



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور بالجلفة

Université Ziane Achour de Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des sciences de la nature et de la vie



MÉMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME

De MAGISTER

EN AGRONOMIE PASTORALE

Option : Agropastoralisme et Désertification

THÈME:

*Etude du comportement du pollen sous l'influence de
différentes conditions de stockage*

Préparé par : Melle SAIDANI Zineb

Devant le jury:

<u>Président:</u>	M. AZOUZI Blel	Maître de conférences	U.D.
<u>Promoteur:</u>	M. CHOUKRI Ali	Professeur	U.D.
<u>Examineurs:</u>	M. DAHIA Mostapha	Maître de conférences	U.D.
	Mme BELHADJ Safia	Maître de conférences	U.D.

2011- 2012

Résumé

Cette recherche consiste à visée le comportement des grains de pollen de trois espèces sous l'influence de quelques conditions de stockage à savoir la lumière et la température, par deux type d'étude : la première se base sur les mesures biométriques, et la deuxième sur l'étude de la viabilité. Les résultats obtenus pour l'étude biométrique prouvent l'effet de la température sur les dimensions des grains de pollen et annule l'effet de la lumière, et présente l'existence d'une forme unique dit « prolé » pour les trois espèces avec une corrélation significative entre DP et DE. Concernant l'étude de la viabilité, les taux de viabilité enregistrés sous l'effet de la lumière sont plus élevés que ceux enregistrés sous l'effet de la température. Les mêmes résultats font ressortir des corrélations négativement hautement significative à très hautement significative entre les taux de viabilité et les paramètres biométriques (DP, DE) et une différence significative à hautement significative entre le rapport DP/DE et le taux de viabilité.

Mots clés : Grains de pollen, Diamètre équatorial (DE), Diamètre polaire (DP), Forme, Taux de viabilité, Lumière, Température.

Remerciements

Il est rare qu'un travail soit le fruit d'une seule personne, celui-ci ne fait pas des exceptions. Il m'est particulièrement agréable de remercier ici tous ceux qui m'ont à titre divers, facilité la tâche par leurs conseils et leurs aides.

Je tiens à remercier mon directeur de travail, Pr. Choukri Ali, Recteur de l'Université Ziane Achour-Djelfa, pour m'avoir accueilli au sein de son laboratoire «Laboratoire de chimie organique et valorisation des substances naturelles», pour ces orientations ses conseils, sa gentillesse et surtout sa confiance tout au long de ce travail malgré ses lourdes tâches.

Ma gratitude va également à M. Azouzi Blel qui a avec beaucoup d'hospitalité accepté de présider le jury et ainsi de nous accorder ses précieuses et agréables aides et conseils.

Que Mme Belhadj Safia (Maitre de conférence à l'université de Djelfa) et M. Dahia Mostapha (Maitre de conférence à l'université de Djelfa), trouvent mes remerciements les plus vifs pour avoir accepté de faire partie du jury et pour toute la facilité et courtoise que j'ai trouvé chez eux.

J'adresse aussi mes profonds respects à toute ma famille en particulier à Mon Père, pour ses encouragements et surtout sa patience au cours d'échantillonnage sur terrain.

Ma très vive gratitude va à M. Laïb Abdelghani, attaché de recherche CGS Alger, qui m'a soutenu et encouragé dans une phase de cette langue et pénible épreuve que représente ce mémoire.

Mes sincères remerciements vont à : Mme Naas Omsaad, M. Hamidi Mohamed, et M. Bzini Elhadi, et M. Khiati Khaled pour leurs aides.

Il me tient à cœur également d'exprimer ici toute ma reconnaissance et ma profonde amitié à mes très chères amies et à tous mes collègues d'ingénierat.

Dédicaces

Je dédie le fruit de cette étude

A vous qui m'avez bien éduquée,

instruite et m'avez tracé un chemin plein de lumière sans obstacles

C'est pour vous montrer ma gratitude et ma reconnaissance,

pour ce que vous avez fait pour moi

et pour ce que vous avez fait de moi :

*A vous mes cher(e)s « **Mère** et **Père** »*

ZINEB

Sommaire

Introduction.....	01
-------------------	----

Partie I: Généralités sur le Pollen

1. Généralités.....	03
2. Définition du pollen	04
3. Développement du pollen	05
4. Description, morphologie et caractéristiques du pollen.....	09
4.1.Description du pollen.....	09
4.2.Morphologie et caractéristiques du pollen.....	10
4.2.1. La forme et la taille du grain	11
4.2.2. La forme et le nombre des apertures	12
4.2.3. La structure et la sculpture de l'exine	12
5. Mode de transport du pollen	13
5.1.Plantes anémophiles.....	13
5.2.Plantes entomophiles	14
6. Composition analytique	15
7. Utilisation actuelle de la palynologie	17
7.1.La palynologie intégrée dans les filières végétales	17
7.2.En géologie	18
7.3.En criminologie et police scientifique.....	18
7.4.Analyse du miel grâce au pollen.....	19
7.5. Un complément alimentaire majeur.....	19
7.6.L'aéropalynologie.....	20
7.7.Le pollen et le rhume des foins.....	20
8. Le pollen est un grand voyageur.....	21
9. Viabilité du pollen.....	21
10. Comment capturer ou récolter le pollen.....	22

Partie II: Matériel et Méthodes

Objectif de l'étude.....	23
--------------------------	----

I- Matériel.....	23
I-1- Matériel de laboratoire	23
I-1-1- Appareillage.....	23
I-1-2- Réactifs chimiques.....	23
I-2- Matériel végétal	25
I-2-1- La récolte du pollen.....	25
I-2-2- Choix des espèces	25
I-2-3- Présentation des espèces étudiées	26
1- <i>Gagea foliosa</i>	26
2- <i>Tulipa sylvestris</i>	27
3- <i>Pinus alepensis</i> Mill	28
II- Méthodes	29
II-1- Etude Biométrique:.....	30
II-1-1- Préparation des observations microscopiques.....	30
II-1-1-1- Prise de photos.....	30
II-1-1-2- Les mesures des dimensions	30
II-2- Test de viabilité	31
II-2-1- Calcul du taux de viabilité	32

Partie III: Résultats et Discussion

I- Etude de la morphologie des grains de pollen « étude biométrique ».....	33
1-1- Effet de la lumière sur le diamètre polaire DP.....	33
• Variabilité du diamètre intra spécifique (L'analyse statistique).....	38
1-2- Effet de la lumière sur le diamètre équatorial DE.....	38

• Variabilité du diamètre intra spécifique (L'analyse statistique).....	40
2-1- Effet de la température sur le diamètre polaire DP.....	40
• Variabilité du diamètre intra spécifique (L'analyse statistique).....	41
2-2- Effet de la température sur le diamètre équatorial DE.....	44
• Variabilité du diamètre intra spécifique (L'analyse statistique).....	45
3- Etude de la corrélation entre DP et DE.....	47
4- Détermination de la forme.....	52
II- Etude de la viabilité des grains de pollen.....	57
II-1- Etude de la corrélation entre les paramètres biométrique « DP et DE » et le taux de viabilité.....	60
II-2- Etude de la corrélation entre la forme « DP/ DE » et le taux de viabilité.....	61
Conclusion générale.....	64

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Le pollen est un point de départ, une clef qui donne accès à de nombreux domaines d'un intérêt capital (LOUVEAUX J., 1996).

La palynologie, qui est la science de la spore et du grain de pollen, fait partie de nos jours d'un grand nombre de disciplines. Ses applications se rapportent « à la géologie, l'archéologie, la biochimie, la médecine.....

Le monde végétal est loin d'être stable. Il est sujet à de nombreuses modifications, tantôt lentes, tantôt rapides, voire brutales. Ces transformations du couvert végétal dépendent de plusieurs facteurs, d'ailleurs souvent étroitement liés les uns aux autres (facteurs climatiques, facteurs anthropiques, facteurs pédologiques). La palynologie permet de suivre dans le temps et dans l'espace les modifications du paysage végétal (DRICOT E. et PONCE, 1974).

La connaissance des ces modifications apporte nécessairement une meilleure compréhension du monde végétal actuel et par la suite permet d'en assurer avec plus de lucidité la conservation quand ce n'est pas la restauration.

Il existe des milliers de variétés de pollens. Chaque espèce de plante à fleurs en produit un de spécifique - véritable "empreinte digitale" de la plante concernée - dont les caractéristiques permettent l'identification précise au microscope. "Le pollen représente une multitude de corpuscules microscopiques contenus dans les sacs polliniques de l'anthere de la fleur, ces grains minuscules constituant les éléments fécondants mâles de celle-ci.". Dans certaines familles, le pollen de toutes les espèces sont très semblables (Graminées, Crucifères....) dans d'autres les types sont divers (Composées, Légumineuses, Liliacées...).

Différentes méthodes de conservation des ressources phytogénétiques ont été développées : réserves naturelles et jardins botaniques, banques de semences, collections de plantes en champ, vitrothèques. Chacune d'elles présente des avantages comparatifs en

rapport d'une part, avec le comportement biologique des espèces (cycle de vie, mode de reproduction.....), d'autre part, avec les stratégies (conservation statique ou dynamique), la durée (court, moyen et long terme), et le coût de la conservation (CHARRIER A., 1990).

Quant à l'emploi du pollen, il n'est souvent évoqué que de façon marginale dans les ouvrages traitant de la conservation des ressources génétiques. Il est beaucoup plus étudié, récolter, traiter, et conserver pour des fins commerciales que ce soit thérapeutiques ou bien alimentaire.

Connaître la longévité d'un pollen est une donnée particulièrement intéressante dans le cadre des études de risques de dissémination du pollen. (JACQUELINE P. et MICHEL R., 2002).

Le présent travail fait partie d'une contribution aux études concernant la conservation du pollen, voir son comportement vis à vis des changements de quelques paramètres de stockage.

Cette étude comprend trois parties essentielles, la première concerne la bibliographie de la notion « pollen », suivi par la partie matériel et les méthodes. Et une dernière partie, regroupant les résultats obtenus après traitement et analyse statistique avec des discussions

Partie I: Généralités sur le Pollen

11. Généralités:

La palynologie, terme a été inventé après une discussion écrite avec Ernst Antes et A. Orville Dahk dans l'analyse du pollen circulaire de Hyde et Williams (1944) (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004 et HESSE et al, 2009). C'est une combinaison du verbe grec 'paluno (de semer ou saupoudrer). Logos « parole, mot » (HESSE et al., 2009).

La palyopalynologie désigne l'ensemble des recherches ayant trait à la poussière végétale soit des spores et les grains de pollen (WALTER S. et al, 2001 et LEROYER CH. et ALLENET G., 2004) qui assurent tous les deux la reproduction des végétaux. (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004). Les spores et le pollen sont des petites particules qui se ressemblent, mais les spores sont à l'origine d'une génération gamétophytiques, alors que les grains de pollen sont des microgamétophytes mûrs (WALTER S. et al., 2001).

La palyopalynologie, une étude pluridisciplinaire, c'est une science qui demande beaucoup d'adaptation, car elle étudie du vivant qui varie en fonction des échantillons. Elle exploite la diversité spécifique du sporoderme des grains de pollen (GORNFLOR R., 1997).

L'intérêt que les archéologues portent au pollen découle de sa facilité de conservation. Ces grains sont de véritables témoins de la vie d'autrefois. Les grains de pollen permettent de retracer l'histoire du paysage (PIAZZA, 1989).

La palyopalynologie permet plus particulièrement de suivre dans le temps et dans l'espace les modifications du paysage végétal. La connaissance de ces modifications apporte nécessairement une meilleure compréhension du monde végétal actuel. Elle permet d'en assurer avec plus de lucidité la conservation quand ce n'est pas la restauration (DRICOT E. et PONCE, 1974).

12. Définition du pollen :

Le mot Pollen qui vient du latin signifie " farine ou poussière de fleur" (DANY B., 1983), représente la phase gamétophytique (micro gamétophyte) mâle du cycle de vie d'une plante à fleur (DANY B., 1983 et REILLE M., 1990, DULUCQ N. et TULON M.,1998 et MAROUF A. et REYNAUD J.,2007). Se sont les porteurs des caractéristiques héréditaires chez les plantes supérieures (DANY B., 1983). Ils se forment par millions dans les étamines et sont libérés en période de floraison (YVES L. et al., 2002).

Vu au microscope électronique à balayage, chaque grain de pollen est une petite œuvre d'art (YVES L. et al., 2002). C'est une structure microscopique bi- ou tricellulaire haploïde, formée d'une cellule végétative enveloppant la cellule générative (Fig1) (MAROUF A. et REYNAUD J.,2007).

Chaque plante produit un type de grains de pollen adapté à son mode de dissémination (YVES L. et al., 2002).

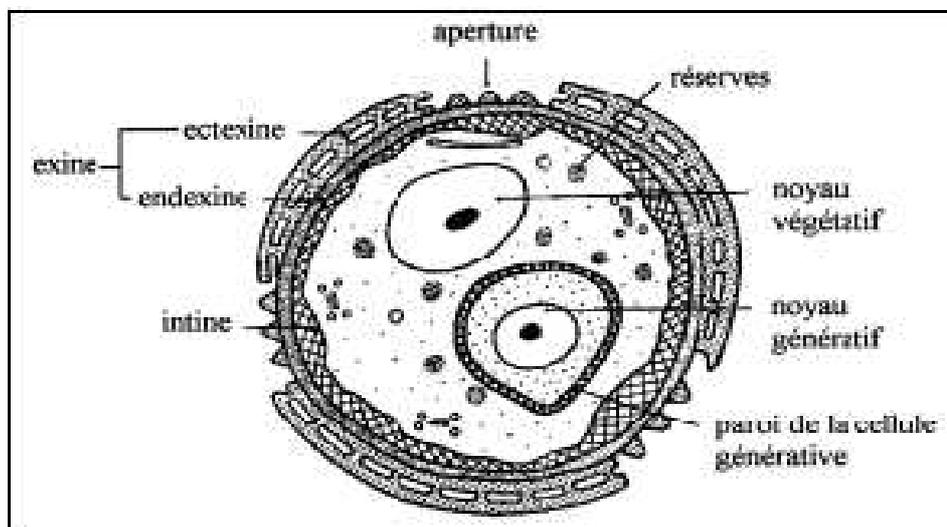


Figure 1: Grain de Pollen (LAAIDI K. et al., 1997).

13. Développement du pollen :

Deux processus distincts – la microgamétogénèse- aboutissent à la formation de gamétophyte. La microsporogénèse produit les microspores (grains de pollen unicellulaires) à l'intérieur des microsporangés, ou sacs polliniques, de l'anthère. La microgamétogénèse est le développement du microgamétophyte à l'intérieur du grain de pollen jusqu'au stade tricellulaire (PETER H.et al., 2003).

Au début de son développement, l'anthère est composée d'une masse homogène de cellules, à l'exception d'un épiderme partiellement différencié. Finalement, quatre groupes de cellules fertiles, ou sporogènes, apparaissent au sein de l'anthère. Chaque groupe est entouré de plusieurs assises de cellules stériles. Les cellules stériles vont donner la paroi du sac pollinique comprenant des cellules nourricières qui alimentent les microspores en développement. Les cellules nourricières constituent le tapis, qui est l'assise interne du sac pollinique (WALTER S. et al., 2001 et PETER H.et al., 2003).

Les cellules sporogènes deviennent des microsporocytes (cellules mères de pollen) qui subissent la méiose. Chaque microsporocyte diploïde donne naissance à une tétrade de microspores haploïdes (PETER H.et al., 2003 et HESSE et al., 2009). Chaque tétraspore subit ensuite une maturation qui la transforme en grain de pollen (Fig 2).

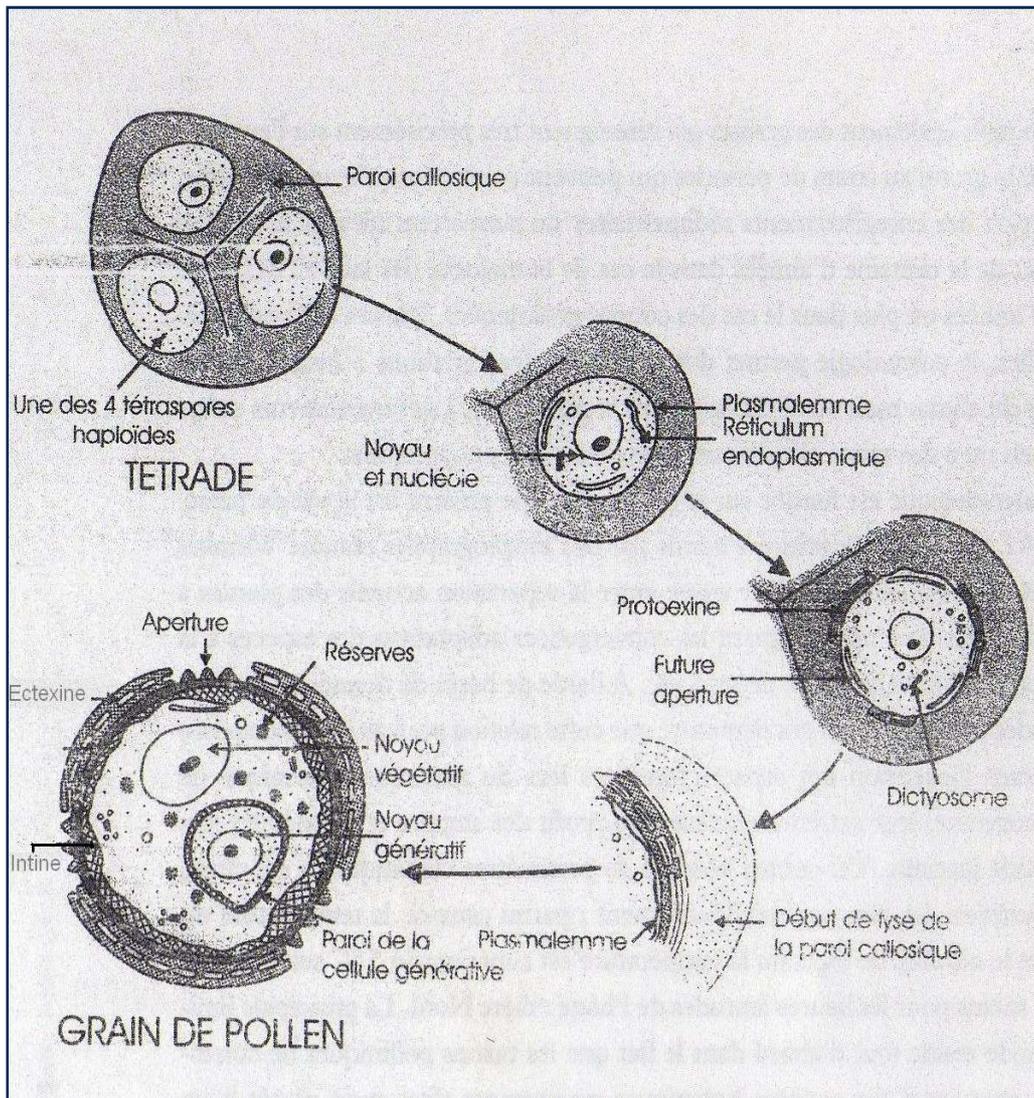


Figure 2: Gamétogénèse mâle ou formation du grain de pollen (LEZINE A-M., 2008).

Chez les angiospermes, la microgamétogenèse est constante et débute quand le micropore se divise par une mitose donnant deux cellules à l'intérieur de la paroi originelle de la microspore. Cette division produit une grande cellule de tube et une petite générative qui se déplace vers l'intérieur du grain de pollen. Ce grain de pollen bicellulaire constitue une microgamétophyte immature. Dans les deux tiers environ des espèces d'angiospermes, les grains de pollen sont libérés de l'anthere à ce stade bicellulaire. Chez les autres, le noyau génératif se divise avant la libération des grains de pollen et donne naissance à deux gamètes mâles, ou cellules spermatiques (PETER H. et al., 2003).

Au cours de la méiose, les cellules mères se cloisonnent suivant deux modes successifs ou simultanés. Il en résulte deux agencements possibles de la tétrade quant à la disposition des quatre microspores et leur forme (REILLE M., 1990 et GORNFLOR R., 1997) :

- **Cloisonnements successifs**, disposition cruciée des tétraspores réalisent des tétrades dites planes: Cycadales, quelques Gymnospermes (Taxales et des Pinacées), Chlamydospermes, la plus part des Monocotylédones, des Dicotylédones primitives (Magnolia, Ceratophyllum, Rafflesia, Aristolochia, Apocynacées et Asclépiadacées) (Fig3) ;

- **Cloisonnements simultanés**, disposition tétraédrique des microspores: Ginkgoales, la plupart des Gymnospermes et des Cotylédons, quelques Monocotylédones (Liliacées, Iridacées, Dioscoracées et Orchidacées) (Fig4).

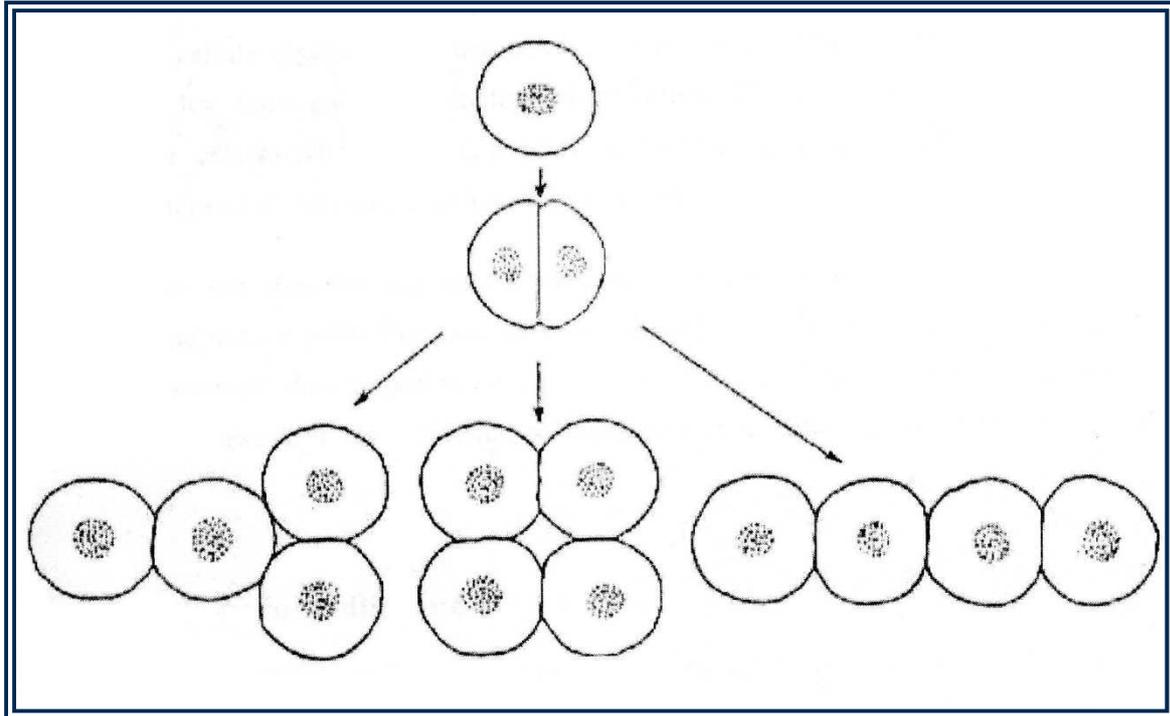


Figure 3: Mode d'apparitions successives des cloisons au cours de la méiose: formation des tétrades planes (REILLE M., 1990).

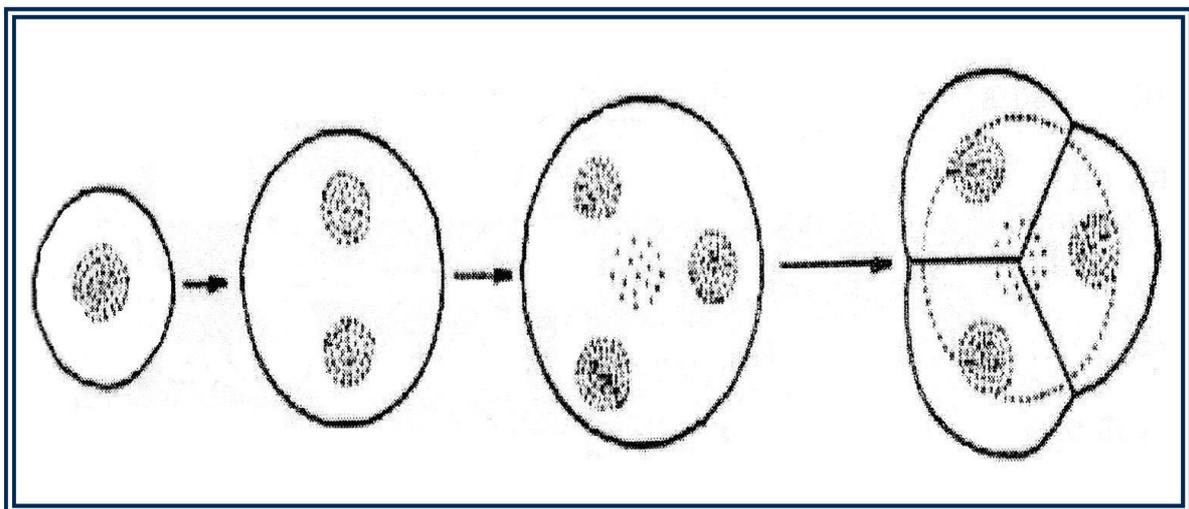


Figure 4: Mode d'apparition simultanée des cloisons à la fin de la méiose: formation des tétrades tétraédriques (REILLE M., 1990).

