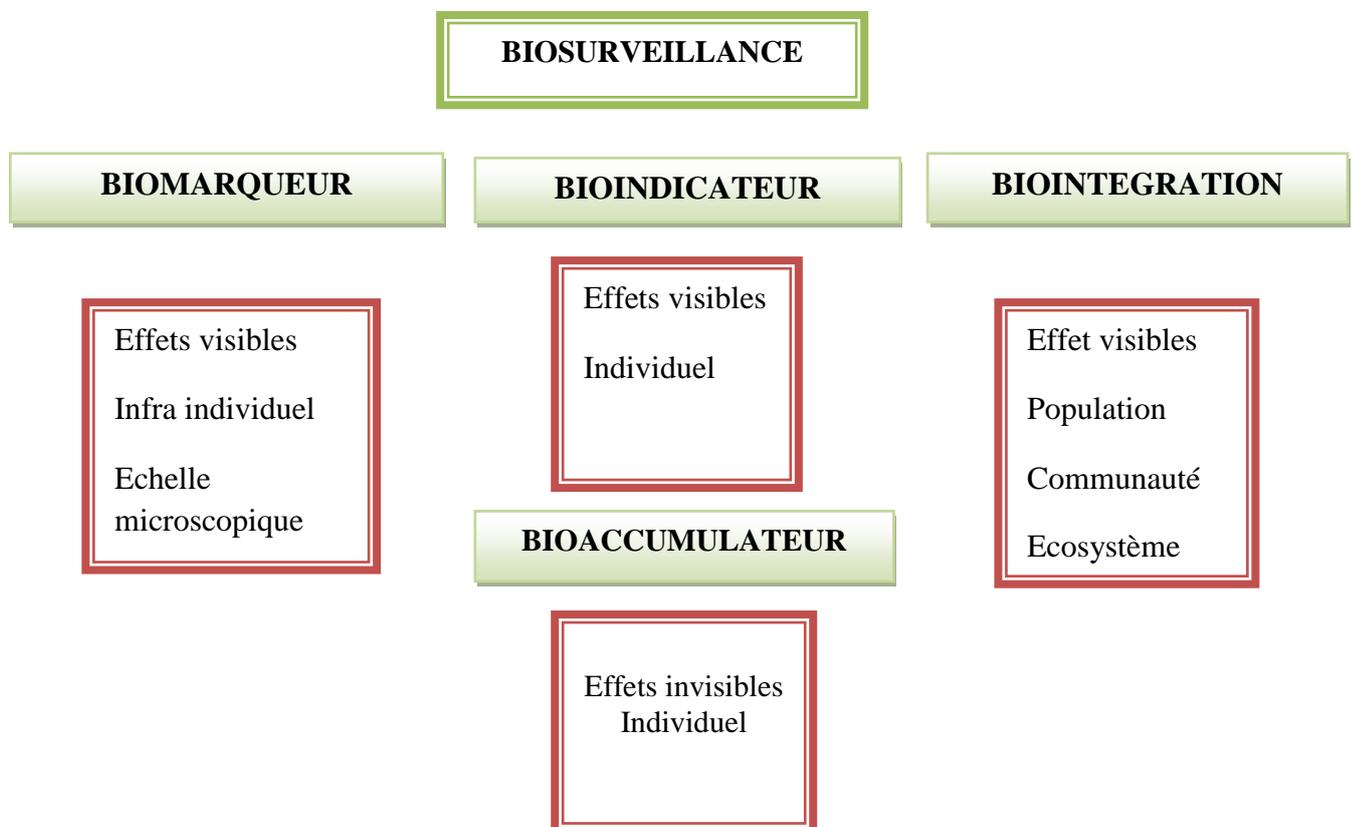


Figure 4 : Schéma récapitulatif de la bio surveillance (Casale, 2006)

4. Type de la bio indication

Deux grands types de bio indication sont distingués :

4.1. La bio indication passive

Les bio indicateur passifs sont des plantes déjà présentes sur le lieu d'étude. Leur emploi est souvent lié à la nécessité de couvrir une zone de recherche étendue. De plus, les espèces étant autochtones, elles n'ont besoin d'aucun entretien spécifique. En contrepartie, l'interprétation des résultats obtenus doit prendre en compte un nombre de critères importants tels que l'hétérogénéité des conditions de vie : qualité du sol, conditions climatiques, variabilité génétique, hétérogénéité de la distribution spatiale des espèces retenues, **(Garrec et Radnai, 1996 in Philippe, 2000)**

4.2. La bio indication active

On utilise la végétation sélectionné cultivé à cet effet puis installé sur site. En place et quelquefois des espèces cultivées présentes dans la zone à étudier **(Aspa, 2001 in Benbada, 2011)**. Les avantages de cette méthode, sont la présence constante de ces plantes sur le terrain et la possibilité d'étendre l'échantillonnage. Le désavantage de cette technique vient de la variabilité des conditions bioclimatiques, des caractéristiques génétiques de la végétation, et de l'hétérogénéité de la répartition spatiale des plantes (**Bouterra, 2014**) .

Tableau 4 : Résumé des types de bio indication

| Type d'approche | Bioindication | Biointégration | Bioaccumulation |
|--|---|---|--|
| Approche passive (utilisation des végétaux présents) | Identification d'une ou plusieurs espèces sensibles à un polluant et bien représentées sur le territoire étudié (Noisetier et Ozone, par exemple). Cartographie des impacts. Suivi temporel possible mais difficile à interpréter | Analyse de la présence/absence des espèces réputées sensibles ou tolérantes à divers polluants. (Exemple des lichens et du SO ₂). Cartographie possible, suivi temporel à long terme (de l'ordre de 5 à 10 ans) possible. | Identification d'une ou plusieurs espèces (arbres, lichens...) abondantes sur la zone d'étude et réparties de façon homogène. Analyse de la concentration en métaux ou autres éléments traces accumulés dans ces individus |
| Approche active (utilisation de biostations) | Mise en place de plantes sensibles cultivées en pots en différents points du territoire. (tabac Bel W3 sensible à l'ozone, par exemple). Cartographie des impacts et suivi temporel (à l'échelle de la semaine) | Transplantation d'espèces (lichens) d'un site de référence non pollué vers le site d'observation (utile en site très pollué, caractérisé par l'absence de lichens) | Mise en place de plantes (ray-grass) bioaccumulatrices. Prélèvements réguliers dans des conditions contrôlées et analyse chimique de la teneur des tissus en éléments traces (métaux lourds). |

Source: Castell, 2009 in Bouteraa, 2014

5. Bio indication de la pollution atmosphérique par les organismes vivants

Depuis les premières études biologiques sur la qualité de l'air d'après (**Swieboda et Kalembe, 1978**), plusieurs végétaux sensibles ont été développés pour la surveillance de divers polluants : SO₂ O₃, radionucléides, hydrocarbures aromatiques polycycliques, les métaux et les métaux lourds (**Agnan, 2013**). Le principe de ces recherches consiste à choisir un organisme particulièrement sensible à ce polluant; la réaction spécifique de cet organisme peut être corrélée à la concentration du composé. Dans le cas où la réaction spécifique n'est pas présente, la réponse de l'organisme peut traduire l'effet de la pollution atmosphérique totale. Par exemple, la réaction de l'appareil photosynthétique à la pollution atmosphérique est largement connue. Cette réaction se manifeste soit sous forme de changements des concentrations des pigments soit d'une diminution de l'efficacité de la photosynthèse (**Chakhparonia, 1995**).

5.1. Bio indication par les végétaux

La bio surveillance de la pollution atmosphérique à l'aide des végétaux a été très développée durant ces dernières années. En Europe, en Asie ; en Amérique du nord et même en Afrique du nord ; plusieurs recherches ont été menées grâce à des travaux de divers institutions, aboutissant ainsi à démontrer que certains végétaux ont la propriété, soit de réagir très rapidement et d'une façon très visible aux polluants, soit d'accumuler très fortement les polluants présents, (**Garrec, 2007**).

Les végétaux sont des outils de grand intérêt pour la bio surveillance. Leur diversité offre un large éventail d'organismes utilisables tel que les Bryophytes, Lichens, les plantes à tige ou Cormophytes qui sont employés spécifiquement ou non pour détecter un grand nombre de polluants atmosphérique (ozone, oxydes d'azote, particules en suspensions, métaux lourds, HAP, dioxines, pesticides...).

Mais en domaine de recherche les lichens se classe en premier lieu dans la bio surveillance de la qualité de l'air (**Bouterra, 2014**).

5.1.1. Les lichens

Les lichens sont constitués d'une symbiose entre une algue et un champignon formant un thalle lichéneuse. Les lichens n'ont pas de racines, de feuilles ou de tiges mais un appareil végétatif que l'on appelle un thalle. Celui-ci peut se distinguer par ses formes et ses couleurs variées. On peut distinguer plusieurs types de thalles : complexes, crustacés, foliacés, fructiculeux, gélatineux, lépreux et squamuleux (**Nathan, 2019**) (Figure. 5).



Figure 5 : (De gauche à droite) Lichens à thalle crustacé (*Lécanore sp.*), foliacé (*Physico aipolia*) et fructiculteur (*Ebernai prunastri*) (Nathan, 2019).

Les lichens sont utilisés comme des bio indicateurs et bio-intégrateurs performants dans la détection de la pollution atmosphérique. Nylander est le premier, à constater la disparition des lichens corticoles du Jardin du Luxembourg entre 1866 et 1896, émit l'idée que les lichens pouvaient être des « hygromètres » de la qualité de l'air (Bouterra, 2014).

Les lichens n'ayant pas de moyen de protection vis-à-vis des polluants, ils absorbent les éléments traces métalliques présents dans l'air en même temps que les éléments qui leur sont nécessaires, et les accumulent dans leurs tissus. Ces mécanismes d'accumulation ont été décrits et synthétisés dans diverses publications notamment par Garty (2001). Selon cet auteur, les éléments traces métalliques se déposent à la surface des lichens sous forme de particules sèches ou, lors de précipitations sous forme humide (particules et/ou éléments dissous dans l'eau). Les particules retenues à l'intérieur du thalle s'y désagrègent progressivement, et les éléments relégués se fixent sur les sites chargés extracellulaires (pariétaux et membranaires, généralement des groupes carboxyliques). Les formes ioniques se fixent très rapidement sur des sites pariétaux extracellulaires (du type carboxyliques par exemple). Ces éléments ainsi adsorbés sont rapidement échangeables, donc les quantités ainsi fixées reflètent les expositions récentes. Cependant, lorsque les éléments se trouvent sous forme de particules insolubles, ils n'en sont que très lentement extraits. Ainsi, ils sont accumulés dans les thalles selon les quantités de particules dans l'atmosphère et la période d'exposition, en fonction de leur spéciation dans les thalles, les éléments peuvent pénétrer au sein des cellules par des mécanismes actifs et passifs (Bergamaschi et al., 2007).

5.1.2. Les mousses

Les mousses présentent l'avantage de ne pas posséder de système racinaire et de ne pas être recouvertes d'une cuticule, et par conséquent absorbent la majorité des nutriments et l'eau par

voie aérienne : soit par contact avec l'air ou les précipitations, soit par l'impaction ou la sédimentation des particules atmosphériques (Foan, 2012), (photo. 1).

Les mousses sont fréquemment employées pour mesurer les dépôts atmosphériques des métaux. Il existe, en effet, une bonne corrélation entre les concentrations observées dans le tissu végétal et les teneurs de l'eau de pluie pour le cadmium, le cuivre, le fer, le plomb, le zinc et le vanadium (Ross, 1987 ; Berg, *et al.*, 1994 ; Torunn *et al.*, 1994; Lippo *et al.*, 1995). Les bryophytes sont aussi capables de fixer les radioéléments ce qui a permis de suivre la déposition du césium radioactif en Italie après l'accident de Tchernobyl (Giovan *et al.*, 1994). Leur capacité à servir de bio indicateur dépende essentiellement de l'aptitude de l'espèce à absorber puis à fixer ces polluants ainsi que de leur indépendance vis à vis des apports minéraux du sol (Denayer, 1995; Brown et Brumelis, 1996). La quantité de métaux peut alors être attribuée aux dépôts atmosphériques secs et humides. *Hylocomium splendens* est ainsi utilisée en routine en Suisse depuis 1968 ainsi que dans les contrées nordiques (Danemark, Finlande, ...) depuis 1985 (Ruhlin *et al.*, 1987). De plus, (Thomas, 1986) montre que les mousses fixent aussi les hydrocarbures chlorés, comme les polychlorobiphényles (PCB), et les hydrocarbures polyaromatiques. Cependant, la mise en évidence de contamination des bryophytes par les métaux et les hydrocarbures nécessite l'utilisation de méthodes d'extraction délicates et un matériel d'analyse spécifique.

Ces végétaux possèdent un rapport surface sur volume élevé, ce qui induit une forte accumulation des polluants atmosphériques par rapport à d'autres végétaux. Les mousses possèdent également une capacité d'échange cationique élevée, ce qui intensifie l'accumulation des polluants minéraux comme les métaux lourds (Wegener *et al.*, 1992).



Photo 1: Mousses bio-accumulateurs de polluant atmosphérique
Gauche : *Ceratodon purpureus*
Droite : *Scleropodium purum* (Cuny *et al.*, 2012)

5.1.3. Les champignons

Les champignons ont fait l'objet de nombreuses études pour leurs propriétés d'accumulation des métaux lourds et des éléments radioactifs qu'ils puisent dans le sol par leurs mycéliums. La plupart des études relatives à la bioaccumulation par les champignons s'intéressent certes aux propriétés de concentrateurs de ces éléments traces dans l'atmosphère via le sol, mais elles s'intéressent surtout dans la perspective d'une transmission des polluants toxiques ainsi concentrés dans la chaîne trophique, soit par ingestion animale ou humaine, soit en passant dans les plantes naturelles ou cultivées pour les champignons en symbiose avec leur racine (mycorhizes) (**Bouterra, 2014**).

5.1.4. Les arbres

L'emploi des arbres est souvent lié à la nécessité de suivre l'évolution de la qualité de l'air et son impact sur de grandes étendues. Les espèces utilisées sont alors autochtones ce qui permet de s'affranchir des problèmes d'acclimatation et d'entretien des végétaux. Les résineux (sapin, épicéa pin sylvestre) sont utilisés depuis 1980 pour mettre en évidence l'impact des pollutions diffuses, en SO₂ ou ozone, dans les régions montagneuses (**Feder, 1978 ; Bouvarel, 1984 ; Landmann, 1995 ; Manninen et Huttunen, 1995 in Philippe, 2000**).

Les atteintes végétales recherchées sont, dans le cas des arbres, essentiellement morphologiques (**Barthod et al., 1987**). Ainsi, la présence de nécroses foliaires traduit une exposition aux polluants. Comme les constituants naturels de l'atmosphère libre, les polluants gazeux parviennent à proximité de la feuille par diffusion turbulente et traversent ensuite une couche plus stable, appelée couche limite, par diffusion moléculaire. L'appareil stomatique représente l'élément essentiel de pénétration de la plupart des gaz dans la plante. L'ostiole franchi, les polluants accèdent à la chambre sous-stomatique où ils vont pouvoir se solubiliser.

D'autre part, les altérations dues à une exposition aux gaz oxydants forts, sont rarement transe-foliaires et, souvent, seule la face supérieure sera lésée alors que la face inférieure restera intacte (Figure 6). De même, les parties périphériques du feuillage, mieux exposées, présentent souvent plus de nécroses que les feuilles proches du tronc ou recouvertes par d'autres feuilles. Ce sont aussi ces parties du feuillage qui reçoivent les polluants particulaires qui sédimentent. C'est en fonction de leur pouvoir de dissolution, de leur réactivité et du degré d'activité physiologique de la plante que les contaminants vont se répartir au sein du végétal causant des nécroses plus ou moins caractéristiques. La coloration des tâches varie pour un même polluant en fonction des espèces. L'ozone provoquera

l'apparition de spots rouges chez *Prunus serotina*, *Fraxines americana*, de teintes brunes pour *Liriodendron tulipifera*, en passant par le violet porx *Asclépias syriaca* (Skelly *et al.*, 1987). De même, au sein d'une espèce, la morphologie des lésions peut varier en fonction du polluant.

