

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Saïda Dr. MOULAY TAHAR

Faculté des Sciences

Département de Biologie



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Option : Biotechnologie Végétale

Présentée par:

M^{elle} Ould Kada Souad Torkia

M^{elle} Behilil Soumia

**Etude histochimique, anatomique et morphologique
des aiguilles de « *Pinus halepensis* Mill. » à différentes
altitudes dans la wilaya de Saïda**

Devant la commission du jury, composée par :

Mme. BENABDESLEM. Y	Maître assistante -A-	U T. M. de Saïda	Présidente
Mr. HENNI. M	Maître de conférences -B-	U T. M. de Saïda	Examineur
Mr. HACHEM. K	Maître conférences -A-	U T. M. de Saïda	Encadreur
Mr. ZOUIDI. M	Doctorant 3ème cycle LMD	U T. M. de Saïda	Invité

Année Universitaire : 2017-2018

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné la volonté et la santé pour mener à terme ce travail. Laka al hamd Rabbi.

Nous remercions Monsieur HACHEM Kada promoteur de ce travail, d'abord pour nous avoir fait confiance, en acceptant de nous encadrer et de nous diriger, puis pour ses orientations judicieuses. Qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude et de notre respect.

Nous remercions vivement le doctorant Monsieur ZOUIDI Mohamed, pour son aide sans aucune hésitation.

Nos remerciements vont aux membres de jury de ce mémoire pour avoir accepté d'en faire partie :

Mme. Benabdesslam. Y. ; Mr. Henni .M

Nous tenons à remercier nos très chères Mamans pour leur soutiens et prières.

De ma part à moi Souad, Un grand Merci à Mr. KAID M'hamed, vice doyen de la faculté des sciences qui m'a donné le goût de continuer mon master ; et ma chère amie HAMOU Maghnia pour son soutien permanent.

Enfin, nous n'oublions pas, bien qu'ils nous en soient chers, les personnes qui nous ont encouragés et soutenus de près et de loin.

Souad & Soumia

Dédicaces

*À ma mère ;
À la mémoire de mon cher père ;
À mes frères ; et sœurs ;
À tous mes amis.*

Je dédie ce travail.

Souad

Dédicaces

À ma mère ;

À mon cher père ;

À mes frères ; et sœurs ;

À tous mes amis.

Je dédie ce travail.

Soumia

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE II : Matériels et Méthodes

Tableau 01 : Caractéristiques de la station météorologique	18
Tableau 02 : Données géographique des stations d'études.	21
Tableau 03 : Etapes de la double coloration	24

CHAPITRE III : Résultats et Discussion

Tableau 04 : Résultats des tests histochimiques des aiguilles de la station de A 600m	27
Tableau 05 : Résultats des tests histochimiques des aiguilles de la station de A 800m	28
Tableau 06 : Résultats des tests histochimiques des aiguilles de la station de A 1000m	28

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Généralité sur le pin d'Alep

Figure 01 : Le pin d'Alep dans les forêts de Saida.	4
Figure 02 : Ecorce du pin d'Alep.	5
Figure 03 : Le rameau du pin d'Alep.	5
Figure 04 : Les aiguilles du pin d'Alep.	6
Figure 05 : Les cônes du pin d'Alep.	6
Figure 06 : Le bois du pin d'Alep.	7
Figure 07 : Les graines du pin d'Alep.	7
Figure 08 : Aire de répartition du Pin d'Alep en région méditerranéenne	9
Figure 09 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie.	10
Figure 10 : de projection d u Pin d'Alep sur la climagramme d'Emberger.	11

CHAPITRE II : Matériel et méthodes

Figure 11 : Répartition des températures moyennes, maximales et minimale 2000 à 2016.	18
Figure 12 : Moyenne mensuelle de la précipitation (2000-2016).	19
Figure 13 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (Station semi aride).	20
Figure14 : Carte géographique des stations sur le terrain	21
Figure 15 : Stations d'étude	22
Figure 16 : Schéma d'obtention des coupes transversales	23

CHAPITRE III : Résultats et discussion

Figure 17 : Mesure de la longueur en fonction de l'altitude.	30
Figure 18 : Mesure du largeur des aiguilles en fonction de l'altitude.	31
Figure 19 : Le nombre des canaux résinifères en fonction de l'altitude.	32
Figure 20 : le diamètre des canaux résinifères en fonction de l'altitude.	33

LISTE DES ABREVIATIONS

mm	Millimètre
µm	Micromètre
Km	Kilomètre
% :	Pourcentage
Ha	Hectare
°C	Degré Celsius
cm	Centimètre
T	Température
A	Altitude
PL	Planche
SI	Station A600
SII	Station A800
SIII	Station A1000
Ep	Epiderme
Hp	Hypoderme pluriassisial
M	Mésophile
En	Endoderme
X	Xylème
Ph	Phloème
Tt	Tissu de transfusion
Cr	Canal résinifère
A.c	Angle de collenchyme

SOMMAIRE

REMERCIEMENT	
DEDICACE	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES ABREVIATIONS	
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : Généralité sur le pin d'Alep	
<hr/>	
I. Monographie de pin d'Alep	3
I.1. Taxonomie	3
I.2. Caractères botaniques et dendrologiques du pin d'Alep	4
I.2.1. Ecorce	5
I.2.2. Les Rameaux	5
I.2.3. Les feuilles ou les aiguilles	6
I.2.4. Les cônes	6
I.2.5. Le bois	7
I.2.6. Les graines	7
I.2.7. La résine	7
I.3. Aire de répartition	8
I. 3.1. Dans le monde	8
I.3.2. En Algérie	9
I.4. Exigences écologiques de l'espèce	10
I.4.1. Exigences climatiques	10
I.4.2. Exigences édaphiques	11
I.5. La régénération du pin d'Alep dans les pinèdes naturelles	12
I.6. Croissance du pin d'Alep	12
I.7. Sylviculture du pin d'Alep	12
I.8. Les facteurs de dégradation du Pin d'Alep	13
I.9. Intérêt et usage de l'espèce	14
I.9.1. Propriétés pharmacologiques de l'huile essentielle de pin d'Alep	14
a. Propriétés pharmacologiques	14
b. Intérêt thérapeutique	15
c. Activité antioxydante	15
I.9.2. Intérêt nutritionnel et organoleptique	15
I.9.3. Autres utilisations	15

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

II. Situation géographique de la zone d'étude	17
II.1. Caractérisation de la région d'étude	17
II.1.1 .la Géologie	17
II.1.2. le climat	18
II.1.3. Les températures	18
II.1.4. Les précipitations	19
II.1.5. Diagramme ombrothermique de Bangnoulis et Gausson	19
II.2. Choix des stations et prélèvement du matériel végétal	20
II.2.1. Géo localisation des stations	21
III.3. Etude morphologique et histochimique	23
III.3.1. Matériels	23
III.3.2. Préparation et réalisation des coupes anatomiques	23
III.3.3. Coloration des coupes	24
➤ Double coloration (Vert de méthyle / Rouge congo)	24
➤ Réaction au Lugol	24
➤ Réaction au Phloroglucinol Chlorhydrique	24
➤ Réaction de Maule	25
➤ Réactions de réactif de Schiff	25
III .4. Morphologie des aiguilles :	25
III .4.1. Paramètre mesuré	25
III .4.2 . Traitement statistique :	25

CHAPITRE III : Résultats et discussion

III. Etude histologique, histochimique et morphologique des aiguilles du pin	26
III .1. Histologie des aiguilles de <i>Pinus halepensis</i> Mill.	26
a). Résultats	26
b). Discussion	26
III .2. Histochimie des aiguilles de <i>Pinus halepensis</i> Mill.	27
a). Résultats	27
b). Discussion	29
III.3. Etude morphologique et anatomique des aiguilles de <i>Pinus halepensis</i> Mill.	30
III. 3.1.Mesure de la longueur et la largeur des aiguilles	30
a). Résultats	30
b). Discussion	31
III.3.2.Mesure du nombre et le diamètre des canaux sécréteurs	32
a). résultats	32
b). Discussion	33

CONCLUSIONS
RESUME
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES
LES PLANCHES

Introduction

Introduction

Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) fait partie intégrant du paysage méditerranéen depuis au moins 3 millions d'années, l'aire de répartition du pin d'Alep et ses limites s'expliquent par une grande résistance à la sécheresse et par une forte sensibilité aux températures basses, cette aire s'étend sur 3.5 million d'hectares (**Grulois et al.2006**).

En l'Algérie, le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) couvre une superficie de 850.000 ha s'étend essentiellement dans la partie septentrionale du pays (**Kadik, 1987**). C'est l'essence la plus largement utilisée dans les reboisements pour la protection des sols et la reconstitution des zones dégradées et l'occupation des terrains nus, à cause de leur croissance rapide, et de leur résistance aux conditions les plus xériques. Les pinèdes forment des forêts dont les valeurs écologiques sont très variables (**Quézel, 2002**).

Plus de ses valeurs écologiques, le pin a des vertus thérapeutiques connues depuis longtemps ; en Algérie, ses bourgeons, ses aiguilles, son essence et sa résine sont utilisés en médecine traditionnelle comme expectorant, balsamique, antiseptique et antirhumatismal.

Les caractères morphologiques et anatomiques des feuilles des arbres, et particulièrement des résineux tel que le pin d'Alep, ont été étudiés par un certain nombre d'auteurs (**Daguillon, 1890**), mais peu d'entre eux (**Mer , 1883, Dufour , 1887**) se sont attachés à l'étude de l'influence des facteurs écologiques sur les feuilles. Ainsi, la morphologie et l'anatomie comparée des aiguilles de conifères croissant en conditions différentes sont mal connues

Vu l'importance de cette plante sur plusieurs échelles écologiques aussi que économique et pour son large usage en biotechnologique; c'est pourquoi, il nous a semblé utile de mener cette étude afin d'améliorer, valoriser et enrichir la connaissance de cette essence, et de mieux connaître la biologie et l'histochimie de cette espèce.

A cet effet, Les objectifs principaux que nous sommes fixés se résument comme suit :

- Une étude bibliographique sur la monographie de Pin d'Alep pour mettre au point les caractères botaniques de l'espèce toute en s'adressant à ses intérêts économiques et biotechnologiques.
- Une étude anatomique et histochimique des aiguilles du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) provenant de différentes altitudes dans la région de Saida.

➤ Pour terminer, une analyse les variations morphologiques et anatomique observées chez les aiguilles de *Pinus halepensis* Mill. évoluant à différentes altitudes.