14. Description, morphologie et caractéristiques du pollen :

14.1. Description du pollen :

Le grain de pollen isolé est très petit pour le voir il faut un puissant microscope (DANY B., 1983). Le grain de pollen est constitué de trois couches principales (FAEGRI K. et IVERSEN J., 1989) :

- **La partie centrale** est la cellule vivante, qui germe sur le stigmate ;

- **La couche intermédiaire ou l'intine**, il est présent dans tous les grains de pollen, et enveloppe l'ensemble du grain dans une gaine en apparence uniforme. Il a été relativement peu étudié, et les informations sur sa composition chimique sont assez contradictoires. Aucune partie de l'intine n'est connue pour être fossilisée.

- **L'exine**, Si un grain de pollen ne parvient pas à atteindre sa propre destination, il périt bientôt, et le contenu cytoplasmique et les substances de l'intine sont facilement détruites et disparaissent, laissant pour un temps plus court ou plus long, la troisième couche, l'exine.

Le terme « sporopollénine » a été utilisé pour la première fois en 1932 par Zetzsche pour décrire la substance qui compose l'exine des spores et du pollen. La composition chimique de la sporopollénine est encore mal connue. C'est elle qui confère à l'exine ses qualités exceptionnelles de résistance physique, d'inertie chimique et de résistance aux attaques biologiques (BRUNEAU E. et al., 2006 et LEZINE A-M., 2008).

Dans une exine typique, il est possible de distinguer deux couches principales, découvertes par Fritsche dès 1837. La couche interne s'appelle l'intexine. Plus tard, Erdtman (1943) invente le terme endexine, et l'ectexine. On peut distinguer les sections des deux couches optiquement par leur réaction de coloration: l'endexine apparaît légèrement rose après le traitement avec fuchsine B et l'ectexine apparaît Rouge sombre (FAEGRI K. et IVERSEN J., 1989). La première, présente chez les Dicotylédones, est généralement absente chez les Monocotylédones. La seconde est de structure alvéolaire (Préspermaphytes et Gymnospermes) ou columellaire (Angiospermes) (GORNFLOR R., 1997).

Sous microscope, la couche interne « endexine » a une forme homogène, membrane continue à l'exception de quelques évolutions morphologiques qui sont liées avec des ouvertures (FAEGRI K. et IVERSEN J., 1989) (Fig 5).

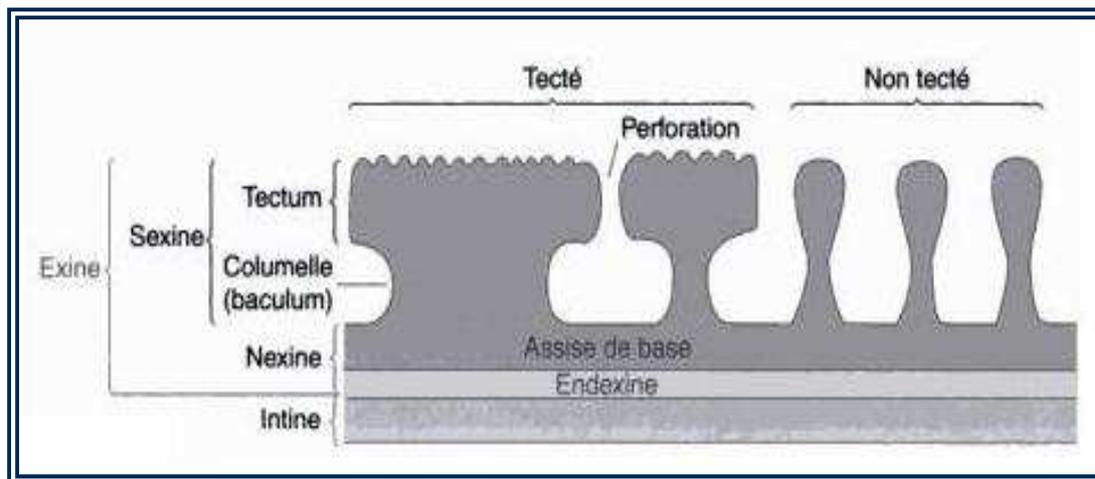


Figure 5: Coupe transversale dans une paroi pollinique typique d'Angiosperme (WALTER S. et al., 2001)

14.2. Morphologie et caractéristiques du pollen :

Le pollen a comme tous les autres organes d'une même plante, des caractéristiques morphologiques utilisées en systématique botanique (PIAZZA, 1989 et GUERIN et al, 1993). Il est identifiable par sa forme, ses dimensions, ses pores, et l'architecture extrêmement variée de sa surface (GUERIN et al, 1993 et BRUNEAU E. et al., 2006).

Quand le pollen est mûr et si les conditions de l'environnement sont appropriées, l'anthère s'ouvre et libère les grains de pollen (WALTER S. et al., 2001). Ils sont produits, le plus souvent, en très grand nombre formant une poudre désséminable (MAROUF A. et REYNAUD J., 2007).

Les grains de pollen peuvent être libérés des anthères isolément ou en groupes de deux, quatre cas des Ericacées, ou beaucoup plus. Chez de nombreuses Apocynacées et Orchidacées, le pollen est réuni en masses appelées pollinies (WALTER S. et al., 2001).

Chaque sorte de pollen a une couleur bien déterminée, varie d'un genre de plante à l'autre, jaune vif, orange, blanc grisâtre, violet, noisette, mauve, du blanc pour la bruyère jusqu'au noir pour le coquelicot ou le pavot (DANY B., 1983 et PHILIPPE, 1994).

Dans certaines famille, le pollen de toutes les espèces est très semblables (Graminées, Crucifères etc. ...). Dans d'autres les types sont très divers (Composées, Légumineuses, Liliacées etc...). Dans ces conditions, il est possible de déterminer avec plus ou moins de

précision la position systématique d'un grain de pollen fossile. La détermination s'arrête selon les cas au niveau de la famille, du genre et de sous-genre. Elle va rarement jusqu'à l'espèce du moins dans l'analyse palynologique courante (DRICOT E. et PONCE, 1974).

Les grains de pollen sont de taille et de forme variables. On les distingue à partir d'un certain nombre de critères morphologiques. Plusieurs termes sont utilisés par les palynologues pour décrire la morphologie des grains (PUNT et al. 2007 in LEZINE A-M., 2008). Ces critères peuvent être résumés de façon suivante (Fig 6):

14.2.1. La forme et la taille du grain :

Les grains peuvent se présenter sous la forme d'une cellule simple (monade) ou composée de quatre cellules (une tétrade), ou plus (une polyade) dont la taille varie entre quelques micromètres et quelques centaines de micromètres. La forme du grain est généralement sphérique ou légèrement allongées. Certains grains, parmi les gymnospermes, sont munis de ballonnets aérifères (LEZINE A-M., 2008).

La forme du pollen dépend de son orientation dans la tétrade initiale qui permet de reconnaître un pôle proximal, proche du centre et un pôle distal diamétralement opposé qui permettent de construire un axe polaire P et un axe équatorial, E. La forme du grain de pollen est définie par le rapport qui existe entre les dimensions des deux axes : le grain est dit sphéroïdal quand les deux axes sont égaux, prolé quand P' est $>$ à E, oblé quand P' est $<$ à E. Sa taille peut varier avec l'âge et les conditions de maturation de la plante mais elle reste globalement constante pour une même espèce (GUERIN et al., 1993, LEROYER CH. et ALLENET G., 2004 et HESSE et al., 2009).

14.2.2. La forme et le nombre des apertures :

A la surface du grain, des zones de moindre résistance permettent la sortie du tube pollinique ainsi que la régulation du volume du grain en fonction de l'humidité ambiante (ou l'harmoméga-thie). Ce sont les apertures (LEZINE A-M., 2008). Ces apertures peuvent correspondre à des pores ou à des sillons (*colpus*) qui sont parfois associés. Elles peuvent intéresser l'ectexine seule (ectoapertures) ou les deux épaisseurs de l'exine (apertures complexes). Dans ce cas, les ectoapertures et les endoapertures peuvent être de formes identiques, superposées ou non ou de formes différentes (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004). Leur forme et leur nombre varient : certains grains sont dits inaperturés car l'aperture n'y est pas visible. D'autres présentent un

ou plusieurs pores (ce sont les grains de pollen porés), un ou plusieurs sillons (grains de pollen colpés) ou des ouvertures complexes composées de pores et de sillons (grains de pollen colpés) (LEZINE A-M., 2008).

14.2.3. La structure et la sculpture de l'exine :

La complexité de la structure exinique et son ornementation en surface entraînent de nombreuses différences entre les grains de pollen (LEZINE A-M., 2008). Elle peut être lisse, psillée (petits points irrégulièrement répartis), scabré (légères ondulations inférieures à 1 micron), échinulée (épines supérieures à 1 micron), gemmulée, verruquée, clavulée, baculée, réticulée (avec un réseau) (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004).

Pollen sans sillon ni pore 	Grains isolés		Grains isolés avec ballonnets			
						
	Mélèze	Cypéracées	Cèdre	Pin	Sapin	Epicéa
Pollen avec pores 						
	Poacées (graminées)	Charme	Noisetier	Aulne glutineux	Bouleau	
Pollen avec sillon 						
	Chêne	Frêne	Renoncule	Colza (Brassica)		
Pollen avec pores et sillons 						
	Hêtre	Oseille	Ambroisie	Armoise		

Figure 6 : Différents types de Pollen (SINTES S., 2009)

15. Mode de transport du pollen :

15.1.Plantes anémophiles :

Les pollens transportés par le vent sont plutôt petits, légers, lisses ou équipés de petits ballons (comme le pollen de pin) (DANY B., 1983) (Fig 7).

La structure extérieure du grain de pollen de plantes anémophiles est lisse et sèche. Certains grains possèdent des sacs à air semi-sphériques qui sont réunis par une sorte de peigne ondulé et entaillé (DANY B., 1983 et YVES L. et al., 2002). Ce pollen des arbres forestiers, des herbes et d'autres plantes anémophiles possède des qualités aérodynamiques bien marquées; il est transporté par le vent sous forme de poussière extrêmement fine. Certaines plantes comme le noisetier adoptent une solution mixte. Il est classé comme anémophile, mais il est également fort visité par les insectes (DANY B., 1983).



Figure 7 : Type de pollen anémophile (PATERNOSTRE V., 2009 et Pollen de Pin :<http://fr.fotolia.com/id/23009263>)

15.2.Plantes entomophiles :

Les grains de pollen peuvent aussi être dispersés par des êtres vivants (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004). La structure extérieure est rugueuse, accidentée; présentant des creux, des pointes et toutes sortes d'aspérités. Beaucoup d'entre' eux sont recouverts d'une couche huileuse et collante. Ils s'accrochent facilement aux poils des insectes et peuvent ainsi être transportés sur d'autres fleurs. La plus grande partie des espèces végétales (environ quatre cinquièmes) est entomophile, c'est-à-dire que ces plantes sont fécondées grâce aux insectes (DANY B., 1983) (Fig 8).

Les principaux agents de transport sont les insectes « entomogamie », les chauves-souris « chéiroptérogamie » et les oiseaux « ornithogamie » (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004).

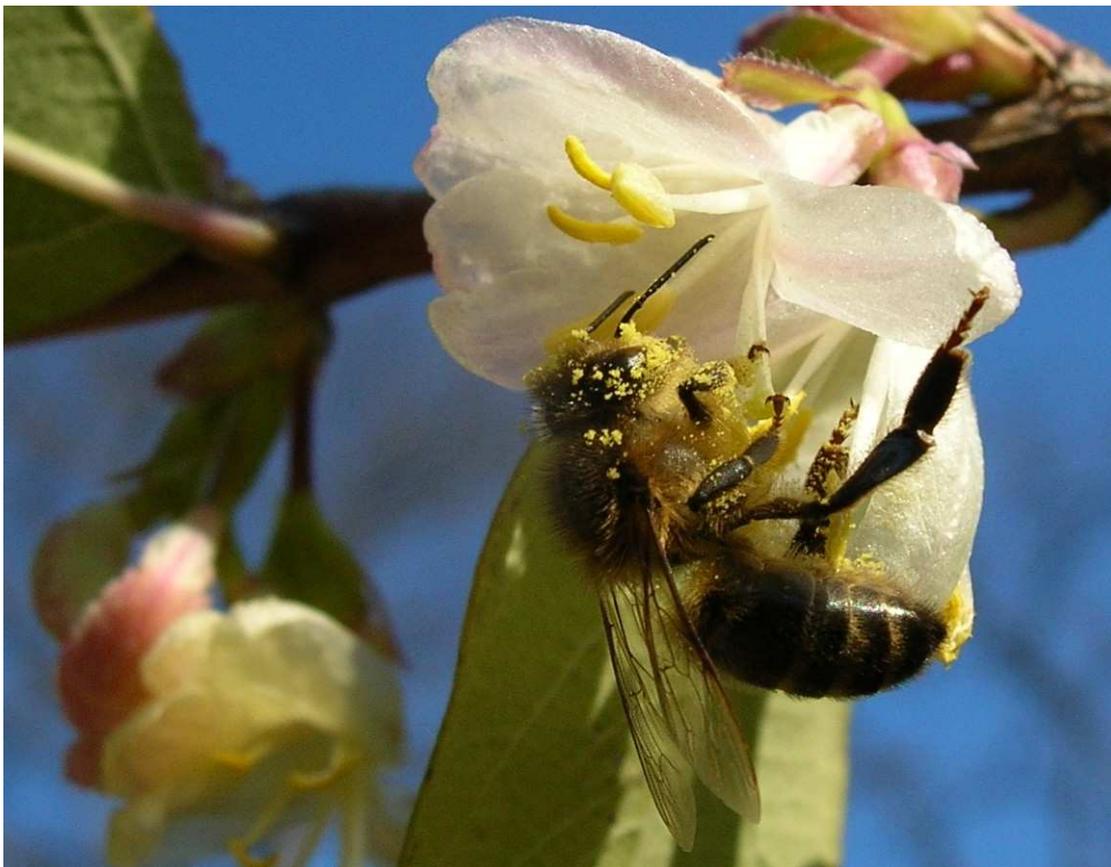


Figure 8 : Abeille chargée de pollen (TAKÁCS P-R., 2009).

16. Composition analytique :

Dés la fin du 19^{ème} siècle, les chercheurs s'attachent à élucider la composition chimique du pollen (notamment dans USA, au Japon, en Scandinavie et en France), mais ce n'est vraiment qu'après 1950 que furent entreprises des études analytiques et expérimentales très poussées (DONADIEU Y., 1983). Les techniques d'analyse scientifique modernes permettent actuellement d'avoir une idée assez précise sur la composition du pollen (Bruneau E. et al, 2006), malgré que cette composition varie fortement en fonction de l'origine botanique de chaque pollen (DONADIEU Y., 1983 et BRUNEAU E. et al., 2006).

DONADIEU Y. (1983), signala que des différences importantes trouvées dans les analyses quantitatives montrent bien que toutes les plantes ne fournissent certainement pas un pollen de même valeur.

La composition générale du pollen renferme (Fig 9):

Eau:

Le taux d'eau oscille en moyenne autour de (DONADIEU Y., 1983):

- 10-12 % pour le pollen frais;
- 4 % pour le pollen asséché (le taux de 5 % représentant en général la limite supérieure à ne pas dépasser pour être assuré d'une excellente conservation).

Les protéines

Le taux des protéines peut varier de 7 à 35%. Ces variations existent aussi bien dans les pollens de plantes anémophiles que dans ceux des plantes entomophiles. Par exemple : le taux des protéines du pollen de Pin (*Pinus* sp.) récolté à la main est aux environs de 12 % celui du Noisetier (*Corylus avellana*) est de 29 %. Le taux des protéines du pollen de Pissenlit (*Taraxacum densleonis*) récolté par les abeilles est de 1 % celui du Trèfle (*Trifolium* sp.) de 23,7% (PAIN J. et MAUGENET J., 1966).

 **Les glucides** (principalement glucose et fructose) sont présents en quantité équivalente. Ils proviennent en grande partie du nectar utilisé pour lier les différents grains entre eux (BRUNEAU E. et al., 2006). Avec un pourcentage moyen de 35% (DONADIEU Y., 1983).

 **Les lipides** (hydrocarbures, cires et plus de 40 % d'acides gras essentiels), localisés principalement en surface des pollens, ne constituent que 1/20^e du pollen (DONADIEU Y., 1983 et BRUNEAU E. et al., 2006).

- Les microéléments** (3 %) suscitent un intérêt équivalent. On trouve parmi eux de nombreuses vitamines : A, B1 (thiamine), B2 (riboflavine), B3 (nicotinamide), B5 (acide pantothénique), B6 (pyridoxine), B8 (biotine), B9 (acide folique), B12 (cyanocobalamine), C (acide ascorbique), D, E, H, acide folique, rutine. Sont présents également des enzymes et coenzymes, des stérols, des flavonoïdes, des substances bactériostatiques et de croissance, des pigments, des arômes et des huiles volatiles (BRUNEAU E. et al., 2006).
- Les minéraux** entrent pour une part d'environ 5 % dans la composition du pollen. Potassium, calcium, soufre, magnésium, zinc, phosphore, aluminium et fer sont présents, ainsi que le sélénium, un antioxydant très rare. Sa teneur élevée en minéraux fait du pollen un complément alimentaire réputé pour l'homme (BRUNEAU E. et al., 2006).

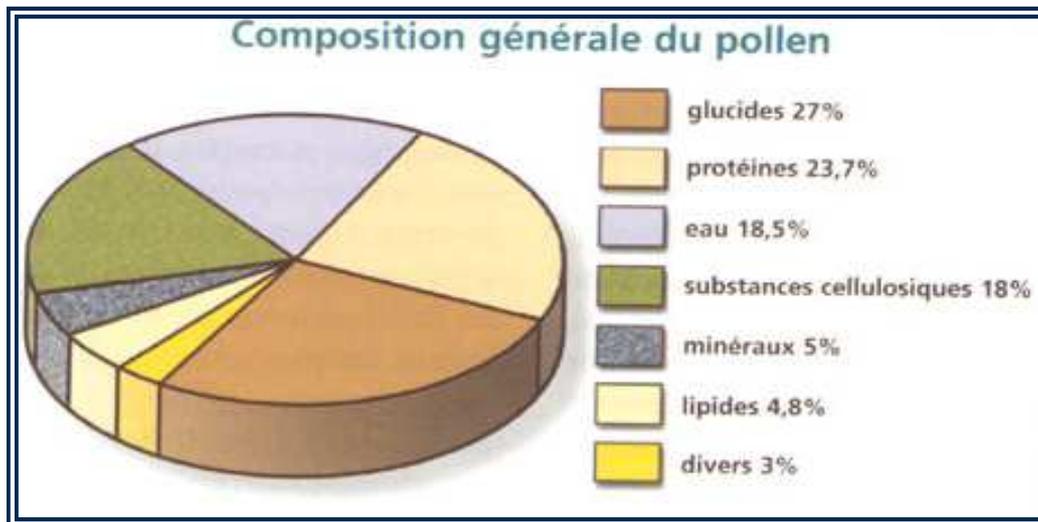


Figure 9: Composition générale du pollen (BRUNEAU E. et al., 2006).

17. Utilisation actuelle de la palynologie

L'étude des pollens et spores "la poussière végétale" concerne différents secteurs d'intervention et trouve de nombreuses applications (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004).

17.1. La palynologie intégrée dans les filières végétales :

La foresterie et l'agriculture. Elle permet de prévoir les dates de récolte à partir de la production de pollen au printemps. Ceci est étudié surtout chez la vigne et l'olivier. De plus, on dirige la pollinisation pour croiser des plantes (DULUCQ N. et TULON M., 1998). Elle peut cependant concerner l'agronomie avec le développement d'interventions humaines sur la pollinisation pour améliorer la qualité et la quantité des productions de céréales, fourrages, légumes et fruits (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004).

17.2. En géologie :

Elle est intervenue dans la stratigraphie mais elle est un peu moins à la mode à l'heure actuelle. Elle a permis d'apporter des preuves à la théorie de la dérive des continents (DULUCQ N. et TULON M., 1998).

L'application géologique consiste à définir les assemblages polliniques contenus dans des sédiments de différentes époques. Elle s'attache à suivre l'histoire de la végétation du passé. Certains de ces travaux ont profité d'une réelle impulsion économique lorsqu'ils ont contribué aux recherches de charbons puis de pétrole mais la plupart concernent des périodes beaucoup plus récentes (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004). Ceux portant sur le Quaternaire, ont permis de caractériser les variations climatiques avec la reconnaissance de phases interglaciaires permettant un rétablissement complet de la végétation et de phases de réchauffement plus ponctuelles durant les périodes glaciaires (interstades) (DULUCQ N. et TULON M., 1998 et LEROYER CH. et ALLENET G., 2004).

17.3. En criminologie et police scientifique :

Grâce aux grains de pollen trouvés sur les vêtements ou sur certains objets, il est possible de prouver qu'un criminel ou sa victime se trouvait en un endroit bien déterminé. Cette utilisation de la science du pollen (la pollinologie) a donné des résultats étonnants dans l'histoire de la criminologie (DANY B., 1983 et DULUCQ N. et TULON M., 1998).

17.4. Analyse du miel grâce au pollen

La méliissopalynologie correspond à l'étude du contenu pollinique des miels. Elle permet de les qualifier, d'améliorer les produits et de réprimer les fraudes (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004). L'analyse du pollen est devenue un des moyens les plus importants

dans l'étude du miel. Les pays où les frais de production sont élevés et où le miel coûte cher, comme la République Fédérale Allemande, sont obligés de protéger leur propre production contre la concurrence des produits moins chers et souvent de moindre qualité en provenance de l'étranger, en exigeant un certificat d'origine. L'étude microscopique du miel et l'analyse du pollen apportent une preuve certaine de leur origine (DANY B., 1983).

17.5. Un complément alimentaire majeur,

Avec une telle composition, il n'est pas étonnant que le pollen soit considéré comme un complément alimentaire majeur (CLEMENT J-M., 1981 et BRUNEAU E. et al., 2006). On considère que 100 g de pollen correspondent à 500 g de bœuf ou à 7 œufs. Il n'en faudrait que 30 g pour couvrir les besoins alimentaires journaliers si l'on pouvait en tirer tous les composants actifs (BRUNEAU E. et al., 2006).

Ses principales propriétés en font un tonique et stimulant général, et un rééquilibrant fonctionnel naturel. Ses indications majeures sont les états de fatigue, les problèmes gastro-entérologiques (anorexies, constipations, colites, etc.) et les problèmes génito-urinaires (prostatisme, colibacillose). Comme la composition de chaque pollen diffère, certaines cures sont orientées vers une espèce particulière (ciste, châtaignier, saule...). Le plus souvent, on préfère cependant un mélange des pollens récoltés sur de longues périodes (BRUNEAU E. et al., 2006).

La posologie recommandée est de une à deux cuillères à soupe par jour. Il faut noter que les effets ne se feront sentir qu'après une cure de plusieurs semaines. Un pollen séché ne se conserve pas très longtemps. Il doit être consommé dans l'année de son conditionnement (BRUNEAU E. et al., 2006).

17.6. L'aéropalynologie

Elle s'attache à définir le contenu pollinique de l'air qui est étroitement lié aux dates de floraison et aux courants atmosphériques. Son application principale est liée au traitement des allergies respiratoires (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004).

17.7. Le pollen et le rhume des foins.

Entre mars et septembre, de nombreuses personnes se plaignent d'une allergie au pollen. Il s'agit d'une sensibilité à un ou à plusieurs pollens transportés par le vent qui

provoquent chez elles ce que l'on appelle le rhume des foins. Un autre type d'allergie, beaucoup plus rare, est provoqué par l'ingestion de pollen sans être particulièrement lié au premier type d'allergie (BRUNEAU E. et al., 2006).

La plus part des espèces de pollen ont un certain niveau d'allergénicité, mais certains sont particulièrement connus pour induire des symptômes de rhume de foin (ROBERTSON L., 2008).

Le pollen significatif en épidémiologie est le pollen anémophile (transporté par les vents) et non le pollen entomophile (véhiculé par les insectes). Ce ne seront donc pas les fleurs parées de couleurs telles que celles des forsythias, des magnolias, des pommiers, des dents-de-lion ou des roses qui entreront en considération, mais bien plutôt les fleurs discrètes des bouleaux, des frênes, des graminées et des armoises (DURR C. et al., 2008).