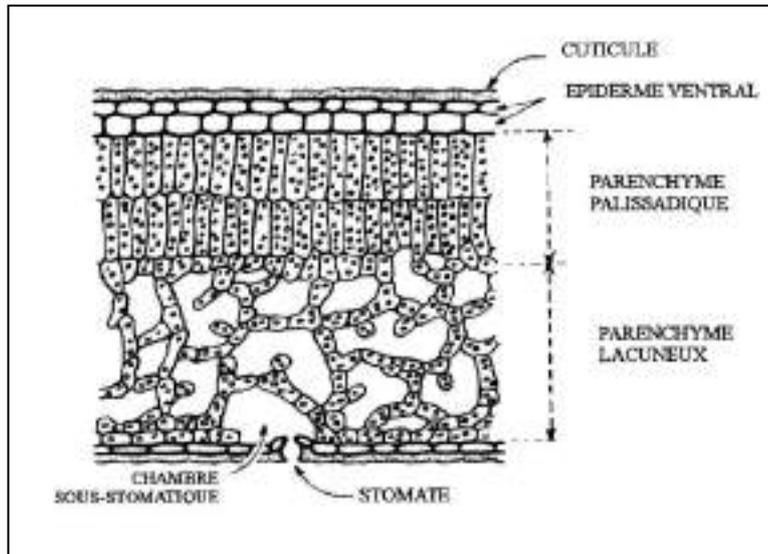


Figure 6: Dessin détaillé du parenchyme foliaire présentant la cuticule (zone d'attaque préférentielle des gaz oxydants forts) et l'appareil stomatique (zone d'attaque préférentielle des gaz hydrosolubles)(Camefort, 1977)

L'utilisation des espèces arborescentes permet donc de connaître l'évolution de la qualité de l'air avec, dans certains cas, des possibilités d'identification du cocktail polluant. Ce type d'étude présente, en outre, L'avantage d'autoriser le suivi de la charge polluante sur de vastes étendues à moindre coût. Ce pendant, la complexité de mise en place et d'interprétation des résultats, qui doit prendre en compte l'hétérogénéité des écosystèmes, fait des arbres des bio indicateurs difficiles à mettre en œuvre nécessitant des spécialistes mais qui restent les outils très bien adaptés à l'étude des changements globaux ou à long terme. (Philippe, 2000).

L'écorce a été employée comme un indicateur de la pollution de l'air, après qu'il ait été constaté une corrélation entre l'acidité de l'écorce et les concentrations atmosphériques de SO₂ (Staxäng, 1969 ; Grodzinska, 1971 ; Wolterbeek *et al.*, 1996 ; Böhm *et al.*, 1998 ; Schulz *et al.*, 1999 in Catinon, 2010). L'écorce absorbe également les métaux lourds, elle a ainsi été utilisée pour étudier les émissions de métaux lourds provenant de la circulation automobile (Laaksovirta *et al.*, 1976 ; Lötschert et Köhm, 1978) et de l'industrie (Barnes *et al.*, 1976 ; Świeboda et Kalemba *et al.*, 1979 in Catinon, 2010). Les émissions de métaux lourds provenant des activités industrielles ont été étudiées autour de sources d'émissions ponctuelles (Symeonides, 1979 ; Kansanen et Venetvaara 1991), ainsi

que dans les zones industrielles (Türkan *et al.*, 1995 ; Schulz *et al.*, 1999). Des études conduites sur les émissions de plomb provenant du trafic ont montré que la concentration en plomb dans l'écorce était corrélée avec, par exemple, la densité de la circulation (Hampp et Holl, 1974 ; Ward *et al.*, 1974 ; Laaksovirta *et al.*, 1976 in Catinon, 2010), les concentrations atmosphériques de CO, et qu'elle était négativement corrélée avec la concentration de manganèse dans l'écorce (Lötschert et Kohm, 1978). L'écorce a été utilisée dans des études régionales sur les isotopes du soufre et de l'azote (Takala *et al.*, 1991; Schulz *et al.*, 2001).

Les écorces de plus de 40 espèces différentes d'arbres ont été utilisées dans des études de biosurveillance en Europe. Les espèces d'arbres les plus couramment utilisées sont : *Acer platinoïdes*, *Aesculus hippocastanum*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Picea abies* et *Pinus sylvestris*.



Figure A: Feuille d'*Acer platinoïdes*



Figure B: Feuille et fruit d'*Aesculus*



Figure C: Feuille et fleur de *Fraxinus excelsior*



Figure D: Feuille et fruit *Quercus robur*



Figure E: Feuille de *Tilia cordata*



Figure F: Feuille et fruit de *Picea abies*



Figure G : Feuille et fruit de *Pinus sylvestris* (Lenaïg, 2019)

Figure 7: les feuilles des différentes espèces utilisées leur écorces en biosurveillance de la qualité de l'air en Europe

5.1.4.1. Le Casuarina

L'un des principaux représentants de la famille de Casuarinaceae est le filao (espèce : *Casuarina equisetifolia*), est originaire de l'Australie et Est asiatique, mais développé dans d'autres pays.

Le Casuarina est un arbre assez grand, toujours vert, vivace de 40 mètres de hauteur (espèce la plus haute des filao) à durée de vie de 50 ans. Le feuillage, persistant, particulier, est des aiguilles de 15-20 cm de long, les feuilles constituées de fins rameaux avec des entre-nœuds vert qui assurent la photosynthèse. (Photo.2)

Les fleurs sont périnthées, regroupées en chaton (épi unisexe). chaque carpelle s'ouvre de manière indépendante pour donner un fruit (Bebba et Ben Darouich, 2007).



Photo 2 : Les feuilles de *Casuarina equisetifolia* (Bebba et Ben Darouich, 2007)

5.1.4.2. L'acacia

Acacia retinoides est un arbre ornemental en forme arrondie et peuvent atteindre une hauteur de 4 à 8 mètres avec une croissance assez rapide. Il est décoratif toute l'année avec son feuillage persistant simple et alterne de couleur vertes fougère, oblancéolées et pétiolées, avec un bord entier. Les feuilles du mimosa des quatre saisons ne sont pas des feuilles à proprement parler mais des phyllodes (ce sont des pétioles qui ont l'aspect d'une feuille sans que le limbe foliaire soit développé). Les fleurs, sont en forme de boule de couleur jaune claire s'organisant en grappe, appelées des glomérules et ont la particularité d'être sessiles, c'est-à-dire qu'elles sont directement accrochées sur la tige. Quand aux fruits ; ils sont en forme de gousse. La floraison est plus intense du mois de mai au mois de novembre.

Acacia des quatre saisons a un grand pouvoir occultant, c'est pour cette raison qu'il est utilisé en haie ou en brise-vue. Il doit être contrôlé car il se ressème facilement et comme il est bien drageonnant, il peut devenir envahissant. (Bouterra, 2014)



Photo 3 : Feuilles d'*Acacia retinoides* nécrosées (Bouterra, 2014)

5.1.4. 3. Le palmier dattier

Arbre stolonifère peuvent atteindre les 30m et vive 150 ans, sont tronc et recouvert par les basses feuilles persistants, avec en bouquet terminal de 1 à 6m de long et a pétiole élargie a sa

base en gaine embrassante, sont limbe divisé en deux rangées de pinnule de 20 à 50 cm de long de couleur vert grisâtre, étroite, carénées, raides, aiguës.

Les fleurs du dattier sont déclines, c'est -à- dire; unisexués pratiquement sessiles, leur pédoncules sont très courtes, elle sont portées par des pédicelles rassembles en épi composé **(Peyron, 2000)**.

Le fruit est une datte, groupées en régimes pendant sous la couronne des feuilles; chacune des dattes est une bai brun rougeâtre, cylindro- ellithique de 3 à 5 cm de long à pulpe plus au moins translucide, farineuse, sucrée, savoureuses et a une graine allongée, ellipsoïdes.

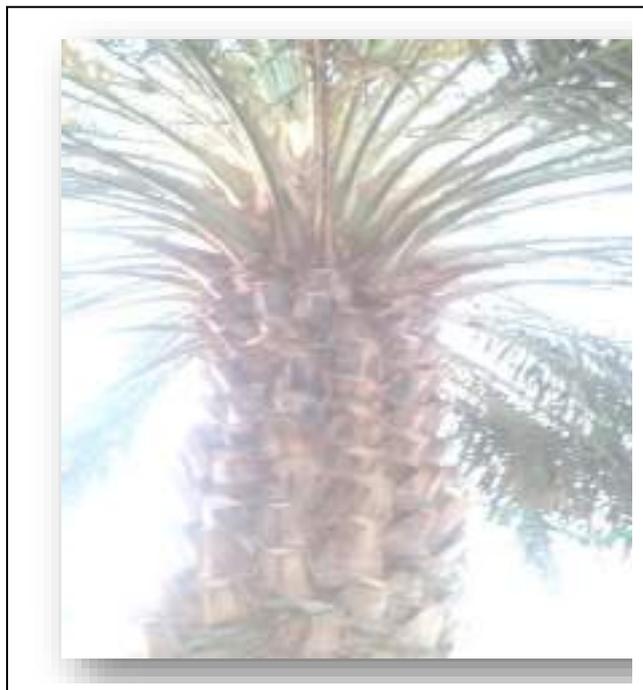


Photo 4: palmier dattier **(Rachedi et Gueffal, 2020)**

Chapitre II Le palmier dattier et la palynologie

I : Le palmier dattier

I. Généralité sur le palmier dattier

1. L'origine

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'un des arbres fruitiers le plus anciennement cultivé dans le monde, il est le résultat de l'hybridation de plusieurs types de *Phoenix*. Le palmier dattier a été cultivé dans les zones chaudes entre l'Euphrate et le Nil vers 4500 ans avant J.C. De là, sa culture fut introduite en Basse Mésopotamie vers l'an 2500 avant J.C. Selon **Munier, 1973**. Alors que selon **Newton et al., 2008** dans la région du Golfe. Depuis ce lieu (région du Golfe) est l'origine de la culture du palmier dattier s'est étendue vers l'Est et vers l'Afrique orientale (15^{ème} siècle) et du nord (11^{ème} siècle). Dès le 20^{ème} siècle, il est introduit en Amérique par les conquêtes espagnoles et en Australie (**Nixon, 1978**).

2. Taxonomie

Le palmier dattier a été dénommé par Linne en 1753 *Phoenix dactylifera*. La signification de *Phoenix dactylifera* L. dans la l'étymologie, du mot "*Phoenix*" dérive de nom de dattier chez les Grecs, qui considéraient comme l'arbre des phéniciens et "*dactylifera*" vient de latin *dactylus* dérivant du grec *dactylis*, signifiant doigt, en raison de la forme du fruit. Selon **Munier 1973**.

La classification du palmier dattier est comme suit :

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Embranchement | Phanérogames |
| Sous-embranchement | Angiospermes |
| Classe | Monocotylédones |
| Groupe | Phénocopies |
| Famille | Arecaceae |
| Sous-famille | Coryphoideae |
| Genre | <i>Phoenix</i> |
| Espèce | <i>Phoenix dactylifera</i> L. |

Le genre *Phoenix* qui contient 12 espèces et l'espèce *dactylifera* L. se distingue des autres espèces du même genre par un tronc long (pas vrais généralement car ce forme d'ensemble des bases des feuilles morts) et grêle et par des feuilles glauques (**Djerbi, 1994**).

3. Caractères morphologiques

Le palmier dattier est une plante pérenne avec une croissance très lente, à partir de leur milieu l'âge et des conditions culturales qui devinrent ses caractéristiques (**Munier, 1973**).

C'est un grand palmier de 20 à 30 m de haut, leur tige au tronc cylindrique (stipe), qui forme un ensemble des bases des feuilles morts, portant une couronne de feuilles sont pennées divisées et longues de 4 à 7 m. L'espèce est dioïque soit porte des inflorescences mâles ou femelles ce dernier aux trois carpelles et ce sont indépendants, dont une seule se développe pour former les fruits (les dattes) (**Hadjari et Kadi hanafi, 2005 in Bessas, 2008**)

3.1. Le système racinaire

Le système racinaire du palmier dattier est fasciculaire présente quatre zones d'enracinement (les racines respiratoires, les racines de nutrition, les racines d'absorption et une zone dont les racines sont très bien développées particulièrement dans le cas où la nappe phréatique se trouve à une grande profondeur) . Ces quatre zones distribuées comme suit :

- Zone 1 : Ce sont les racines respiratoires, localisées à moins de 0,25 m de profondeur qui peuvent émerger sur le sol.
- Zone 2 : Ce sont les racines de nutrition, allant de 0,30 à 0,40 m de profondeur.
- Zone 3 : Ce sont les racines d'absorption qui peuvent rejoindre le niveau phréatique à une profondeur varie d'un mètre à 1,8 m.
- Zone 4 : Ce sont les racines d'absorption de profondeur, elles sont caractérisées par un géotropisme positif très accentué. La profondeur des racines peut atteindre 20 m (**Munier, 1973 ; Djerbi, 1994**).

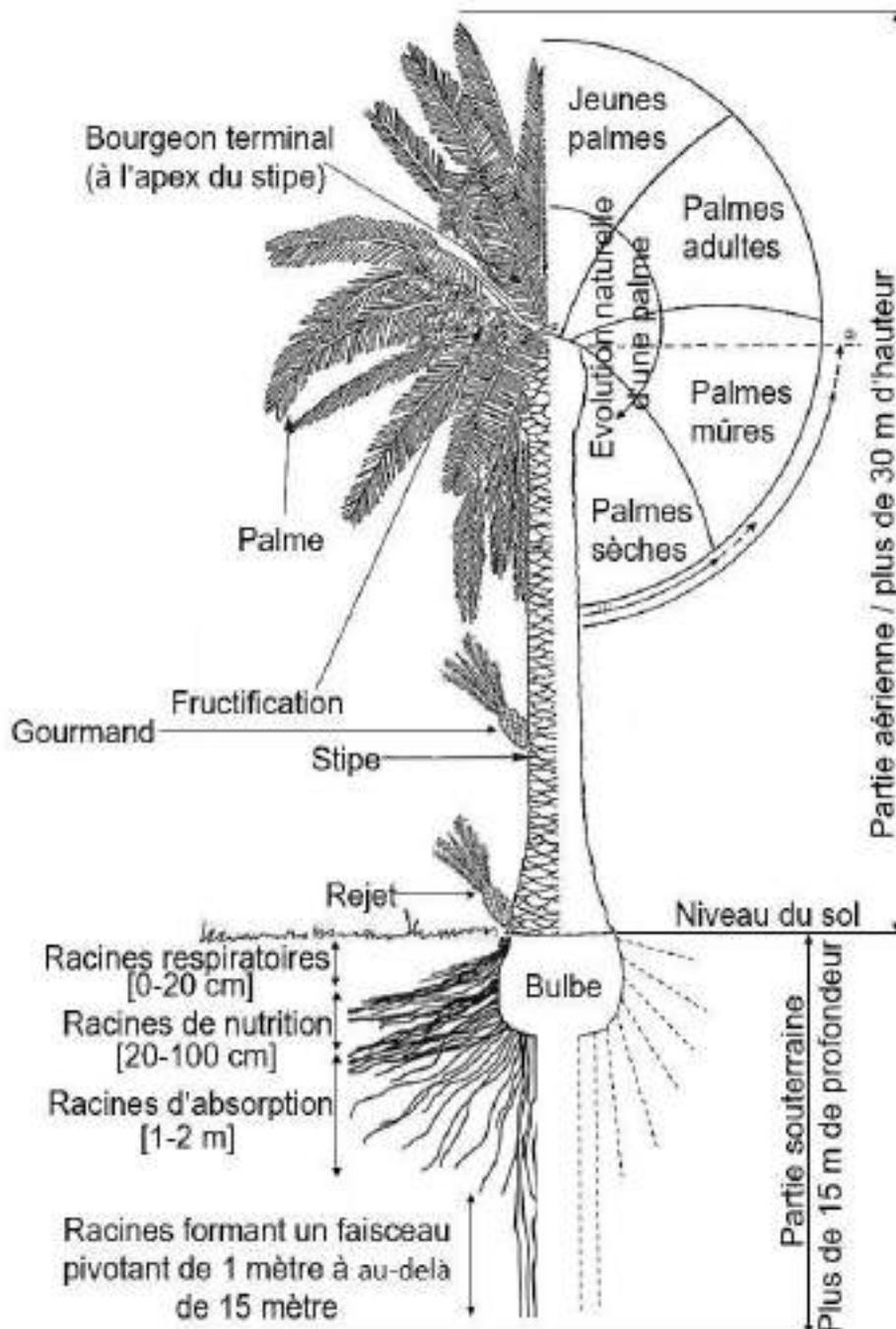


Figure 8 : Schéma de principe de l'installation d'un rhizotron pour le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) (Tahri, 2018)

3.2. Le système végétatif

3.2.1. Le tronc (stipe)

Généralement à la forme cylindrique, son élongation qui liée avec sa partie coronaire par le bourgeon terminal ou phyllophore (Munier, 1973)

3.2.2. Les palmes

Sont des feuilles composées pennées insérées en hélice très rapprochées sur le stipe, par une gaine pétioleaire bien développée enfuie dans un fibrilleux à feutrage appelé Lif.