Chapitre I

Généralité sur le pin d'Alep

I. Monographie de pin d'Alep

I.1. Taxonomie

Le genre *Pinus*, appartenant à la famille des Pinacées (Abiétacées), est divisé en trois sous-genres qui sont *Pinus*, *Ducampopinus* et *Cembra pinus*. Ces sous-genres sont divisés en sections. L'espèce *Pinus halepensis* Mill., fait partie de la section *Halepensis* qui est divisée en trois groupes parmi lesquels le groupe *halepensis* qui se caractérise par des feuilles à deux aiguilles et à cônes caducs (Nahal, 1962; Kadik, 2006).

Pinus halepensis Mill., nom scientifique donné par Philip Miller en 1768 puis Duhamel a ensuite décrit le pin d'Alep sous le nom de *Pinus hierosolimitana* en 1755 (Nahal, 1962).

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) appartient à un groupe de pins dans lequel plusieurs espèces ont été décrites, mais dont deux seulement sont actuellement considérées comme de véritables espèces par la majorité des systématiciens. Ils s'agit de *Pinus halepensis* Mill., et de *Pinus brutia* Ten. (Quézel & Barbero, 1992). D'après Le Houérou (1990), ces derniers occupent près de 6,8 millions d'hectares sur l'ensemble du bassin méditerranéen. *Pinus halepensis* et *Pinus brutia* sont deux taxons très proches génétiquement, précédemment inclus dans une section distincte ou dans la sous-section *halepensis* (Price et al., 1998; Lopez et al., 2002).

La classification récente du genre *Pinus*, sous-genre *Dyploxylon*, ou pins «durs» à tendance à regrouper les deux espèces *P. halepensis* et *P. brutia* avec *P. heldreichii*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. canariensis* et *P. roxburghii* dans la sous-section *pinaster*, également appelée le groupe des pins méditerranéens (Gernandt et al., 2005 ; 2008).

Le Pin d'Alep appartient à la famille des pinacées (Abiétacées), genre *Pinus*, sous genre *Pinus (Eupinus)*, section *Haepensoides*, et sous groupe *halepensis*. Sa classification est la suivante (Ozenda, 2006).

Règne:*Plantae*

Sous –règne :*Tracheobionta.*

Embranchement :*Spermaphytes*

Sous-embranchement :*Gymnospermes*

Classe:*Pinopsida*

Ordre:*Coniferales*

Famille:*Pinaceae(Abietaceae)*

Sous-famille: *Pinoïdeae*

Genre:*Pinus*

Espèce:*Halepensis* Mill (Miller, 1768)

Subsp :*Halepensis*

Noms communs :

Français : Pin blanc, Pin d'Alep, Pin de Jérusalem.

Espagnol : Pi blanc, Pi bord, Pincarrasco, Pinoblanquillo ;

Italien : Pino di Aleppo ;

Berbère : Tayda.

I.2. Caractères botaniques et dendrologiques du pin d'Alep

C'est un arbre forestier résineux de deuxième grandeur qui peut parfois atteindre les 30 mètres de hauteur (Fig. 01) est souvent penché et peu droit avec une cime écrasée, irrégulière et claire mais ses branches sont assez étalées (**Bekeret *al.* 1982**)



Figure 01: Le pin d'Alep dans les forêts de SAIDA.

I.2.1. Ecorce

L'écorce du pin d'Alep est d'abord lisse et grise, puis épaisse et crevassée tournant au rouge-brun avec l'âge (Seigue, 1985).

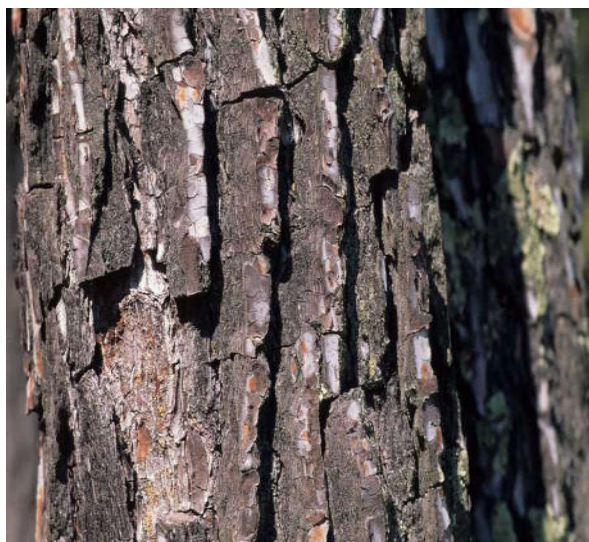


Figure 02 :Ecorce du pin d'Alep

I.2.2. Les Rameaux

Les rameaux sont verts clair, puis gris clair, assez fins (Fig. 03). Ils sont polycycliques car cet arbre fait souvent une seconde pousse la même année. Les bourgeons sont non résineux, ovoïdes, aigus, bruns avec des écailles libres frangées de blanc (Kadik, 1987)

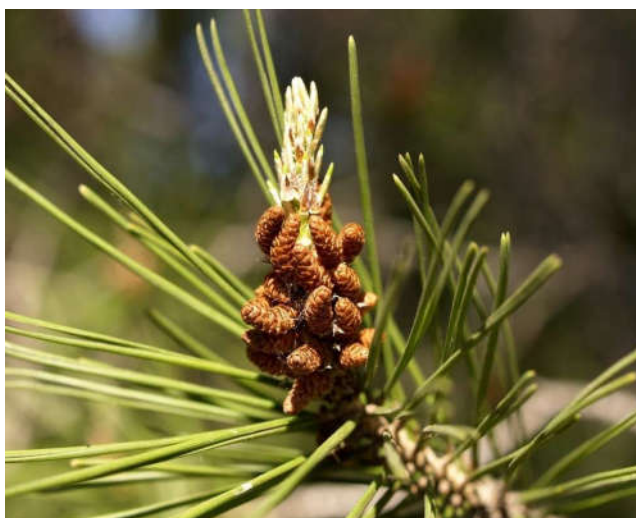


Figure 03 : Le rameau du pin d'Alep.

I.2.3. Les feuilles ou les aiguilles

Elles sont de 6 à 10 cm de long (Fig. 04) avec une largeur de 1 mm, fines, molles, lisses et aigus, groupées par 2 en pinceaux à l'extrémité des rameaux (**Nahal, 1962**).



Figure 04: Les aiguilles du pin d'Alep.

I.2.4. Les cônes

Les cônes sont gros avec une taille de 6 à 12 cm (Fig. 05) avec un pédoncule épais de 1 à 2 cm, Souvent isolés et réfléchis. Ils sont pourpres puis brun lustré avec des écussons aplatis, persistant plusieurs années sur l'arbre. Les graines sont de petite taille de 5 à 7 mm à aile longue, brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre (**Kadik, 1987**).



Figure 05: Les cônes du pin d'Alep.

1.2.5. Le bois

Qui est utilisé en caisserie, pour la fabrication de pâte à papier et de poteaux, si sa forme le permet (Fig. 06). C'est un bois parfait pour la construction de pilotis ou de bateaux (**Venet et Keller,1986**).



Figure 06:Le bois du pin d'Alep.

1.2.6. Les graines

L'arbre de pin d'Alep produit également une graine comestible, appelée « Zgougou », (Fig.07) destinée à la confection d'une crème largement utilisée en Tunisie.



Figure 07 : Les graines du pin d'Alep.

1.2.7. La résine

L'arbre de pin d'Alep peut produire également de la résine grâce à une opération appelée Gemmage. Cette opération consiste à « blesser » le tronc de l'arbre de pin d'Alep pour que ce dernier envoie de la résine afin de cicatriser cette blessure (**Venet, 1986**).

I.3. Aire de répartition

I.3.1. Dans le monde

Pinus halepensis Mill. ; se trouve à l'état spontané autour du bassin méditerranéen, sauf en Egypte. Il est très répandu en Afrique du nord surtout en Algérie et Tunisie où il constitue les massifs les plus importants (**Nahal, 1986**).

Les peuplements de pin d'Alep occupent plus de 2,5 millions d'hectares (**Quezel, 2000**), réparties dans certains pays situés sur le pourtour de la méditerranée.

En Espagne, il constitue 15% de la superficie boisée (surtout sur les chaînes littorales de Catalogne, de la région de Valence et Murcie). Aux îles Baléares, il monte jusqu'à 1.200 m d'altitude (**Kadik, 1987**).

En France, les peuplements occupent 36.000 à 232.000 ha en un siècle (**Brochier et al, 1999**), surtout en Provence et peu à l'Ouest du Rhône. En Corse, la spontanéité est douteuse (région de Saint Florent) (**Kadik, 1987**).

En Italie, le Pin d'Alep est peu abondant ; il se rencontre sous forme de massifs dans la province de Tarente. Il occupe quelques localités en Sardaigne et en Sicile. Dans les Balkans, il est présent sur le littoral adriatique surtout au sud de Split et réapparaît abondamment dans certaines zones de la péninsule hellénique notamment en Péloponnèse nord occidentale, en Attique, en Eubée et en Chalcidique occidentale (**Kadik, 1987**).

Il est représenté peu en Yougoslave, en Grèce, et en Turquie, par des peuplements relativement importants en Palestine et en Jordanie (**Quezel et Barbero, 1992**) et quelques boisements en Syrie et au Liban (**Kadik, 1987**).

En Lybie, il existe dans quelques localités en Cyrénaïque littoral ; en Tunisie, il occupe 370.000 ha (**Ammari et al, 2001**) surtout sur les monts de la dorsale tunisienne (**Souleres, 1969**) et au Maroc 65.000 ha dans le rif, le moyen et le haut Atlas (**Ammari et al, 2001**).



Figure 08: Aire de répartition du Pin d'Alep en région méditerranéenne (Fady et al. 2003)

I.3.2. En Algérie

Avec 35% de couverture, le pin d'Alep occupe la première place de la surface forestière de l'Algérie. Il existe dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride (Fig. 10). Il forme des peuplements dans la région de Tébessa, les plateaux constantinois et les Aurès, la région d'Alger (forêts de Médéa), à bel Abbés, à Saida et dans l'Ouarsenis, l'Atlas saharien et dans la région de Djelfa, les Monts des Ouled-Nail (Fig. 09) (Mezali, 2003). Sa plasticité et sa rusticité lui ont conféré un tempérament d'essence possédant un grand pouvoir d'expansion formant ainsi de vastes massifs forestiers (Bentouatiet al., 2005).

Boudy (1950) cite une surface de 852.000 hectares occupée par le pin d'Alep, alors que Seigue (1985) donne une surface de 855.000 hectares. Mezali (2003), dans un rapport sur le Forum des Nations Unies sur les Forêts (FNUF), avance un chiffre de 800.000 hectares.