Lorsque la température est chaude et sèche lors de la floraison, on compte de 400 à 12000 grains de pollen par m³ d'air. Dans ces conditions, il n'y a rien d'étonnant que les personnes atteintes de cette allergie ne trouvent aucune possibilité d'y échapper (DANY B., 1983).

18. Le pollen est un grand voyageur

La dispersion pollinique peut aller de quelques mètres à quelques kilomètres ou parfois traverser les continents lors de grande circulation d'air. Il est possible de rencontrer en Suède des grains de pollen du Sahara lors de remontées des masses d'air chaud du désert (YVES L. et al., 2002).

C'est ainsi que l'on peut trouver dans les glaciers des Alpes, des grains de pollen provenant d'Afrique du Nord. Lors de la pleine floraison, en mai ou en juin, ces "pluies de pollen" font le désespoir des ménagères lorsqu'elles se déposent sur les maisons et leurs environs. Cette pluie qu'on appelle parfois "pluie de soufre" provient le plus souvent de grandes forêts, de foins, de céréales et de grands pâturages (DANY B., 1983).

19. Viabilité du pollen :

La viabilité a été définie comme étant "la capacité de vivre, de grandir, germer ou développer» (LINCOLN et al. 1982 in DAFNI A. et FIRMAGE D., 2000).

Le fonctionnement « viabilité » du pollen varie beaucoup après son émission de l'anthère. La viabilité est fortement affectée par la température et l'humidité, mais ces effets dépendent du groupe taxonomique (WALTER S. et al., 2001).

La viabilité à long terme a également été utilisée pour décrire les grains de pollen capable de germer sur le stigmate (MORSE 1987, PRESTON 1991, VAUGHTON et RAMSEY 1991, NIESENBAUM 1992 in DAFNI A. et FIRMAGE D., 2000),

Le pollen des graminées, par exemple, a une courte durée de vie, sa viabilité ne dépassent parfois pas quelques minutes ou quelques heures (MAROUF A. et REYNAUD J., 2007), tandis que le pollen de nombreuses autres espèces reste viable pendant plusieurs années s'il est conservé dans de bonnes conditions. Il est possible d'évaluer la viabilité en testant la capacité de germination du pollen, son activité métabolique « enzymatique » ou la présence de cytoplasme (WALTER S. et al., 2001).

20. Comment capturer ou récolter le pollen :

La girouette, le rotorod ou le burkard permettent de capter le pollen transporté par le vent. Des coupelles ou des pots permettent de récupérer le pollen qui tombe au sol (YVES L. et al., 2002).

Pour l'apiculteur, il équipe toutes les ruches d'un rucher de trappes à pollen dont le principe est assez simple : l'abeille qui rentre à la ruche doit traverser une grille appelée peigne à pollen qui retient les pelotes accrochées sur ses pattes arrière. Les pelotes tombent, au travers d'un tamis, dans un tiroir inaccessible aux abeilles. Les modèles de trappes sont nombreux (BRUNEAU E. et al., 2006).

Partie II: Matériel et Méthodes

Objectif de l'étude

Cette étude met en évidence l'effet de certains paramètres de stockage sur les caractères biométriques du pollen et sa viabilité.

L'étude se déroulera en deux étapes : échantillonnage sur terrain et manipulations au laboratoire.

L'échantillonnage sur terrain concerne la collecte du matériel végétal "Pollen". Au laboratoire, plusieurs appareils et produits sont utilisés pour effectuer et bien contrôler les paramètres visés.

III- Matériel

I-1- Matériel de laboratoire :

I-1-1- Appareillage :

- Etuve ;
- Congélateur ;
- Un dispositif en bois confectionnés pour suivre l'effet de la lumière (Fig 10);
- Microscope optique : Motic Images plus 2.0. équipé d'appareil photos intégré, relie à un ordinateur.

I-1-2- Réactifs chimiques :

- Ethanol ;
- Carmin acétique ;

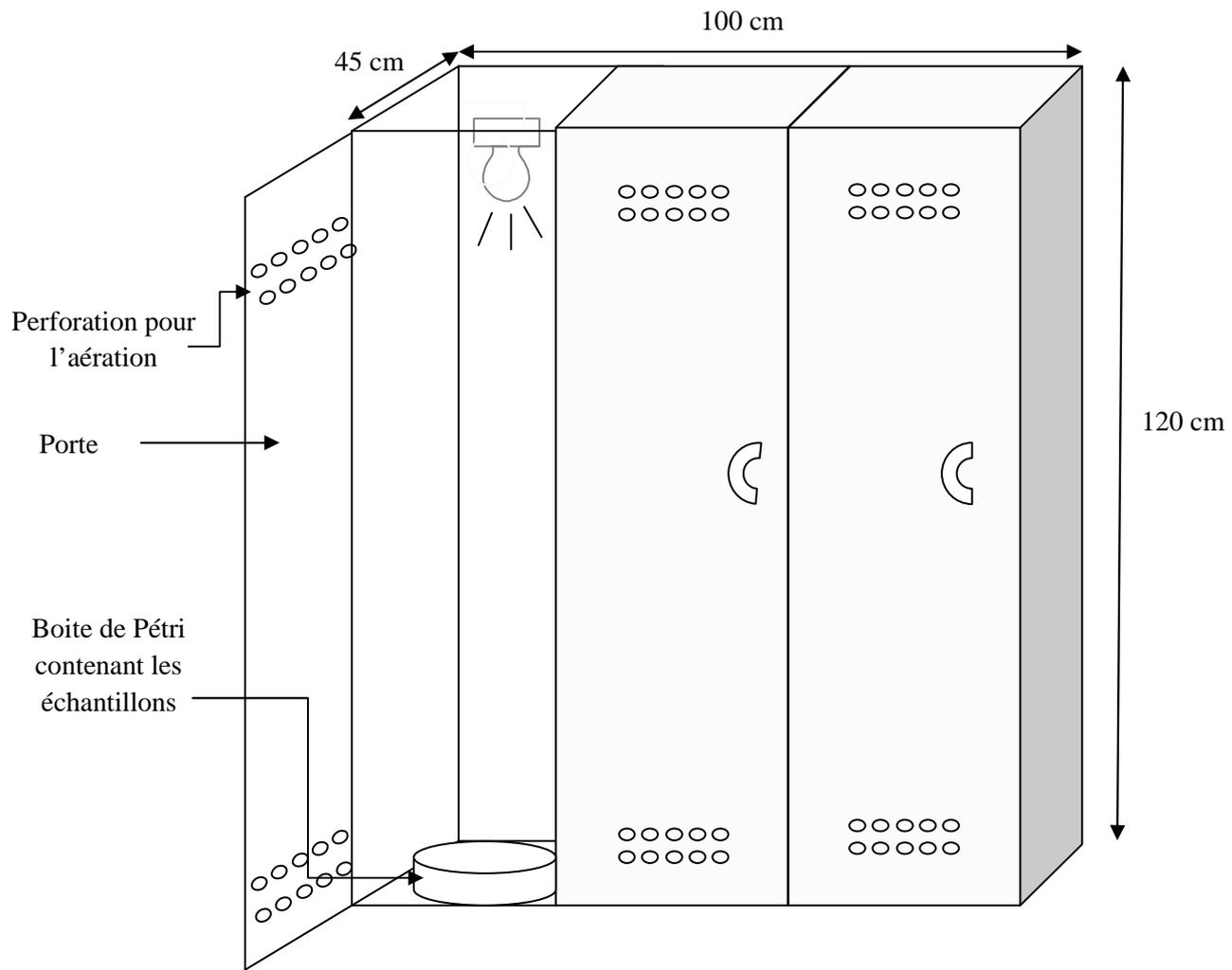


Figure 10: Dispositif en bois pour contrôler la lumière.

I-2- Matériel végétal :

I-2-1- La récolte du pollen :

C'est une opération qui consiste à cueillir les inflorescences mâles au moment de leur maturité. On estime généralement que les spathes mâles sont bonnes à prélever lorsque, comprimée entre les doigts, elles font entendre un crissement « bruit » caractéristique.

I-2-2- Choix des espèces :

Pour cette étude, le choix des espèces s'est basé sur deux critères, l'un sur le type du pollen « entomophile ou anémophile », l'autre critère sur la famille dont on a choisi deux espèces appartenant à la même famille botanique.

Pour avoir une quantité suffisante de grains de pollen, on a choisi des espèces plus abondantes, avec des fleurs plus simples, à grand anthère facile à récolter pour les espèces entomophiles. Concernant les anémophiles, le choix est basé essentiellement sur l'espèce qui renferme plus de quantité avec une récolte plus rapide et un pollen plus net et plus pure.



Pollen : *Pinus halepensis*



Anthère : *Tulipa sylvestris*



Anthère : *Gagea foliosa*

I-2-3- Présentation des espèces étudiées :

- 1- *Gagea foliosa* : C'est une plante vivace herbacée monocotylédone (QUEZEL P. et SANTA S., 1962 et COLLIN F., 2007)

Tableau 1 : Discription de l'espèce *Gagea foliosa* :

Famille	<u>Liliacées</u>	Nom latin : <i>Gagea foliosa</i> Nom commun : Gagée très feuillue
Genre	<u>Gagea</u>	
Couleur	jaune	
Floraison	de Février à Mai	
		
3-1- Description botanique de <i>Gagea foliosa</i>: <ul style="list-style-type: none">- Petites plantes bulbeuses ;- Tige de 10-25 cm feuillée avec un nombre variable de feuilles ;- Feuilles basales linéaires ou linéaires-lancéolées (2-5 mm de diam). Feuilles caulinaires à base fortement élargie ;- Fleurs jaunes de 10-13 mm de long à tépales 3-6 nervés. Anthères ellipsoïdes. Style dépassant les étamines. six étamines. Ovaire à 3 loges pluri-ovulées.		
3-2- Écologie: forêts, broussailles, pâturages et steppes, Montagnes de Tell.		

4- *Tulipa sylvestris* : C'est une plante vivace, a une très jolie allure (QUEZEL P. et SANTA S., 1962, LIESER L. et TETU J., 2004, PESSOTTO L., 2009 et BERGER G., 2010)

Tableau 2 : Discription de l'espèce *Tulipa sylvestris* :

Famille	<u>Liliacées</u>	<p>Nom latin : <i>Tulipa sylvestris</i>.</p> <p>Nom commun : Tulipe de bois, sauvage, Bou zouzou, Nefed, Nouar el Azra, El Azoul.</p> 
Genre	<u>Tulipa</u>	
Couleur	jaune	
Floraison	Mars -Avril	
Altitudes	0 à 2000 mètres	
Sexualité :	Hermaphrodite	
Pollinisation :	Entomogame, autogame	
<p>4-1- Description botanique</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plante bulbeuse ; - Tige de 15 cm - 30 cm, assez fin, dressé ; - Feuilles demeurent habituellement au sol, environ 25cm ; - Fleur solitaire odorante de couleur jaune, Souvent penché, son bouton floral se redresse entièrement lors de l'épanouissement, atteignant 6 cm, six étamines à filet jaune, poilu à la base. <p>4-2- Écologie et habitats : Forêts ; pâturages, cultures, rochers (surtout en montagne).</p>		

5- *Pinus halepensis* Mill : C'est un arbre appartient au résineux (BATTANDIER et TRABUT, 1902, QUEZEL P. et SANTA S., 1962, QUEZEL, 2000 in BENTOUATI A., 2006, PENSA E., 2007, **BERGER G., 2008** et LANDOUER P-Y, 2010)

Tableau 3 : Discription de l'espèce *Pinus halepensis* Mill :

Famille	Pinacées	<p>Nom latin : <i>Pinus halepensis</i> Mill</p> <p>Nom commun : Pin d'Alep, ar. Snouber, kab. Azoumbei, berb. Taïda</p> 
Genre	Pinus	
Couleur	Pollen Jaune inflorescence orange	
Floraison	Mars à Mai	
Altitudes	0 à + de 2000 mètres	
Sexualité :	Espèce monoïque	
Pollinisation :	Anémogame	

5-1- Description botanique:

- Arbre monoïque conifère à feuillage persistant de 5 à 20 mètres de hauteur;
- **Port et tronc** : les Pins dressent un fût élancé, qui supporte un houppier large et étagé;
- feuilles d'un vert clair, ne dépassant pas 9 cm de long, souples. Jeunes rameaux d'un vert glauque;
- **Fleurs** : Les inflorescences sont des chatons, le mâle situé en bout de rameau là où le vent a le plus d'action pour disséminer le pollen. L'inflorescence femelle est en retrait, plus discrète;
- cône solitaire, conique, aigu, petit, sur un pédoncule épais, réfléchi et persistant longtemps;
- graine petite, cinq fois plus petite que l'aile qui est arrondie au sommet.

5-2- Ecologie et habitats : forêts, très commun dans toute l'Algérie, sauf dans le Tell constantinois surtout région montagneuse inférieure.

IV- **Méthodes** : Pour cette étude, on a adopté le protocole expérimental suivant (Fig 11):

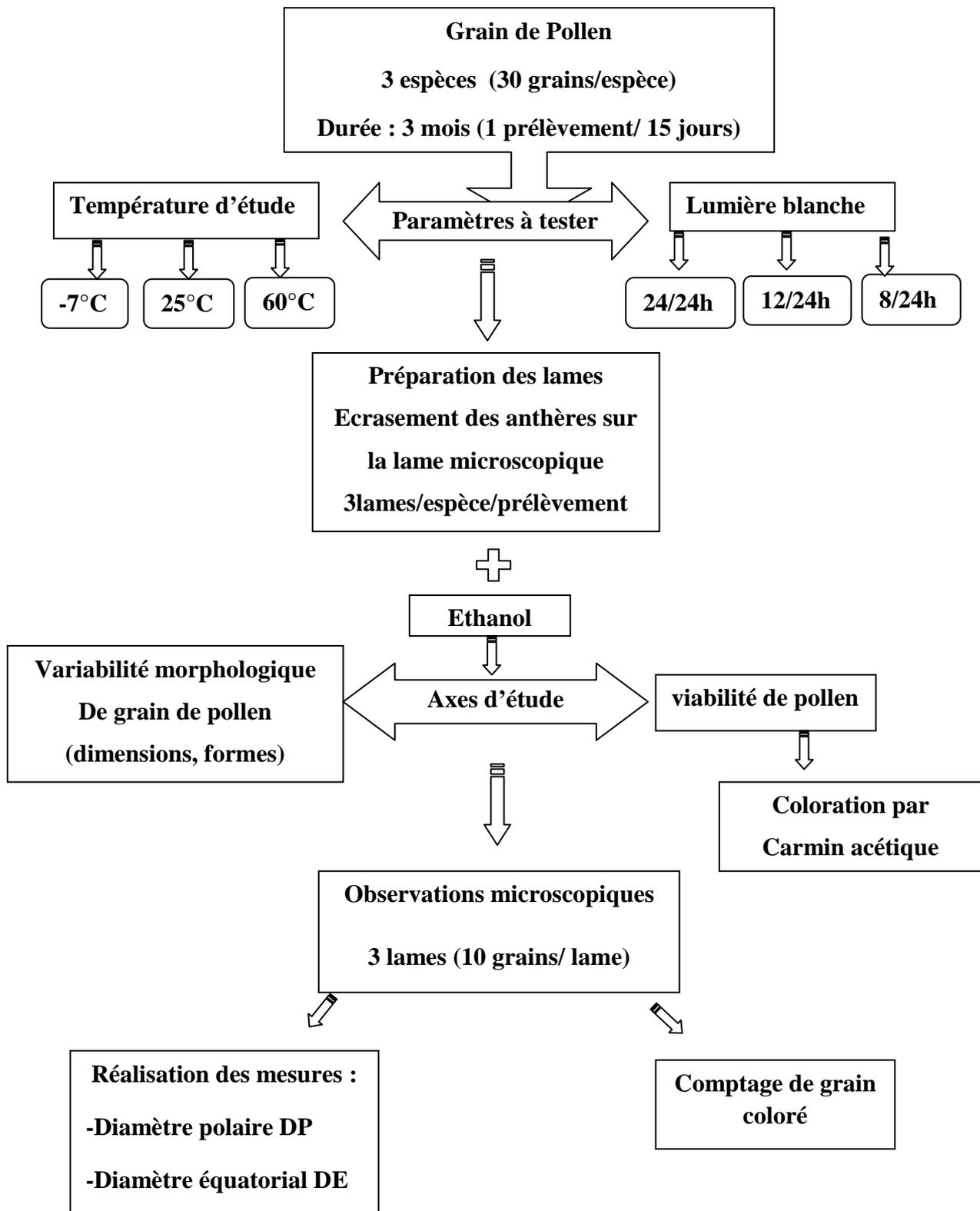


Figure 11 : Schéma du protocole expérimental adopté.

Les données recueillies sont analysées à l'aide d'un logiciel statistique 6.0, dont on a fait de l'ANOVA et des tests de corrélations pour pouvoir interpréter et discuter nos résultats.

II-1- Etude Biométrique:

II-1-1- Préparation des observations microscopiques

Il existe plusieurs méthodes de préparations des grains de pollen afin de les observer en microscopie photonique et microscopie électronique.

Pour effectuer nos observations microscopiques, on a fait appel à une méthode simple et rapide qui n'utilise que l'éthanol pour assurer la pureté de nos pollen sur la lame.

II-1-1-1- Prise de photos

En raison de leur petite taille, l'examen des grains de pollen nécessite l'utilisation de la microphotographie : Les mesures de la taille ont été faites à l'aide d'un microscope Motic Images plus 2.0.

II-1-1-2- Les mesures des dimensions :

Pour chacune des 3 espèces étudiées, les longueurs des axes polaires et les largeurs équatoriales ont été mesurées pour 30 grains de pollen

Pour montrer les variations dimensionnelles des grains de pollen « DP, DE » et tester l'efficacité de la période totale de l'expérience « 14 Semaines », les durées de l'exposition à la lumière, et les degrés de température, sur le changement de la forme des grains de pollen de nos espèces déjà choisis. On a procédé un prélèvement chaque 15 jours en utilisant un microscope spécifique.



Figure 12: Photographie du pollen de l'espèce *Gagea foliosa*, les prises des mesures des deux Diamètres « Polaire et Equatorial ».

II-2- Test de viabilité :

Dans un but écologique, il est indispensable de connaître le taux de viabilité des grains de pollen surtout à des fins de conservation ou de germination

Les tests de viabilité indiquent le pourcentage de grains de pollen vivants pour chaque échantillon, car il existe toujours un pourcentage, de grains de pollen mal formés, immatures, avortés...

Ces tests sont fondés sur la coloration chimique des constituants vivants du pollen par des composés tels que le Carmin Acétique, il colore le cytoplasme. Seuls les grains de pollen vivants sont colorés.

Ces tests de colorations, relativement rapides et simples, sont réalisés par observation et comptage direct.

II-2-1- Calcul du taux de viabilité :

Le taux de viabilité est calculé selon la formule suivante:

$$X \% = \frac{N_{ct}}{N_t} \times 100$$

Dont :

N_t : Nombre de grains total ;

N_{ct} : Nombre de grains colorés total ;

$X \%$: Taux de viabilité.

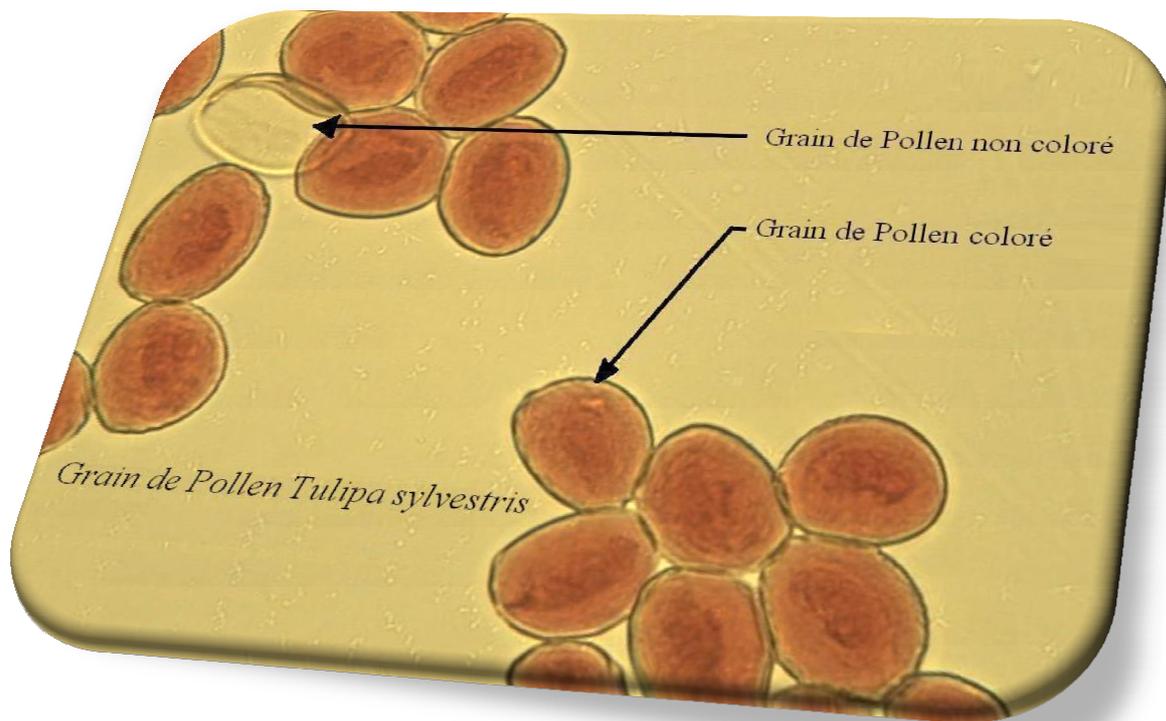


Figure 13: Photographie du test de viabilité par le carmin acétique des grains de pollen de l'espèce *Tulipa sylvestris* « vivants= coloré en rouge »

Partie III: Résultats et Discussion

III- Etude de la morphologie des grains de pollen « étude biométrique »

La description d'un grain de pollen fait appel à son orientation dans la tétrade car sont définis un pôle proximal et un pôle distal. Ces deux pôles permettent de matérialiser un axe polaire « P » et axe équatorial « E » (LEROYER CH. et ALLENET G., 2004).

Les observations microphotographiques des grains de pollen des espèces *Pinus halepensis*, *Gagea foliosa* et *Tulipa sylvestris*, poursuivies par les mesures des deux diamètres « Polaires et Equatoriaux », donnent plusieurs données, dont on va les présenter, les interpréter puis les discuter espèce par espèce.

1-3- Effet de la lumière sur le diamètre polaire DP :

L'alternance du jour et de la nuit, de la lumière et de l'obscurité influence certains phénomènes biologiques. La dormance estivale des bourgeons, la chute des feuilles, la formation des bulbes et des tubercules. Le photopériodisme a été particulièrement étudié à propos de la floraison des végétaux (DE PARCEVAUX S. et HUBER L., 2007)

Cette expérimentation vise à extraire l'effet du photopériodisme artificiel sur les dimensions des grains de pollen des espèces étudiées.

Les résultats obtenus des mesures de DP de 30 grains de pollen sous le contrôle de la lumière pour les trois espèces étudiées, suivi par l'analyse de la variance, sont résumés dans le tableau 1 et Annexe 1:

Tableau 4 : Analyse descriptive et de la variance pour l'effet lumière sur le DP des grains de pollen.

	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Gagea foliosa</i>	<i>Tulipa sylvestris</i>
Moy Totale (μ)	55,502	45,702	40,341
E-type	8,274	2,584	1,773
P « lumière »	0.306	0.386	0.001

Comme le montre le tableau 4, La moyenne la plus élevée de DP pour les trois espèces est représentée par l'espèce *Pinus halepensis* « 55,502 μ et E-type : 8,274 ». Les différences de valeurs obtenues entre les deux espèces appartenant à la même famille botanique « Liliacées » sont négligeable par rapport à celles trouvées entre les deux familles « Liliacées, Pinacées ». Selon LEZINE A-M. (2008) le grain de pollen des plantes à pollinisation entomophiles c'est généralement plus gros et produit en faible quantité contrairement au pollen anémophile dont les grains sont de petite taille. Ce qu'est pas présenté par les résultats obtenus des espèces « anémophile et entomophiles » étudiées.