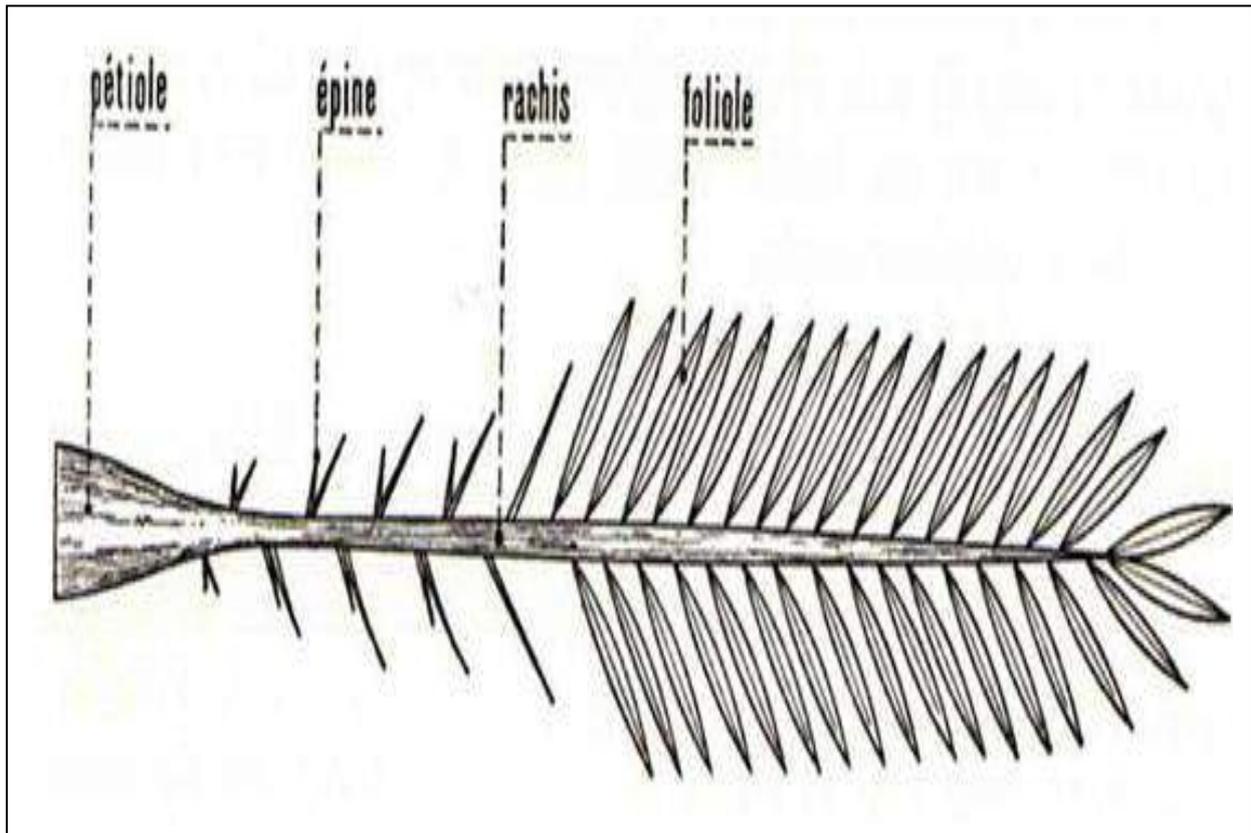


Figure 9: Schéma d'une palme (Munier, 1973)

3.2.3. La Couronne (frondaison)

C'est l'ensemble des palmes vertes qui forment la couronne du palmier dattier. On dénombre de 50 à 200 palmes au maximum chez un palmier dattier adulte ou âgé. Les palmes en générale vivent de trois à sept ans selon les variétés et le mode de culture. Elles sont émises par le bourgeon terminal ou « phyllophore », pour cela, on distingue trois couronnes : la couronne basale, la couronne centrale et les palmes du cœur (Peyron, 2000).

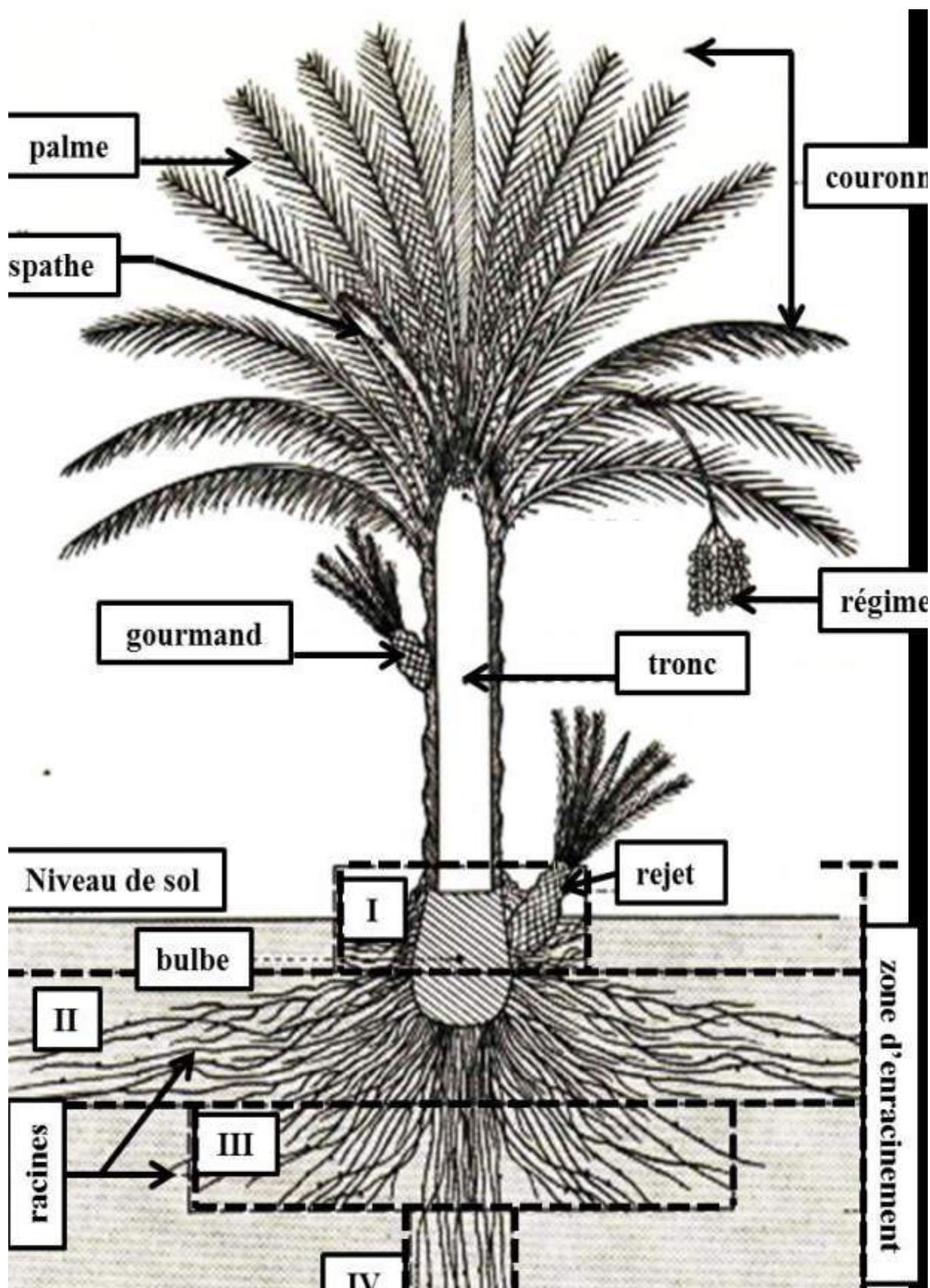


Figure 10 : Morphologie du palmier dattier (Munier, 1973).

3.3. L'appareil reproducteur**3.3.1. Les fleurs**

Les palmiers dattiers sont déclines, c'est-à-dire unisexuées, soit portent des inflorescences mâles ou femelles (plant dioïque). **(Munier, 1973).**

3.3.1.1. La fleur femelle

La fleur femelle est de forme globulaire avec un diamètre de 3 à 4 mm elle est moins allongée que la fleur mâles. Elle est constituée de 3 sépales soudés, 3 pétales ovales arrondis et 6 étamines avortées "staminodes" **(Munier, 1973).**

3.3.1.2. La fleur mâle

La fleur mâle est blanche ivoire et un peu plus allongée que la fleur femelle, elle est de forme légèrement allongée, constituée de 3 sépales soudés et 3 pétales, **(Munier, 1973).**

Les deux types de fleur sont formées dans des spathes (spath femelle et mâle). D'une manière générale, les spathes mâles sont plus courtes et plus renflées, avec une légère dépression dans leur partie supérieure, alors que les spathes femelles sont de forme allongée. **(Eddoud, 2003).**

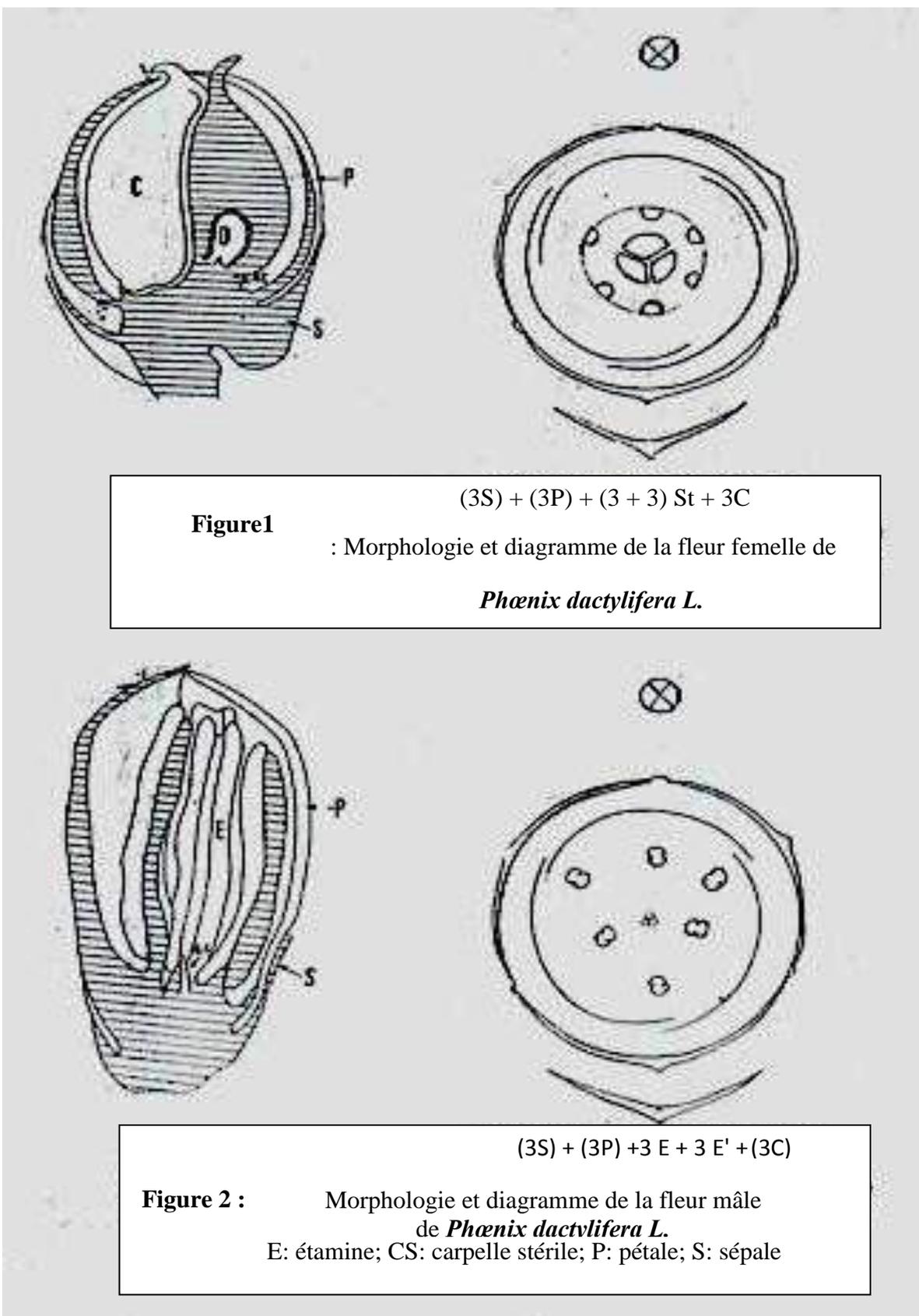


Figure 11 : morphologie de fleur mâle et femelle de *Phoenix dactylifera L.* (Halimi, 2004)

3.3.2. Floraison

Le palmier dattier mâles émergent les inflorescences avant l'émergence des inflorescences femelles, c'est-à-dire au mois de février donc Le palmier dattier fleurit une fois par an (**Bouguedoura, 1991**). Les inflorescences des dattiers (mâles et femelles) proviennent du développement d'un bourgeon axillaire au sein de la couronne de palmes. Elles sont couvertes par une enveloppe membraneuse (spath) Cette dernière se compose d'un grand nombre L'épillet qui porte plusieurs fleurs toutes de même sexe. Pour obtenir des dattes, il faut féconder les fleurs femelles avec du pollen provenant des épillets des fleurs mâles que l'arboriculteur attache au sein de l'inflorescence femelle. Cette fécondation peut se faire par le vent (**Dubost, 1991 in Lacheheb, 2010**).

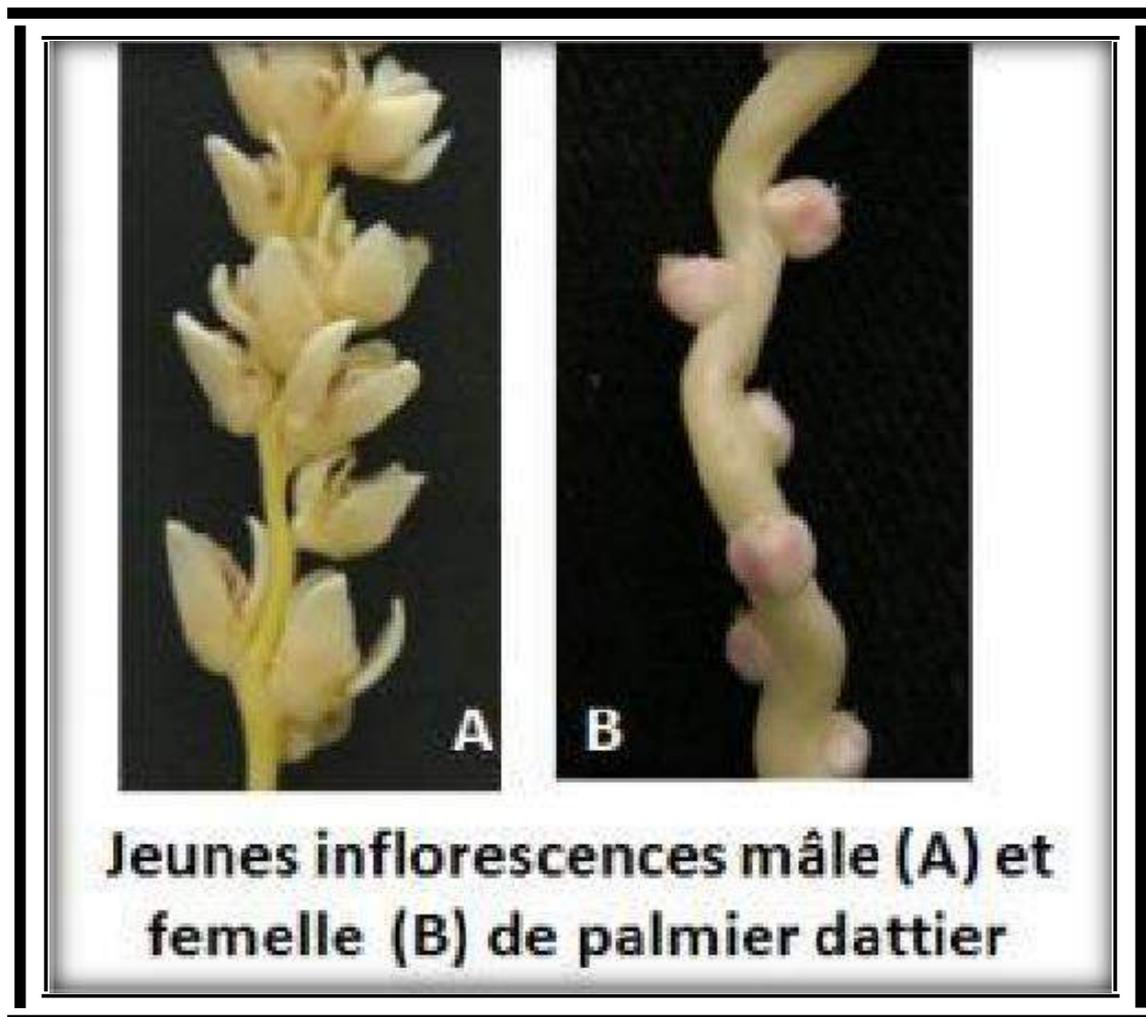


Figure 12: l'inflorescence mâle et femelle de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) (**Bennouamane, 2015**)

3.3.3. Fructification

La formation des fruits chez les palmiers dattier dure entre 120 et 200 jours elle varie selon les cultivars et les conditions climatiques. Au cours de la fructification, les dattes changent de couleur, de forme, de consistance et de composition chimique (**Bouguedoura, 1991**).