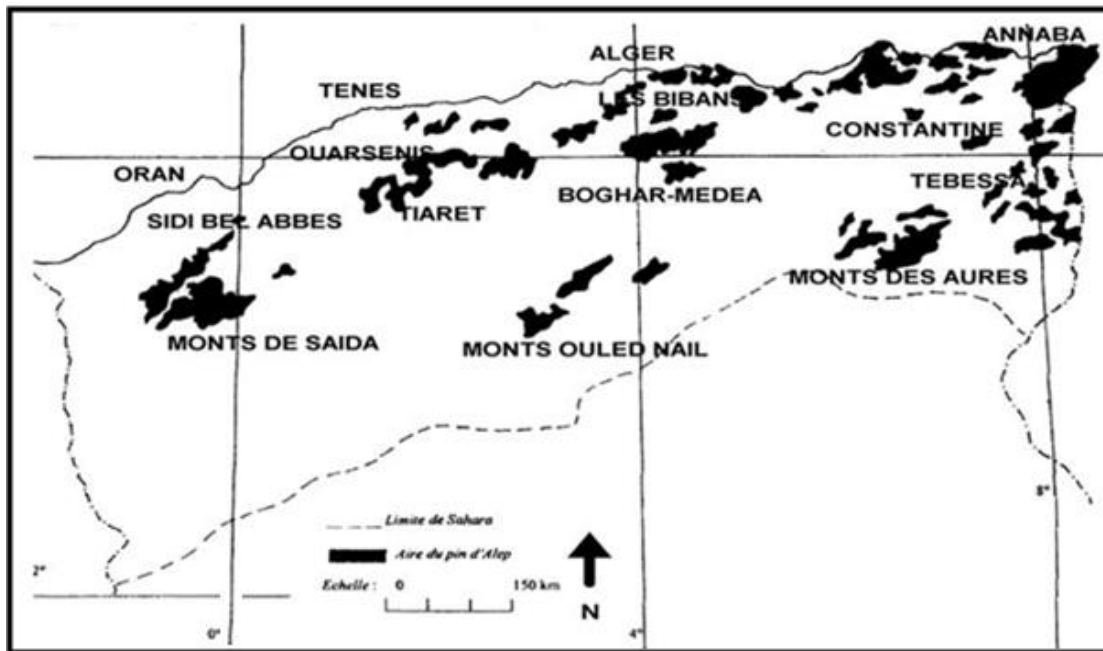


Figure 09: Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie. Bentouati (2006).

I.4. Exigences écologiques de l'espèce

I.4.1. Exigences climatiques

Le pin d'Alep est une essence méditerranéenne qui offre une plasticité écologique, puisqu'il a réussi à coloniser tous les substrats et également présente dans la majorité des variantes bioclimatiques méditerranéennes (Quezel, 1986). Il pousse dans des zones où les précipitations annuelles sont comprises entre 200 et 1500 mm. La pluviométrie n'est pas un facteur déterminant de la répartition de l'espèce, même si c'est entre 350 et 700 mm de précipitation annuelle qu'elle présente un développement optimal (Quezelet Barbero, 1987). C'est une espèce héliophile (supportant de forts éclaircissements) et xérophile (supportant de longues périodes de sécheresse) ; elle se développe à des températures moyennes annuelles de 11 à 19°C mais peut supporter exceptionnellement des températures de -15 à -18°C de courte durée (Nahal, 1962).

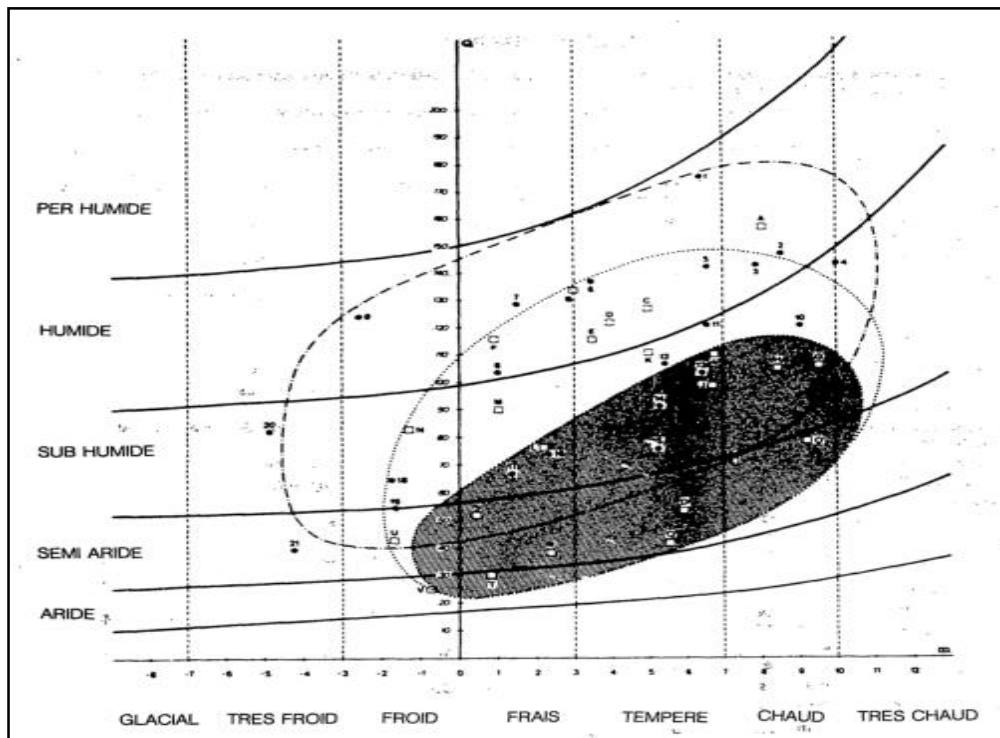


Figure 10: Air de projection du Pin d'Alep sur le climagramme d'Emberger.

I.4.2. Exigences édaphiques

D'après (Nahal, 1962) le Pin d'Alep est une essence méditerranéenne qui possède l'amplitude écologique la plus vaste). Les forêts de pin d'Alep peuvent se développer sur tous les substrats et presque tous les bioclimats de la région méditerranéenne (espèce plastique) (Bruno et al. 2003). Au nord méditerranéen, on le rencontre à 0-600 m d'altitude et au sud à 0-1400 m et même à 2.600 m dans le haut Atlas du Maroc (Bouguenna, 2011).

Le pin d'Alep se développe sur les substrats marneux, calcaires et calcaro-marneux (Quezel et Barbero, 1992) mais également sur les schistes et les micaschistes (sur le littoral algérois) mais jamais sur les gneiss. Il tolère très mal les sols sablonneux et pas du tout les nappes aquifères permanentes qui asphyxient son système racinaire (Quezel, 1986).

Ses meilleurs peuplements sont situés sur des sols à réaction basique 7,5 pH 8,5 mais on peut rencontrer des formations sur sols acides (Provence et Sardaigne), surtout en position sub-littorale (Molinier, 1954 in Quezel et Medail, 2003).

I.5. La régénération du pin d'Alep dans les pinèdes naturelles

Le problème de la régénération naturelle de pin d'Alep dans son aire naturelle où la pluviométrie inférieure à 300 mm c'est -à- dire lorsque le problème est d'origine écologique en particulier la durée et l'intensité de la saison sèche et en plus les incendies et le pâturage non contrôlé et l'absence d'une sylviculture appropriée (**Kadik, 1987**).

Selon **Nahal (1962)**, la régénération n'a lieu que s'il y a une succession d'années à saison sèche moins accusée, c'est-à-dire où l'été est plus pluvieux que d'habitude.

- Sur calcaire marneux, les massifs de Pin d'Alep sont moins dégradés que ceux du calcaire jurassien du fait de la facilité de régénération du Pin d'Alep sur ce substratum.

- Les couches superficielles qui sont très sèches en été, à cause de leur durcissement à la suite de l'évaporation superficielle de l'eau et la remontée capillaire. Ceci explique les difficultés de régénération du Pin d'Alep sur ces terres.

I.6. Croissance du pin d'Alep

Le pin d'Alep est un arbre polycyclique, susceptible d'effectuer plusieurs pousses par an et de produire des faux cernes (**Serre-Bachet, 1973**). Selon **Serre-Bachet (1976a et b)**; **Nicault et al (2001)** la croissance en hauteur de la pousse terminale du pin d'Alep se fait en deux temps : en automne, il développe un bourgeon terminal qui donnera naissance ensuite au printemps suivant à une pousse terminale.

La croissance radiale annuelle d'un arbre dépend des caractéristiques physico-chimiques de la station où il est installé, des conditions climatiques et de la compétition au sein du peuplement dont il fait partie (**Becker, 1989**). La croissance en hauteur se poursuit au-

delà de 100 ans; elle est en moyenne de 14 à 18 cm par an de 1 à 100 ans, mais est plus faible dans les 25 premières années (**Boudy, 1952**). Le pin d'Alep fructifie à l'âge de 10-12 ans, mais ses graines sont aptes à germer qu'à l'âge de 18 à 20 ans (**Nahal, 1962**).

I.7. Sylviculture du pin d'Alep

Certains auteurs classant le pin d'Alep dans les espèces le plus inflammable le danger concerne surtout les peuplements ou les arbres présentent des branches basses un peuplement de pin d'Alep représente une biomasse combustible assez faible. D'après **Nahal (1962)**, les peuplements de Pin d'Alep sont très sensibles à l'incendie. Le traitement en futaie jardinée par bouquets permet à ces peuplements de mieux résister aux incendies. En effet, les peuplements réguliers subissent des dommages beaucoup plus considérables que les peuplements jardinés en cas d'incendies parce que

des classes d'âge entières, notamment les plus jeunes, risquent de disparaître entièrement, entraînant ainsi une rupture d'équilibre dans la forêt. Dans les peuplements jardinés, il n'y a pas de rupture

CHAPITRE I

Généralité sur le pin d'Alep

d'équilibre ; en cas de destruction partielle de la forêt, les parties rescapées restent identiques à la forêt elle-même et le traitement peut continuer à s'appliquer, quitte à réduire l'importance des coupes. Selon **Nahal(1962)**, toujours, le sous étage de chêne vert assure la fertilité de la station en augmentant l'enrichissement du sol en humus et facilite la régénération de pin d'Alep avec l'amélioration de la structure du sol ; cette méthode a été appliquée par les forestiers italiens dans les forêts de Livourne et de Pise (forêt de Migliorino).

I.8. Les facteurs de dégradation du Pin d'Alep

Plusieurs phénomènes menacent régulièrement le pin d'Alep et causent parfois des dégâts importants, il est menacé particulièrement par :

- **L'incendie** : les essences résineuses et notamment le Pin d'Alep est plus exposé aux ravages du feu en raison de sa grande combustibilité, bien que les sous-bois sont relativement moins développés. **Boudy(1955)**, note que le grand ennemi de pineraies est l'incendie, la nature du bois imprégné de résine qui favorise la propagation du feu, beaucoup plus que le sous-bois, celui-ci étant du chêne vert.