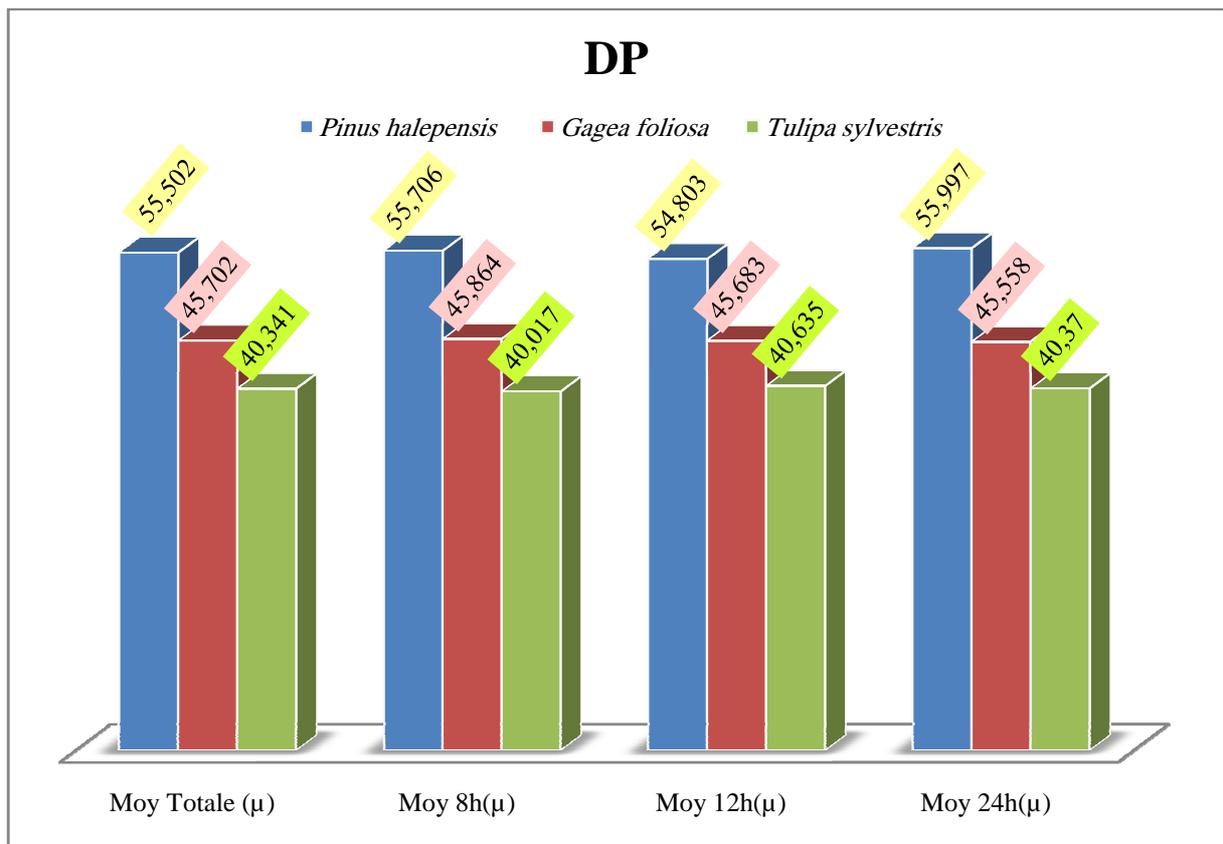


Figure 14 : Présentation des moyennes de DP des grains de pollen sous l'effet de la lumière.

Selon la figure 14, qui présente les moyennes de DP des grains de pollen sous l'effet de la lumière, on peut conclure que l'espèce *Pinus halepensis* enregistre la grande moyenne sous la durée d'exposition à la lumière « 24h », avec 55.997 μ et E-type = 8,402, puisque cette espèce fait partie des conifères qui sont des espèces dites de lumière, elle exige beaucoup plus de lumière. Les deux autres espèces sont peu exigeantes à la lumière et enregistrent leurs meilleures moyennes à la durée d'exposition à la lumière «12h et 8h ».



Figure 15 : Photographie des grains de pollen de l'espèce *Gagea foliosa* GrX40.

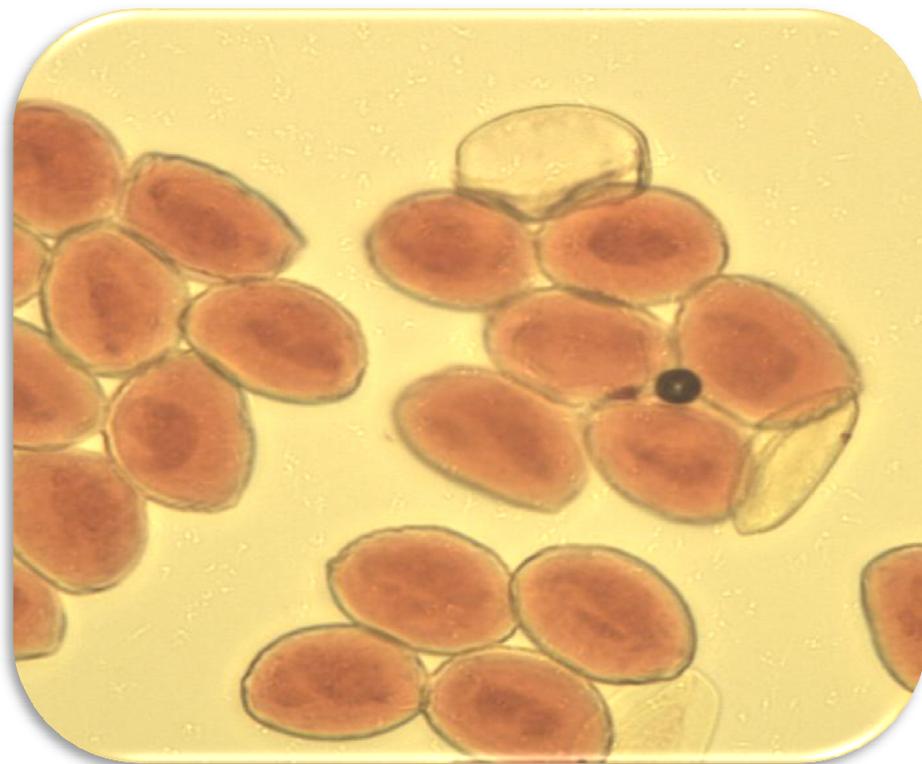


Figure 16 : Photographie des grains de pollen de l'espèce *Tulipa sylvestris* GrX40.

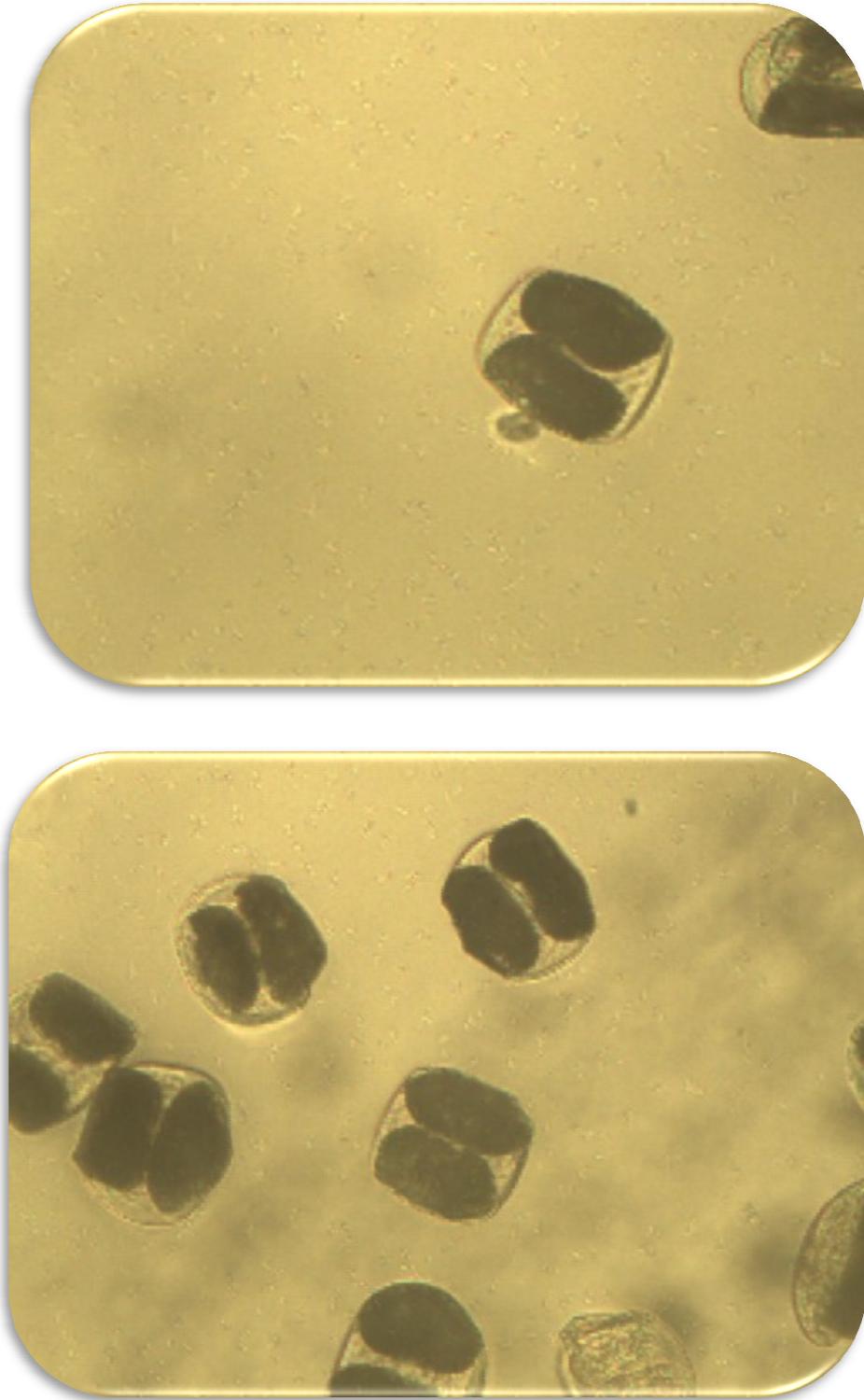


Figure 17 : Photographie des grains de pollen de l'espèce *Pinus halepensis* GrX40.

- **Variabilité du diamètre intra spécifique (L'analyse statistique) :**

D'après l'analyse de la variance (Tableau 4), la variation d'exposition des grains de pollen à la lumière, n'affecte pas le changement du DP à l'exception de l'espèce *Tulipa sylvestris*, qui montre une différence hautement significative avec les moyennes suivantes : la durée d'exposition à la lumière «24h » = 40,370 μ et E-type : 1,660, la durée d'exposition à la lumière «12h » = 40,635 μ et E-type : 1,968, la durée d'exposition à la lumière « 8h » = 40,017 μ et E-type : 1,623». Avec l'existence de deux groupes homogène distincts, par le test LSD de Fisher à un risque $\alpha=0.05$ (fig18 et Annexe 1):

- Durée d'exposition à la lumière «8h » ;
- Durée d'exposition à la lumière «12h, 24h ».

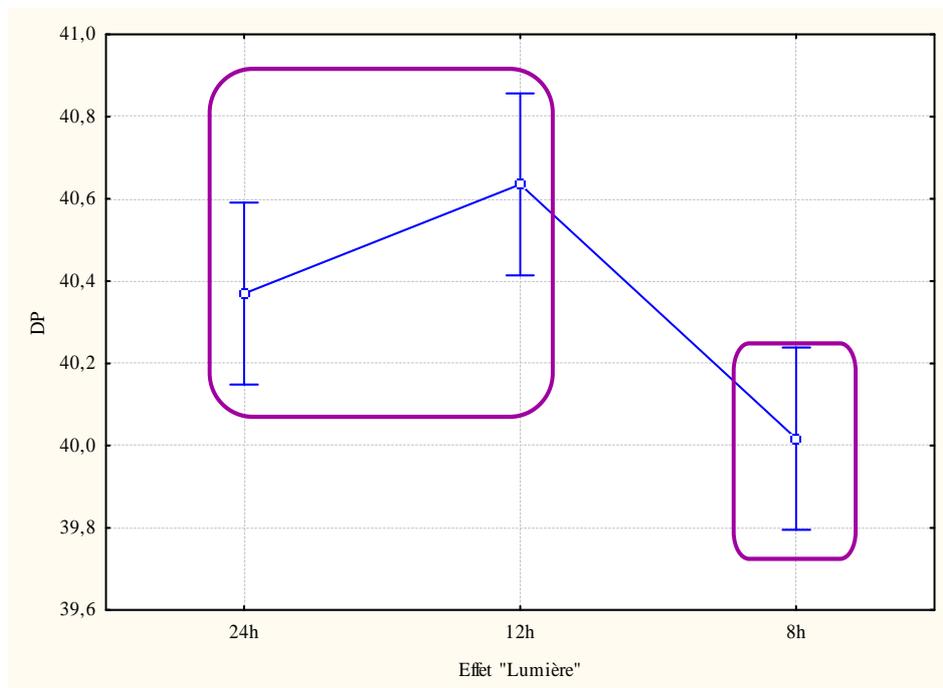


Figure 18 : Comparaison des moyennes de DP des grains de pollen de l'espèce *Tulipa sylvestris* sous l'effet de la lumière.

1-4- Effet de la lumière sur le diamètre équatorial DE :

Les observations faites sur les DE des 30 grains de pollen pour chaque espèce étudiée, montrent le même classement enregistré pour les moyennes de DP, avec la grande moyenne pour *Pinus halepensis* « 45,994 μ et E-type : 3,935 » et la plus faible pour l'espèce *Tulipa sylvestris* avec « 31,872 μ et E-type : 1,757 » (tableau 5).

Tableau 5 : Analyse descriptive et de la variance pour l'effet lumière sur le DE des grains de pollen.

	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Gagea foliosa</i>	<i>Tulipa sylvestris</i>
Moy Totale (μ)	45,994	36,247	31,872
E-type moy totale	3,935	2,273	1,757
P « lumière »	0.508	0.195	0.155

La figure 19, des moyennes de DE des grains de pollen sous l'effet de la lumière, donne une idée sur la variation des valeurs de DE en fonction des durées d'exposition à la lumière, dont on observe :

Les meilleures valeurs obtenus sont enregistrées à la durée d'exposition 24h pour l'espèce *Tulipa sylvestris* et *Pinus halepensis*. L'espèce *Gagea foliosa* s'exprime à la durée d'exposition 12h avec une moyenne de 36.465 μ et E-type=2,420.

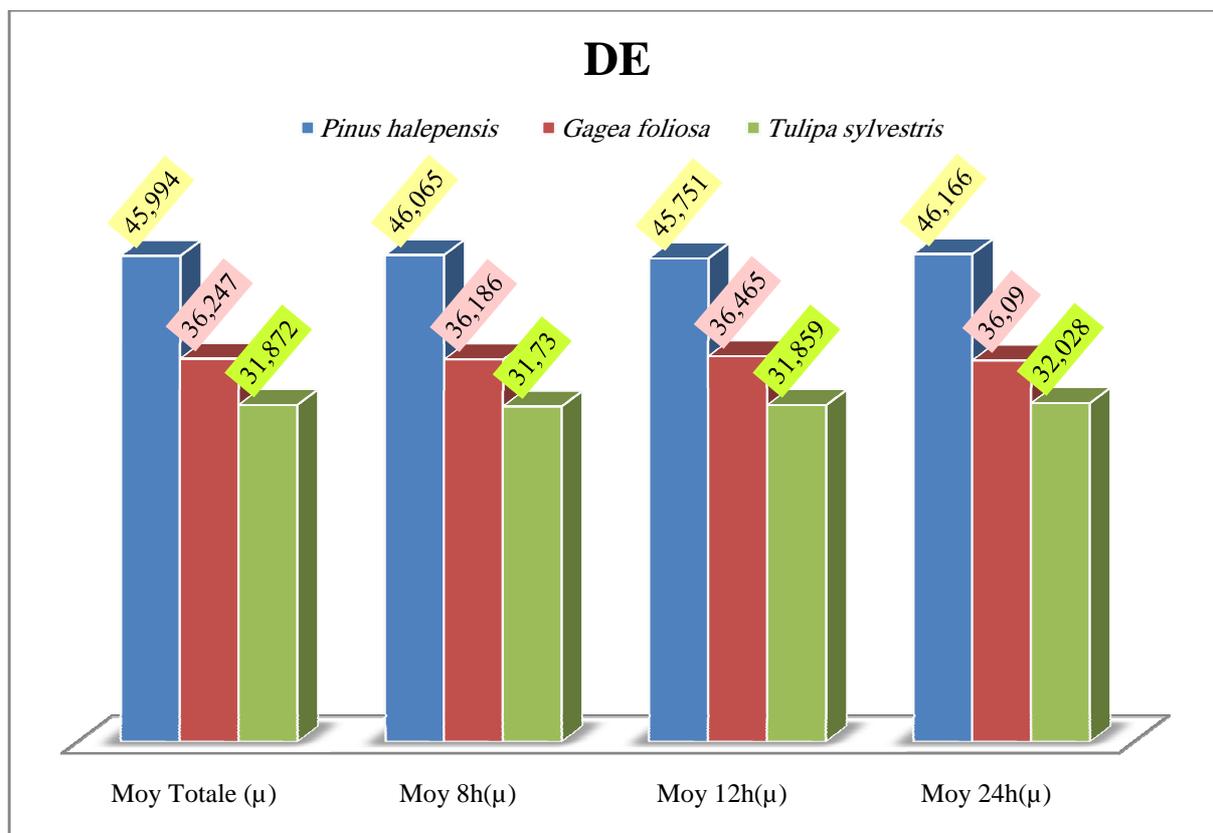


Figure 19 : Présentation des moyennes de DE des grains de pollen sous l'effet de la lumière.

- **Variabilité du diamètre intra spécifique (L'analyse statistique) :**

D'après les résultats biométriques obtenus et après l'analyse statistique, on constate que la variation de la lumière n'a aucun effet sur le changement de DE des grains de pollen des trois espèces étudiées (tableau 5).

Certe, la lumière est indispensable aux plantes, pour assurer le jeu de leur nutrition et de leur assimilation chlorophyllienne, de plus elle favorise la fructification (Boudy p., 1952)

Mais d'après l'analyse descriptive et l'analyse de la variance de l'effet lumière sur les trois espèces étudiées, on a conclu que la lumière n'influe pas la variation des dimensions des grains de pollen à l'exception du résultat très hautement significative de DP de l'espèce *Tulipa sylvestris*.

2-1- Effet de la température sur le diamètre polaire DP :

Pour voir l'effet de la température sur les changements dimensionnels des grains de pollen, on a fait le test sur 30 grains/espèce. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 6, l'espèce *Pinus halepensis* garde la meilleure moyenne de DP « 55,448 μ et E-type : 8,300 ».

Tableau 6 : Analyse descriptive et de la variance pour l'effet température sur le DP des grains de pollen.

	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Gagea foliosa</i>	<i>Tulipa sylvestris</i>
Moy Totale (μ)	55,448	45,892	40,286
E-type moy totale	8,300	2,780	2,053
P « Température »	0.041	0.002	0.000

La figure ci-dessous, présente les moyennes de DP en fonction des trois degrés de température. Elle montre le degré le plus convenable pour chaque espèce pour donner ces meilleures valeurs, dont :

L'espèce *Tulipa sylvestris*, enregistre sa meilleure moyenne à « 25°C » avec une moyenne de 40.65 μ et E-type= 2,347.

À « -7°C » s'exprime mieux, l'espèce *Pinus halepensis* avec 56.263 μ et E-type= 8,602 et *Gagea foliosa* avec 46.167 μ et E-type= 2,325.

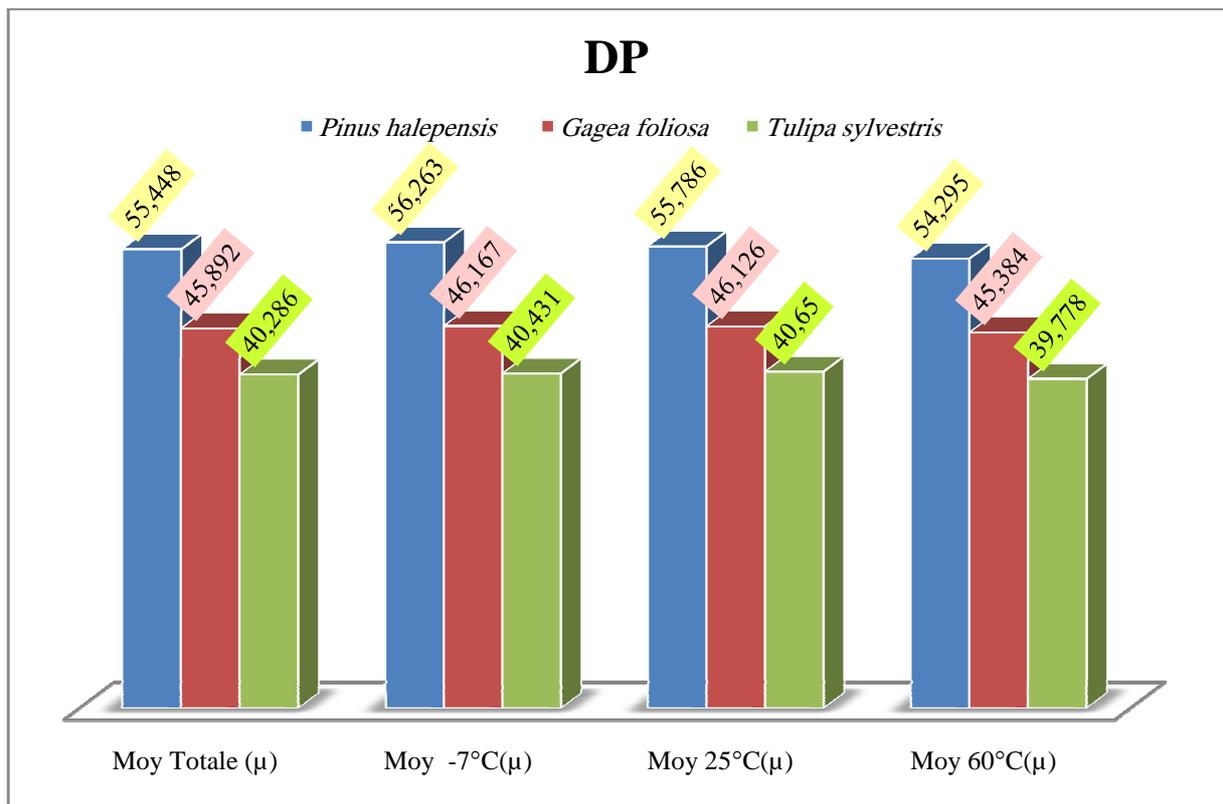


Figure 20 : Présentation des moyennes de DP des grains de pollen sous l'effet de la température.

- **Variabilité du diamètre intra spécifique (L'analyse statistique) :**

L'analyse de la variance présentée sur le tableau4, affirme l'influence de la variation de la température sur le DP. Elle révèle une différence de significative vers hautement significative. Pour les comparaisons des moyennes, par le test LSD de Fisher à un risque $\alpha = 0.05$, les deux espèces de la même famille «*Gagea foliosa*, *Tulipa sylvestris*», ayant les mêmes résultats concernant la comparaison des moyennes, deux groupes hétérogènes distincts, par le test LSD de Fisher à un risque $\alpha = 0.05$ (Fig : 21-22 et Annexes 2 et 3):

- T°C : 25°C et -7°C ;
- T°C : 60°C.

L'espèce *Pinus halepensis* a deux groupes hétérogènes distincts et un seul groupe intermédiaire, par le test LSD de Fisher à un risque $\alpha=0.05$ (Fig 23et annexe 4):

- 60°C;
- -7°C.

Et un groupe intermédiaire : 25°C.

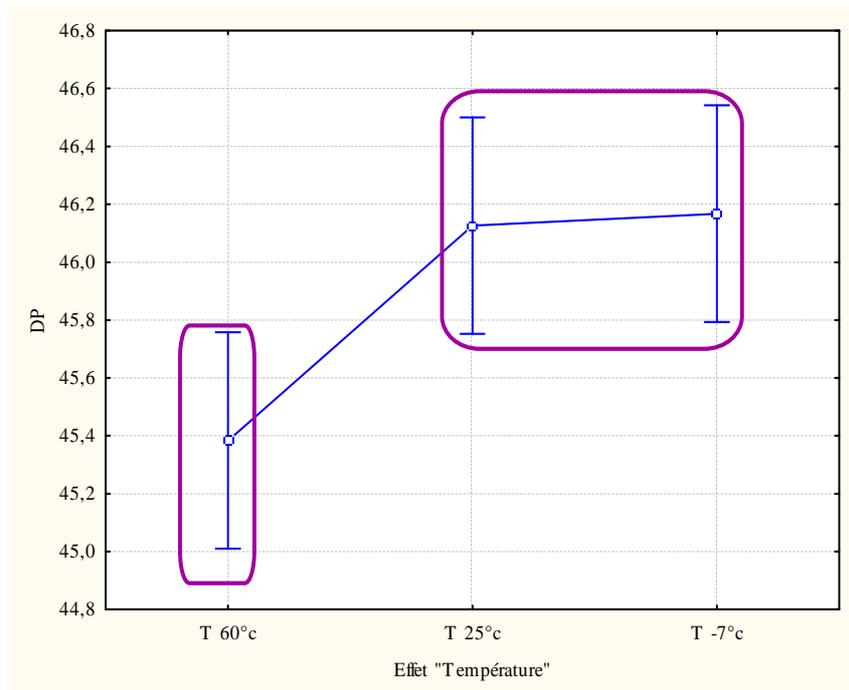


Figure 21: Comparaison des moyennes de DP des grains de pollen de l'espèce *Gagea foliosa* sous l'effet de la température.