Le fruit est une baie contenant une seule graine (noyau) la datte (fruit) est constituée d'un mésocarpe charnu, protégé par un fin épicarpe, le noyau est entouré d'un endocarpe parcheminé, il est de forme allongée, plus ou moins volumineux, lisse ou pourvu de protubérances latérales en arêtes ou ailettes, avec un sillon ventral leur embryon est dorsal, sa consistance est dure et cornée. La couleur de la datte est variable selon les espèces : jaune plus ou moins clair, jaune ambré translucide, brun plus ou moins prononcé, rouge ou noire (**Munier, 1973**).

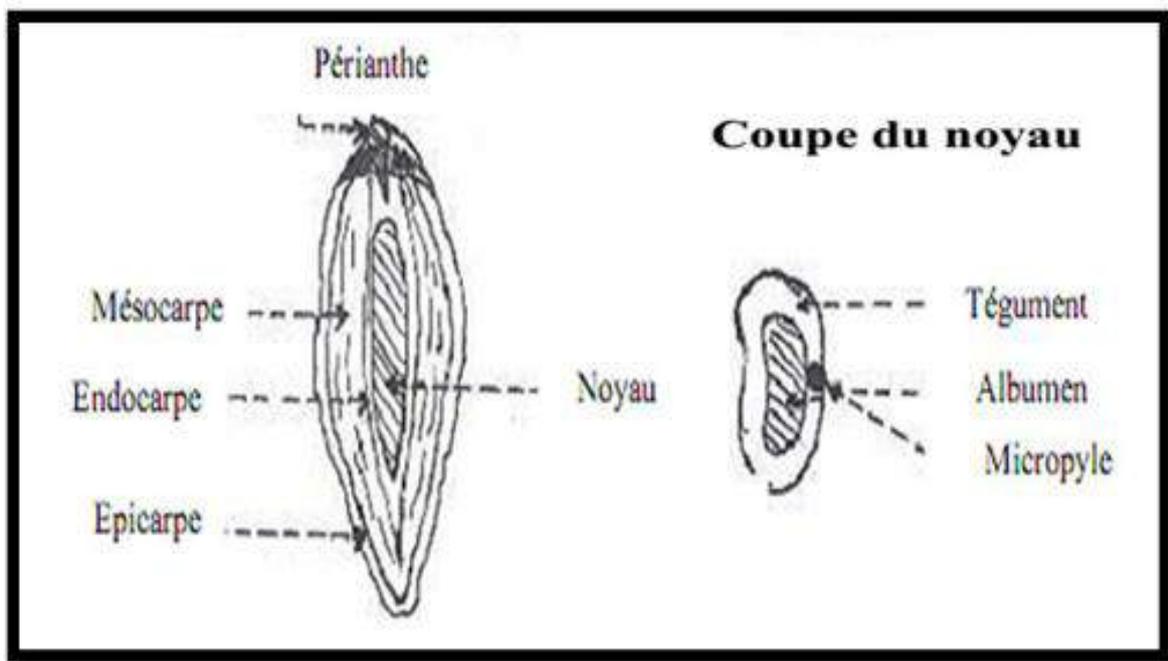


Figure 13 : Fruit (datte) et noyau du palmier dattier (**Buelguedj, 2001**)

3.3.4. Mode de multiplication

3.3.4.1. Multiplication par voie sexuée

Ce mode de multiplication se fait par le vent ou les insectes portent dans les peuplements naturels, le pollen des plantes mâles (fleurs mâles) sur les organes sexuels des plantes femelles (fleurs femelles) (fécondant les dattes) (**Wertheimer, 1956**).

La multiplication par voie sexuée consiste à semer les graines. Elle entraîne l'apparition de nouveaux phénotypes qui peuvent être intéressants mais dans ce cas il faut attendre plusieurs années avant d'obtenir des fruits qui sont les dattes qui sont hétérozygote et l'individu issu

d'une graine ne produira que dans de rares cas (4%) des fruits possédant des qualités organoleptiques équivalentes ou supérieures à celles des parents (**Peyron, 2000**).

3.3.4.2. Multiplication par voie asexuée

Ce mode de multiplication fait Par l'utilisation de rejet qui permet une conservation des caractères génétiques du pied mère. Elle assure une homogénéité du sexe, de la variété, de la vigueur et de la qualité des fruits. Les rejets utilisées sont produits pendant la phase juvénile de la plante (5 à 15 ans) (**Bougedoura, 1991**).

Ce mode de multiplication ce fait par fois pour la création des palmeraies intensives et pour les programmes d'amélioration génétique du fait selon **Al-khayri et al., 2001** :

- de la méthode laborieuse et couteuse
- du nombre de rejets limité
- du risque de transmission de maladies
- de la nécessité d'un savoir-faire pour le sevrage et la transplantation des rejets (**Al-khayri et al., 2001**).

3.3.4.3 Multiplication par culture *in vitro*

Ce mode de multiplication est moderne que d'autres méthodes parce qu'il ne permet pas la transmission de maladies à de nouveaux individus. Cela dépend principalement de la formation d'embryons par l'organogénèse qui repose sur les capacités de bourgeonnement de plusieurs types d'explants et l'embryogénèse somatique qui vise à différencier des cellules somatiques (**Anjaren et al., 2005**).

II. La palynologie**1. Généralités sur la palynologie****1.1. Définition de la Palynologie**

La science qui étudie les pollens et les spores s'appelle palynologie. Ce terme a été proposé en 1944 par les botanistes Anglais : HYDE et WILLIAMS (**Boughediri, 1994**).

C'est une discipline botanique qui désigne l'étymologie qui vient en Grec (plumein) qui veut dire répandre ou saupoudrer et (pale) qui désigne la farine ou la poussière pollinique, et (logos) signifie étude et en plus c'est l'ensemble des recherches ayant pour objet, les spores et les grains de pollen (**Renault et Petzold, 1992**).

1.2. Les applications de la palynologie

La palynologie se divise en deux grandes parties : la palynologie fondamentale et la palynologie appliquée. La plus importante application de la palynologie fondamentale est la classification des végétaux. Selon **Boughediri, 1994**, Il existe par ailleurs plusieurs domaines d'applications qui sont :

1.2.1. La paléopalynologie

La Paléopalynologie est une des disciplines de la palynologie qui est liée avec l'environnement végétal et l'occupation humaine du passé par les archéologues. Cette science procède pour cela à l'analyse des grains de pollen et des spores fossiles contenus dans les sédiments archéologiques (**Diot, 1991**).

1.2.2. La biopalynologie

C'est l'étude de l'action de l'atmosphère sur les grains de pollen des végétaux, car les grains de pollen sont porteuses 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. Cependant le pollen libéré dans l'atmosphère, à l'état tri cellulaire se conserve naturellement seulement quelques heures, et dans certains cas quelques jours (**Cerceau- Larrival, 1959**).

1.2.3. Pharmacopalynologie

C'est l'étude des propriétés du pollen car est un aliment à valeur nutritive très élevée. 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. (**Donadiou, 1983**)

1.2.4. La méliissopalynologie

C'est l'étude des grains de pollen présents dans le miel. L'analyse du pollen collecté par les abeilles permet d'identifier les plantes qui sont visitées par ces insectes. Elle permet de les qualifier, d'améliorer les produits et de réprimer les fraudes (**Assala, 2006**).

1.2.5. L'aéropalynologie

Selon **Kefti, 2016** le terme aéropalynologie qui étudie des organismes présents dans l'air (la présence de différents types de grains de pollen) 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. Quand on parle d'aérobiologie, on pense immédiatement aux pollens et aux spores fongiques (**Kefti, 2016**).

2. Le pollen**2.1. Définition**

Le mot pollen dérive du grec « pâle » qui désignait à la fois la farine et la poussière pollinique (**Donadieu, 1982**).

Le pollen est l'élément reproducteur (gamétophyte) mâle qui assure la transmission génétique mâle dans la reproduction sexuée vers la partie femelle dans les végétaux supérieurs ou spermaphytes (**Cerceau-larrival, 1983**).

En autre terme et selon **Boughediri 1994**, le grain de pollen est assure chez les végétaux supérieurs (spermaphytes) la reproduction et la transmission de matériel génétique male jusqu'au sac embryonnaire ou a lieu la double fécondation.

2.2. Caractères microscopiques**2.2.1. Forme**

Autant il y a des fleurs différentes, autant des pollens différents (**Donadiue, 1982**). La forme des grains de pollen généralement sont sphériques ou forme ovoïdes, plus ou moins déformés généralement jaunes, parfois rouges, noirs ou bleuâtres (**Laaidi et al., 1997**).

2.2.2. Taille

La taille des grains de pollen varie de 5 μm jusqu'a 250 μm pour certaines plant (**Laaidi et al., 1997**). Un grand nombre de pollens anémophiles mesurent entre 20 et 60 μm . (**Charpine, 1986**)

2.2.3. Structure

La structure de pollen et réduit dans chaque types des plantes (les Gymnospermes, les Angiospermes, ... etc.) par exemple Chez le type de plantes Gymnospermes (plantes à ovules nus) le pollen est tetracellulaire dont une cellule dégénère rapidement (**Richard et al., 2012**).

On plus Chez les Angiospermes (plantes à fleurs) le pollen est bicellulaire dans 70% des cas (Astéracées, etc.) ou tricellulaire dans 30% des cas (Apiacées, Borriginacées, etc.). (**Richard et al., 2012**).

Le pollen est adapté à un transport dans le milieu aérien de par une paroi protectrice et une vie ralentie liée à sa déshydratation (**Chassany et al., 2012**).

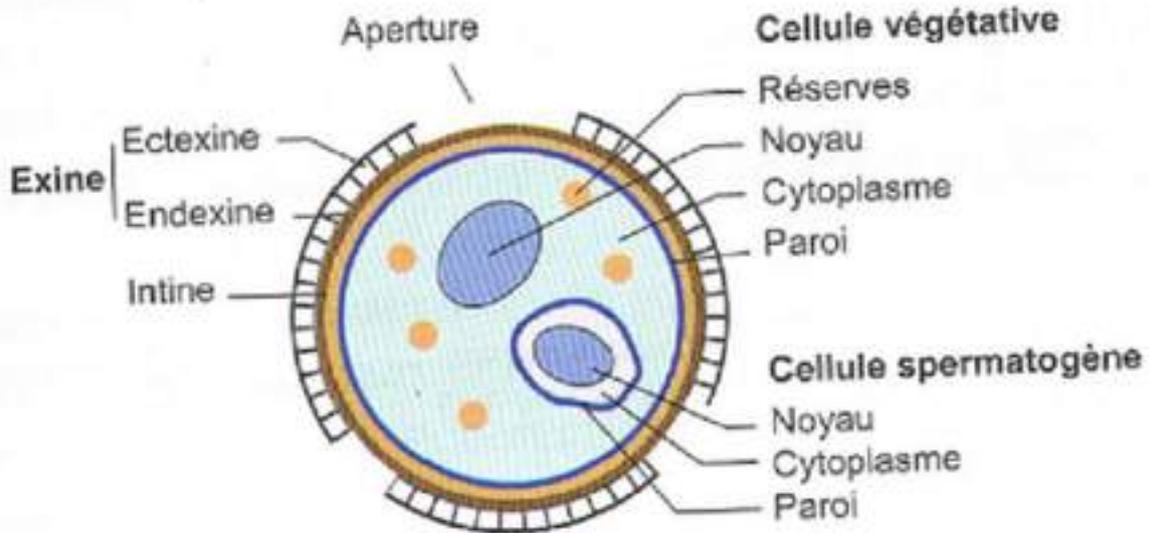


Figure 14: Organisation d'un grain de pollen bicellulaire. (Richard *et al.*, 2012)

2.2.4. Membrane pollinique

Sporoderme ou l'enveloppe est un comportant essentiellement deux couches concentriques : l'intine et l'exine (Charpin, 1986).

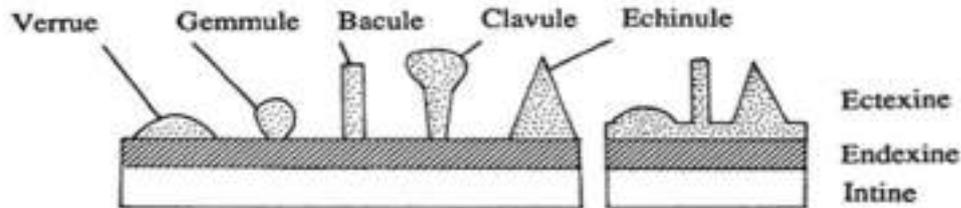


Figure 15: Ornémentations du pollen (Reille, 1990).

2.2.5. Apertures

Ce sont des ouvertures au niveau l'exine par où sort le tube pollinique au moment de la germination, les grains de pollen sont pourvus ou non d'apertures, et Ces ouvertures permettent également la régulation du volume des grains de pollen en fonction de l'humidité ambiante (Charpin, 1986).

2.3. La formation des grains de pollen et leurs caractères morphologiques

(stratification)

2.3.1. La formation

Les pollens sont produits dans les sacs polliniques à partir des cellules mères aux noyaux diploïdes volumineux, Chaque cellule mère subira deux divisions successives pour donner quatre cellules filles haploïdes appelées microspores qui par la suite se différencieront en grains de pollen (Renault-Myskovsky et Petzold, 1992).

Le pollen se développe dans des sacs polliniques, qui s'ouvrent à maturité pour les libérer dans l'atmosphère (**Guerin et Michel, 1993**).

Les sacs polliniques Chez les Gymnospermes sont nus ou à la face inférieure des écailles des cônes mâles. Chez les Angiospermes, les étamines (organes reproducteurs mâles) sont au centre de la fleur entourant le pistil (organe reproducteur femelle). Chaque étamine comporte une anthère (partie fertile) formée de 2 loges renfermant chacune 2 sacs polliniques où se forment les grains de pollen (**Roland et al., 2008**).

Lorsqu'il est immature, un sac pollinique ne contient pas encore de pollen mais un tissu sporogène formé de cellules mères diploïdes (**Chassany et al., 2012**).