- **Le pâturage** : le pâturage est devenu l'un des facteurs les plus redoutables de la déforestation, ces inconvénients sont devenus classiques et il nous suffit de les énumérer sans autres commentaires.

Du point de vue sol, le tassement et le durcissement favorisent la dégradation de couches superficielles du sol par l'absence du couvert végétal et sous la pression du cheptel, on ce qui concerne le peuplement végétal on assiste à la déformation des jeunes sujets, la création des vides, la disparition des semis, des plantes du sous-bois ...etc. (**Boudy, 1953**).

Selon **Boudy(1953)**, le pâturage excessif transforme le plus souvent la forêt en une forme de végétation régressive telle que la broussaille, le maquis ou les arbres disparaissent et on ne rencontre plus des espèces arbustives de la moindre valeur.

- **Action de l'homme** : c'est la plus intense, que ce soit de manière directe ou indirecte et le plus souvent, elle est de caractères destructifs du fait de délit, des défrichements et des incendies volontaires (**Boudy, 1953**).

I.9. Intérêt économique et usage de l'espèce

Le pin d'Alep a un bois blanc, au cœur et couleur fauve claire (roux clair), et de qualité médiocre. Dans l'antiquité, les Grecs lui vouaient un culte et ils l'utilisaient pour la construction navale (Duchene, 2003). Actuellement, il est utilisé pour la confection de caisses et de charpentes, c'est aussi un bon bois de chauffage. Par ailleurs, l'écorce, les aiguilles, les cônes peuvent donner une teinture: jaune, brune, grise, noire (Rameau, 2008).

Le pin d'Alep donne environ 3kg de résine (la gemme) par arbre et par an (Kadik, 1987).

La gemme pure contient 20 à 24 % d'essence de térébenthine et 75 à 80% de cellophane, elle a aussi des usages médicaux (Kadik, 1987). Ses bourgeons très résineux, sont utilisés comme balsamiques et diurétiques (sirop et pastilles). Les graines de pin sont comestibles et utilisées en pâtisserie et confiserie ou peuvent être mangées crues en cassant leur coque.

Ecologiquement, *Pinus halepensis* est l'espèce forestière la plus importante dans de nombreux pays méditerranéens. Il est utilisé généralement dans des programmes de reboisement des sols dégradés (Maestreet Cortina, 2004), cas de la « ceinture verte » dans le sud de l'Algérie, où 1 million de hectares ont été plantés de pins d'Alep il y a plus de 20 ans (Lahouati, 2000).

I.9.1. Propriétés pharmacologiques de l'huile essentielle de pin d'Alep

Parmi toutes les espèces de pins employées dans les recherches scientifiques, le pin *halepensis* occupe une place très importante dans les études récentes grâce à ses graines, qui sont caractérisés par leur richesse en huile.

a. Propriétés pharmacologiques

-Antibactérienne, antifongique. Elle peut être utilisée en mélange pour diffusion pour assainir l'atmosphère. Elle est utilisée à la concentration de 1% dans les sprays aux huiles essentielles indiqués en cas de transpiration.

-L'huile essentielle de pin contient de grandes quantités de monoterpènes, alpha-pinène surtout, antiseptique respiratoire, expectorante, balsamique, oxygénant. Elle est principalement indiquée en cas de toux, de rhume (inhalations), d'enrouement, de grippe. Cette huile essentielle à la senteur "grand air", est aussi un outil dans le sevrage tabagique.

- Hypertensive (Marini *et al.*, 2012).

b. Intérêt thérapeutique

Selon **Stephen(2004)**, Plusieurs études visant à évaluer le potentiel biopharmaceutique de différentes espèces de pins ont été rapportées dans la littérature. Ces travaux se penchent particulièrement sur le potentiel antioxydant, antibactérien et antifongique. Il existe aussi quelques études sur le potentiel anticancéreux des extraits de pins et de composés provenant du genre *Pinus* en particulier(**Kissileff, 2003**).

c. Activité antioxydante

L'activité antioxydante des extraits de *pinusa* été démontrée clairement au cours des dix dernières années. La présence de composés phénoliques explique en grande partie ce fort potentiel antioxydant. (**Park et al., 2011**).

I.9.2. Intérêt nutritionnel et organoleptique

En considérant l'apport énergétique provient essentiellement des protéines, il est maintenant admis, que les corps gras fournissent environ deux fois plus de calories que les glucides. Les corps gras, qu'ils soient d'origine végétale ou animale, restent des nutriments indispensables pour l'organisme. En plus de leur rôle nutritionnel, les corps gras ont un intérêt organoleptique non négligeable. En effet, ils contribuent par leur utilisation culinaire, à la sapidité des aliments ainsi qu'à leurs textures. Donc les corps gras rencontrés dans l'huile de pins peuvent fournir les mêmes effets dans le domaine agroalimentaire.

I.9.3. Autres utilisations**➤ Phytothérapie**

Les bourgeons de pin ont des propriétés: balsamique (adouçissant et odorant comme un baume) antiseptique de l'arbre respiratoire et expectorant par son huile essentielle. Indiqué en cas de toux, de rhume, de laryngite, d'otites et d'angine. Attention cette plante contient des dérivés terpéniques; risque de convulsions en cas d'antécédents de convulsion.

- les bourgeons de pin sont aussi diurétiques et excitants. On les utilise en cas d'inflammation de la vessie, de rhumatisme, de goutte, de leucorrhées et des maladies de la peau
- La sève de pin maritime renommée contre les rhumes est aussi un stimulant de l'appétit et se montre légèrement laxative.

- Le miel de sapin résulte d'un miellat, c'est un liquide pâteux brun verdâtre qui se consomme comme un sirop: miel des Vosges ou miel du Jura. Le miel de sapin est conseillé pour les toux rebelles et chroniques. **(Marini et al., 2012).**

CHAPITRE I

Généralité sur le pin d'Alep

➤ Culinaire

Le pignon de pin issu du pin parasol est apprécié pour son goût neutre. Ils sont très riches en huile et sont très nutritifs.

➤ Matelasserie

En Allemagne, on préparait avec les aiguilles une «laine des forêts » qui servait à fabriquer des matelas. Cette « waldwolle » était jadis renommée pour ses matelas aux rhumatisants.

➤ Insecticide

Le pin des landes ou pin maritime (*pinus pinastre*), mais aussi d'autres espèces d'Amérique du nord (*pinus palustris* et *pinuselliottii*) fournissent par distillation la fameuse essence de térébenthine. **(Marini et al., 2012).**

Chapitre II

Matériels et méthodes

II. Situation géographique

Mise à part la présentation détaillée de la zone d'étude et de l'ensemble des parcelles de terrain sélectionnées pour la réalisation de ce travail, ce chapitre a pour but de décrire précisément les principes et les protocoles de toutes les méthodes analytiques mises en œuvre dans ce travail.

La zone d'étude caractérisée par trois stations dans la wilaya de Saida, elle se caractérise par des formations géologiques renfermant des nappes phréatiques et un cadre géomorphologique caractérisé par le relief et les pentes.

II.1. Caractérisation de la région d'étude

La wilaya de Saïda couvre une superficie totale de 6765 km², localisée au Nord-ouest de l'Algérie, elle est limitée au Nord par la wilaya de Mascara, au Sud par celle d'El Bayadh, à l'Est par la wilaya de Tiaret et à l'Ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbés. La wilaya de Saïda est constituée de six daïras et de seize communes, qualifiée de territoire hybride, ni franchement steppique, ni franchement tellien (ANAT, 2008).

Le territoire de la wilaya se distingue par une palette d'entités géologique, géomorphologique, hydrogéologique, bioclimatique, pédologique et sociale en plus des richesses naturelles importantes et variées (Labani, 2005). Dans les temps historiques, cette position de contact a fait vivre la région d'échanges avec la steppe et les régions pré-sahariennes, cette économie d'échange très largement ouverte sur le Sud, convenait parfaitement au type de ressources qu'offre le territoire de la wilaya (Labani, 2005).

II.1.1.1a Géologie

Selon Lucas (1952), le territoire de la wilaya de Saida est constitué essentiellement de terrains secondaires généralement de grès Jurassiques et Crétacés à dureté variable suivant le degré de consolidation de même que des couches calcaires, marneuses ou dolomitiques. Les dépressions et les vallées sont recouvertes de terrains d'origine continentale (Fluviales et éoliens) d'âge Tertiaire souvent indifférencié (Mio-Pliocène) et Quaternaire de manière étendue. Une formation plus ou moins épaisse de strate rougeâtre, sablo-argileuse d'âge tertiaire ou un recouvrement de croûte calcaire y est rencontrée de façon variable, cet encroûtement représente une fossilisation de la surface topographique constituée par des alluvions tertiaires continentales.

La succession stratigraphique et lithologique est représentée par des formations allant du primaire au Quaternaire avec toutefois des lacunes stratigraphiques de même que des variations latérales de faciès et d'épaisseurs (Labani, 2005).

II.1.2. le climat

La connaissance du climat est un élément fondamental de l'approche du milieu .Il est basé sur l'étude des températures et des précipitations du fait qu'elles constituent les facteurs limitant, mais cela n'exclue pas l'influence d'autres composants comme la neige, les vents et les gelées.

De nombreux auteurs (**Seltzer, 1946 ; Stewart, 1968**) s'accordent sur l'intégration du climat de l'Algérie au climat méditerranéen. La synthèse des données climatiques présentée ci-dessous nous permet de mieux caractériser le climat de notre région.

Pour les besoins de notre étude, nous nous sommes référés aux données météorologiques de la station météorologique de Rebahia (commune : Ouled Khaled, wilaya de Saida) qui est à 4 km de la zone d'étude.

Station	Latitude	longitude	Altitude
Rebahia	34°52' N	00°10' E	750 m

Tableau 01 : Caractéristiques de la station météorologique

II.1.3.Les températures

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour la végétation. Elle représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espaces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 2003**).

Les données climatiques de la température moyenne, maximale et minimale (°C) recueillis de la station météorologique de Rebahia, sont représentées dans le tableau (Tab.01).