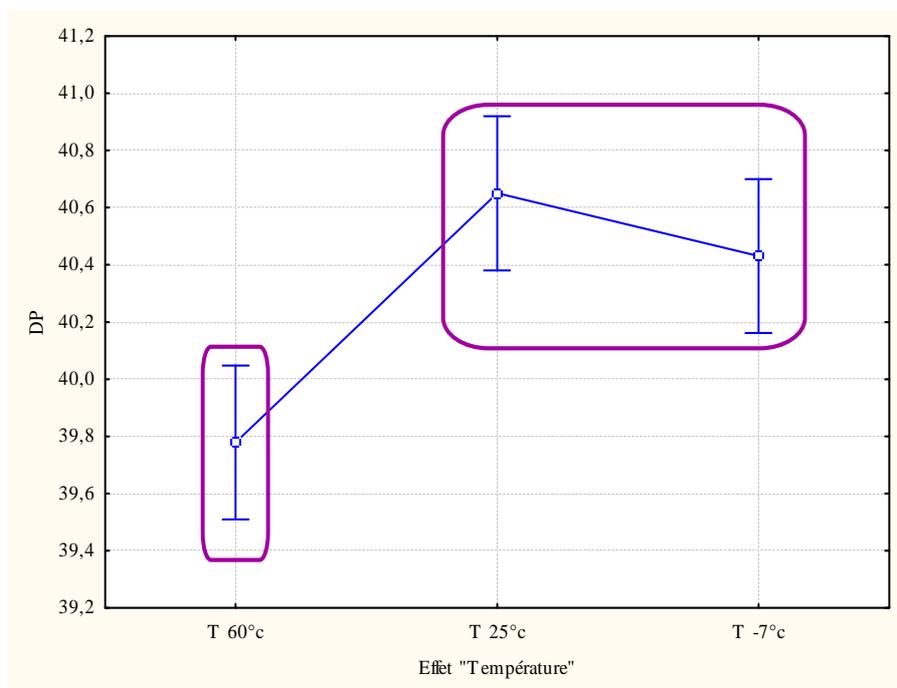


Figure 22 : Comparaison des moyennes de DP des grains de pollen de l'espèce *Tulipa sylvestris* sous l'effet de la température.

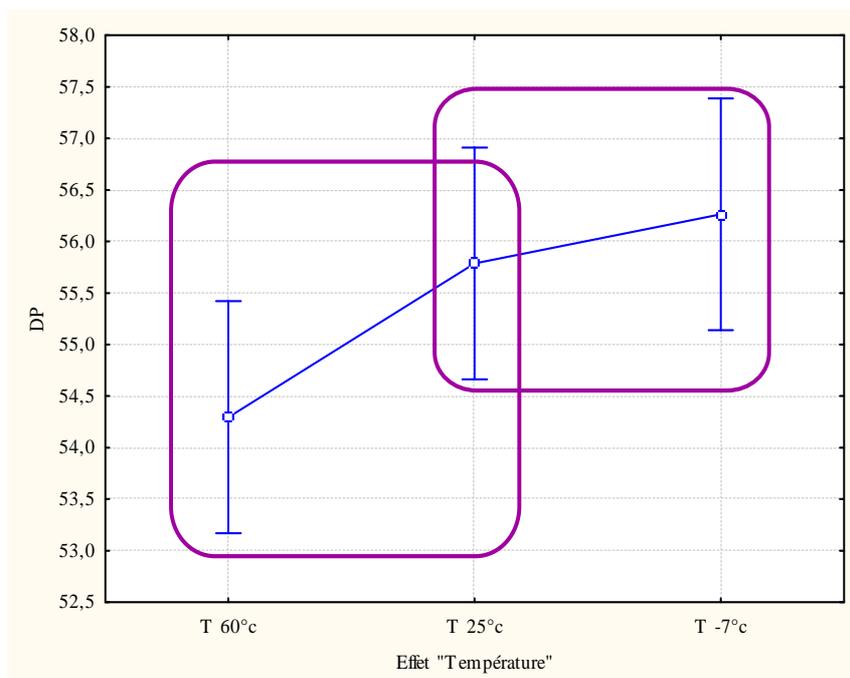


Figure 23 : Comparaison des moyennes de DP des grains de pollen de l'espèce *Pinus halepensis* sous l'effet de la température.

2-2- Effet de la température sur le diamètre équatorial DE :

Le tableau 7, présente les résultats obtenus pour le DE, l'espèce *Tulipa sylvestris* a les faibles moyennes avec «32,574 µ avec E-Type : 2,032 ».

Sous le même objectif, voir l'effet de la variation de la température sur les dimensions du pollen. La figure 24, fait apparaitre que le degré 60°C s'accommode mieux avec les espèces de la famille des Liliacées, dont elles ont enregistré leurs meilleurs moyennes. Par contre à l'espèce anémophile qui a marqué sa faible moyenne à 60°C.

Tableau 7 : Analyse descriptive et de la variance pour l'effet température sur le DE des grains de pollen.

	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Gagea foliosa</i>	<i>Tulipa sylvestris</i>
Moy Totale (µ)	46,360	36,239	32,574
E-type moy totale	4,017	2,546	2,032
P « Température »	0.000	0.000	0.000

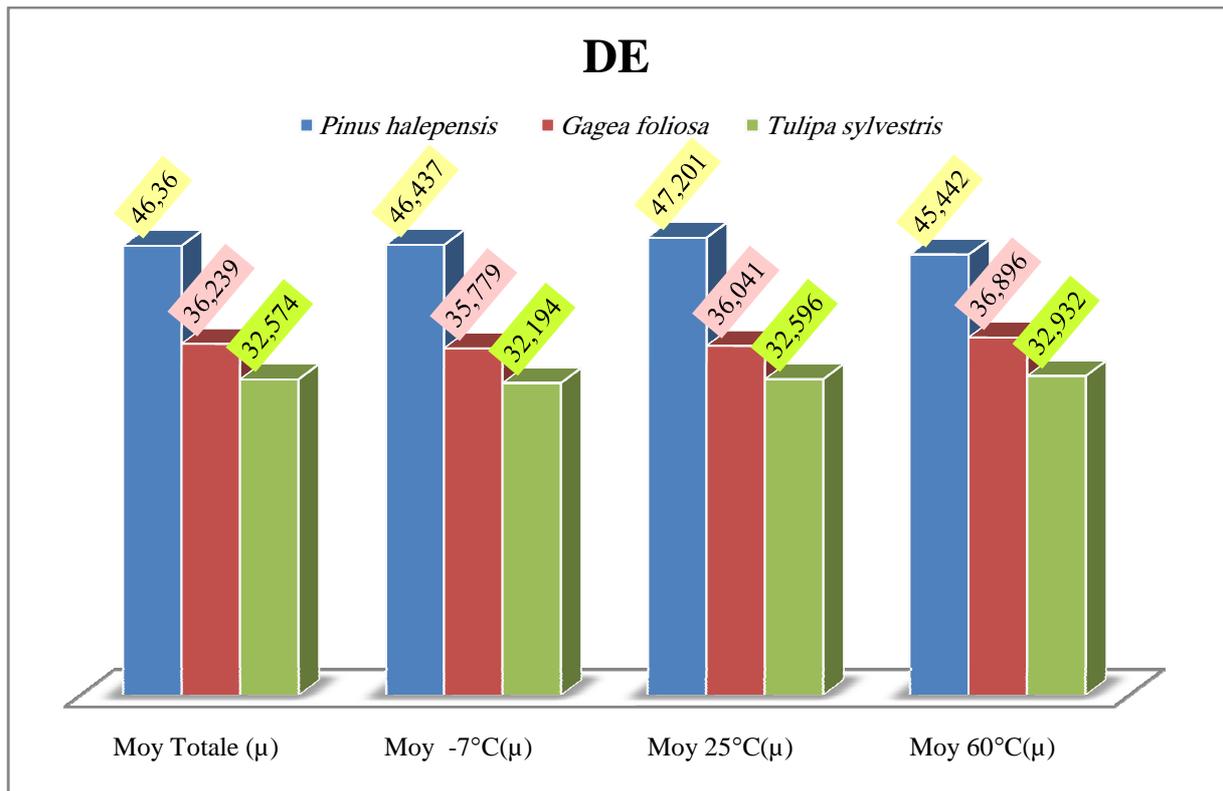


Figure 24 : Présentation des moyennes de DE des grains de pollen sous l'effet de la température.

- **Variabilité du diamètre intra spécifique (L'analyse statistique) :**

L'analyse de la variance confirme l'effet de la variation de la température sur le DE, dont on enregistre l'existence d'une différence hautement significative (Tableau 4). La comparaison des moyennes faite par le test LSD de Fisher à un risque $\alpha=0.05$, montre la présence de trois groupes hétérogènes distincts pour les espèces *Tulipa sylvestris* et *Pinus halepensis*, et la présence de deux groupes hétérogènes distincts pour l'espèce *Gagea foliosa* (Fig : 25, 26 et 27 et Annexes : 5, 6 et 7).

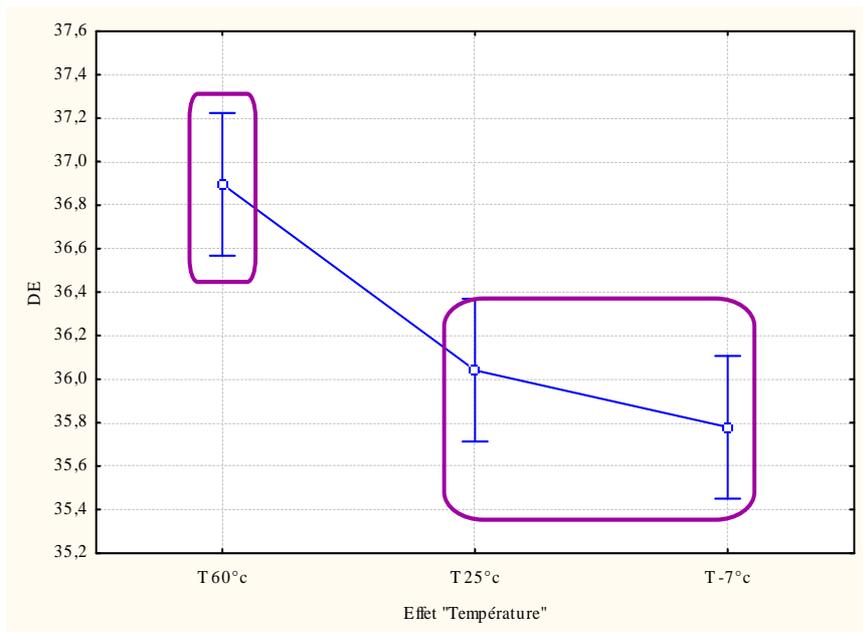


Figure 25 : Comparaison des moyennes de DE des grains de pollen de l'espèce *Gagea foliosa* sous l'effet de la température.

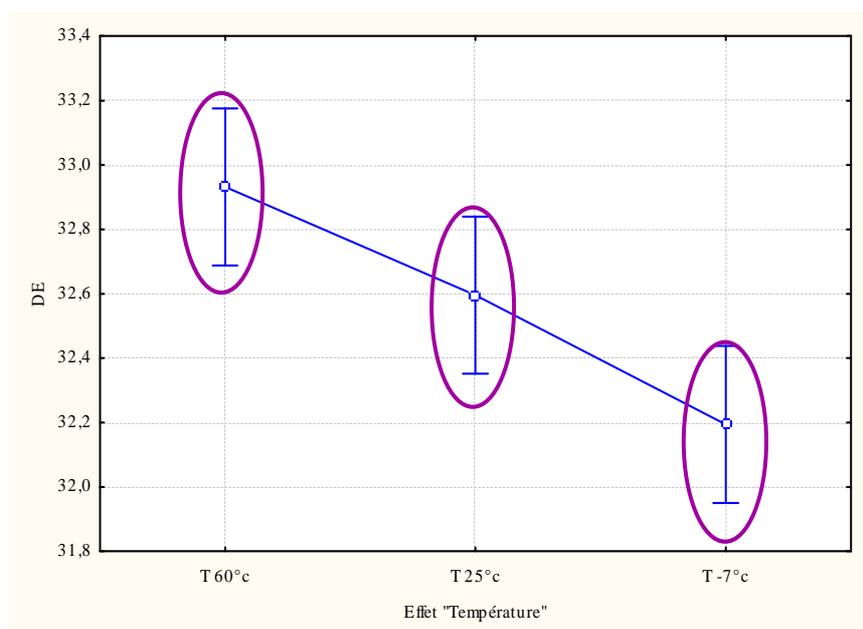


Figure 26 : Comparaison des moyennes de DE des grains de pollen de l'espèce *Tulipa sylvestris* sous l'effet de la température.

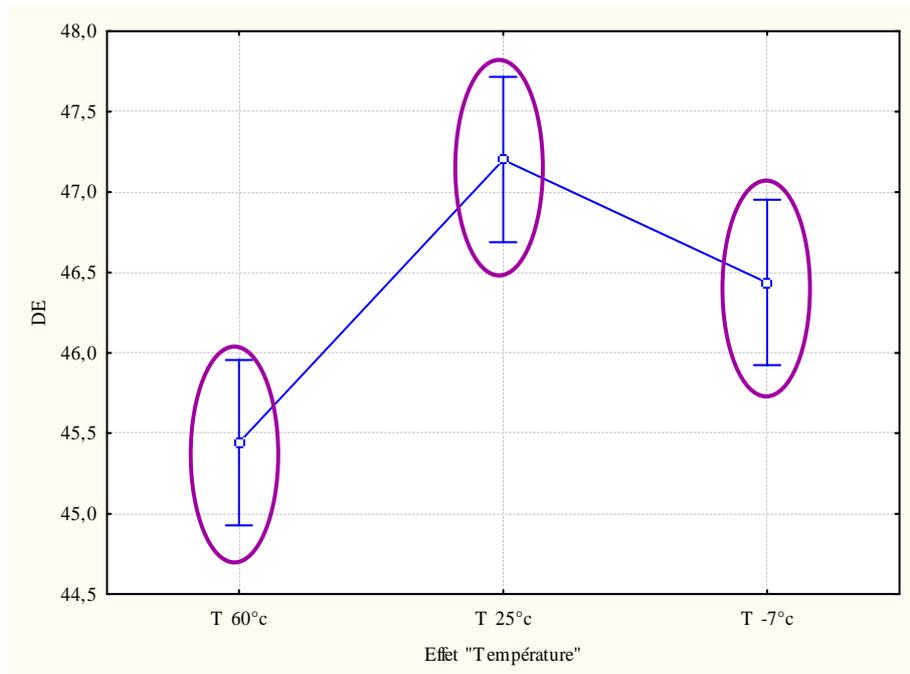


Figure 27 : Comparaison des moyennes de DE des grains de pollen de l'espèce *Pinus halepensis* sous l'effet de la température.

Pour clôturer cette partie, on résume l'analyse descriptive et l'analyse de la variance de l'effet température sur les dimensions des grains de pollen.

La température a un effet de significative vers très hautement significative à risque $\alpha=0.05$, sur les diamètres polaires et équatoriaux des grains de pollen des espèces étudiées avec les faibles mesures enregistrés de DP à « 60°C », contrairement avec les mesures de DE des espèces entomophiles étudiées, dont on a marqué les meilleures moyennes à cette température.

Concernant le comportement de l'espèce *Pinus halepensis* vis-à-vis la variation de la température, il apparaît nettement que cette espèce donne des grandes valeurs biométriques avec la diminution de la température, dont la taille varie de 40 à 80 microns selon les espèces comme le précise YVES L. (2006). BOUDY P.(1952) , déclara que le Pin d'alep peut résister à de faible température jusqu'au -12°C,

5- Etude de la corrélation entre DP et DE :

La netteté de la relation qui existe entre deux séries d'observation est quantifiée par un coefficient dit de corrélation « r ». On a travaillé avec le logiciel STATISTICA 6.

Le coefficient de corrélation est compris entre -1 et +1. Il est en valeur absolue d'autant plus proche de 1 que la liaison entre les deux séries d'observations est linéaire, si « r » est proche de zéro ou nul, les deux variables sont de moins en moins corrélées.

Le signe du coefficient de corrélation indique si la relation entre les deux séries d'observation est croissante ou décroissante.

Pour savoir s'il existe une relation significative entre le diamètre polaire « P » global et le diamètre équatorial « E » global des grains de pollen, on a réalisé des tests de corrélations avec 630 couples pour chaque paramètre contrôlés (Température et Lumière), dont on a enregistré une corrélation positive hautement significative à un seuil $\alpha=0.05$, ce qui implique une relation proportionnelle liant les deux diamètres « P et E » sous l'effet de la lumière comme sous l'effet de la température, avec « $r=0.70/p=0.00$ et $r=0.63/p=0.00$ » successivement (Fig 28).

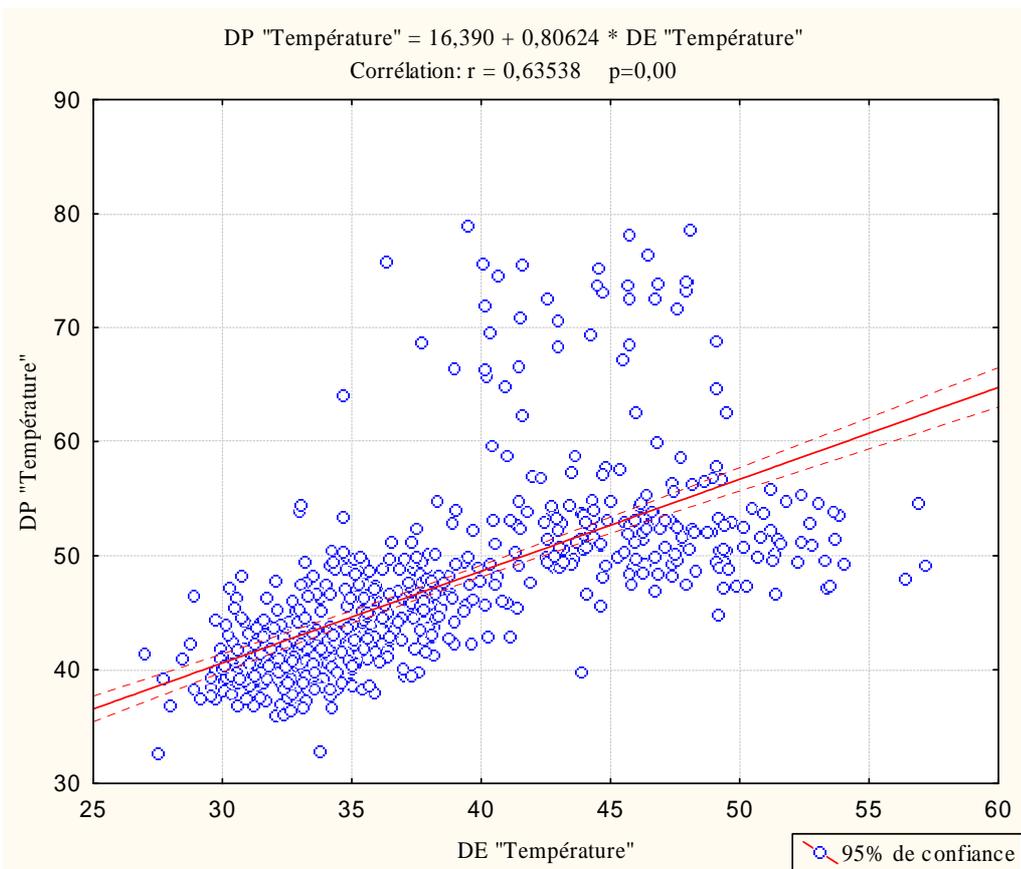
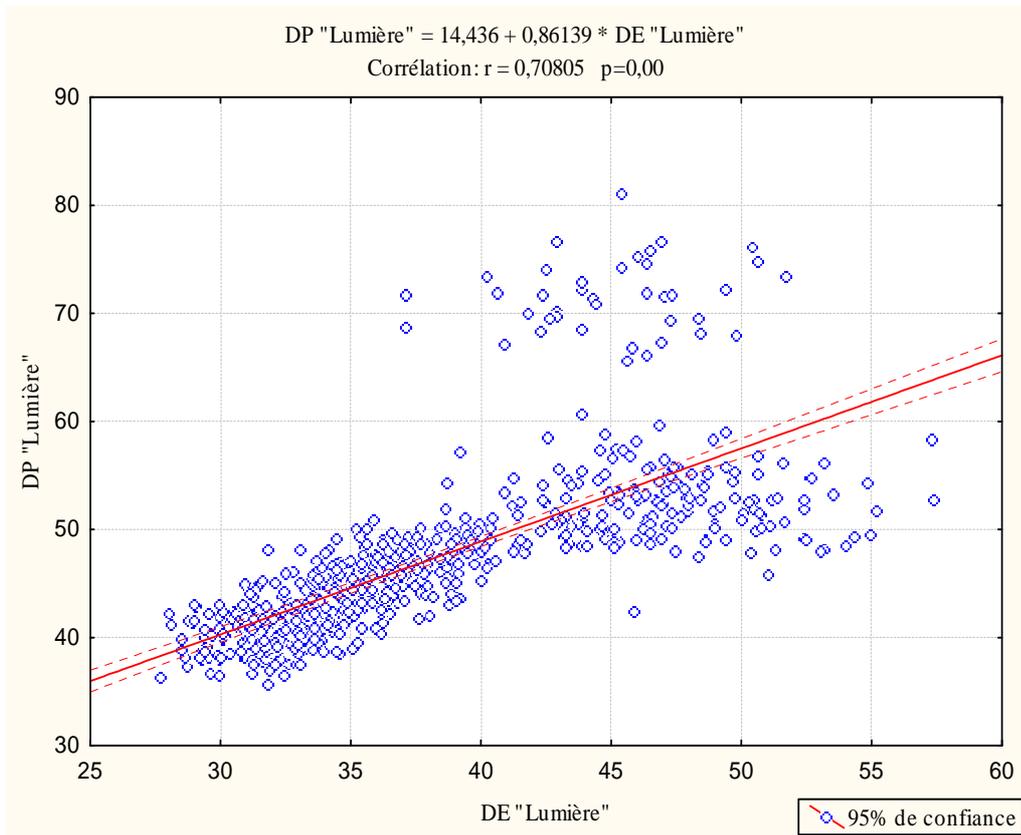


Figure 28 : Corrélation DP/DE.

Savoir la signification de la corrélation entre DP et DE globaux, exige une continuité des analyses plus détaillées pour estimer, vérifier, et confirmer les résultats déjà obtenus. Avec 210 couples pour chaque traitement effectuer sous les deux paramètres « Lumière : 24h, 12h, 8h et Température : 60°C, 25°C, -7°C », une corrélation hautement significative est estimée à un seuil $\alpha=0.05$.

Le DP est corrélé positivement avec le DE sous l'effet des différents traitements « 24h, 12h, 8h » du paramètre lumière, avec « $r=0.75$, $r=0.65$, $r=0.71$ » successivement (Fig 28).

Pour les trois degrés de température « 60°C, 25°C, -7°C », le DP varie proportionnellement avec le DE, avec « $r=0.58$, $r=0.64$, $r=0.70$ » (Fig 30).