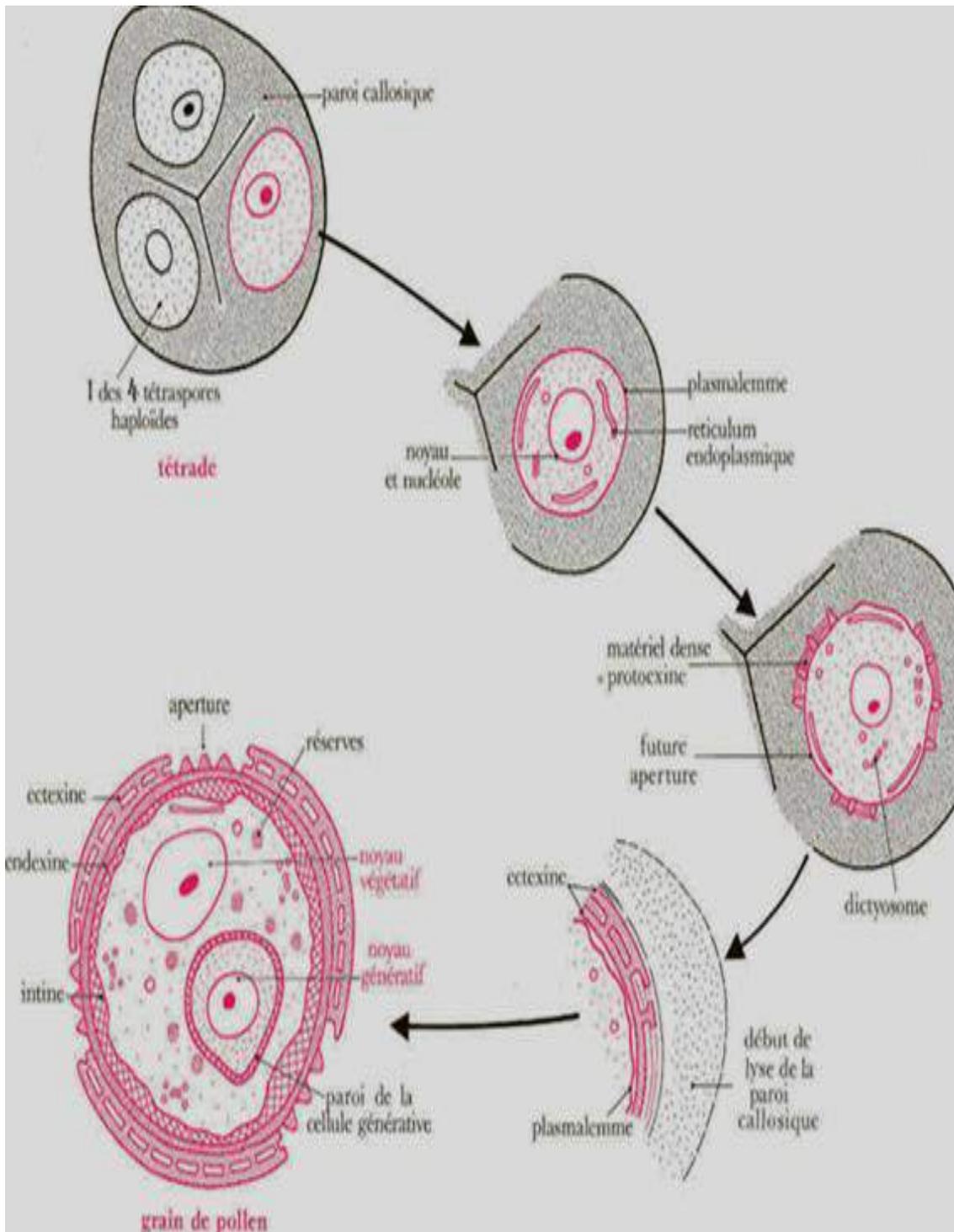


Figure 16 : Les étapes de la formation de grain de pollen (Ricard *et al.*, 2012)

2.4. Les caractères morphologiques (stratification)

A partir d'une mitose de microspore donne deux cellules (la cellule mère) destinées à intervenir dans la fécondation des organes femelles: la cellule germinative de grande taille et la cellule génératrice plus petite. La cellule génératrice reste dépourvue de réserves, contrairement à la cellule végétative qui les accumule. Chaque microspore élabore aussi une

enveloppe externe complexe, constituée schématiquement de 2 parties (Le pollen formé de deux couches concentriques au niveau de la paroi pollinique l'intine à l'intérieur à l'extérieur l'exine) (Geneves, 1997 in Halimi, 2004).

2.4.1. L'intine

C'est la couche intérieure de nature pectocellulosique, n'est pas structurée et leur prolongement donne la paroi du tube pollinique (Thibaudon *et al.*, 1992 in Aimeur, 2004).

2.4.2. L'exine

C'est la couche extérieure dans la morphologie de membrane pollinique et se dédouble en une ectexine et une endexine et constituée en grande partie de sporopollenine qui c'est une matière organique terpénique polymérisée (Renault-Myskovsky et Petzold, 1992).

2.5. Composition chimique du pollen

Pour la détermination les compositions chimiques du pollen fait les analyses et pour la pourcentage ce sont dans le tableau suivant (Pons, 1970).

Tableau 5: le pourcentage de Composition chimiques du pollen de palmier dattier

| Principaux constituants | Pourcentage (%) |
|--|-----------------|
| La teneur en Eau : | |
| *pollen frais | 8 à 16 |
| *Pollen sec | 3 à 5 |
| Glucides (sucre) | 25 à 42 |
| -Lipides (corps gras) | 1 à 20 |
| -Protides | 11 à 29 |
| -Les protéines allergéniques | 0.5 à 1 |
| * L'antigène E | 0.5 – 6 |
| * L'antigène K | 3 |
| -Sels minéraux | 1à 8 |
| -Cendres | 5 |
| Corps indéterminés (substances antibiotiques actives.....) | 20 |
| Rutine | 0.017 |
| Pigments | Traces |

| | |
|---|--------|
| Un grand nombre de vitamines (B1 jusqu'à B12, C, D, E, H) | 0.015 |
| Flavonoïdes, saponines, diclicorsides stérols marindine apiginine | Traces |

(Pons, 1970)

En marque aussi la présence des continues suivantes :

- Les acides nucléiques ADN et ARN
- Acides aminés libres au pourcentage 16 à 40 % (les huit acides aminés indispensables) on peut citer: acide aspartique, acide glutamique, arginine, leucine, tyrosine, valine.
- Les enzymes importantes dans le métabolisme de graines de pollen comme l'élongations de tube pollinique. (Kebsa, 2009)

3. Le Pollen de palmier dattier

3.1. Caractéristiques et structure

Le pollen de palmier dattier selon les travaux de Boughediri (1994) Caractéristiques et structure par Les caractéristiques du sont:

- leur forme est « ellipsoïdale »
- Leur cellulaire « bicellulaire »
- C'est de type « hétéropolaire monocolpé »
- L'aperture en forme de sillon longitudinal.
- présente un tectum de type « perforé »
- Au niveau du sillon apertural, l'exine est réduite au tectum aminci et sans columelle.
- La stratification du sporoderme est un caractère stable chez tous les pollens, seulement son épaisseur varie de 0.51 à 0.69µm.

L'ensemble de ces caractères a été utilisé dans la distinction systématique et l'estimation de la qualité des pollens des palmiers mâles (Boughediri, 1994).

3.2. Variabilité du pollen

La viabilité du pollen est la capacité de celui-ci à germer, et son évaluation après la récolte à l'état frais et le mode de conservation Elle contribue aussi à sélectionner le meilleur type de pollen car provenant de mâles génétiquement différents et possédant des degrés variables de variabilité (Djerbi, 1994).

Il existe deux types de tests qui nous permettent d'estimer cette viabilité, à savoir :

- Le test de coloration.
- Le test de germination *in vitro*.

3.2.1. Tests de coloration vitale

Ces tests mettent en évidence les fonctions à l'état vitales du pollen et pour l'estimation de la qualité du pollen, selon (Alexander, 1969) :

-Comme le cas de L'utilisation de l'Acétocarmin à 45% (colorants cytoplasmiques spécifiques à un organite ou à une substance présente dans la cellule végétative (Alexander, 1969).

3.2.2. Test de germination

Ce test donnent une bonne évaluation de la viabilité des échantillons de pollen que la coloration vitale. Ce test détermine le pourcentage de pollens capables de germer *in vitro* (Aimeur, 2004).

La germination *in vitro* ce fait dans un milieu spécifique qui contiennent du saccharose, du calcium et du bore, dont les concentrations varient selon les besoins nutritifs du pollen testé de plus d'autres composés pourront être ajoutés (Brewbaker et Kwack, 1963).

Le milieu a été modifié et adapté au pollen du palmier dattier par FURR et KWACK (1963). Il est appelé milieu de BREWBAKER et KWACK modifié (BKM), et composé pour 100 ml sont :

- 15% Saccharose.
- 20mg sulfate de magnésium MgSO₄.
- 1000 ml l'eau distillée.
- 10 mg nitrate de potassium KNO₃.
- 5mg Acide borique.
- 1g Agar.
- 30 mg nitrate de calcium Ca (NO₃).

Le test de germination est lié avec des facteurs important.

3.2.3.1. Les facteurs du test de germination *in vitro*

✓ La température d'incubation:

- La température d'incubation favorisant le maximum de germination est estimé à 26.6°C (Furr et Ream 1968 in Kepsa, 2009).
- Selon Boughediri 1985 et à 27°C.

✓ Le pH:

La germination du pollen est d'une grande sensibilité vis à vis du pH du milieu l'optimum est 5.5 (**Boughediri, 1985**)

✓ La pression osmotique:

L'eau du milieu extérieur pénètre dans les pollens et conduit à l'éclatement de la majorité d'entre eux. Ce milieu est concentrée par la présence du sucre (15 %) est recommandée car en plus de son rôle nutritif il créé dans le milieu un certain potentiel osmotique contrôlant ainsi la vitesse de pénétration de l'eau (**Visser, 1955**).

✓ La teneur en eau:

De nombreux des chercheurs ont fait attention à la teneur en eau, c'est très importante sur le pourcentage de germination car l'eau est un contenue dans les pollens (**Boughediri, 1994**).

✓ La composition minérale:

La présence de minéraux au milieu est très nécessaire, et de plus des chercheurs ont convenu de cela, comme la nécessité de L'acide borique selon (**Vasil, 1958**), Le nitrate de calcium (Brewbaker, et Kwake 1963), le nitrate de potassium et le sulfate de magnésium (**Dexheimer, 1970 in Vedeil et Pannetier, 1990**).



PARTIE PRATIQUE

Chapitre III Matériels et méthodes**1. Matériel****1.1. Matériel végétaux utilisé**

Dans notre travail expérimental, nous avons utilisé comme matériel végétal le pollen du palmier dattier de certaines palmeraies de la région de Ouargla (Choot, Ain Beida et Hassi Ben Abdallah). Pour cela nous avons choisis 3 types qui sont :

4 pieds Deglet Nour

4 pieds Ghars

3 pieds Tamsarit

Ces types des palmiers mâles, sont identifiées et confirmées par les agriculteurs et leurs connaissances sur le terrain et cela par la ressemblance du palmier mâle au palmier femelle de la même type.

2. Méthodologie de travail**2.1. Récolte du pollen**

Nous avons récolté le pollen le 7 mars 2020 au cours de la maturation ou bien juste avant l'ouverture total des spathes, pour évites toutes perte du pollen (photo 05).



Photo 5: Les spathes ou spadices de Ghars et de Deglet Nour (**Guaffel et Rachedi, 2020**)

2.2. Séchage du pollen

Après la récolte des spathes spathes ou spadices, nous sommes passées à l'opération de séchage des épillets de dokkar et cela par deux méthodes :

_ Le séchage à l'air libre et à l'abri du soleil pendant 2 à 3 jours dans un champre airé (photo A).

_ Le séchage à l'étuve pendant 24h à une température de 40°C pour un meilleur résultat (photo B)

_A la fin de séchage, nous ramassons les épillets soigneusement pour éviter toute perte des grains de pollens (photo 06).



Photo 6 : Les deux méthodes de séchage à l'air libre A, à l'étuve B (Guaffel et Rachedi, 2020).



Photo 7: La fin du séchage (Guaffel et Rachedi, 2020)

2.3. La conservation du pollen

Avant la transplantation du pollen dans au niveau des sites de transplantation, nous avons conservé les poudres du pollen soigneusement dans des boites en plastiques hermétiques et stocké par deux techniques :

- Conservation des pollens dans un réfrigérateur a une température de 4 a 5 °C **(Benbada, 2011)**.
- Conservation par congélateure a une température de -20°C **(Babahani, 1998 in Benbada, 2011)**.

2.4. La transplantation

La technique de transplantation consiste à l'exposition des grains de pollen à l'air pollué pendant 24, 48 et 72 heures dans des sacs en tissu en toile de dimension de (5×3cm) avec une quantité de 2g par sac. Ces derniers sont fixés sur des palmiers ou des arbres à une hauteur d'environ 2 m dans la direction des vents dominants **(Kebasa, 2009)**.

Pour notre travail, nous avons choisis deux sites de transplantations qui sont : Haoud Berkaoui (comme zone de production de pétrole), et quatre autres sites au centre ville de Ouargla (les axes qui présentent une grande circulation automobile). Mais nous n'avons pas réalisé à cause de la pandémie de coronavirus (Covid-19).

Nous avons réalisé une synthèse des travaux réalisés sur la même thématique et encadrés par notre encadreur, surtout dans la région de Ouargla.

2.5. Méthodes d'études

Notre synthèse des travaux touche deux principaux aspects: étude de la viabilité du pollen (teste de germination, test de coloration et longueur du tube pollinique) et étude biométrique du pollen (longueur, largeur et diamètre).

Chapitre IV. Technique analytique

En raison de la pandémie de coronavirus (Covid-19), nous n'avons pas eu l'autorisation de terminer cette partie pratique aux laboratoires de notre université (cause de fermeture de l'établissement le 12 Mars 2020).

1. Etude de la viabilité du pollen**1.1. Test de germination *in vitro* :**

Ce test précis le pourcentage (taux) de pollens capables de germer *in vitro* par l'observation de l'élongation de tube pollinique à l'aide d'un microscope (figure 16) (Halimi, 2004).

Le pourcentage de germination se définit comme étant le rapport entre le nombre de graines germées sur le nombre de graines mis à germer (x 100).

Le milieu de culture utilisé pour ce teste est le milieu de Brewbaker et Kwack (1963) modifié à (1% d'agar), et qui est composé de :

-15% Saccharose

-20mg sulfate de magnésium $MgSO_4$

-1000 ml d'eau distillée

-10 mg nitrate de potassium KNO_3 .

-5mg d'acide borique.

-1g Agar.

-30 mg nitrate de calcium $Ca(NO_3)$

Les boites de Pétri sont remplies avec 20 ml/boite de ce milieu, une fois gélifier il faut saupoudrer le pollen à l'aide d'un pinceau puis fermer les boites avec du parafilm et les placer dans une étuve réglée à 27°C pendant 24h (In Kbsa, 2009).

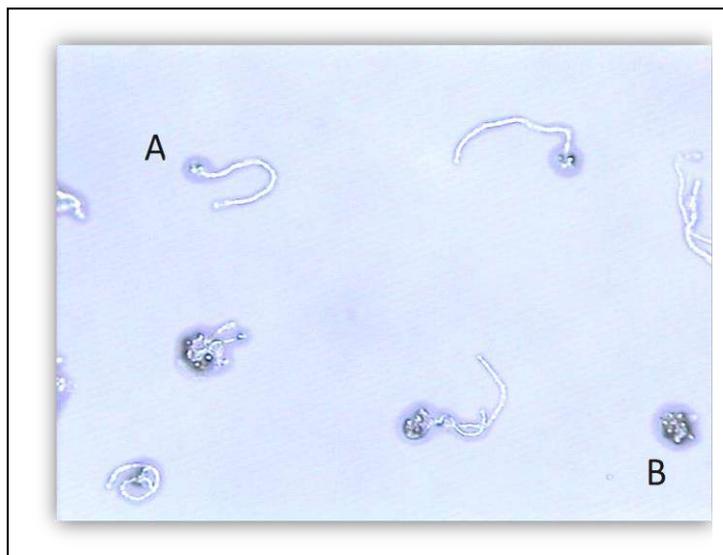


Figure 17: Observation de la germination des pollens à (Gx400). (A) Grain germé (B) Grain non germé (Abdessemed et Djemiat, 2018)

1.2. Test coloration

Le teste de coloration mis en évidence la vitalité du pollen frais ou conservé. Il permet aussi d'apprécier l'intensité du couleur rouge des grains de pollen après coloration cytoplasmique (figure 17), avec du carmin acétique (Acétocarmin à 1-2%) ou à la coloration indiquant l'intensité de l'activité enzymatique à l'aide du colorant 2,3,5 Triphényl-tétrazolium chloride (TTC) à la concentration de 0,1 % à 0,7% ou autres colorants enzymatiques (Sedra, 2013).