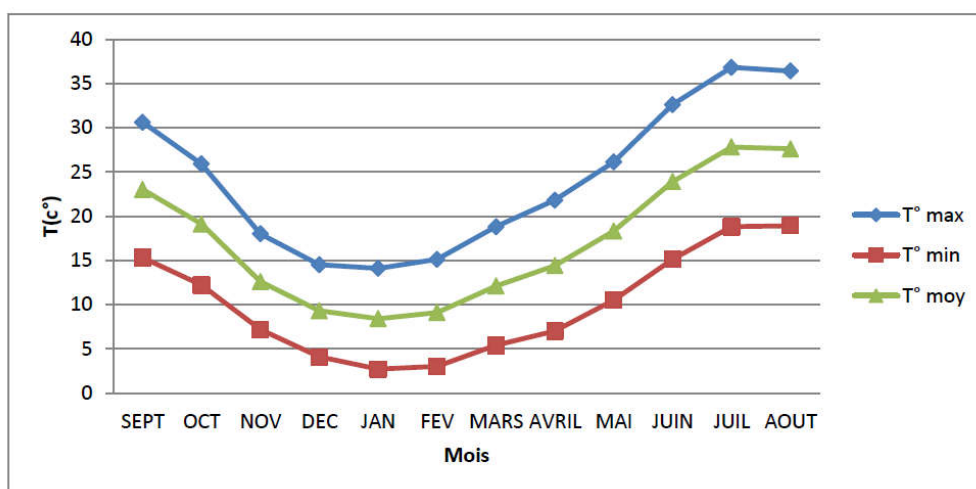


Figure 11 : Répartition des températures moyennes, maximales et minimale 2000 à2016.

II.1.4. Les précipitations

Les précipitations représentent la source principale d'eau nécessaire pour une production de la biomasse, caractérisées par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité et leur fréquence qui varient selon le jour, les mois et aussi selon les années (Guyot, 1997).

L'unité de mesure utilisée est le millimètre de hauteur de pluie, qui correspond à un volume d'eau de 1 litre par mètre carré.

Les précipitations mensuelles et annuelles sont présentées dans la figure (Fig.12).

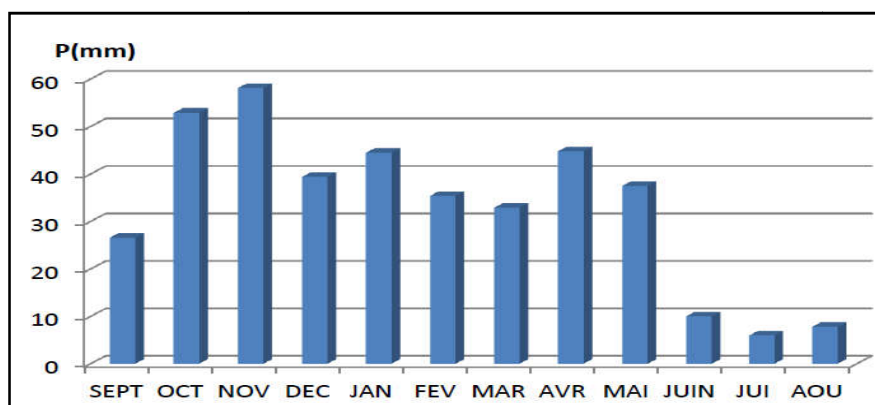


Figure 12 : Moyenne mensuelle de la précipitation (2000-2016).

II.1.5. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

À partir du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (Fig.13). On remarque que la saison sèche s'étale entre le mois de Mai jusqu'à début de mois d'Octobre en comptabilisant 6 mois sur les 12 mois de l'année concernée. L'amplitude de la période sèche est importante, ceci se traduit par un écart important entre les températures et les précipitations enregistrées.

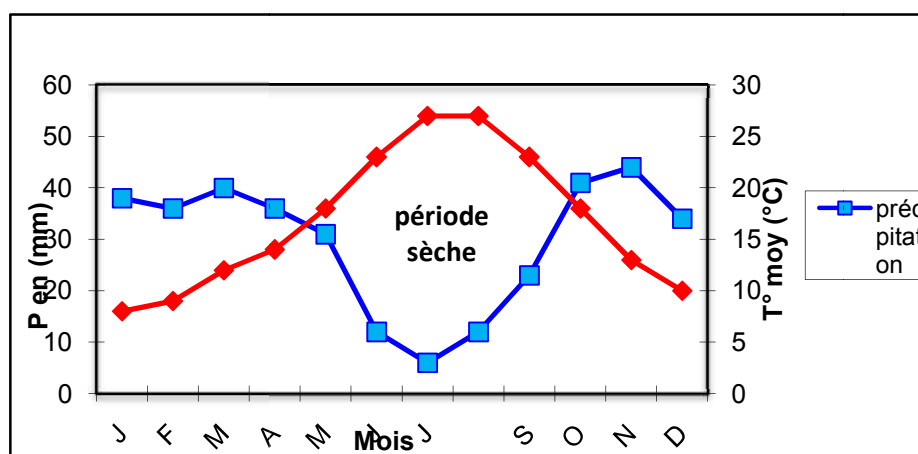


Figure13 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (Station semi aride).

II.2. Choix des stations et prélèvement du matériel végétal

Trois stations d'échantillonnage ont été sélectionnées pour chaque zone de récolte suivant un échantillonnage subjectif dirigé avec la même exposition. Chaque station est caractérisée par son propre altitude (Tab.02).

Les échantillons (les aiguilles du pin d'Alep) ont été prélevés par individu, pendant le mois de Mars 2018, à raison de plusieurs individus choisis au hasard dans chacune des placettes suivant la méthode de prélèvement d'Arbez et Millier (1971). Les aiguilles prélevées sont issues des rameaux d'un âge de moins de 2 ans (Mooney et Gulmon, 1982; Aerts et al., 1995) puis mis dans un sac spécial et conservé 4°C dans une glacière avant d'être analysé, dans la semaine de prélèvement, au niveau de notre laboratoire de biologie Ain el Hadjar.

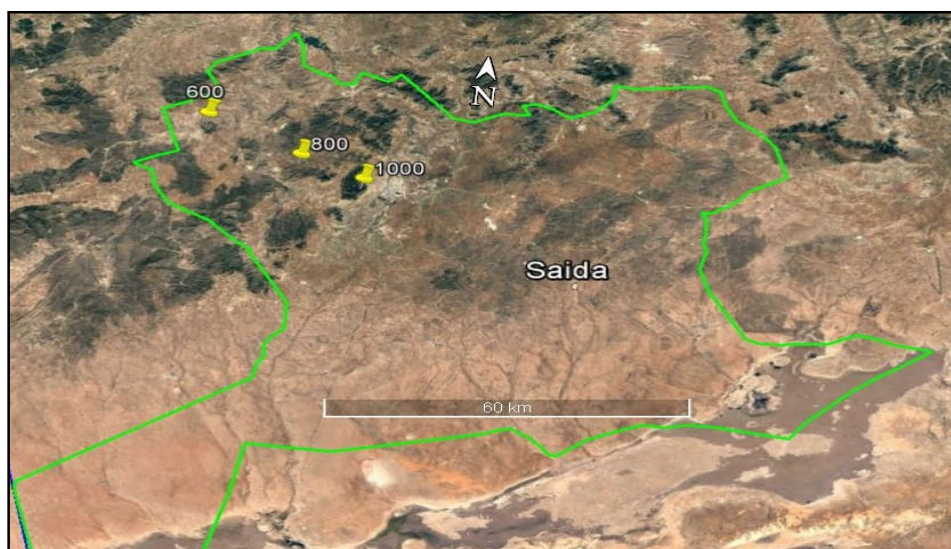


Figure 14: Carte géographique des stations sur le terrain.

II.2.1. Géo localisation des stations

Les stations ont été localisées sur le terrain par le GPS 72 Garmin, 20 Mars 2018 (Fig.14).

Station	Altitude (m)	Longitude X	Latitude Y
Station 01	600	34°56'59.03"N	0°12'27.97"O
Station 02	800	34°51'44.07"N	0° 0'13.88"O
Station 03	1000	34°50'9.15"N	0° 5'31.64"E

Tableau02 : Données géographique des stations d'études.

Les trois stations sont caractérisées par la dominance de l'espèce *Pinus halepensis* Mill., (Fig.15)



Figure 15: Stations d'étude

III.3. Etude morphologique et histochimique

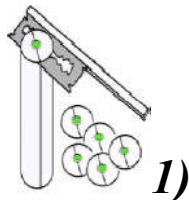
On a choisi les aiguilles de « *Pinus halepensis* Mill. » pour les étudier histologiquement

III.3.1. Matériels

Pour le matériel nécessaire pour cette étude ;

- L'échantillon à étudier (aiguilles de l'espèce *Pinus halepensis*. Mill).
- Lame de rasoirs neufs;
- Verres de montres;
- Eau de javel; (eau de Javel sans additif)
- Eau distille
- Acide acétique dilué (1 volume d'acide dilué dans 1 volume d'eau).
- Colorants (vert de méthyle; rouge Congo)
- Lames et lamelles;
- Microscope optique à grossissement multiple;
- Appareil photo microscope

III.3.2. Préparation et réalisation des coupes anatomiques



- 1)
- Réaliser plusieurs coupes en respectant le plan de coupe précédant.
 - Faire des coupes les plus fines possibles.

2)

- Porter les coupes dans un verre de montre remplis d'eau ;
- Transférer ensuite les dans différents verres de montre afin de réaliser les différentes colorations tout en respectant le temps indiqué dans le protocole.



- 3)
- Monter les coupes entre lame et lamelle dans une goutte d'eau.

Figure 16: Schéma d'obtention des coupes transversales

Les coupes transversales à main levées ont été réalisées sur des rameaux fraîchement récoltés à l'aide d'une lame de rasoir neuve et un support (moelle de sureau/ polystyrène) afin de tenir l'échantillon végétal droit et faciliter la coupe transversale (Fig. 16).

Après la coloration, les coupes sont observées au microscope «LEITZ», et des photographies sont effectuées à l'aide de la photomicroscope «ZEISS».

III.3.3. Coloration des coupes

Plusieurs colorations sont employées pour étudier les tissus et leur caractéristique histochimique.

➤ **Double coloration (Vert de méthyle / Rouge Congo)**

La double coloration au vert de méthyle et rouge Congo permet la mise en évidence des constituants pariétaux de la cellule végétale. Les tissus cellulotiques sont colorés par le rouge Congo et les tissus lignifiés par le vert de méthyle.

La coloration se fait sur un matériel fixé dans l'alcool à 70°C. Les coupes vont subir les traitements suivants:

Liquide	Fonction	Durée conseillée
Eau de javel diluée	Décoloration du contenu cellulaire	15 min
Eau distillée	Rinçage (Très important : s'il reste de l'eau de javel, les colorants suivants seront décolorés)	1 min
Solution d'acide acétique diluée	Mordantage (Aide à la fixation des colorants).	1 min
Vert de méthyle (1%)	Pour les tissus à paroi lignifiée	5min
Eau distillée	Rinçage pour arrêter la fixation du colorant.	1 min
Rouge Congo (1%)	Pour les tissus à paroi cellulosique	20 min
Eau distillée	Rinçage pour arrêter la fixation du colorant.	1 min

Tableau 03 : Etapes de la double coloration.

➤ **Réaction au Lugol**

Elle permet de mettre en évidence les grains d'amidon présents dans les cellules par le lugol en le colorant en bleu-noir (Johansen, 1940).