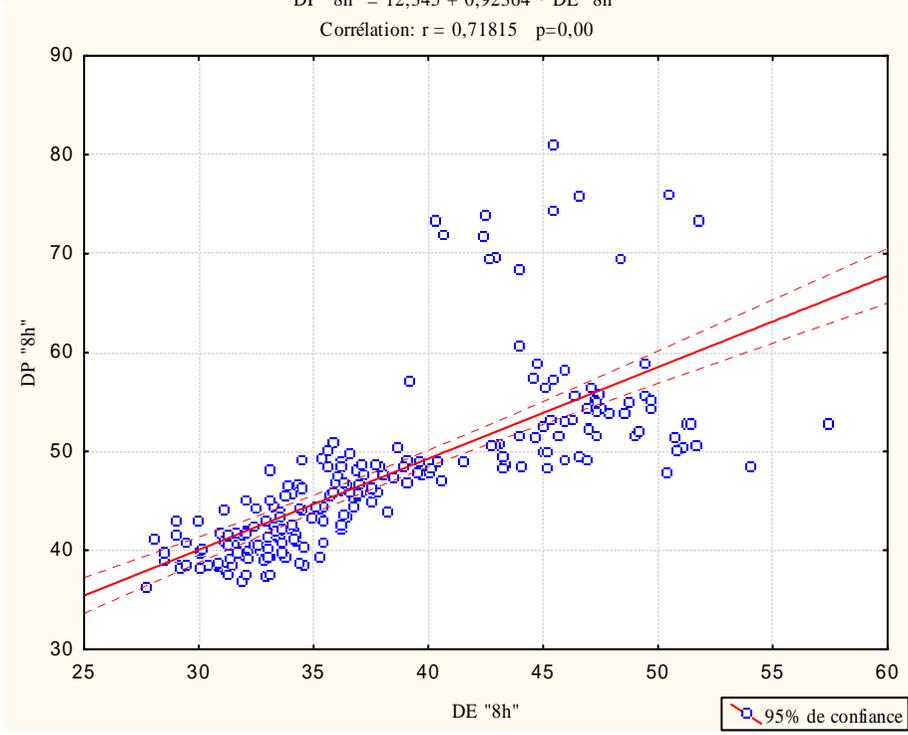
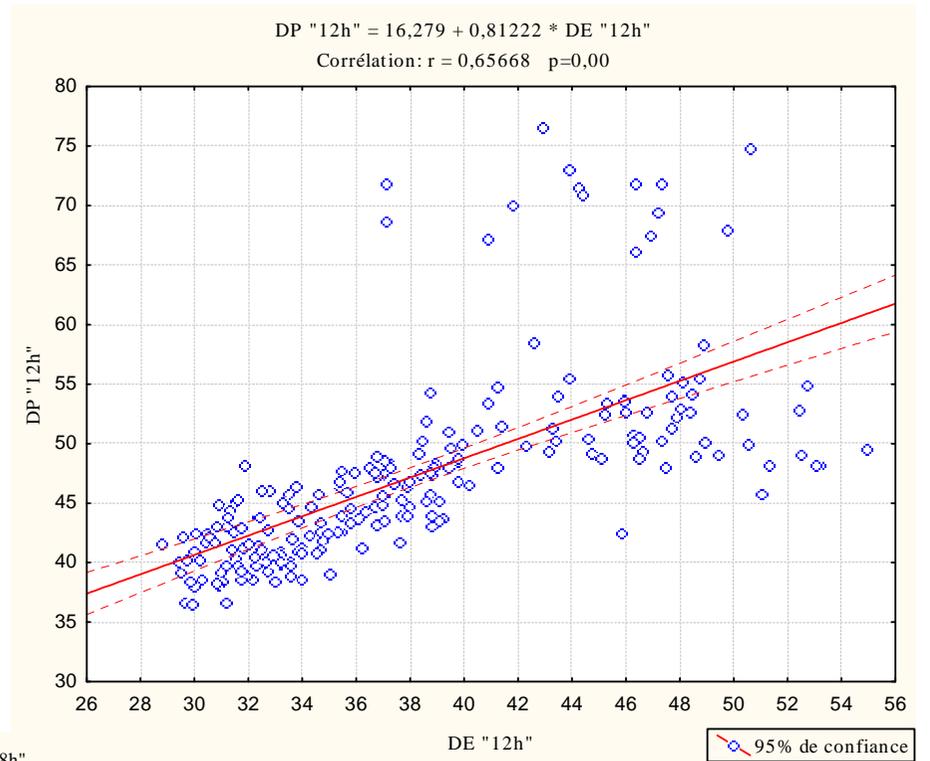
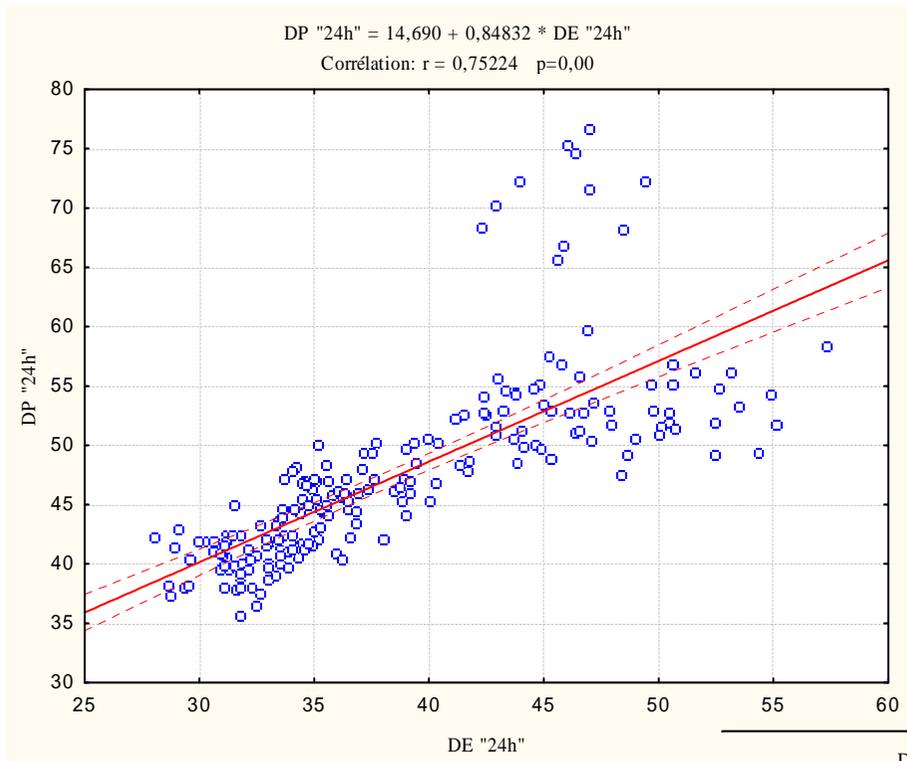


Figure 29 : Corrélation DP/DE effet lumière.

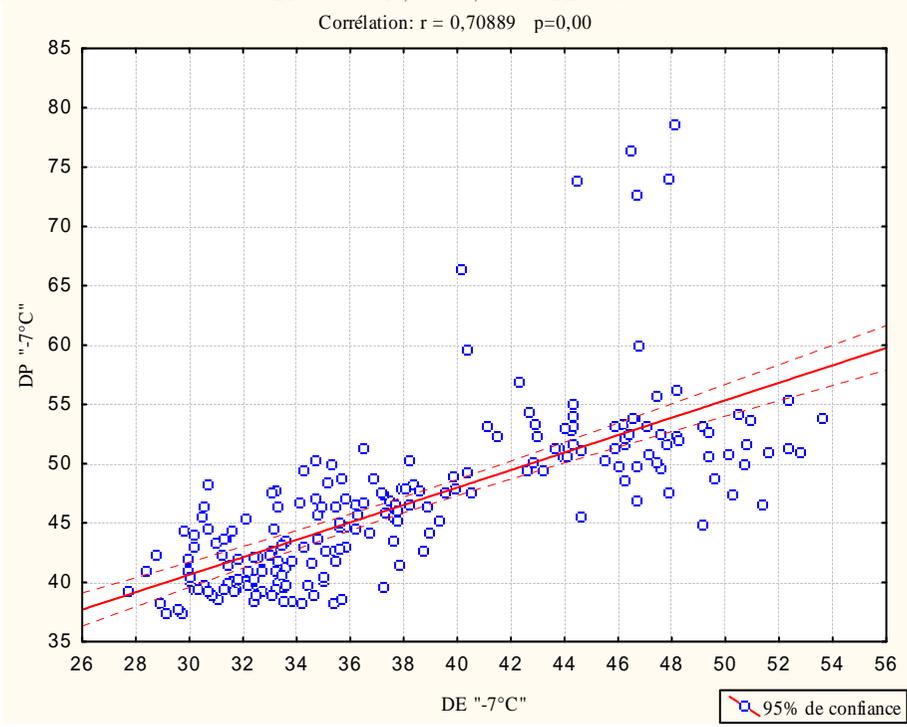
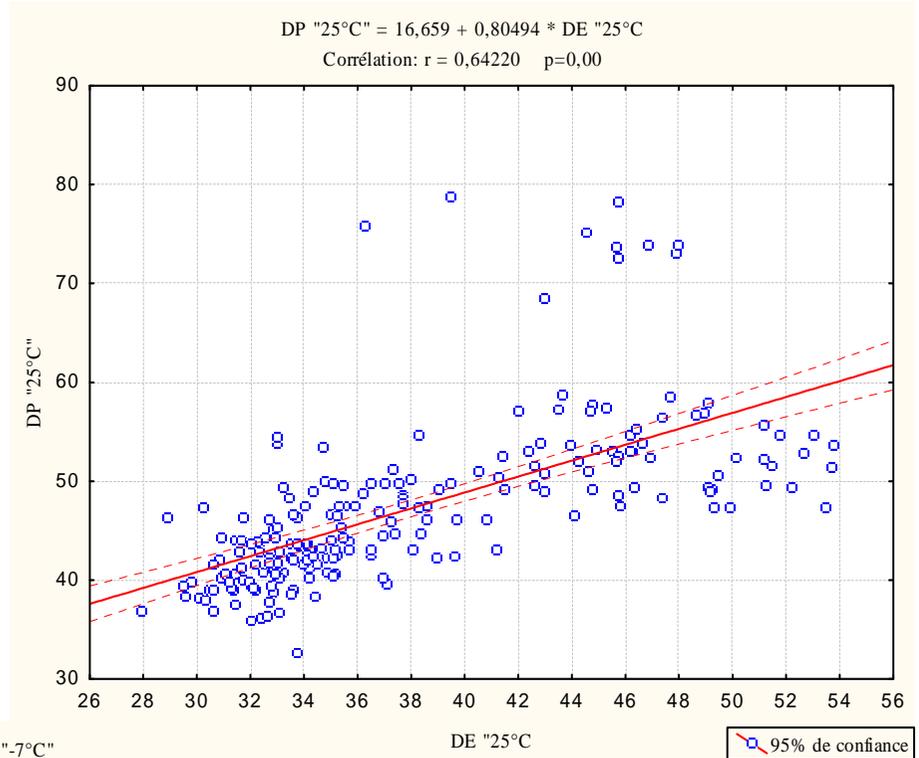
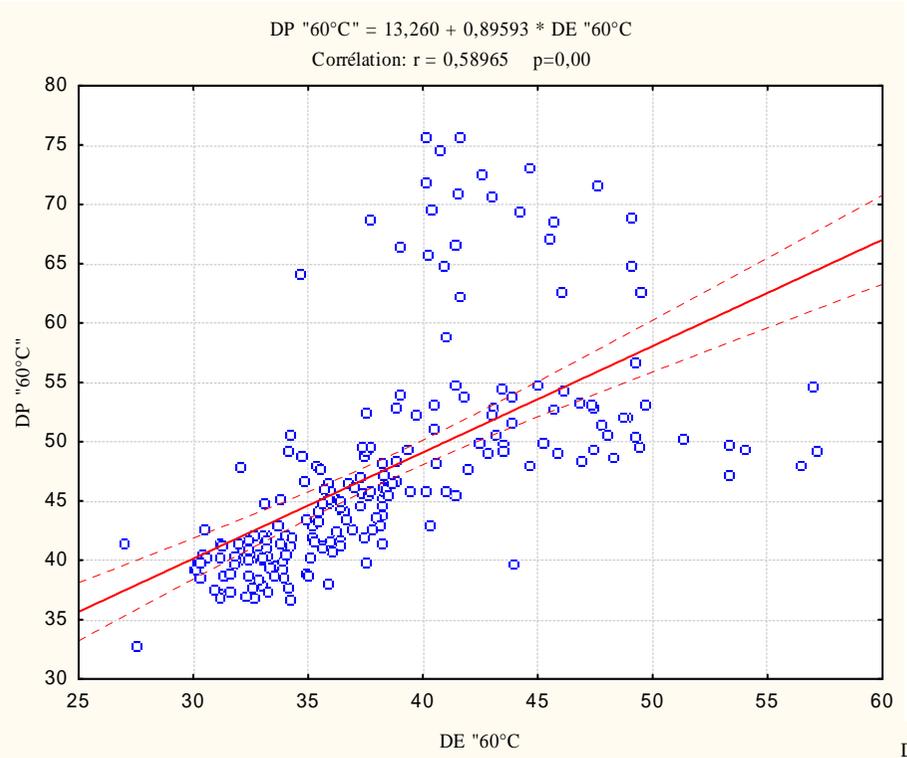


Figure 30 : Corrélation DP/DE effet température.

6- Détermination de la forme

D'après GUERIN et al, (1993) et HESSE M. et al, (2009), la forme de grain de pollen se réfère à un rapport DP / DE: le rapport de la longueur de l'axe polaire « P » au diamètre équatorial « E ». Grain de pollen sphéroïdal ou isodiamétrique : l'axe polaire est égal au diamètre équatorial. Grains de pollen avec un axe polaire plus long que le diamètre équatorial sont appelés prolé ; grains où l'axe polaire est plus court que le diamètre équatorial sont décrits comme forme oblé (Fig 31).

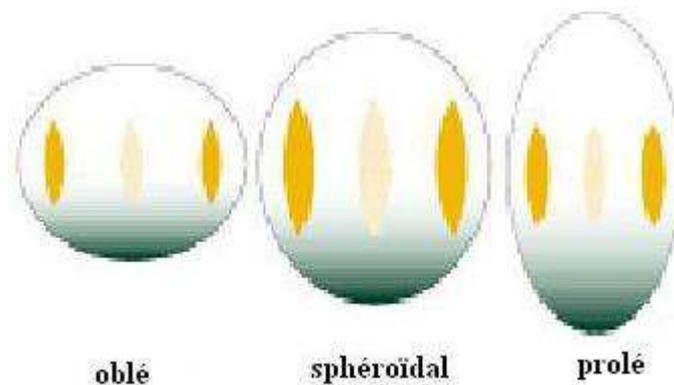


Figure 31 : Les formes de grains de pollen (Hesse M. et al, 2009).

A travers les mesures faites et les résultats obtenus pour voir l'influence de la température et de la lumière sur le changement de forme des grains de pollen, le rapport DP/DE montre que les trois espèces *Pinus halepensis*, *Gagea foliosa* et *Tulipa sylvestris*, ont la même forme dite « prolé » sous l'effet de ces deux paramètres contrôlé, cette forme reste stable pendant toute la période d'expérimentation comme l'indique bien clairement les courbes des mesures de DP et DE (Fig :32-33-34-35-36-37). On observe que la courbe des valeurs moyennes de DP reste toujours supérieure à celle des moyennes de DE pour les deux paramètres et pour toutes les espèces.

Tableau 8 : Rapport DP/DE

Durée "h"	Temps 15jrs	<i>Tulipa sylvestris</i>	<i>Gagea foliosa</i>	<i>Pinus halepensis</i>
DEL=24h	Témoin	1,262	1,258	1,170
	15j	1,308	1,285	1,200
	30j	1,259	1,282	1,167
	45j	1,265	1,258	1,272
	60j	1,232	1,237	1,277
	75j	1,289	1,274	1,213
	90j	1,211	1,240	1,199
DEL=12h	Témoin	1,254	1,254	1,112
	15j	1,291	1,269	1,197
	30j	1,265	1,287	1,202
	45j	1,280	1,233	1,271
	60j	1,267	1,226	1,247
	75j	1,280	1,265	1,243
	90j	1,291	1,235	1,118
DEL=8h	Témoin	1,265	1,255	1,143
	15j	1,251	1,282	1,178
	30j	1,293	1,293	1,219
	45j	1,300	1,261	1,216
	60j	1,239	1,263	1,293
	75j	1,281	1,276	1,240
	90j	1,205	1,241	1,184

T°C	Temps 15jrs	<i>Tulipa sylvestris</i>	<i>Gagea foliosa</i>	<i>Pinus halepensis</i>
T°=60°C	Témoin	1,227	1,268	1,088
	15j	1,224	1,238	1,199
	30j	1,185	1,259	1,205
	45j	1,188	1,244	1,246
	60j	1,218	1,215	1,264
	75j	1,194	1,186	1,196
	90j	1,220	1,200	1,172
T°=25°C	Témoin	1,211	1,289	1,207
	15j	1,255	1,274	1,111
	30j	1,232	1,304	1,179
	45j	1,263	1,287	1,201
	60j	1,221	1,258	1,207
	75j	1,264	1,249	1,234
	90j	1,290	1,298	1,142
T°=-7°C	Témoin	1,209	1,258	1,174
	15j	1,284	1,326	1,190
	30j	1,190	1,349	1,203
	45j	1,330	1,260	1,249
	60j	1,267	1,259	1,211
	75j	1,264	1,309	1,235
	90j	1,257	1,276	1,223

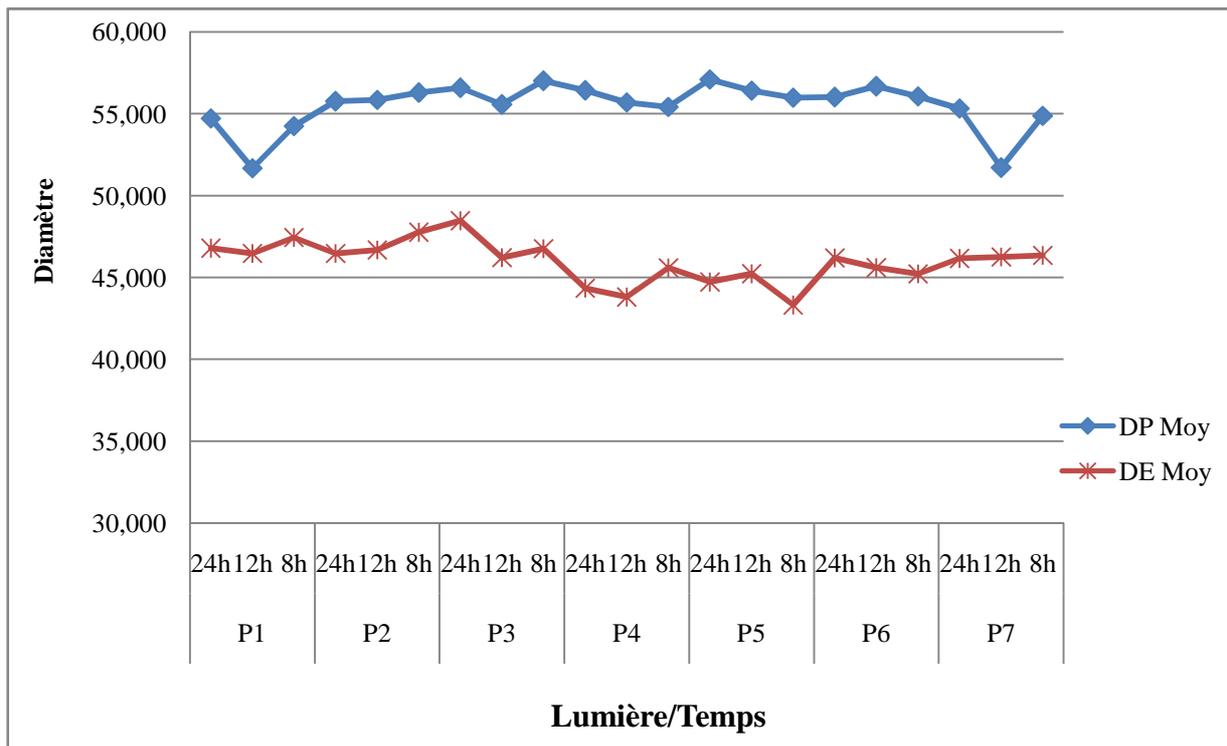


Figure 32 : Les mesures biométriques (DP et DE) de l'espèce *Pinus halepensis* pour l'effet du paramètre lumière.

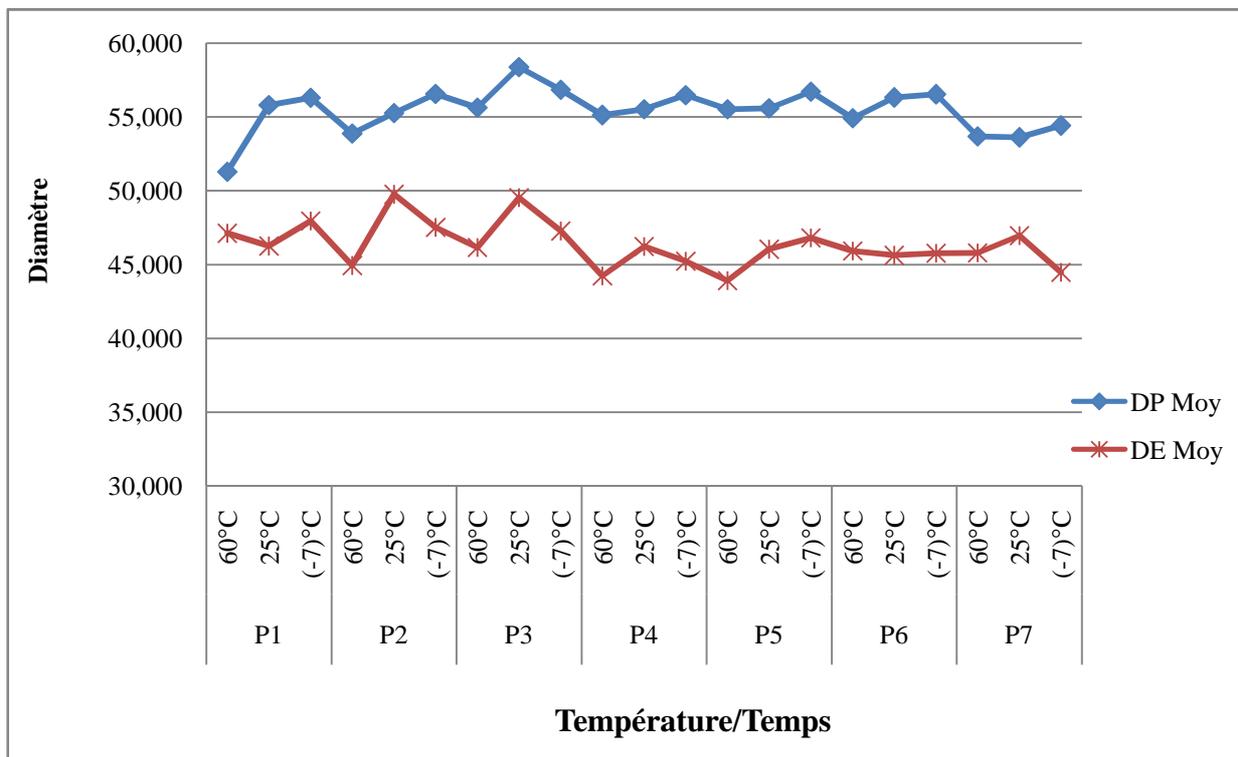


Figure 33 : Les mesures biométriques (DP et DE) de l'espèce *Pinus halepensis* pour l'effet du paramètre température.

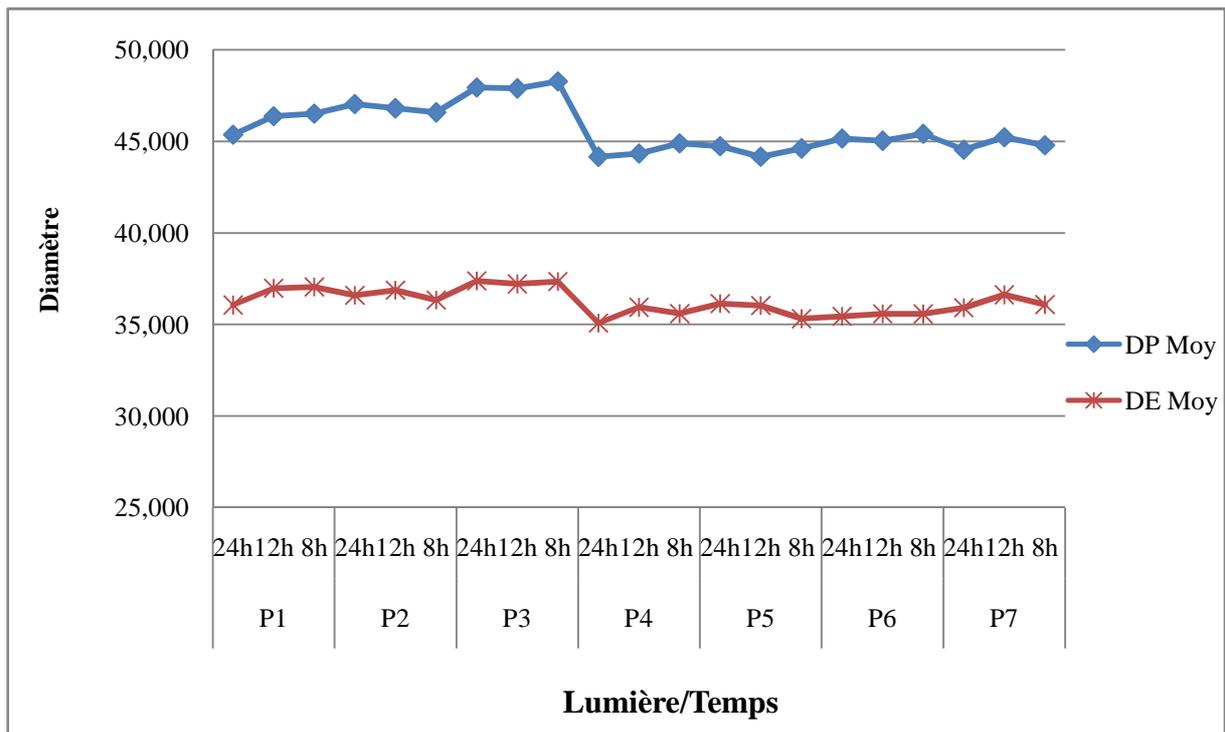


Figure 34 : Les mesures biométriques (DP et DE) de l'espèce *Gagea foliosa* pour l'effet du paramètre lumière.