Les colorants cytoplasmiques spécifiques à un organite ou à une substance présente dans la cellule végétative le cas de carmin acétique à 45% (L'Alexander,1969). Ces colorants ne mettent pas en évidence la viabilité proprement dite. Néanmoins ils sont utiles pour l'estimation du qualité du pollen (Boughediri, 1985).

La composition du colorant par l'Acétocarmin pour 55ml d'eau distillée est :

* 45 ml d'acide acétique.

* 0.5 g carmin (Babahani, 1998 in Banbada, 2011).

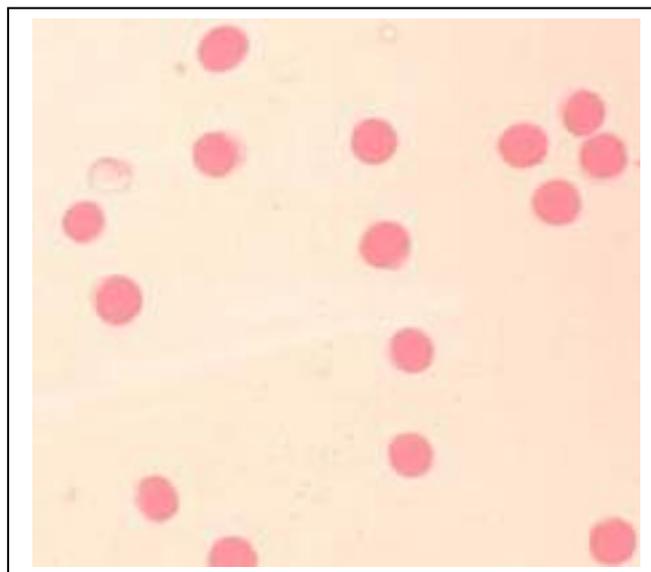


Figure 18 : viabilité de douze mois de grains de pollen de stockés testés par coloration à l'Acétocarmin en cv.Khadrawy (200X) (Maryam *et al.*, 2015)

1.3. La longueur de tube pollinique :

Un tube pollinique en croissance est une cellule unique, enferment les cellules spermatogénèse, qui s'étend vers les tissus reproducteurs femelles par la croissance de son extrémité, pouvant former une structure ayant plusieurs millimètres de longueur (Pieton et Steer, 1982 in Aimeur, 2004).

C'est l'intine, qui donne naissance au tube pollinique. La croissance du tube pollinique se fait, en partie, grâce à l'addition de fragments de membrane à l'extrémité du tube en croissance. Cependant, cette fusion n'est pas suffisante pour qu'on observe la progression du tube. Le réseau de micro filament qui assurent la rigidité du tube pollinique doit être suffisamment détendu pour que la pression osmotique interne du tube permette l'allongement (Colas et Mercier, 2000 in Aimeur, 2004).

Avec un micromètre nous mesurons la longueur de tube pollinique au grossissement (400 x), et que cette mesure est prise de la paroi externe du pollen (intine) jusqu'à la fin de son prolongement (figure 18) (Benbada, 2011).

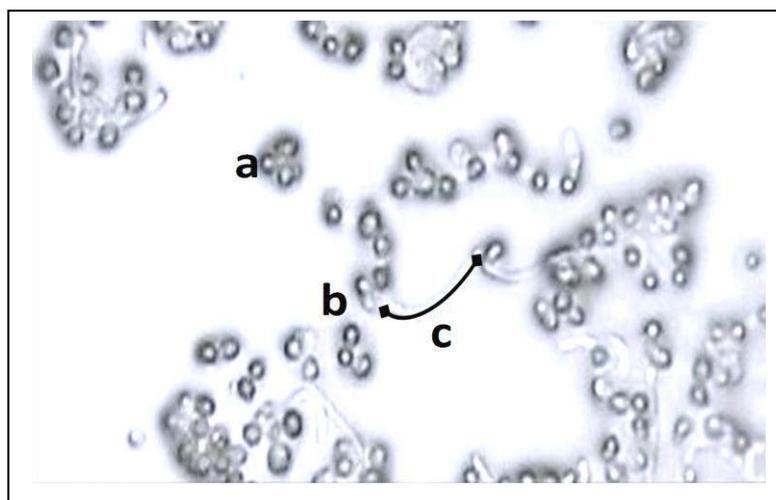


Figure 17 : Longueur de tube pollinique. type Ghars (X100)
(a) grain non germé (b) grain germé (c) tube pollinique. (**Abdessemed et Djemiat, 2018**)

2. Etude biométrique

Les mesures biométrique du pollen sont effectuées par différentes techniques qui sont :

- Micromètre au grossissement (x400)
- Logiciel Optika
- Logiciel Motic...

Trois principales mesures sont à l'origine d'une distinction entre les différents pollens étudiés à savoir :

- 1- Le diamètre du pollen
- 2- La longueur ou la grande largeur équatoriale (L)
- 3- La largeur ou la petite largeur équatoriale (ℓ) (**Halimi, 2004**).

2.1. Le diamètre du pollen

Le diamètre des grains de pollen se mesure à l'état de turgescence de la cellule, au laboratoire ils sont disposés sur une lame avec une goutte d'eau distillée ce qui permet leur turgescence (figure 19).

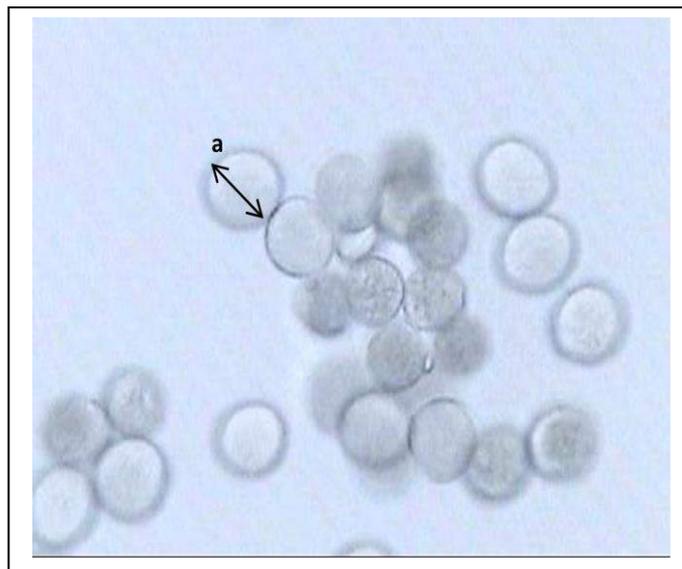


Figure 18: Diamètre des pollens de type Ghars (X400) (a) Diamètre (Abdessemed et Djemiat, 2018)

2.2. La taille du pollen (L , ℓ)

Nous regroupons sous le nom de taille du pollen, la longueur (L) et la largeur (ℓ) (figure 20).

Le pollen est déposé directement sur la lame, sans traitement pour la mesure de la longueur et de la largeur du pollen de chaque type.

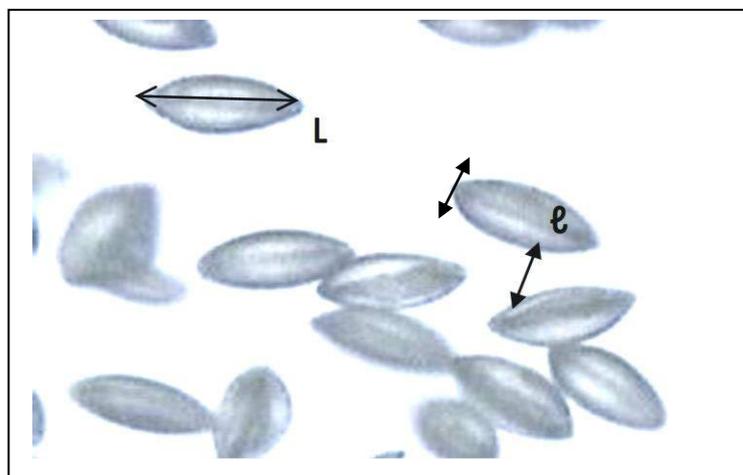


Figure 21 : Mesures (L , ℓ) de grains des pollens(Gx400) (L) Longueur (ℓ) largeur (Abdessemed et Djemiat, 2018)

Chapitre V. Résultat et discussion

1. Choix des sites

Les tableaux présentés ci-dessous, regroupent les travaux réalisés dans la Faculté Sciences de la Nature et de la Vie – Université de Ouargla sur l’utilisation du pollen du palmier dattier comme bio-indicateur de pollution.

Tableau 6 : Synthèse des travaux réalisés sur le choix des sites d’étude.

| Auteur (s) année et | Site d’étude | Types de polluants |
|---------------------|--|---|
| Kebsa , 2009 | Période : 15 Mars 2009 Site 1 : exploitation l’ITAS (peu pollué) Site 2 : exploitation de Ain Khemis (pollué) | -Pollution automobile |
| Benyazza, 2010 | Période : 16 et le 17 Mars 2010 Site 1 : exploitation de l’ITAS Secteur A(peu pollué) Site 2 : exploitation de Ain Khemis(pollué) Site 3 : exploitation de Hassi Messaoud(pollué) | -Pollution par les hydrocarbures -Pollution automobile |
| Benbada, 2011 | Période : 18 et le 19 Avril 2011 Site 1 : exploitation de l’ITAS(peu pollué) Site 2 : Quatre chemins Ouargla (pollué) Site 3 : exploitation à Metlili – Ghardaïa (polluée) | -Pollution automobile |

Le tableau 06 présente 03 travaux déjà réalisées sur l’étude de pollen de palmier dattier comme un bioindicateur de détection de pollution atmosphérique et estimé leur degré d’effectif dans la Wilaya de Ouargla (ville) qui est située entre deux grandes zones industrielles de production pétrolières qui sont (Hassi Messaoud et Hassi Berkau) et elle est localisée dans une cuvette. Cette industrie touche plus ou moins l’environnement de cette région. D’autre part la wilaya connaît une augmentation remarquable de nombres d’automobile c’est pour ça les types de pollution qui sont étudiées pollution par les hydrocarbures et pollution automobile.

Des observations sont également réalisées dans l'exploitation de l'ITAS (peu polluée), exploitation d'Ain Khemis (polluée), Quatre chemins et exploitation de Hassi Messaoud (polluée). Pour la wilaya de Ghardaïa, le choix de l'exploitation a été fait à Metlili, considéré comme une zone polluée et très active et exposée à la pollution automobile.

Ces études sont faites à la période de Mars vers Avril car la disponibilité et la période de maturation du pollen de palmier dattier frais (non conservée).

La pollution atmosphérique soit par automobiles ou par l'hydrocarbure sont effectif négativement sur l'environnement et l'écosystème (faune, flore et être humain).

2. Etude de la qualité des pollens utilisés

Pour analyser la qualité du pollen frais dans les travaux considérés, jugée comme très bonne, nous donnons les tableaux ci-dessous :

Tableau 7 : les caractéristiques de germination des grains des pollens frais

X : type non testé

| Référence / types | Deglet Nour | Ghars | Dgoul | Degla bieda | Adalla |
|-------------------|-------------|--------|--------|-------------|--------|
| Kebza, 2009 | 99,61% | 98,18% | 98,76% | X | X |
| Benyazza, 2010 | 77.32% | 72.77% | X | 64.12% | X |
| Benbada, 2011 | 68.10% | 67.17% | X | X | 64.54% |

Tableau 07 présente les caractéristiques des pollens frais, utilisés comme bio-indicateur de pollution.

Dans les travaux réalisés à Ouargla et à Mitlili, ils ont utilisé les types du pollen du palmier dattier locaux : **Deglet Nour, Ghars, Adalla, Degla bieda, Dgoul.**

Dans ces travaux, nous remarquons que le taux de germination des grains de pollen avant l'exposition des 5 types de dokkar (Deglet Nour, Ghars, Dgoul, Degla bieda, Adalla) est très élevé ; il varie entre 98,52% et 99,61% (Kebza, 2009), 64.12% et 77.32% (Benyazza, 2010) et pour Benbada (2011), il varie entre 64.54% et 68.10%.

Tableau 8 : les caractéristiques de coloration des grains du pollen frais

X : type non testé

| Référence / types | Deglet Nour | Ghars | Dgoul | Degla bieda | Adalla |
|-------------------|-------------|--------|--------|-------------|--------|
| Kebsa, 2009 | 98,63% | 98,95% | 98,50% | X | X |
| Benyazza, 2010 | 92.53% | 93.03% | X | 94.02% | X |
| Benbada, 2011 | 90% | 95% | X | X | 97% |

Nous observons dans ce tableau que le taux de coloration est très élevé pour les 5 types de DOKKAR avant l'exposition pour tous les travaux.

Tableau 9: les caractéristiques de la longueur du tube pollinique des grains des pollens frais utilisés

X : type non testé

| Référence / types | Deglet Nour | Ghars | Dgoul | Degla bieda | Adalla |
|-------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|----------|
| Kebsa, 2009 | 125,3 µm | 145,25 µm | 135,65 µm | X | X |
| Benyazza, 2010 | 86.87µm | 102.06µm | X | 89.94µm | X |
| Benbada, 2011 | 126,35µm | 123,4µm | X | X | 122,43µm |

Nous observons dans ce tableau que la longueur du tube pollinique pour les 5 types de DOKKAR varie entre 86.87µm et 145,25 µm avant l'exposition à la pollution.

3. Test de germination des grains de pollen après exposition aux polluants

Nous avons regroupé les trois travaux qui ont travaillé sur le teste de germination *in vitro* du pollen de palmier dattier en face de la pollution atmosphérique à Ouargla et à Metlili (tableau 10).

Tableau 10 : Taux de germination *in vitro* du pollen du palmier dattier en face de la pollution atmosphérique dans les régions : **Ghr** :Ghardaia / **Mt** : Metlili / **HMD** : Hassi Messaoud **4che** : 4chemien / **Ain Kh** :Ain Khemiss.

X : Type non testé

| Références / variétés | Deglet Nour | | Ghars | | Dgoul | Degla bida | Adalla | | |
|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------|---------------------------------------|---|
| Kebsa, 2009 | 99,61% avant transplantation (témoin) | | 98,18% avant transplantation (témoin) | | 98,76% avant transplantation (témoin) | X | X | | |
| | 24 h | | 24h | | 24h | | | | |
| | 70,02% après transplantation Kh | | 70,64% après transplantation Kh | | 70,12% après transplantation Kh | | | | |
| Benyazza , 2010 | 77.32% avant transplantation (témoin) | | 72.77% avant transplantation (témoin) | | X | 64.12% avant transplantation (témoin) | | X | |
| | 24 h | | 24 h | | | 24 h | | | |
| | 30.89% HMD après transplantation | | 32.59% HMD après transplantation | | | 33.24% HMD après transplantation | | | |
| Benbada, 2011 | 68.10% avant transplantation (témoin) | | 67.17% avant transplantation (témoin) | | X | X | | 64.54% avant transplantation (témoin) | |
| | 24 h | 48 h | 24 h | 48 h | | | | 24 h | 48 h |
| | 38,33% Ghr après transplan tation | 34% Ghr après trans plant ation | 38,33% Mt après transpl antatio n | 35% Mt après transplan tation | | | | 49,66% Ghr après transpl antation | 38% Ghr et 4chem après transplan tation |

Le tableau 10 présente les résultats sur la germination *in vitro* du pollen de palmier dattier avant et après la transplantation.

Avant la transplantation nous avons remarquons que les pollens présentent des taux de germination élevés. Après la transplantation, ces taux diminuent considérablement en fonction des sites et des types de polluants. La pollution par les hydrocarbures semble avoir un effet très négatif sur les grains du pollen par rapport à la pollution automobile.

Selon les résultats du tableau 10, nous constatons que les taux de germination *in vitro* du pollen du type le plus connu et le plus célèbre (Deglet Nour) par rapport les autres types dans les deux cas (avant et après la transplantation) sont variables selon l'année et le site.

Selon (**Flucklger et al., 1980 in Aimeur, 2004**) des grains du pollen du tabac fixés sur des plaques sont exposés au bord d'une autoroute présentent une diminution significative de la germination dans une étude sur les pollens de *Dactylis glomerata* (Poaceae), (**Nilsson, 1988 in Aimeur, 2004**) a montré que les polluants se fixent au niveau de la paroi pollinique et exactement sur l'exine.