Les coupes sont montées dans une goutte de Lugol entre lame et lamelle, puis observées au microscope photonique.

➤ **Réaction au Phloroglucinol Chlorhydrique**

Elle permet la mise en évidence des lignines à radicaux conyféryls, en les colorant en rouge pourpre (Wisner, 1878).

D'après Mosiniak (1987), le test au phloroglucinol chlorhydrique est applicable à toutes les lignines, mais la réaction est faible ou absente lorsque la proportion des radicaux syringyls est importante.

Les coupes transversales fraîches sont mises dans le phloroglucinol chlorhydrique (à 2% dans l'alcool 95%) pendant 5mn, puis montées entre lame et lamelle dans unegoutte d'acide chlorhydrique à 37 % et observées rapidement car la réaction est labile.

➤ **Réaction de Maule**

Elle permet la mise en évidence des lignines à radicaux syringyls, en les colorants en rouge foncé (Gibbs, 1958).

Les coupestransversales fraîches sont placées dans une solution du permanganate de potassium (KMnO₄) (à 1% dans l'eau distillée)pendant 5mn, après rinçage à l'eau distillée, elles sont ensuite placées dans l'acide chlorhydrique HCl à 30% jusqu'à décoloration complète (disparition de la teinte brunâtre). Les coupes sont montées dans une goutte d'ammoniaque entre lame et lamelle puis observées.

➤ **Réactions de réactif de Shiff**

Elle permet de mettre en évidence des polysaccharides; en les colorants en rose. Les coupes transversales fraîches sont placées dans une solution d'acide périodique pendant 19 mn après en fait rinçage trois fois. Elles sont ensuite placées dans le réactif de Shiffpendant 19 mn.

Les coupes sont montées dans une goutte d'eau distillée entre lame et lamelle puis observé

III .4. Morphologie des aiguilles :

III .4.1. Paramètre mesuré

Pour caractériser les aiguilles on a suivi un protocole standard utilisé par **Garnier et al. (2001)** et **Vile et al., (2005)**. Les aiguilles de chaque échantillon seront scannées et la longueur et l'épaisseur en millimètre sont déterminées par le logiciel Mesurim.

- Nombre des canaux résinifères par aiguille
- Diamètre des canaux.
- Longueur des aiguilles
- Largeur des aiguilles.

III .4.2 .Traitement statistique :

L'étude statistique des résultats, a été effectuée en utilisant logiciel STATISTICA version 8 française, pour comparer les résultats en fonction de variabilité des altitude à l'aide d'un test ANOVA un facteur de variation, puis une analyse en composante principale effectué pour la corrélation des stations de chaque zone en fonctions des paramètres étudier.

Chapitre III

Résultats et discussion

III. Etude histologique, histochimique et morphologique des aiguilles du pin

III .1.Histologie des aiguilles de *Pinus halepensis* Mill.

a). Résultats

Les coupes transversales effectuées à main levée sur les aiguilles de *Pinus halepensis* Mill., sont à section semi-elliptique ; l'observation après la double coloration (vert méthyle/rouge congo) ;(PLI/SI;PLI/SII ; PLI/SIII) montrent de l'extérieur vers l'intérieur les tissus suivants:

L'épiderme sclérifié:est constituée d'une seule assise de cellule à parois lignifiées, qui se colore en vert par le vert méthyle.

Le mésophile : Il est formé d'un seul type de parenchyme dont les parois des cellules isodiamétriques présentent de nombreux replis.

Les canaux résinifères : Chaque canal est entouré d'un manchon de cellules collenchyme.

L'endoderme: formé d'une seule assise de cellules à paroi épaisses plus ou moins ovales.

Tissu de transfusion : il a un rôle de réserve hydrique et de conduction, assurant la jonction entre les faisceaux et le mésophile. Il est formé de cellules parenchymateuses aux parois minces, généralement plus abondantes vers l'endoderme.

Les deux faisceaux libéro-ligneux : sont indépendants, orientés obliquement, sont situés de part et d'autre de l'axe de symétrie bilatérale ; le xylème et le phloème.

Enfin, quelques cellules de collenchyme sont localisées dans les deux angles de la face ad- axiale.

b). Discussion

La structure anatomique des aiguilles de *Pinus halepensis* Mill. ; montre que la partie externe des coupes est délimitée par l'épiderme (tissu de revêtement), elle est constituée d'une seule assise cellulaire recouverte d'une fine cuticule. Elle est perforée de nombreux stomates enfoncés profondément, qui sont encadrés par des cellules épidermiques plus hautes que les autres et limitent la chambre sus-stomatique.

L'épiderme est consolidé par une assise cellulaire également sclérifiées appelée hypoderme pluriassisial.

Plus à l'intérieur le mésophile occupe une grande partie des coupes, où ses cellules parenchymateuses sont pourvues de nombreux replis. C'est dans le mésophile que sont situés les canaux résinifères, sont des poches sécrétrices allongées bordées d'une ou plusieurs assises cellulaires à rôle de soutien.

L'existence d'une zone central semi-elliptique, formée d'endoderme qui renferme à son intérieure ; le xylème et le phloème qui sont eux même enveloppés du tissu de transduction.

III .2.Histochimie des aiguilles de *Pinus halepensis* Mill.

a). Résultats

Les résultats des tests histochimiques réalisés sur des coupes transversales des aiguilles de *Pinus halepensis* Mill., sont indiqués dans les tableaux suivants :

a).1. Histochimique des aiguilles de la station de A 600 :

Espèce	<i>Pinus halepensis</i> Mill			
Teste		Phloroglucinol Chlorhydrique	Maul	APS
Epiderme sclérifié		-	-	-
Hypoderme pluriassisial		+	+	+++
Mésophile		-	++	-
Endoderme	+	++	-	+
Xylème	+	+++	+++	X2++
Phloème		-	-	+
Tissu de transfusion		++	+ -	++
Canal résinifère		-	+	++

-:absent;+:présent;+ -:plus au moins présent; ++:contrasté; +++:très contrasté.

Tableau 04 : Résultats des tests histochimiques réalisés sur les coupes des aiguilles (A 600m).

a).2. Histochimique des aiguilles de la station de A 800 :

Espèce	<i>Pinushalepensis</i> Mill			
Teste		Phloroglucinol Chlorhydrique	Maul	APS
Epiderme sclérifié		-	-	-
Hypoderme pluriocellulaire		++	+	+++
Mésophile		-	++	-
Endoderme	+	+	-	-
Xylème	++	+++	+++	X2++
Phloème	+	-	-	+
Tissu de transfusion		++	+/-	++
Canal résinifère	+	-	+	++

-:absent;+:présent;+ -:plusaumoinsprésent;++:contrasté;+++ :très contrasté.

Tableau 05 : Résultats des tests histochimiques réalisés sur les coupes des aiguilles (A 800m).

a).3. Histochimique des aiguilles de la station de A 1000:

Espèce	<i>Pinushalepensis</i> Mill			
Teste		Phloroglucinol Chlorhydrique	Maul	APS
Epiderme sclérifié		-	-	-
Hypoderme pluriocellulaire		++	++	+++
Mésophile		-	+++	-
Endoderme	+	+	-	-
Xylème	++	+++	++	X2 ++
Phloème		-	-	+
Tissu de transfusion		++	+/-	++
Canal résinifère	+	-	+/-	++

-:absent;+:présent;+ -:plusaumoinsprésent;++:contrasté;+++ :très contrasté.

Tableau 06 : Résultats des tests histochimiques réalisés sur les coupes des aiguilles (A 1000m).

Les tests montrent que le mésophile, l'endoderme, le xylème et le tissu de transfusion contiennent de l'amidon alors que l'épiderme, l'hypoderme et les canaux résinifères sont dépourvus. D'après les résultats figurés dans les tableaux (Tab. 04-05- et 06) l'intensité de la répartition de l'amidon est un peu plus développée dans les stations A800 et A1000. L'hypoderme, l'endoderme, xylème, et le tissu de transfusion réagissent positivement au phloroglucinol chlorhydrique en se colorant nettement en rouge pourpre ; alors que les autres tissus (l'épiderme, mésophile, phloème, et canaux résinifères) réagissent négativement, et aucune différence n'est mentionnée entre les trois stations..

Les tableaux (Tab. 04 et 05) montrent aussi que les lignines à radicaux syringyls sont présentes dans l'hypoderme, mésophile et le tissu de transfusion et sont clairement contrastées dans le xylème et une légère différence est indiquée sur le tableau (Tab. 06).

Les résultats pour la mise en évidence de polysaccharides par la réaction au réactif de Schiff, montrent leur présence au niveau de l'endoderme et le phloème, et qu'ils sont contrastés surtout dans le xylème secondaire, le tissu de transfusion et les canaux résinifères et très contrastés dans l'hypoderme chez les coupes de s trois stations. Présence négative dans l'endoderme des coupes des stations A800 et A1000.

Discussion

L'amidon qui constitue la réserve en sucre des végétaux se présente sous forme de grains de taille variables, qui se colorent en noir en présence de lugol, La présence de cette réserve en amidon augmente la résistance des tissus au froid (pendant l'hiver) et permet le développement des organes au printemps suivant. (Galet, 1988)

Les lignines se déposent entre les constituants polysaccharidiques présentes dans les types cellulaires qui ont une fonction de soutien du végétal ont une fonction de conduction de sève. Elles se déposent d'abord dans les jonctions cellulaires, puis elles progressent dans la lamelle moyenne et se propagent en suite dans la paroi secondaire (Robert et Roland, 1998).

Après avoir mis en évidence les lignines à radicaux conyferyls par le test au phloroglucinol chlorhydrique et les lignines à radicaux syringyls par le test au Maul. ; nous avons remarqué que l'hypoderme, l'endoderme, le tissu de transfusion et le xylème réagissent positivement à ces tests, ce qui montre que les parois sont lignifiées (Tab. 04- 05- 06). Dans les deux réactions,

on remarque que les cellules différenciées présentent une réaction plus intense que celle des cellules en différenciation.

La mise en évidence des lignines par des réactions spécifiques révèle la complexité structurale des tissus lignifiés dans les aiguilles du pin d'Alep.

III.3. Etude morphologique et anatomique des aiguilles de *Pinus halepensis*

III. 3.1. Mesure de la longueur et la largeur des aiguilles

a). Résultats

Pour la longueur des aiguilles de l'espèce *Pinus halepensis* Mill., et d'après les données obtenus (Fig. 17), elle varie avec une moyenne croissante de 9,5 et 9,87 cm en fonction de l'augmentation de l'altitude, l'étude statistique nous a montré une différence moyennement significative entre les trois échantillons des aiguilles en fonction de l'altitude ($p < 0,01$).