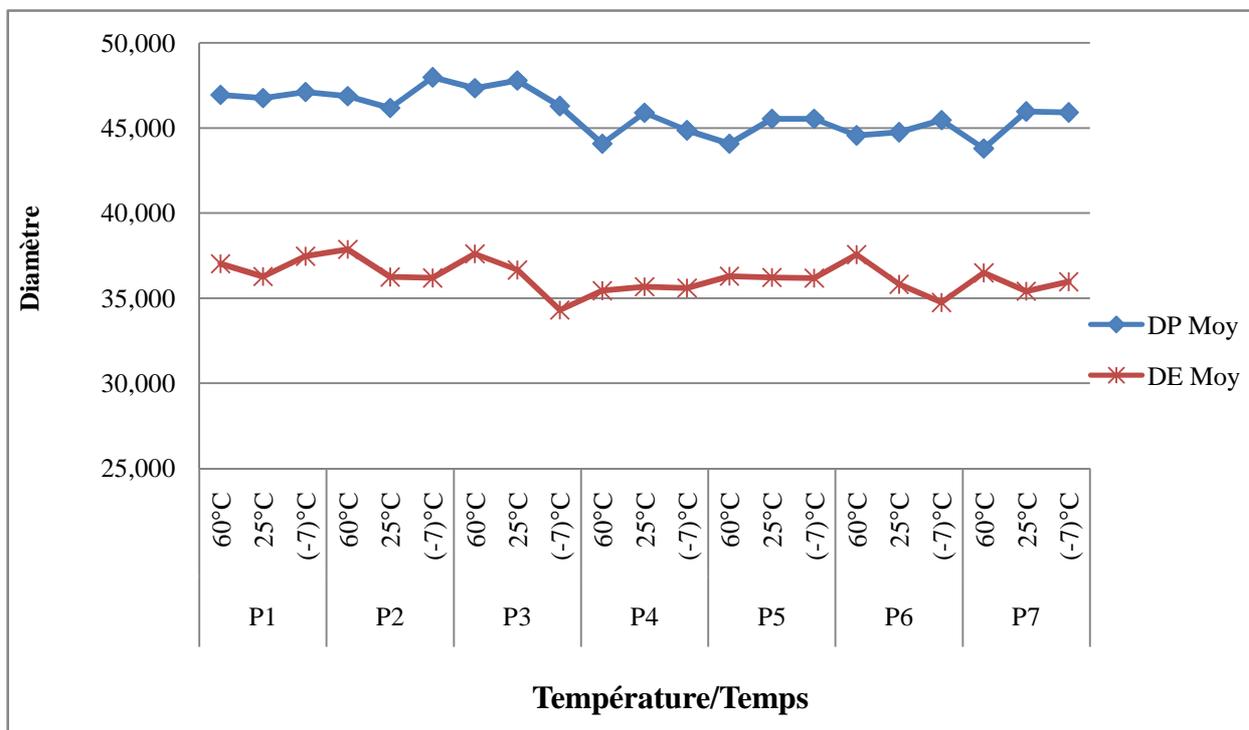


Figure 35 : Les mesures biométriques (DP et DE) de l'espèce *Gagea foliosa* pour l'effet du paramètre température.

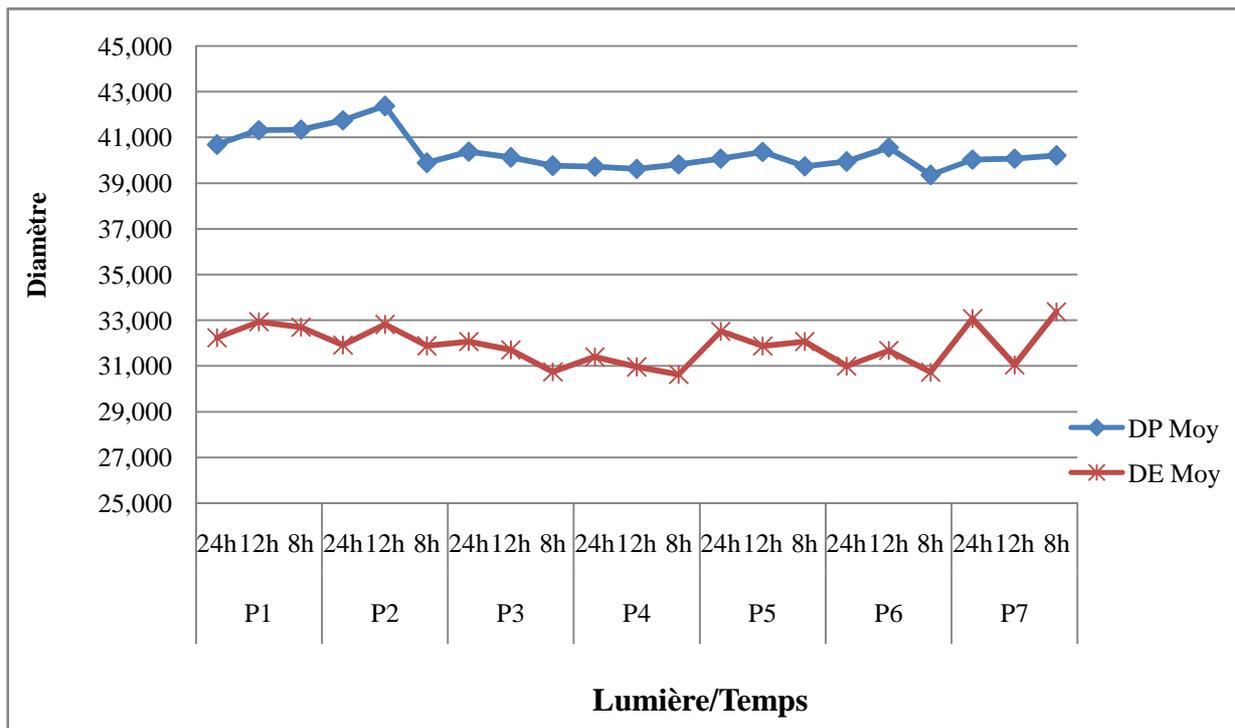


Figure 36 : Les mesures biométriques (DP et DE) de l'espèce *Tulipa sylvestris* pour l'effet du paramètre lumière.

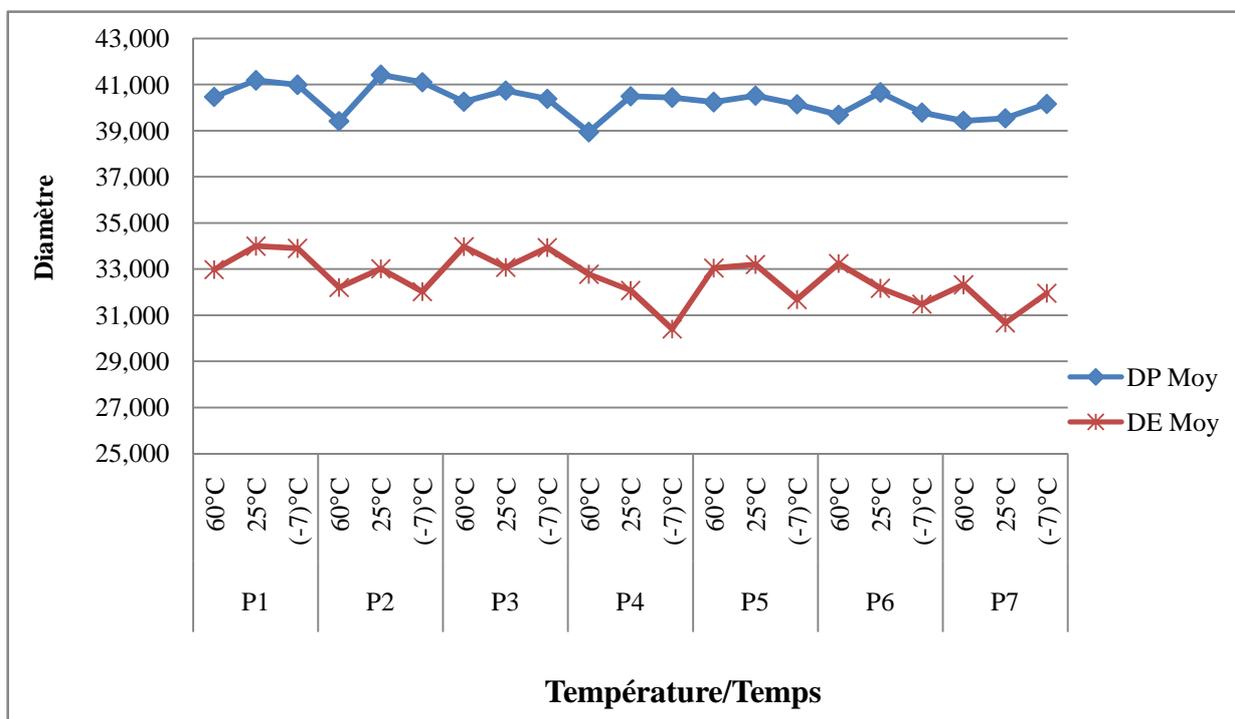


Figure 37 : Les mesures biométriques (DP et DE) de l'espèce *Tulipa sylvestris* pour l'effet du paramètre température.

IV- Etude de la viabilité des grains de pollen :

Le test de viabilité indique le pourcentage de grains de pollen vivants dans un échantillon.

La viabilité a été définie comme étant « la capacité de vivre, de grandir, germer ou développer» (Lincoln et al. 1982 in Dafni A. et Firmage D., 2000).

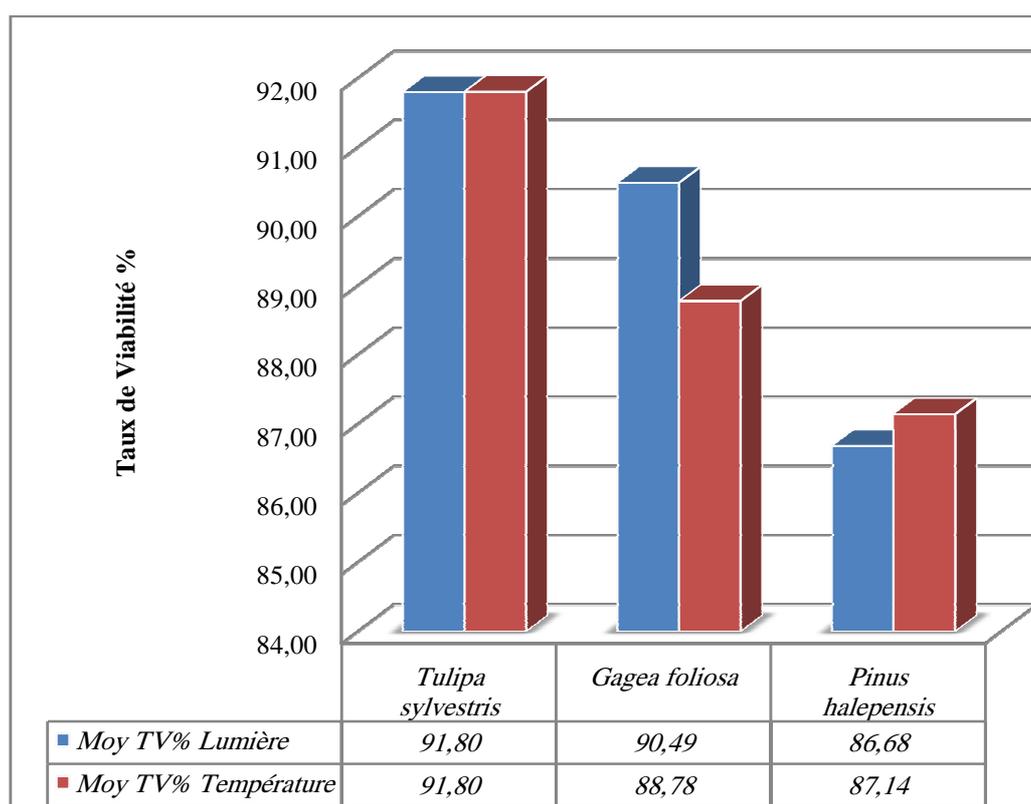


Figure 38 : Les moyennes totales du taux de viabilité.

La figure 38, présente les moyennes totales du taux de viabilité des deux paramètres contrôlés, remarquant que les taux enregistrés pour le paramètre lumière sont plus élevés que ceux enregistrés pour le paramètre température, ce qui est prouvé par le détail qui suit.

L'espèce *Tulipa sylvestris* présente un taux de viabilité le plus élevé par rapport aux autres espèces, avec une moyenne générale de 91.80% sous l'effet des deux paramètres « Température et Lumière », suivie par l'espèce *Gagea foliosa* avec un taux total sous l'effet lumière de 90.49% et un taux total de 88.78% sous l'effet de la température. Et l'espèce *Pinus*

halepensis enregistre les taux les plus bas avec 86.68% sous l'effet lumière et 87.14% sous l'effet température.

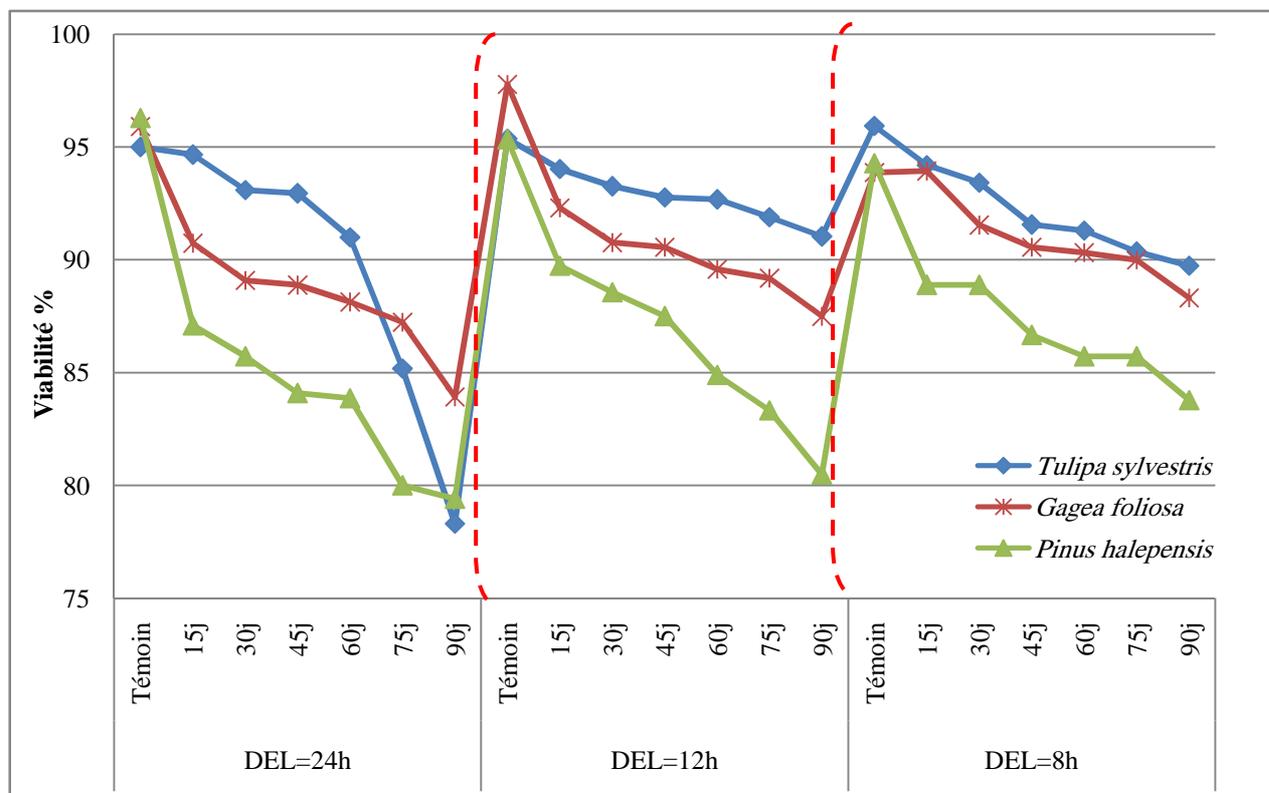


Figure 39 : Taux de viabilité des espèces étudiées sous l'effet lumière en fonction du temps

L'observation des figures 38-39, présente des courbes décroissantes, ce qui implique que le taux de viabilité des grains de pollen diminue avec le temps sous l'effet de la lumière comme sous l'effet de la température.

Pour la lumière, les meilleurs taux de viabilités enregistrés pour le premier prélèvement sont de « 12h et 8h » pour les espèces : *Gagea foliosa* avec 97,78% et *Tulipa sylvestris* avec 95,94% successivement, et de « 24h » pour l'espèce *Pinus halepensis* avec 96,30% (Fig 39).

Remarquant que les minimums enregistrés au cours du dernier prélèvement, sont marqué pour le traitement « 24h » pour toutes les espèces étudiées, avec les taux suivants : *Tulipa sylvestris* : 78,31%, *Gagea foliosa* : 83,93%, Et *Pinus halepensis* : 79,41%.

L'analyse de la figure 39, montre que les taux de viabilité enregistrés pour l'espèce *Pinus halepensis* sont inférieurs à ceux des deux autres espèces étudiées. À savoir que l'espèce *Tulipa sylvestris* enregistre les taux les plus élevés suivis par l'espèce *Gagea foliosa*.

Il ressort que les courbes de « 12h et 8h » sont supérieures à celle de « 24h », résultant que le traitement « 12h et 8h » de lumière est plus utile pour garder une meilleure viabilité pour les grains de pollen.

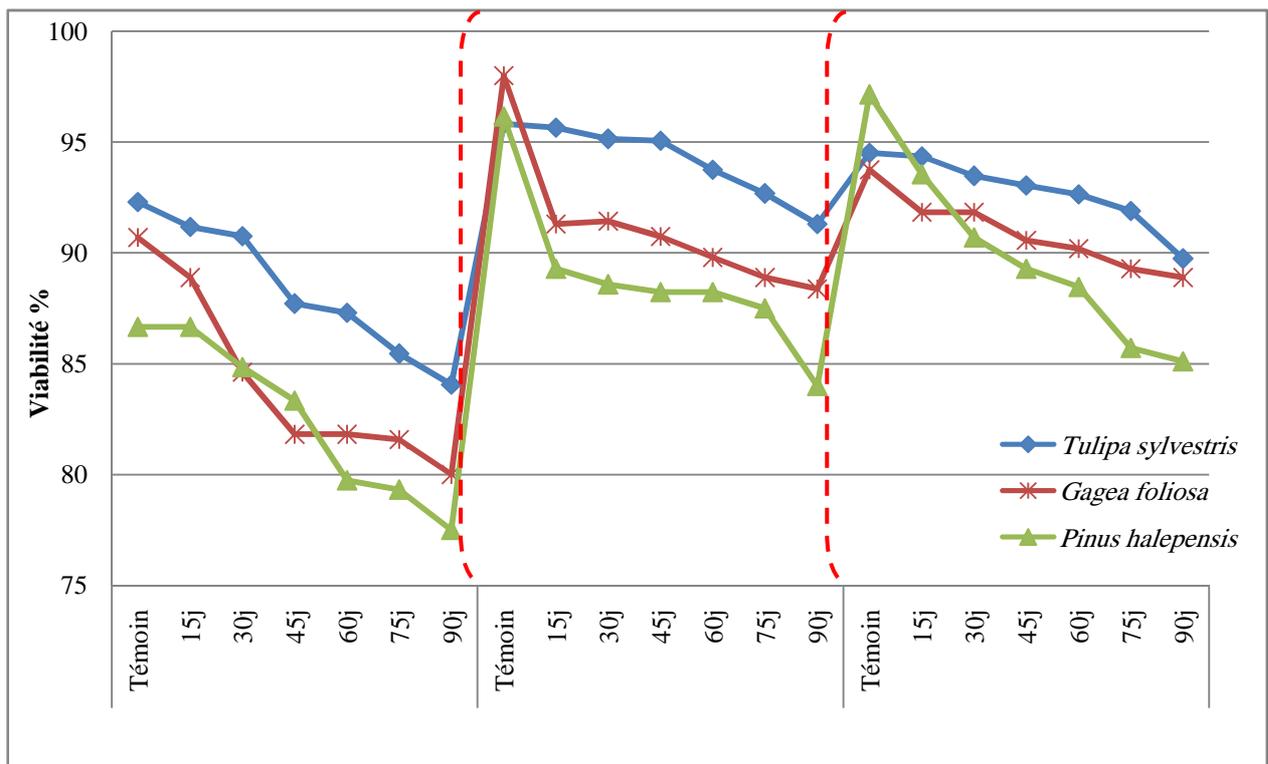


Figure 40 : Taux de viabilité des espèces étudiées sous l'effet température en fonction du temps.

Sous l'effet température, les maximums taux de viabilité sont enregistrés pour le premier prélèvement, à une température de « 25°C » pour les espèces *Tulipa sylvestris* : 95,83%, et *Gagea foliosa* : 98%, et à « -7°C » pour *Pinus halepensis* avec un taux de : 97,14%.

L'observation de la figure 40, permet de constater que les minimums taux de viabilités pour les trois espèces sont tous figurés sur le traitement à une température de « 60°C » pour le

dernier prélèvement. Avec les taux suivants : *Tulipa sylvestris* : 84,06%, *Gagea foliosa* : 80,00%, et *Pinus halepensis* : 77,50%.

L'analyse des taux obtenus pour les trois espèces, révèle que l'espèce *Pinus halepensis* marque pour la plus part du temps des taux inférieurs que les espèces *Tulipa sylvestris* et *Gagea foliosa*.

D'après les courbes des taux de viabilités sous l'effet température en fonction du temps, il apparaît donc clairement que les traitements à « 25°C et -7°C » sont les plus efficaces pour garder une meilleure viabilité pour les grains de pollen pour les trois espèces étudiées au cours du temps, par rapport à celui de « 60°C ».

II-1- Etude de la corrélation entre les paramètres biométrique « DP et DE » et le taux de viabilité :

Le but de cette analyse est de vérifier si les différents paramètres biométriques estimés ont une relation avec le taux de viabilités.

Les combinaisons faites entre les dimensions biométriques « DP et DE » et les taux de viabilités des espèces étudiées sous l'effet de la lumière et de la température, pour détecter l'existence d'une corrélation significative entre eux à un seuil $\alpha=0.05$, résultent des droites décroissantes :

Pour l'effet lumière, des corrélations négatives hautement significatives pour les combinaisons « TV%/DP et TV%/DE », ce qui implique la présence d'une relation inversement proportionnelle entre les dimensions des grains de pollen et leurs taux de viabilités, dont les coefficients de corrélation obtenus sont : « $r = -0.50$, $r = -0.48$ » successivement (Fig 41).

Sous le contrôle de la température, les corrélations sont négatives hautement significatives à un seuil $\alpha=0.05$, avec les coefficients de corrélation suivants (Fig 42):

- TV% /DP: $r = -0.29$ et $p = 0.018$;
- TV%/DE : $r = -0.33$ et $p = 0.008$.

II-2- Etude de la corrélation entre la forme « DP/ DE » et le taux de viabilité :

L'observation des figures 41-42, et l'analyse des résultats obtenus pour les tests de corrélation faites entre le rapport DP/DE et le taux de viabilité des espèces étudiées sous l'effet de la lumière et de la température, font ressortir une différence significative à très significative à un seuil $\alpha=0.05$, ce qui prouve la présence d'une relation positive entre la forme des grains de pollen et le taux de viabilité, avec les coefficients de corrélation suivants:

- TV%/(DP/DE) : $r= 0.24$ et $p= 0.048$ pour l'effet lumière ;
- TV%/(DP/DE) : $r= 0.29$ et $p =0.018$ pour l'effet température.