4. Coloration des grains du pollen après exposition aux polluants

Les résultats sur le coloration des grains du pollen sont présentés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Taux de coloration du pollen de palmier dattier avant et après la transplantation (effet de pollution atmosphérique) dans les régions : **Ghr** :Ghardaia / **Mt** : Metlili / **HMD** : Hassi Messaoud / **4che** : 4chemien / **Ain Kh** :Ain Khemiss.

X : Type non testé

| Références / variétés | Deglet Nour | | Ghars | | Dgoul | Degla bida | Adalla | |
|-----------------------|---|---|--|--|--|--------------------------------------|--|--|
| Kebsa, 2009 | 98,63 %avant transplantation (témoin) | | 98,95% avant transplantation (témoin) | | 98,50% avant transplantation (témoin) | X | X | |
| | 24 h | | 24 h | | 24 h | | | |
| | 79,45% après transplantation Kh | | 79,22% après transplantation Kh | | 80,45% après transplantation Kh | | | |
| Benyazza , 2010 | 92.53% avant transplantation (témoin) | | 93.03% avant transplantation (témoin) | | X | 94.02%avant transplantation (témoin) | X | |
| | 24 h | | 24 h | | | | | |
| | 82.86% HMD après transplantation | | 75.08% HMD après transplantation | | | | | |
| Benbada, 2011 | 90% avant transplantation (témoin) | | 95% avant transplantation (témoin) | | X | X | 97% avant transplantation (témoin) | |
| | 24 h | 48 h | 24 h | 48 h | | | 24 h | 48 h |
| | 83.66% Ghr après transplantation | 74,33% Ghr après transplantation | 91,33% ITAS après transplantation | 86,33% 4che après transplantation | | | 89,33% 4che après transplantation | 85,66% 4che après transplantation |

Nous avons enregistré d’après les résultats du tableau 11 que les pollen des tous les types qui sont utilisés présentent des taux variables avant et après la transplantation dans tous les sites.

Les différences avant et après exposition ne sont pas très importantes. Selon la bibliographie ce test n’est pas représentatif de l’état du pollen comme le test précédant (test de germination).

Les tests de germination in vitro donnent une bonne évaluation de la viabilité des échantillons de pollen que la coloration vitale (**Moody et Jentt, 1990 in Aimeur, 2004**).

5. Détermination de la longueur de tube pollinique après exposition aux polluants

Les résultats sur la longueur du tube pollinique sont présentés dans le tableau 12

Tableau 12 : Longueur de tube pollinique des pollens étudiés dans les régions : **Ghr** :Ghardaia / **Mt** : Metlili / **HMD** : Hassi Messaoud **4che** : 4chemien / **Ain Kh** :Ain Khemiss.

X : Type non testé

| Références / variétés | Deglet Nour | Ghars | Dgoul | Deglabieda | Adalla | | | |
|-----------------------|---|--|--|--|---|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| Kebsa, 2009 | 125,3 µm avant transplantation (témoin) | 145,25 µm avant transplantation (témoin) | 135,65 µm avant transplantation (témoin) | X | X | | | |
| | 24 h | 24 h | 24 h | | | | | |
| | 54,63µm après transplantation Kh | 61,55µm après transplantation Kh | 41,75µm après transplantation Kh | | | | | |
| Benyazza, 2010 | 86.87µm avant transplantation (témoin) | (102.06µm avant transplantation témoin) | X | 89.94µm avant transplantation (témoin) | X | | | |
| | 24 h | 24 h | | 24 h | | | | |
| | 63.48µm HMD après Transplantation | 62.58µm HMD après transplantation | | 47.50µm HMD après transplantation | | | | |
| Benbada, 2011 | 126,35µm avant transplantation (témoin) | 123,4µm avant transplantation (témoin) | X | X | 122,43µm avant transplantation (témoin) | | | |
| | 24 h | 48 h | | | 24 h | 48 h | 24 h | 48 h |
| | 91,45 µm Mt après transplantation | 60,7 µm Ghr après transplantation | | | 88,49 µm 4che après transplantation | 62,79 µm 4che après transplantation | 104,78 µm 4che après transplantation | 83,7 µm 4che après transplantation |

Le tableau 12 présente les résultats sur la longueur de tube pollinique, paramètre indicateur pour la germination in vitro du pollen et pour l'étude de l'effet de la pollution atmosphérique.

Selon les résultats du tableau 12 et les valeurs sur la longueur de tube pollinique des pollens utilisés dans les deux cas après et avant la transplantation, les résultats montrent une diminution marquée surtout pour le type Deglet Nour.

Les variations de la longueur de tube pollinique montre une fluctuation significative selon la bibliographie et pour cela cette mesure permet avec le test de germination de déterminer la viabilité d'un pollen face à une modification au niveau de l'air, par exemple ces mesures varient négativement en cas de pollution atmosphérique et permettent une estimation de la qualité de l'air car la longueur de tube pollinique c'est un paramètre très sensible au changement de l'air.

En (1995), Sawidis et Reiss *in* Aimeur, (2004) ont montré que les métaux lourds affectent le prolongement des tubes polliniques en perturbant le développement de la membrane cellulaire. Chez les plantes la pectine de la membrane cellulaire est liée et stabilisée par le calcium (Jarvis, 1982 *in* Aimeur, 2004). Une grande concentration des métaux lourds peut perturber la stabilité de la membrane cellulaire et par conséquent, l'inhibition du développement des tubes polliniques (Matsumoto et al, 1977 *in* Aimeur, 2004).

La pollution dans la ville de Ouargla est plus élevée que dans la région de Metlili. En effet Ouargla est située entre deux grandes zones industrielles de production pétrolière, qui sont (Hassi Messaoud et Haoud Berkau).

Conclusion générale

L'étude que nous avons entamée dans la wilaya de Ouargla, aborde essentiellement l'effet de la pollution atmosphérique par les hydrocarbures et les automobiles sur le pouvoir germinatif des grains de pollens du palmier dattier « DOKKARS ».

Les programmes de surveillance de la pollution de l'air comme la biosurveillance est un outil simple et peu coûteux, complémentaire des mesures physico-chimiques réalisées par les différents réseaux de surveillance. Elle ne permet pas de connaître la concentration de l'air en polluants, mais elle donne des indications assez précises sur les impacts potentiels que ces polluants atmosphériques peuvent avoir sur les êtres vivants.

A travers notre synthèse sur les travaux déjà réalisés sur la bioindication dans les programmes de surveillance de la qualité de l'air, nous avons constaté le pollen de palmier dattier *Phoenix dactylifera* L peut être utilisé comme un bioindicateur.

Les types utilisés sont principalement : Deglet Nour et Ghars, et autres types endémiques ou locales comme : Dgoul, Adalla et Degla Beidha.

Les résultats sur les taux de germination des pollens frais semblent être plus élevés. Les taux varient entre 64,12% à 99,61%. Les résultats sur les taux de coloration, qui désignent la viabilité varient entre 93,03% à 98,95% ; alors que ceux de la longueur du tube pollinique varient entre 86,87 μ m, comme valeur minimale et 145,25 comme valeur maximale.

A travers ces travaux, à Ouargla et à Ghardaia, nous avons constaté le test de germination *in vitro* et la longueur de tube pollinique sont les facteurs les plus recommandés pour indiquer l'état de l'air, et que le type du pollen Deglet Nour est le plus sensible à la pollution avec un taux de diminution de la germination de 30,89 % in Benyazza (2010) dans la station Hassi Messaoud et une différence de la longueur du tube pollinique de 41,75 μ m in Kbsa (2009) dans la station Ain Khemiss. La pollution dans la région d'Ouargla est plus importante qu'à Metlili (Ghardaia), cela à cause de localisation du ville de Ouargla entre deux grandes zones industrielles de production pétrolières qui sont (Hassi Messaoud et Haoud Berkoui).

La pollution atmosphérique influe négativement sur la qualité du pollen et par conséquent sur la production des dattes et même sur les être vivants.

En fin, nous suggérons qu'une équipe pluridisciplinaire prend en charge la poursuite de cette étude pour améliorer les connaissances dans ce domaine et pour connaître le degré du danger

qui nous atteints afin d'agir plus vite pour la protection de notre environnement et de notre patrimoine phoenicicole.

Nous recommandons, aux futurs agriculteurs, lors de la création de nouvelles palmeraies d'éviter les zones à proximité de toutes sources de polluants tels que ; les routes, les usines.



Références bibliographiques

A

1. **Abbouna Y., Nechachbi A., 2017.** Caractérisation des palmiers mâles (Dokkars) dans l'exploitation de l'Université UKMO Ouargla, et un essai de pollinisation mécanique : 23-37.
2. **Abd Eldjoud M., 2014.** Impact de la morphologie du bâtiment sur la dispersion des polluants atmosphériques cas d'étude : ville d'Annaba. Mémoire Magistère d'Université Mohamed Khider-Biskra : 35.
3. **Abdessemed O., Djemiat S., 2018.** Etude palynologique de trois variétés de dokkar de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Mémoire de Master de l'Université Mohamed Boudiaf M'sila : 19-24, 26-29, 30-35.
4. **Agnan Y., 2013.** Bioaccumulation et bioindication par les lichens de la pollution atmosphérique actuelle et passée en métaux et en azote en France : sources, mécanismes et facteurs d'influence. Thèse doctorat d'Université de Toulouse : 3 – 41.
5. **Aimeur N., 2004 -** Bioindication de la pollution atmosphérique dans la région de Annaba (comparaison avec les données de SamaSafia). Thèse de Magistère de l'Université d'Annaba : 165.
6. **Alexander M.P., 1969.** Differential staining of aborted and non aborted pollen. *Stain Technology*, 44(3):117-122.
7. **Alioua A., 2001.** Détection de la pollution plombique d'origine automobile à l'aide de bio indicateurs végétaux dans l'agglomération de Skikda (Algérie). Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier Grenoble :136.
8. **Al-Khayri J. M., 2001.** Optimization of biotin and thiamine requirements for somatic embryogenesis of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). *In vitro Cellular and Developmental Biology Plant* : 453-456.
9. **Amri. B., 2007.** Pollutions et nuisances dans la ville de Constantine: effets et impacts sur l'environnement. *Sciences & Technologie D – N°26* :2 1.
10. **Anthony UNG., 2003.** Cartographie de la pollution atmosphérique en milieu urbain à l'aide de données multisources. Thèse doctorat d' Université Paris 7 – Denis Diderot : 9 à 13.
11. **Ayadi F., 2002 -** Bioindication spatio-temporelle de la pollution par les hydrocarbures de la zone Pétrochimique de Skikda à l'aide d'une espèce lichénique épiphyte le *Xanthoria parietina*. Mémoire. Ingénieur . Etat Ecologie, l'Université de Annaba : 34-67.

B

12. **Baazaoui H., 2009.** Evaluation de la pollution photochimique a la ville de Tunis. 37 p
13. **Barnea M. et Ursu P., 1974.** Pollution et protection de l'atmosphérique. Ed. Eyrolles. Paris :197 .
14. **Barnes, D., Hamadah, M.A., Ottaway, J.M., 1976.** The lead, copper and zinc content of tree rings and barks. A measurement of local metallic pollution. *The Science of the Total Environment* 5: 63-77.
15. **Barthod C., Bonneau M. et Muller M., 1987.** Le dépérissement des forêts en Europe tempérée in Université 87, Paris1: 987.
16. **Bebba D. et Ben Darouich N., 2007.** Détection de la pollution atmosphérique par les hydrocarbures à l'aide d'un bio indicateur lichénique (*Xanthoria parietina*) et quelques végétaux supérieurs (*Casuarina equisetifolia* et *Phoenix dactylifera*) dans la région de Hassi Messaoud, d'Ingénieur , Université Kasdi Merbah Ouargla : 29-35-37.
17. **Belhadj H. et M. Benbrahim, 2015 :** Détection de la pollution atmosphérique à l'aide du lichen *Xanthoria parietina* (L.) bioaccumulateur d'éléments traces métalliques dans le centre urbain de la vile de Sidi Bel Abbes (Algérie occidentale). Thèse doctorat, Université Djilali Liabes de Sidi Bel Abbas. Algérie : 19.
18. **Benbada M., 2011.** La détection de la pollution atmosphérique dans les régions d'Ouargla et Ghardaïa par l'utilisation de pollen du palmier dattier. d'Ingénieur , Université Kasdi Merbah Ouargla : 9- 68 et 74.
19. **Benouamane O., 2015.** Valorisation de quelques dokkars par l'étude de la diversité génétique moyennant les marqueur morphologiques de l'IPGRI : Mémoire de Magister de l'Université El- Hadj Lakhdar Batna : 11.
20. **Benyazza H., 2010.** Détection de la pollution atmosphérique par un Bio indicateur " Pollen du palmier dattier "dans la région de OUARGLA. Université Kasdi Merbah .Ouargla .Algérie :31 - 36 et 41.
21. **Berg T., Royset O. and Steinnes B., 1994.** Moss (*Hylocomium splendens*) used as biomonitors of atmospheric trace element deposition: estimation of uptake efficiencies *Atmospheric . Environomental*, 29(3), 353-360p.
22. **Bergamaschi L., Rizzio E., Giaveri G., Loppi S et Gallorini M. 2007.** Comparison between the accumulation capacity of four lichen species transplanted to a urban site, *Environmental Pollution* : 468 - 476.

23. **Bessas A., Benmoussa L., Kerarma M., 2008.** Dosage biochimique des polyphénols dans les dattes et le miel récoltés dans le sud Algérien. Mémoire d'Ingénieur d'Etat de l'Université de Sidi Bel Abbes : 197.
24. **Bosert J.PH., 2000** – *La pollution de l'air*. [http:// www : copyright jph .bosert-avril 2000](http://www.bosert-avril.com).
25. **Boughediri L., 1985.** Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Etude du pollen. Thèse de Magister. USTHB, Algérie: 130.
26. **Boughediri L., 1994.** Le pollen du palmier (*Phoenix dactylifera* L). Approche multidisciplinaire et modélisation des différents paramètres en vue de créer une banque de pollens. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris 6 : 158.
27. **Bougedoura N., 1991.** Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatif et reproducteur. Thèse de doctorat, U.S.T.H.B., Alger : 201.
28. **Boutraa M., 2014.** Utilisation des végétaux pour l'évaluation de la pollution atmosphérique le long de l'autoroute Est-Ouest dans la région de Constantine. Mémoire d'Ingénieur de l'Université Constantine : 14 -26 et 32
29. **Brewbaker J.L., Kwack B.H., 1963.** The essential role of calciumion in pollen germination and tube growth. *American Journal of Botany.*, (50) : 859-865.

C

30. **Camefort H., 1977.** Morphologie des végétaux vasculaires: cytologiea, natomiea, adaptations Edition n°3, Paris Doin Editeurs : 431.
31. **Casale R., 2006.** Biosurveillance de la qualité de l'air dans la région d'Ajaccio : mise en œuvre de quelques protocoles et d'opérations de communication. Mémoire de stage d'Université Corse Pascal Paoli : 17 – 19.
32. **Catinon M., 2010.** Détermination de la pollution atmosphérique métallique : étude critique de l'utilisation des écorces d'arbres. Thèse de Doctorat de l'université de Grenoble 1, École Doctorale Ingénierie pour la Santé, la Cognition et l'Environnement, 46-48 -148. 51-206p Laboratoire d'écologie Alpine-UMR 5553.
33. **Cerceau- Larrival M. Th., Carbonnier M. C., Verhille A. M., Peltre G., Senechal H., 1993.** Le pollen et l'allergie. Rapport de projet de recherche entre le laboratoire de palynologie, (M.N.H.N.) Paris et l'Unité d'immuno-allergie de l'institut Pasteur, Paris : 35.

34. **Chakhparonia M., 1995.** Développement d'un système biologique de surveillance de la pollution atmosphérique: études sur des populations d'*Arabidopsis thaliana* sous Conditions contrôlées. Thèse de doctorat, Université Lausanne: 81.
35. **Charpin J., 1986.** Allergologie. Edition 2 : 218-241.
36. **Charpin, D., Pairon, J.-C., Annesi-Maesano I., D. Caillaud, F. de Blay, G. Dixsaut, B. Housset, J.-C. Meuriceh, I. Roussel, D. Zmirouj, P. Delaval, J.-C. Dalphin, 2015.** La pollution atmosphérique et ses effets sur la santé respiratoire. Document d'experts du groupe pathologies pulmonaires professionnelles environnementales et iatrogéniques (PAPPEI) de la Société de pneumologie de langue française (SPLF) Revue des Maladies Respiratoires 33 : 484.508p.
37. **Chassany V., Potage M., Ricou M., 2012.** Mini manuel de biologie végétale. Edition . DUNO : 122 – 126 et 182 .
38. **Cuny D., 2012.** Journée scientifique bi-académique Académie nationale de Pharmacie et Académie des Technologies « Qualité de l'air : de l'échelle locale à l'échelle planétaire. Compréhension – implications ».