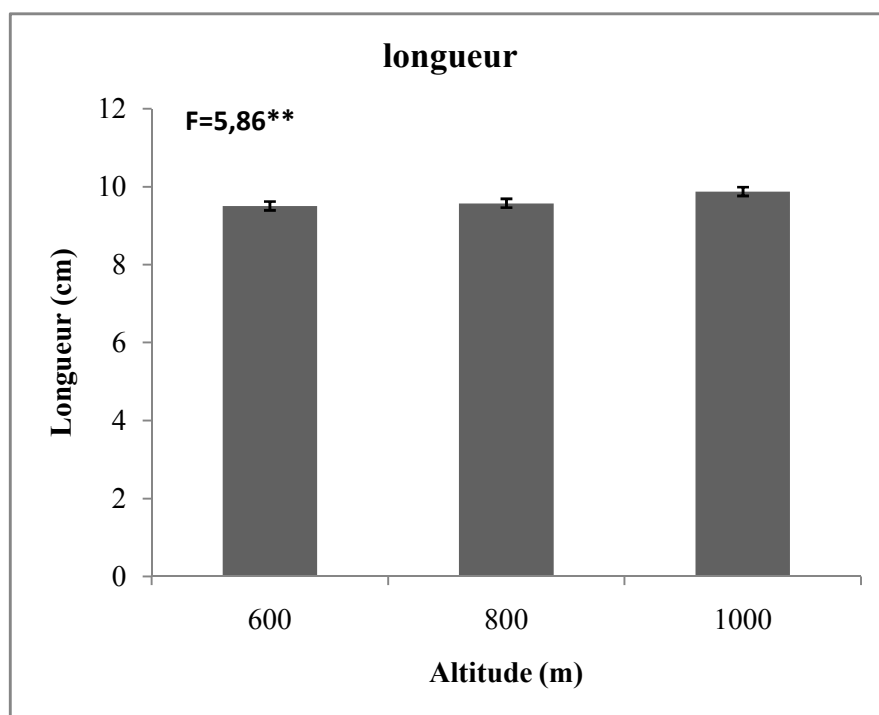


Figure 17: Mesure de la longueur en fonction de l'altitude.

Pour la largeur (Fig. 18) elle présente une moyenne de 309,86 μm pour l'altitude 600m, 315,09 μm pour l'altitude 800m et 323,67 μm pour l'altitude 1000m, cette largeur se varie en fonction de l'altitude, le test statistique montre qu'aucune différence significative ($p>0,05$) n'a été mise en évidence entre les trois stations dans la mesure du largueur des aiguilles du pin.

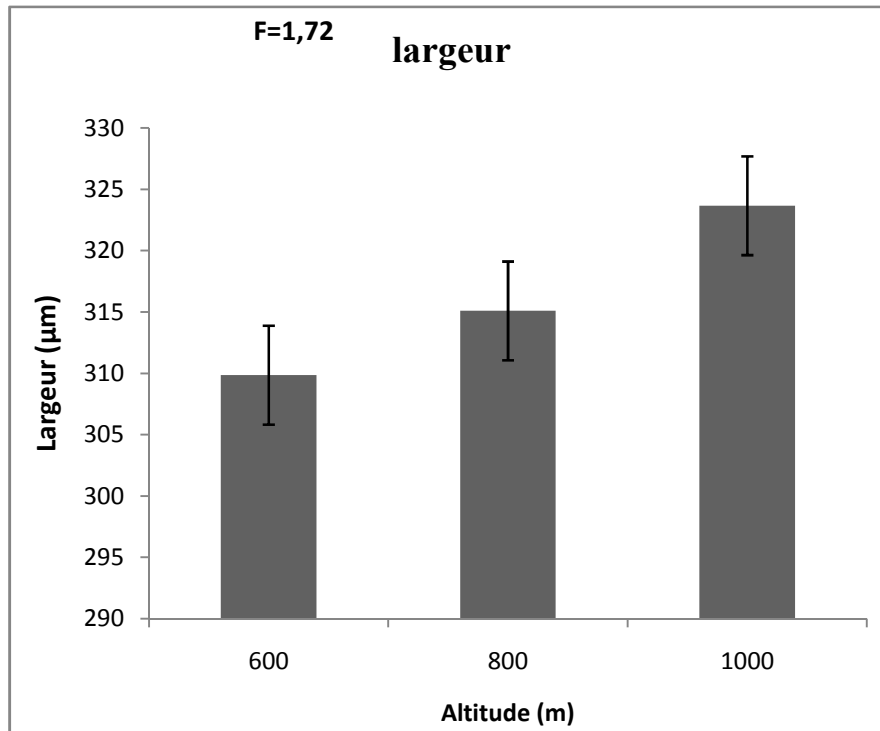


Figure 18: Mesure du largueur des aiguilles en fonction de l'altitude.

b). discussion

Les données ont mis en évidence des différences non considérables concernant les caractères morphologiques des aiguilles, selon les trois altitudes étudiées.

En ce qui concerne la longueur des aiguilles de *Pinus halepensis* Mill., la différence est plus ou moins remarquable. Tandis que le caractère qui a été homogène sur les trois prélèvements, c'est la largeur des aiguilles où aucune différence a été observée.

Mergen et al. (1965) remarquent que la morphologie de l'aiguille des résineux varie au sein de la même espèce en impliquant la forte influence du milieu. Et **Aussenac, (1973)** a montré que les dimensions des aiguilles des résineux en générale sont sensibles surtout par les facteurs climatiques qui permettent la modification de la morphologie.

III.3.2. Mesure du nombre et le diamètre des canaux sécréteurs

a). résultats

Le nombre moyen des canaux sécréteurs se diffère avec une moyenne faiblement significative ($p < 0,05$) entre les trois provenances (Fig. 19). Par contre aucune différence significative été enregistré pour le diamètre des canaux ($p > 0,05$) (Fig. 20).

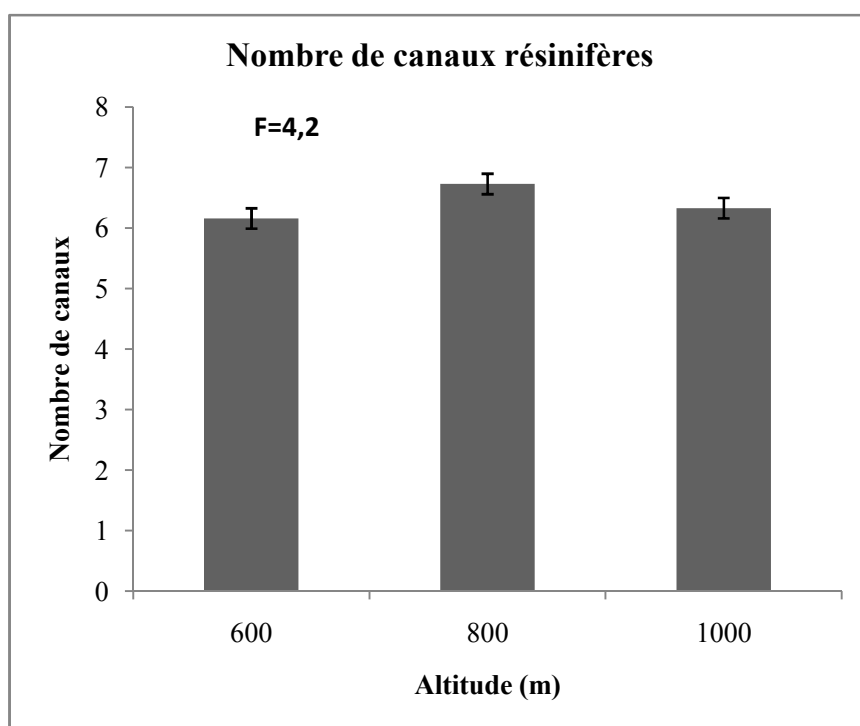


Figure 19 : le nombre des canaux résinifères en fonction de l'altitude.

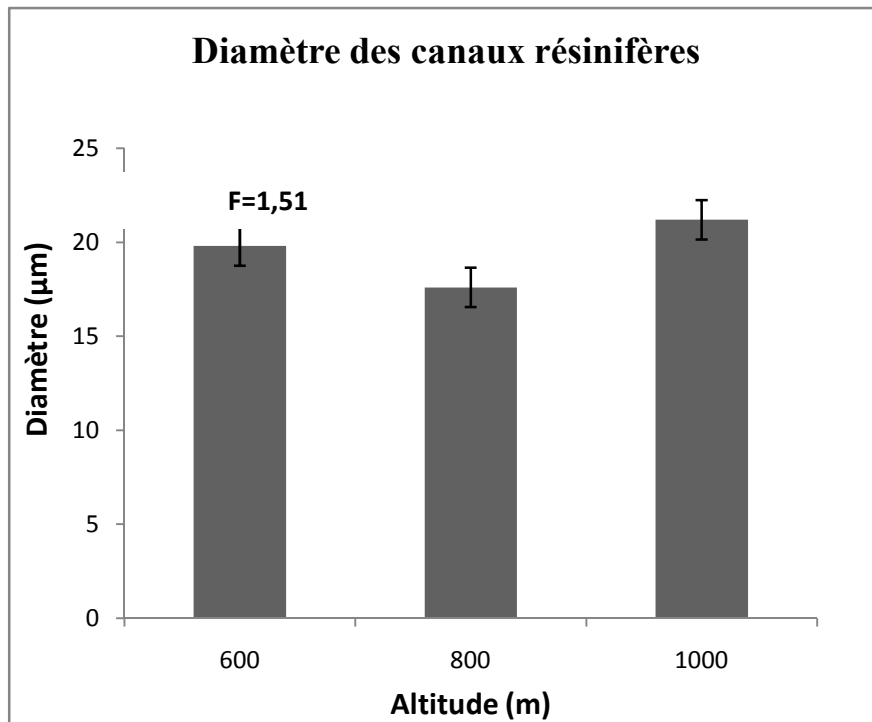


Figure 20 : le diamètre des canaux résinifères en fonction de l'altitude.

b). Discussion

Le nombre de canaux sécréteurs pour les trois provenances, nous conduit à déterminer que l'altitude prise dans ce travail (A600, A800 et A1000) à un effet faiblement significatif, ainsi que pour les mesures du diamètre des canaux restent stable dans les trois altitudes étudiées sans différence. **Vennetier et al (2011)** ont démontré que les facteurs de milieu quel soit édaphique ou climatique influent la croissance des aiguilles des résineux. **Calamassi, 1986** a montré qu'une forte corrélation a été trouvée entre tous les caractères des aiguilles et quelques caractéristiques (latitude, longitude, et altitude).