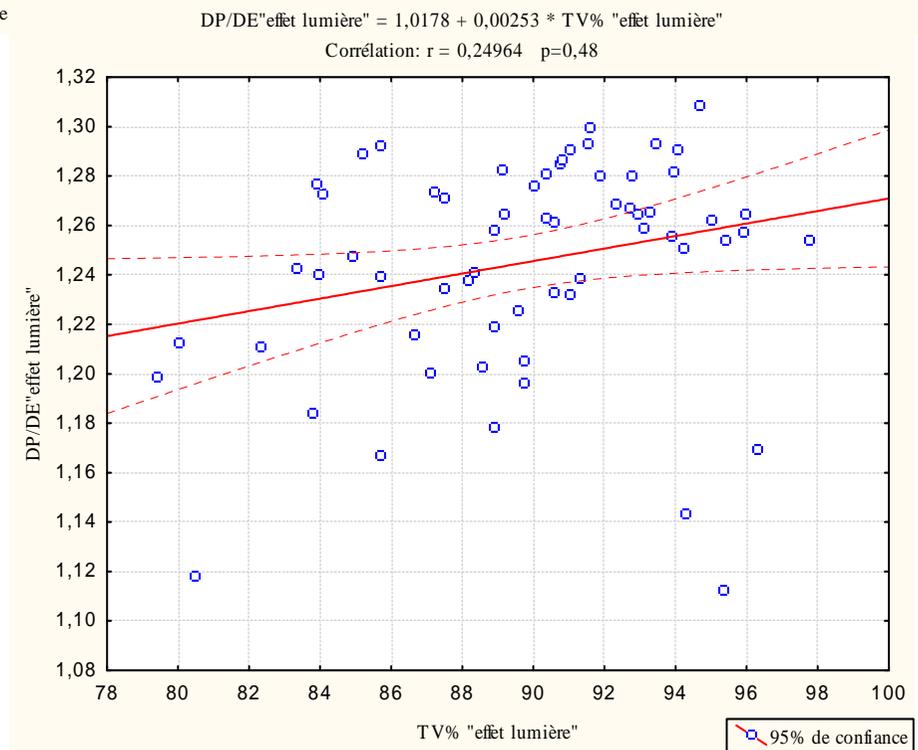
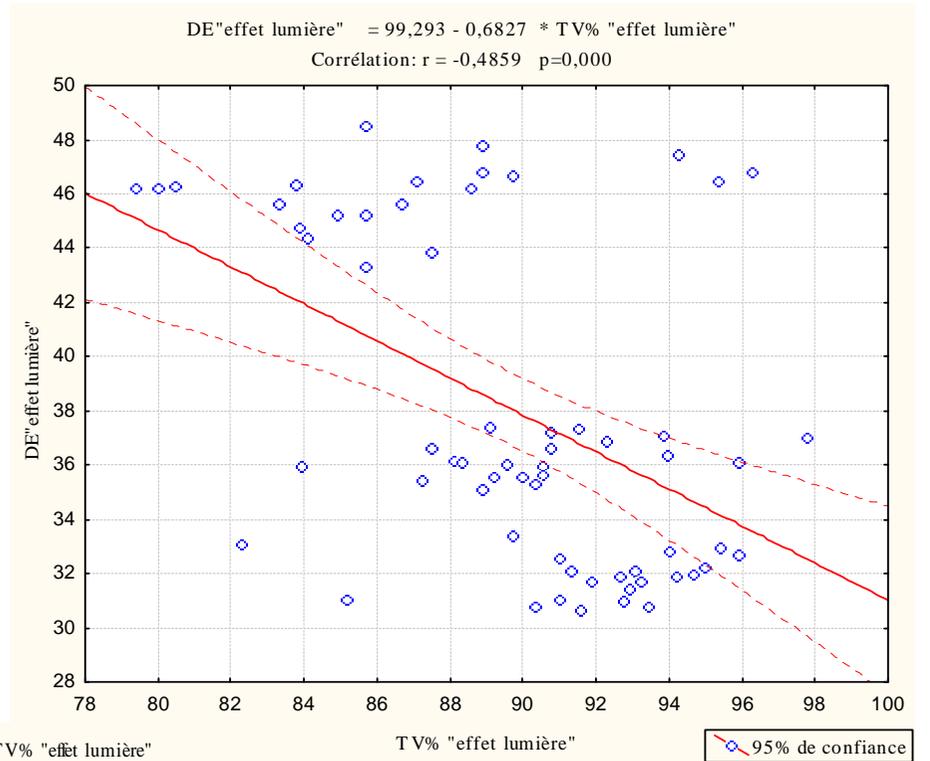
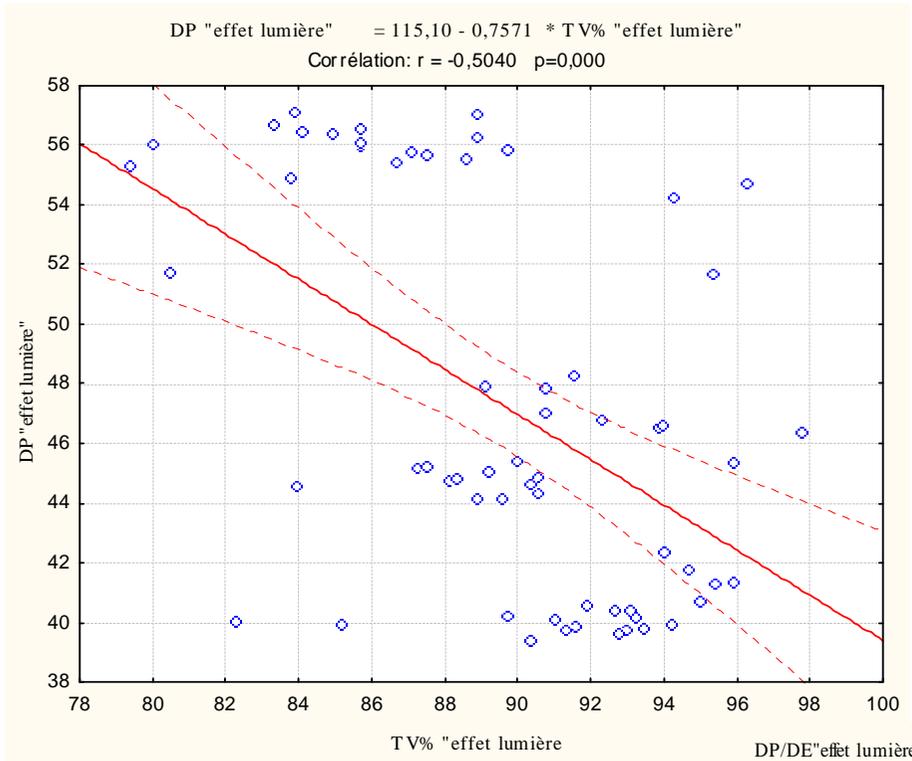


Figure 41 : Corrélations entre TV%/DP, TV%/DE et TV%/« DP/DE » sous l'effet de la Lumière.

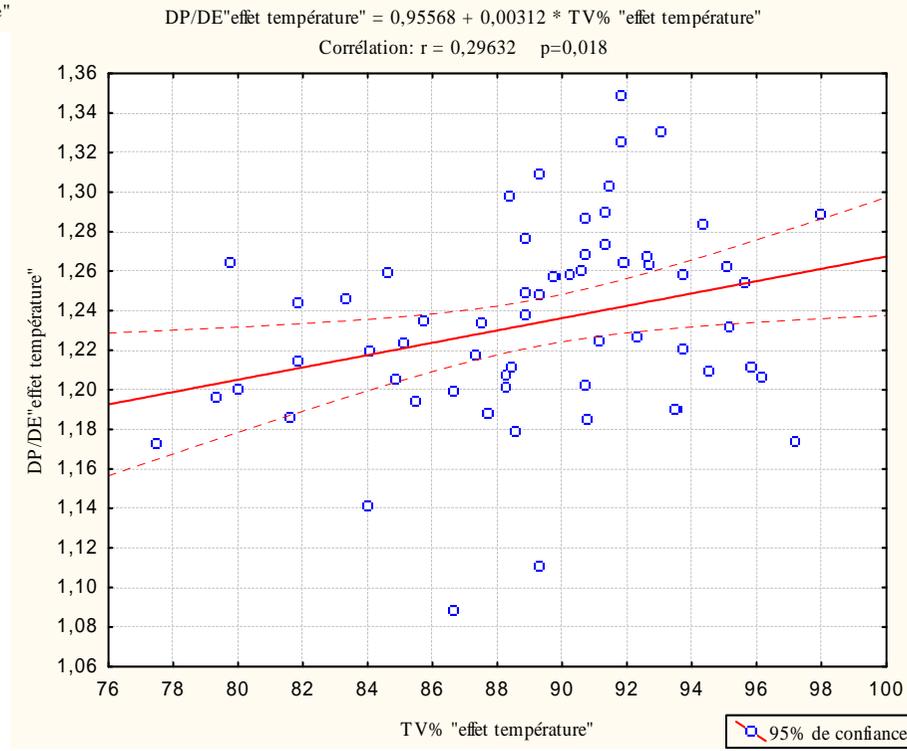
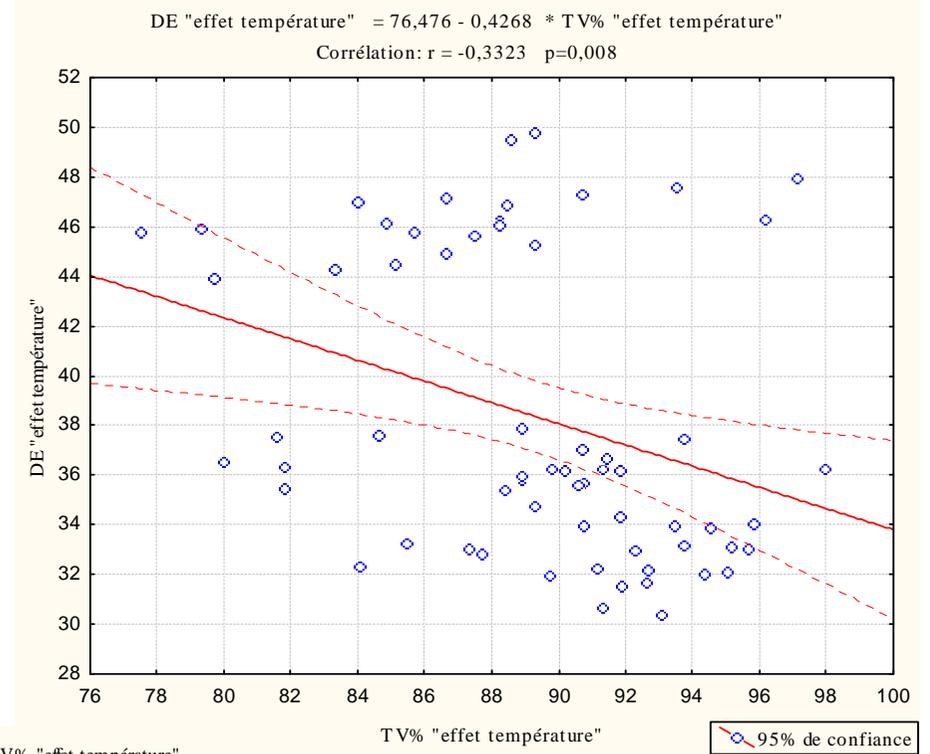
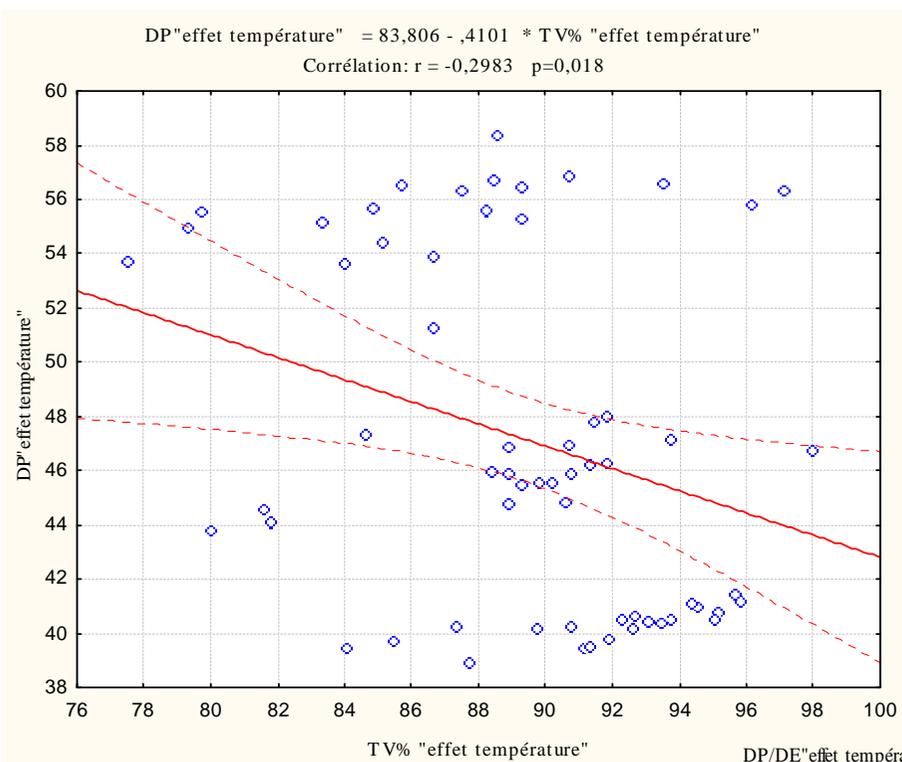


Figure 42 : Corrélations entre TV%/DP, TV%/DE et TV%/« DP/DE» sous l'effet de la Température.

Conclusion générale

Enfin l'aptitude du pollen à la conservation est variable avec les espèces. Les progrès réalisés au cours de la dernière décennie sur la biologie et les méthodes de conservation du pollen peuvent conduire à développer son utilisation dans le cadre des ressources phytogénétiques (CHARRIER A., 1990).

Nous avons essayé à travers de multiples analyses de dégager le comportement des grains de pollen vis-à-vis quelques paramètres relatives aux conditions de stockage. Les résultats auxquels, on est parvenu sont résumés comme suit :

A propos de l'étude biométrique des grains de pollen, les résultats sont les suivants :

- 1- D'après l'analyse descriptive et l'analyse de la variance de l'effet lumière sur les trois espèces étudiées, on a conclu que la lumière n'influe pas la variation des dimensions des grains de pollen à l'exception du résultat hautement significative de DP de l'espèce *Tulipa sylvestris*.
- 2- La température a un effet de significative vers hautement significative à risque $\alpha=0.05$, sur les diamètres polaires et équatoriaux des grains de pollen des espèces étudiées.
- 3- Le rapport DP/DE montre que les trois espèces *Pinus halepensis*, *Gagea foliosa* et *Tulipa sylvestris*, ont la même forme dite « prolé » sous l'effet des deux paramètres contrôlé.
- 4- La corrélation est positive hautement significative à un seuil $\alpha=0.05$ entre DP et DE, ce qui implique une relation proportionnelle liant les deux

diamètres « P et E » sous l'effet de la lumière comme sous l'effet de la température.

Quant à l'étude de la variabilité :

Par comparaison, les taux de viabilité enregistré sous l'effet de la lumière sont plus élevés que ceux enregistrés sous l'effet de la température.

Les espèces entomophiles étudiées ont marqué les taux de viabilité les plus élevés par rapport à l'espèce anémophile étudiée sous l'effet des deux paramètres contrôlés.

Les taux de viabilité obtenus sous l'effet de la lumière vari entre 97.78% (*Gagea foliosa* à 12h) et 78.31% (*Tulipa sylvestris* à 24h).

Sous l'effet de la température, les taux de viabilité oscillent entre 98% (*Gagea foliosa* à 25°C) et 77.50% (*Pinus halepensis* à 60°C).

La corrélation est négativement très significative à hautement significative sous l'effet de la température et de la lumière successivement, entre les taux de viabilité et les paramètres biométriques (DP, DE).

Les tests de corrélation faites entre le rapport DP/DE et le taux de viabilité des espèces étudiées sous l'effet de la lumière et de la température, font ressortir une différence significative à très significative à un seuil $\alpha=0.05$.

Il serait plus intéressant d'approfondir cette étude par d'éventuelles études structurelles et du pouvoir germinatif in vitro et du pouvoir fécondant in vivo, pour assurer l'efficacité des conditions de stockage.

Références bibliographiques

- ✂ BATTANDIER et TRABUT, 1902. Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie. Vue GIRALT, imprimeur-éditeur. Alger. 472p.
- ✂ BENTOUATI A., 2006. Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* M.) du massif de ouled Yagoub (Khenchela-Aurès). Doctorat d'Etat en science agronomiques, spécialité Foresterie. Batna. 116p.
- ✂ BERGER G., 2008. Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) - Aleppo Pine. www.conservation-nature.fr.
- ✂ BERGER G., 2010. Tulipe sauvage (*Tulipa sylvestris*). www.conservation-nature.fr.
- ✂ BOUDY P., 1952. Guide du forestier en Afrique du nord. La maison rustique. Paris. 505p.
- ✂ BRUNEAU E. et al., 2006. Le traité rustica de l'apiculture. Rustica éditions. Pp : 365-367.
- ✂ CHARRIER A., 1990. Pollen et ressources génétiques Bureau des ressources génétiques - MRT, Paris ORSTOM, F-34032 Montpellier. Bull. Soc. bot. Fr., 137, Actual. bot. (Z), 101 -104.
- ✂ CLEMENT J-M., 1981. Larousse agricole. Librairie LAROUSSE. Paris. 1208p.

✂ COLLIN F., 2007. Fleurs jaunes - l'étoile jaune.

<http://pages.softnetmedia.eu/floremaroc/webapp/index.php?page=plante&plante=73>

✂ DAFNI A. et FIRMAGE D., 2000. Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. *Plant Syst. Evol.* 222:113-132 (2000) *Plant Systematics and Evolution*. Springer-Verlag. Printed in Austria

✂ DANY B., 1983. La récolte moderne du pollen. Ed Européennes apicoles Bruxelles. 138p.

✂ DE PARCEVAUX S. et HUBER L., 2007. La bioclimatologie. Concepts et applications. Editions Quae, 336 p.

✂ DONADIEU Y., 1983. Le pollen thérapeutique naturel. 6 eme édition. Librairie Maloines S.A. Editeur. Paris. 97p.

✂ DRICOT E. et PONCE, 1974. Projet de recherches palynologiques au Pérou sans le cadre de la préservation de la nature. *Bull-inst. Fr. ET. And.* III. N°2. Pp : 29-38.

✂ DULUCQ N. et TULON M., 1998. La palynologie et l'environnement du passé. Conférence de M.F. Diot, Ingénieur de recherche au Centre National de Préhistoire. UMR 9933 du CNRS.

✂ DURR C., HEIMGARTNER S., GEHRIG R., CAVERSACCIO M., et HELBLING A., 2008. Allergie aux pollens: aspects cliniques. Première partie. http://www.medicalforum.ch/pdf/pdf_f/2008/2008-14/2008-14-109.PDF

- ✂ FAEGRI K. et IVERSEN J., 1989. Textbook of pollen analysis. IV Edition. John Wiley et Sons Ltd. 328p.
- ✂ GORENFLOT R., 1997. Biologie végétal, plantes supérieures, appareil végétatif. 6eme édition de l'abrégé. Enseignement des sciences de la vie. Masson édition. 286p.
- ✂ GUERIN B., BOUSQUE, COUR P., ERVARD J. GUERIN F., NORLARD N., PELTRE G. et SELL Y., 1993. Pollen et allergies. Ed Allerbio. 279p.
- ✂ HESSE, HALBRITTER, ZETTER , WEBER, BUCNER, FROSCHE-RADIVO, et ULRICH, 2009. Pollen terminology an illustrated handbook. Springer Wien NewYork. P.
- ✂ JACQUELINE P. et MICHEL R, 2002. La longévité du pollen de colza. Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 9, Numéro 1, 11-3.
- ✂ LAAIDI K., LAAIDI M. et JEAN-PIERRE, 1997. APPLICATIONS POLLENS, POLLINOSES ET MÉTÉOROLOGIE. La Météorologie 8e série - n° 20.
- ✂ LANDOUER P-Y, 2010. Les arbres. Pin. www.lesarbres.fr.
- ✂ LEROYER CH. et ALLENET G., 2004. La palynologie. Centre National de Préhistoire, Périgieux. Association d'Aéropalynologie, Périgourdine.
- ✂ LEZINE A-M., 2008. Le pollen outil d'étude de l'environnement et du climat au quaternaire. Société Géologique de France VUIBERT. 114p.

- ✂ LIESER L. et TETU J., 2004. Association Tulipes Sauvages.
www.tulipessauvages.org.
- ✂ LOUVEAUX J., 1996. Les abeilles et l'apiculture: Chronique historique de la Zoologie agricole française. Editions Quae. INRA. 95 p.
- ✂ MAROUF A. et REYNAUD J., 2007. La botanique de A à Z. 1662 définitions. Dunod. Paris. 342p.
- ✂ PAIN J. et MAUGENET J., 1966. RECHERCHES BIOCHIMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES SUR LE POLLEN EMMAGASINÉ PAR LES ABEILLES. Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91 - Bures-sur-Yvette ; Station de Technologie végétale, Roaste de Saint-Cyr, 78- Versailles. Ann. Abeille, 9(3). Pp : 209 - 236.
- ✂ PATERNOSTRE V., 2009. Allergies et climat. <http://www.sante-environnement.be/spip.php?article267>
- ✂ PENSA E., 2007. Reproduction d'un arbre: le pin d'Alep. <http://animateur-nature.com>.
- ✂ PESSOTTO L., 2009. Tulipa sylvestris sbsp sylvestris. <http://flore-midi-pyrenees.net>.
- ✂ PETER H. RAVEN, RAY F. EVERT, SUSAN E. et EICHHORN, 2003. Biologie végétale. 6^{eme} édition. De Boeck Supérieur. 968p.

- ✂ PHILIPPE. J, 1994. l'homme et l'abeille. Ed Sud Paris. PP 145-146.
- ✂ PIAZZA A., 1989. Les pollens ont mémorisé le passé : présentation d'une palynologie du Pacifique, méthodes, limites et résultats. *Etudes Mélanésiennes*, (27), p. 30-35.
- ✂ QUEZEL P. et SANTA S., 1962. Nouvelle flore de l'Afrique e des régions désertiques méridionales par. Tome 1. Edition du centre National de la recherche scientifique. Paris. 571p.
- ✂ REILLE M., 1990. Leçons de palynologie et d'analyse pollinique. Editions du centre national de la recherche scientifique. Paris.
- ✂ SINTES S., 2009. Palynologie et changements climatiques au quaternaire. Le labo de Sonia.
- ✂ TAKÁCS P-R., 2009. LES POLLINISATEURS: VECTEURS DU POLLEN.
<http://botablog2.unblog.fr/2010/02/26/pollinisation/>
- ✂ WALTER S., JUDD, CHRISTOPHER S., CAMPELL, BOUHARMONT J., ELIZABETH A., KOLLOG, STEVENS P., et Ch-M EVARD, 2001. Botanique systématique : Une perspective phylogénétique. De Boeck Université. 448p.
- ✂ YVES L., 2006. Morphologie de grain de pollen. INRA.
<http://www.savoirs.essonne.fr/sections/ressources/diaporamas/details/ressource/morphologies-du-grain-de-pollen>
- ✂ YVES L., CELLIER P., LOUBET B., et JAROSZ N., 2002. Le pollen, grand voyageur de l'air. C'e s t d a n s l'a i r. INRA Versailles-Grignon.

Annexes

Annexe 1 : Comparaison des moyennes de DP des grains de pollen de l'espèce *Tulipa sylvestris* sous l'effet de la lumière.

Effet	Moy DP	
8h	40,017	b
24h	40,370	a
12h	40,635	a

a.b: séparation des groupes par le test LSD de Fisher

Annexe 2 : Comparaison des moyennes de DP des grains de pollen de l'espèce *Gagea foliosa* sous l'effet de la température.

Effet	Moy DP	
T 60°C	45,38362	b
T 25°C	46,12603	a
T -7°C	46,16741	a

a.b: séparation des groupes par le test LSD de Fisher

Annexe 3 : Comparaison des moyennes de DP des grains de pollen de l'espèce *Tulipa sylvestris* sous l'effet de la température.

Effet	Moy DP	
T 60°C	39,77833	b
T -7°C	40,43062	a
T 25°C	40,65017	a

a.b: séparation des groupes par le test LSD de Fisher

Annexe 4 : Comparaison des moyennes de DP des grains de pollen de l'espèce *Pinus halepensis* sous l'effet de la température.

Effet	Moy DP	
T 60°C	54,29525	a
T 25°C	55,78553	ab
T -7°C	56,26343	b

a.b: séparation des groupes par le test LSD de Fisher

Annexe 5 : Comparaison des moyennes de DE des grains de pollen de l'espèce *Gagea foliosa* sous l'effet de la température.

Effet	Moy DE	
T -7°C	35,77914	a
T 25°C	36,04094	a
T 60°C	36,89619	b

a.b: séparation des groupes par le test LSD de Fisher

Annexe 6 : Comparaison des moyennes de DE des grains de pollen de l'espèce *Tulipa sylvestris* sous l'effet de la température.

Effet	DE Moy Pinus	
T 60°C	45,44176	a
T -7°C	46,43673	b
T 25°C	47,20120	c

a.b.c: séparation des groupes par le test LSD de Fisher

Annexe 7 : Comparaison des moyennes de DE des grains de pollen de l'espèce *Pinus halepensis* sous l'effet de la température.

Effet	Moy DE	
T -7°C	32,19409	a
T 25°C	32,59568	b
T 60°C	32,93205	c

a.b.c: séparation des groupes par le test LSD de Fisher