D

39. **Deletraz G. et Paul E., 1998.** Etat de l'art pour l'étude des impacts des transports routiers à proximité des routes et autoroutes. ADEME
40. **Denayer F. O., 1995.** Caractérisation des sols pollués en Pb, Zn, et Cd dans la région Nord Pas-de-Calais par les communautés bryophytique, Metz : 47.
41. **Diot F-M, 1991,** Les sciences de la préhistoire. Présentation de la palynologie en Archéologie. CNRS. Centre national de préhistoire, centre départemental de La Marne : 75- 81.
42. **Djendi M., 2006 -** Contribution a l'étude de la pollution par le pétrole brut et de son interaction sur certaines caractéristiques physico-chimiques des sols d'Ain-Smara dans la Wilaya de Constantine. Mémoire d'Ingénieur d'Etat de l'Université de Annaba, 114p.
43. **Djerbi M., 1994.** Précis de la phoeniculture.Pub. FAO : 191.
44. **Donadieu Y., 1983.** Le pollen. Thérapeutique naturelle. Edition.6. Librairie Maloine S.A. Paris : 97.
45. **Dreal., 2017.** Direction Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et de Logement

E

46. **Eddoud A., 2003.** Caractérisation et évaluation des mâles (Dokkars) de l'exploitation de l'Université de Ouargla (ex ITAS) et étude de quelques aspects liés à la fructification des

dattes chez trois variétés : Deglet Nour, Ghars, Degla Beida. Mémoire d'Ingénieur d'Etat de l'Université d'Ouargla : 145.

F

47. **Foan L.M., 2012.** Biosurveillance des retombées atmosphériques à l'aide de bryophytes : Suivi des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à diverses échelles spatiotemporelles. Thèse doctorat. Université de Toulouse : 320.

G

48. **Garrec J.P. et Van Haluwyn .C., 2002.** Biosurveillance végétale de la qualité de l'air. Concepts, méthodes et applications. Éditions Tec & Doc, Lavoisier, Paris : 117.
49. **Garrec J. P., 2007.** L'expertise technique et scientifique de référence. Laboratoire Pollution atmosphérique INRA – Centre de recherche de Nancy.
50. **Garrec J. P., 2010.** Physiologie de la plante : Processus mis en jeu pour la capture et l'élimination des polluants. INRA Nancy, Laboratoire Pollution Atmosphérique ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie), journée technique pour l'épuration de l'air intérieur par les plantes « état des connaissances ».
51. **Garty J., 2001.** Biomonitoring atmospheric heavy metals with lichens: theory and application, *Critical Reviews in Plant Sciences*,n 20(4) :309-371.
52. **Germain G., 2006.** La pollution atmosphérique. Observatoire des Nuisances Aériennes Bureau d'études des nuisances aériennes (*Association loi 1901*)
53. **Giovani C., Nimis P. L., Bolognini G., Padovani R. et Usco A., 1994.** Bryophytes as indicators of radiocesiumde positioning northeastern Italy, *Sciences.Total Environnement*. 157(1-3) : 35 - 43.
54. **Guelle D et Emmanuel P., 1998.** Etat de l'air pour étude des impacts des transports routiers à proximité des autoroutes. Editions ADEME : 70-72.
55. **Guérin B., Michel F.B., 1993.** Pollen et Allergie. Edition. Allerbio, Varennes-en Agronne : 279.

H

56. **Hoenner V., 2006.** Evaluation de la pollution par les HAP et les métaux lourds en alsace. Mise en œuvre d'une campagne de mesure. ASPA06091401-ID : 43.
57. **Halimi H., 2004.** La caractérisation des palmiers dattiers males dans la région d'Ouargla en vue d'une selection qualitative. Mémoire de Magistère de l'Université Kasdi Merbah Ouargla : 45 -76 et 98 .

K

58. **Kebsa K., 2009.** Utilisation du pollen de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) comme bioindicateur de la pollution atmosphérique dans la région de Ouargla. d'Ingénieur , Université Kasdi Merbah Ouargla : 1-6 et 73 - 77 et 82-87.
59. **Khaldi F., 2013.** Mécanismes d'action des polluants chimiques industriels (engrais et NOx) sur des bio indicateurs de pollution (Mousses et Lichens). Thèse de Doctorat. Badji Mokhtar Annaba Université : 155.

L

60. **Laaidi K., Laaidi M., Jean-Pierre B., 1997.** Pollens, pollinoses et météorologie. La Météorologie de série. N° 20 : 42.
61. **Laaksovirta K., Olkkonen H., Alakuijala P., 1976.** Observations on the lead content of lichen and bark adjacent to a highway in Southern Finland. *Environmental Pollution* 11: 247- 255.
62. **Lacheheb Y., 2010.** Contribution à l'étude des moineaux (*Passer domesticus* x *P. hispaniolensis*) : leurs hybrides et leurs dégâts à Chabkat M'Zab (Ghardaïa) : 29.
63. **Lacour S., 2009.** **Cours de pollution atmosphérique.** Inventaires d'émissions. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Centre d'Enseignement et de Recherche sur l'Environnement. Atmosphérique. CEREA: Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique : 34.
64. **Lenaig N. B., 2019.** Huile essentielle de pin – Nettoyer la maison, la peau et le foie. <https://zenessentiel.net/2019/10/15/pin/>
65. **Lippo H., Poikolainen J. and Kubin E., 1995.** The use of moss, lichen and pine bark in the nationwide monitoring of atmospheric heavy metal deposition in Finland, *Water Air Soil Poll.* 85(4): 2241-2246.
66. **Lötschert W., Köhm H.J., 1978** Characteristics of tree bark as an indicator in high emission areas. *Ecologies* 37: 121-132.

M

67. **Mesnoui M., Roumani M., Bensalah M.K., Salem A., Benaziza A., 2017.** Optimization of condition for in vitro pollen germination and pollen tube growth of date palm (*Phoenix Dactylifera* L.): *Journal of fundamental and applied Sciences Biskra*:ISSN 1112-9867: 159-164.
68. **Mackenzi A., 2000.** L'essentiel en écologie. Edition, Berti (Paris) : 368 .
69. **Marouf A., Reynau J., 2007.** La Botanique de A à Z .édition DUNOD : 238 - 239.

70. **Maryam M., Jafar M.J., Bilques F., Salman M.H., Summar A.N., Nafees M., Rashid A., et Iqrar A.K., 2015.** Evaluation of pollen viability in date palm cultivars under different storage temperatures. *Pakistan Journal of Botany*: 47(1)377- 378p
71. **Mendaci B., 1990** – Pollution industrielle (modélisation de la diffusion des polluants atmosphérique), 27p.
72. **Munire P., 1973.** Le palmier dattier. Paris: Edition. Maison-neuve : 217.

N

73. **Nathan M., 2019.** Evaluation des retombées atmosphériques des éléments traces métalliques (ETM) et des dioxines et furanes (PCDD/F) par analyse des lichens à proximité d'un site industriel. Edition, *Atmo Grand Est* ; 9-10.
74. **Nicolas, J.P., 2003.** Cours Transports et environnement. Laboratoire d'Economie des transports. Université Lumière Lyon 2 : 93.
75. **Nixon R. W., 1966.** Growing dates in the United States - Agriculture information Bulletin n° 207, Agricultural Research Service. *United States Department of Agriculture*: 38.

P

76. **Peyron G., 2000.** Cultiver le palmier dattier. Mont Pellier, Gridao : 109.
77. **Philippe L. G., 2000.** Analyse de la mobilité des macrophages pour le développement d'un biocapteur atmosphérique. Thèse doctorat d'Université de METZ ; 19- 21.
78. **Pons A., 1970.** Le pollen. Coll. Que sais-je ? PUF, Paris : 128.
79. **Popescu, M., Blanchard J., et Carre, M., (1998).** Analyses et traitement physicochimique des rejets atmosphériques industriels, émissions, fumées, odeurs et poussières, Edition: Masson : 12- 20.

R

80. **Renault-Myskovsky J., Petzold M., 1992.** Spores et pollen. Edition. La Duralie : 248.
81. **Richard D., Chevolet P., Fournel S., 2012.** Biologie. Edition. 2 : 606-610.
82. **Roland J., Roland F., El Maarouf-Bouteau H., Bouteau F., 2008.** Atlas biologie végétale .édition 9 :140.
83. **Ross H. B., 1987.** On the use of mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium chreberi*) for estimating atmospheric trace metal deposition *Water Air Soil Pollution*. 50,63-76p.

84. **Ruhlin A., Rasmussen L., Pilegaard K., Mâkinen A. and Steinnes E., 1987.** Survey of atmospheric heavy metal deposition in the Nordic countries in 1985. Göteborg, Graphic systems A B : 44.

S

85. **Schulz, H., Popp, P., Huhn, G., Stärk, H.-J., Schüürmann, G., 1999.** Biomonitoring of airborne inorganic and organic pollutants by means of pine tree barks. I. Temporal and spatial variations. *The Science of the Total Environment* 232: 49-58.
86. **Schulz, H., Gehre, M., Hofmann, D., Jung, K., 2001.** Nitrogen isotope ratios in pine bark as an indicator of N emissions from anthropogenic sources. *Environmental Monitoring and Assessment* 69: 283-297.
87. **Swieboda M., Kalembe A., 1978.** The lichen *Parmelia physodes* (L.) Ach. As indicator for determination of the degree of atmospheric air pollution in the area contaminated by fluorine and sulphur dioxide emission. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 47: 25 - 40
88. **Świeboda, M. et Kalembe, A., 1979.** The bark of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) as a biological indicator of atmospheric air pollution. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 48 : 539-550.

T

89. **Tachet H., 2006.** Invertébrés d'eau douce systématique, biologie, écologie. CNRS (Ed.). Paris : 587.
90. **Tahri K., 2018.** Etude l'architecture et de la biomasse du système racinaire de palmier dattier : 38.
91. **Takala, K., Olkkonen, H., Krouse, H.R., 1991.** Sulphur isotope composition of epiphytic and terricolous lichens and pine bark in Finland. *Environmental Pollution*: 69 et 337-348.
92. **Thomas Y., 1986.** Representatively of mosses as biomonitors organisms for the accumulation of environmental chemicals in plants and soils, *Ecotoxicology and Environemental. safety.*, 11: 339-346.
93. **Torunn B., Royset O. and Steinnes B., 1994.** Moss (*Hyloc omiums piendens*) used as biomonitors of atmospheric trace element disposition: estimation of uptake efficiencies *Atmospheric. Environment.*, 2 9(3): 353-360.
94. **Türkan I., Henden E., Celik U., Kivilcim S., 1995.** Comparison of moss and bark samples as biomonitors of heavy metals in a highly industrialized area in Izmir, Turkey. *The Science of the Total Environment* 181: 25-30.

V

95. **Vasil K., 1958.** Studies on pollen germination. séminaire on mode. développement in plant physiol : 123.
96. **Vedeil J., Pannetier C., 1990.** Optimisation des conditions de germination in vitro du pollen de cocotier (*Cocos nucifera* L.) pour la mise au point d'un teste de viabilité Oléagineux, vol 45 n° 4: 175-179.
97. **Vissr T., 1955.** Germination and storage of pollen: 08201(195): 5.

W

98. **Wertheimer M., 1956.** Recherches et observations sur la plantation des "rejets" de Palmiers Dattiers (*Phoenix dactylifera* L.) dans les Zibans (Région de Biskra). Revus. Fruits-Vol 11: 481- 487.
99. **Wittig R., 1993.** General aspects of biomonitoring heavy metals by plants. In: Markert B (Ed), Plants as biomonitors - *Indicators for heavy metals in the terrestrial environment.* VHC, Weinheim, 3-27

Site internet

<https://studylibfr.com/doc/4343560/ch%C3%AAnes-quercus...-ch%C3%AAnest-le-nom-vernaculaire-de-nombre...> 22:30 le 29/06/2020

<http://www.jardipedia.com/plante/fiche/voir/8587/tilia-cordata>

<https://www.lepeupledacote.com/plante/epicea-picea/>

<https://www.aujardin.info/plantes/tilia-cordata.php>

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Ch%C3%AAnest>

<https://therapeutesmagazine.com/frene-2/>

<https://jardinage.lemonde.fr/dossier-722-brulure-feuilles-marronnier.html>

Résumé :

Ce travail a porté sur la détection de la pollution atmosphérique par la circulation automobile et l'industrie des hydrocarbures dans les régions de Ouargla, par l'utilisation du pollen du palmier dattier comme indicateur biologique.

Nous avons choisi trois types de pollens à savoir : Deglet Nour, Ghars et Temsrit dans le but d'étudier la viabilité et la biométrie de ces derniers avant et après leur transplantation mais à cause de la pandémie de coronavirus (Covid-19), nous nous sommes réorienté vers une étude bibliographique sous forme de tableaux de synthèses des travaux réalisés sur le même sujet ou le même axe de recherche en Algérie et dans le monde .

Les résultats de recherches montrent que le test de germination ainsi que la longueur de tube pollinique, sont les facteurs les plus recommandés pour indiquer l'état de l'air, et que le type du pollen Deglet Nour est le plus sensible à la pollution atmosphérique que les autres pollens car la pollution atmosphérique influe négativement sur sa qualité et par conséquent sur la production des dattes.

Enfin nous constatons que le pollen du palmier dattier peut être un bon indicateur de la pollution atmosphérique et peut être utilisé aussi dans la surveillance de l'état de l'air et la préservation de notre patrimoine phoenicicole.

Mots clé : pollution atmosphérique - pollen - palmier dattier - bio indicateur - Ouargla

Summary

This work based on the detection of air pollution from automobile traffic and the hydrocarbon industry in the regions of Ouargla, by using date palm pollen as a biological indicator.

We have chosen three types of pollens namely: Deglet Nour, Ghars and Temsrit in order to study the viability and biometrics of the latter before and after their transplantation, but because of the coronavirus pandemic (Covid-19), we reoriented ourselves towards a bibliographical study in the form of summary tables of the work carried out on the same subject or the same research axis in Algeria and in the world.

Research results show that germination test, along with pollen tube length, are the most recommended factors for indicating air condition, and that Deglet Nour pollen type is the most sensitive to air pollution. Than other pollens because atmospheric pollution has a negative influence on its quality and consequently on the production of dates.

Finally, we note that date palm pollen can be a good indicator of atmospheric pollution and can also be used in monitoring the state of the air and preserving our phoenicultural heritage.

Keywords: air pollution - pollen - date palm - bioindicator – Ouargla.

الملخص

ركز هذا العمل على الكشف عن تلوث الهواء من حركة مرور السيارات وصناعة الهيدروكربونات في مناطق ورقلة ، باستخدام حبوب لقاح النخيل كمؤشر بيولوجي.

لقد اخترنا ثلاثة أنواع من حبوب اللقاح وهي: دجلة نور ، وغرس ، وتمسريت من أجل دراسة الجدوى والقياسات الحيوية للأخيرة قبل وبعد زرعها ، ولكن بسبب جائحة فيروس كورونا (كوفيد-19) ، قمنا بإعادة توجيه أنفسنا نحو الدراسة البيولوجيا في شكل جداول موجزة للأعمال المنفذة حول نفس الموضوع أو نفس محور البحث في الجزائر وفي العالم.

تظهر نتائج البحث أن اختبار الإنبات، إلى جانب طول أنبوب حبوب اللقاح، هما أكثر العوامل الموصى بها للإشارة إلى حالة الهواء، وأن نوع حبوب اللقاح دجلة نور هو الأكثر حساسية لتلوث الهواء. من حبوب اللقاح الأخرى لأن تلوث الغلاف الجوي له تأثير سلبي على جودته وبالتالي على إنتاج التمور.

أخيرًا، نلاحظ أن حبوب لقاح النخيل يمكن أن تكون مؤشرًا جيدًا لتلوث الغلاف الجوي ويمكن أيضًا استخدامها في مراقبة حالة الهواء للحفاظ على تراثنا في زراعة النخيل.

الكلمات المفتاحية: تلوث الهواء - حبوب اللقاح - نخيل التمر - مؤشر حيوي - ورقلة .