Conclusion

Conclusion

Au terme de cette recherche, traitant la variation de quelques caractères structuraux et anatomiques des aiguilles du *Pinus halepensis* (Mill.) provenant de trois différentes altitudes (600-800-1000m) dans la région de la willaya de Saida, nous pouvons conclure ce qui suit :

L'étude des caractéristiques histologiques des aiguilles de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) a montré la structure anatomique des aiguilles rappelle celle des Gymnospermes. La coupe de l'aiguille de *Pinus*, à section semi-elliptique est constituée de l'extérieure vers l'intérieur de l'épiderme sclérifié, renforcé par l'hypoderme pluriassial à trois couches cellulaires. Le mésophylle qui est formé d'un seul type de parenchyme et c'est dans ce dernier que sont situés les canaux résinifères. Deux faisceaux libéro-ligneux indépendants, sont situés de part et d'autre de l'axe de symétrie bilatérale. Le xylème primaire et le bois. Les deux faisceaux sont enveloppés dans un tissu de transfusion, lui-même entouré par un endoderme. L'étude effectuée montre également que l'altitude en elle-même n'exerce aucune influence significative au niveau anatomique et morphologique des aiguilles de *Pinus halepensis*.

L'analyse morphologique des aiguilles du pin d'Alep qui a visée les variations des caractères (longueur, largeur de l'aiguille et le nombre de canaux sécréteurs) en fonction de l'altitude a montré l'homogénéité de la largeur et le nombre des canaux sécréteurs, et une variation moyennement significative touchant la longueur des aiguilles.

L'étude histochimique nous a permis d'observer les différents composés pariétaux et leurs répartitions au niveau des tissus cellulaires (Amidon, lignine et les polysaccharides). Cette étude a montré aussi une importante lignification pariétale de l'hypoderme pluriassial, le xylème et même le tissu de transfusion.

Sur le plan des perspectives, des études physiologiques complémentaires sont utiles pour comprendre le transport des nutriments depuis les organes sources vers les organes puits et mieux comprendre la circulation à distance chez le pin d'Alep. Il serait intéressant également de préciser l'analyse qualitatives et quantitatives de ces composés pariétaux par des techniques plus fines pour mieux les identifier afin de les valoriser dans les domaines agroalimentaire et pharmaceutique notamment le xylose qui connaît plusieurs applications.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 **Ammari Y., Sghaier T., Khaldi A., Garchi S., 2001.** Productivité du pin d'Alep en Tunisie: Table de Production. Annales de L'INGREF N° Spécial, pp. 239-246.
- 2 **Anat., 2008.** Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya de Saida, Phase I, Evaluation Territoriale, p. 150.
- 3 **Aerts R., Van Logtestijn R., Van Staaldin M., & Toet S., 1995.** Nitrogen supply effects on productivity and potential leaf litter decay of *Carex* species from peatlands differing in nutrient limitation. *Oecologia*, 104(4), pp. 447-453.
- 4 **Aussenac G., 1973.** Effets de conditions microclimatiques différentes sur la morphologie et la structure anatomique des aiguilles de quelques résineux. *Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences*, 30 (4), pp.375-392.
- 5 **Becker M., 1989.** The role of climate on present and past vitality of Silver fir forests in the Vosges Montais of Northeastern France. *Can J For Res* 19, pp. 1110-1117.
- 6 **Bentouati A., Oudjehih B. & Alatou D., 2005.** Croissance en hauteur dominante et classes de fertilité du pin d'Alep dans le massif d'OuledYakoub et des Beni Oudjana (Khenchela- Aurès). *Sci. Tech.* 23, pp. 57-62.
- 7 **Boudy P., 1950.** Guide du forestier en Afrique du Nord. Édition la maison rustique, p.505.
- 8 **Boudy P., 1952.** Guide du forestier en Afrique du nord. La maison rustique, Paris, p.245-258.
- 9 **Becker M., 1985.** Avantages et limites de l'étude de la végétation spontanée pour la typologie des stations forestières. *Comptes rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France*, vol. 72, n° 10, pp. 875-882.
- 10 **Bentouati A., 2006.** Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) du massif de de OuledYagoub (Khenchla-Aurès).Thèse Doctorat, Univ. Batna, p.115.
- 11 **Boudy P., 1955.** Economie forestière nord-africaine. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larousse, Paris, p. 483.
- 12 **Boudy P., 1952.** Guide du forestier en Afrique du nord. La maison rustique, Paris, pp. 245-258.
- 13 **Boudy P., 1950.** Économie forestière Nord-Africaine. II: Monographie et traitement des ensembles forestiers, Paris, Larousse, p. 887.

- 14 **Bouguenna S., 2011.** Diagnostic écologique, mise en valeur et conservation des
pineraies de *Pinus halepensis* de la région de Djerma (Nord-est du parc national de
Belezma, Batna). Mém. Magister, Univ. Batna, p. 161.
- 15 **Brochiero F., Chandioux O., Ripert C., Vennetier M., 1999.** Autécologie et
croissance du pin d'Alep en Provence calcaire. *Forêt méditerranéenne*, 20(2), pp. 215-
224.
- 16 **Bruno J. F., Stachowicz J. J., & Bertness M. D., 2003.** Inclusion of facilitation into
ecological theory. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(3), pp. 119-125.
- 17 **Boudy P., 1955.** Economie forestière Nord Africaine. vol. 1, description forestière de
l'Algérie et de la Tunisie.
- 18 **Boudy C., 1953.** Sous le signe de Lyautey. La résurrection de la forêt marocaine. Le
rôle du Maréchal Lyautey. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*,
33(371), pp. 376-388.
- 19 **Calamassi R., 1986.** Caractérisation de quelques provenances de *Pinus halepensis* Mill.
sur la base de la structure anatomique et morphologique des aiguilles. *Annales des
sciences forestières*, INRA/EDP Sciences, 43 (3), pp.281-298.
- 20 **Duchene M., 2003.** Guide des arbres et arbustes. France : sélection du Reader's digest,
p.319.
- 21 **Daguillon A., 1890.** Recherches morphologiques sur les feuilles de conifères. Thèse
Paris, Klincksieck, p. 85.
- 22 **Dufour L., 1887.** Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles. Thèse
Paris, Masson, p. 413.
- 23 **Fady B., Semerci H., Vendramin G., 2003.** EUFORGEN Technical Guidelines for
genetic conservation and use for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Brutia pine (*Pinus
brutia*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome (Italy), p.6.
- 24 **Gernandt D.S., Lopez G.G., Garcia S.O., Liston A., 2005.** Phylogeny and
classification of *Pinus*. *Taxon*, 54, pp. 29-42.
- 25 **Gernandt D.S., Magallon S., Lopez G.G., Flores O.Z., Willyard, A., Liston, A.,
2008.** Use of simultaneous analyses to guide fossil-based calibrations of Pinaceae
phylogeny. *International Journal of Plant Sciences*, 169, pp. 1086-1099.
- 26 **Guyot., 1997.** Climatologie de l'environnement de la plante aux écosystèmes, édition
Masson, Paris, p 505.
- 27 **Gibbs R. D., 1958.** The Maule reaction, lignins and the relationships between woody
plants. Thimann, KV *The physiology of forest trees*. Ronald Press: New York, pp. 269-
312.
- 28 **Garnier E., Shipley B., Roumet C & Laurent G., 2001.** A standardized protocol for
the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional ecology*,

15(5), pp. 688-695.

- Grulois S., Peeters J & Thivolle-Cazat A., 2006.** Dynamiser la gestion du pin d'Alep
29 Etude prospective de la ressource et mécanisation de la récolte en Provence-Alpes-Côte
d'Azur.
- 30 **Johansen D.A., 1940.** Plant Microtechnique. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Kadik B., 1987.** Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie
31 : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. Office des publications universitaires (Alger),
p. 585.
- 32 **Kadik B., 1987.** Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) En
Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie. Ed.OPU.Alger, p. 581.
- Kadik-Achoubi L., 2005.** Étude phytosociologique et phytoécologique des formations
33 à pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) de l'étage bioclimatique semi-aride algérien.
Thèse de Doctorat. USTHB, Alger, p 341.
- Marini I., Lavinia Bartolucci M., Bortolotti F., Rosaria Gatto M., & Alessandri
34 Bonetti G. 2012.** Palmitoylethanolamide versus a nonsteroidal anti-inflammatory drug in
the treatment of temporomandibular joint inflammatory pain. Journal of orofacial pain,
26(2), pp . 99
- Kissileff HR., CarrettaJC ., Geliebter A & F. Xavier Pi-Sunyer.
35 2003.** Cholecystokinin and stomach distension combine to reduce food intake in humans.
American Journal of Physiology, pp.285- 998.
- 36 **Lahouati R., 2000.** Expérience des Plantations en Climat Aride. Cas de la Ceinture
Verte en Algérie. Direction Générale des forêts, Ministère de l'Agriculture, Alger.
- López G.G., Kamiya K., Harada K., 2002.** Phylogenetic relationships of Diploxylon
37 pines (Subgenus *Pinus*) based on plastid sequence data. International Journal of Plant
Sciences, 163, pp. 737-747.
- Labani A., 2005.** Cartographie écologique et évaluation permanente des ressources
38 naturelles et des espaces productifs dans la wilaya de Saida (Doctoral dissertation, Ph.
D. Thèses, Sidi Bel Abbes University).
- Lucas G., 1952.** Bordure Nord des hautes plaines dans l'Algérie occidentale : Primaire,
39 Jurassique, analyse structurale.- XIX. Congrès géologique International d'Alger,
Monographie régionale, (1ère série), n° 21, pp. 139.
- 40 **Maestre F.T., Cortina J., 2004.** Insights into ecosystem composition and function in a
sequence of degraded semiarid steppes. Restoration Ecology 12, pp. 494-502.
- 41 **Mezali M., 2003.** Rapport sur le secteur forestier en Algérie. 3ème session du forum des
Nations Unis sur les forêts, p 9.
- 42 **Mergen F., 1965.** Ecotypic variation in *Pinus strobus* L. Ecology, 44, pp. 716-727.

- 43 **Mooney H. A & Gulmon S. L., 1982.** Constraints on leaf structure and function in reference to herbivory. *BioScience*, 32(3), pp. 198-206.
- 44 **Mosiniak-Bessoles Michele., 1987.** Contribution a l'étude des oscillations spontanées de l'assemblage cellulosique dans les parois des cellules végétales. Thèse de doctorat. Paris 6.
- 45 **Nahal I., 1962.** Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Ann. Ecole eaux et forêts. Sta. Rech. Exp.* 19(4), p. 208.
- 46 **Nahal I., 1962.** Le Pin d'Alep. Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Annales de l'école nationale des eaux et forêts*, 19, (4), pp. 533- 627.
- 47 **Nahal I., 1986.** Taxonomie et aire géographique des pins du groupe halepensis. Série Etude CIHEAM 86/1, pp. 1 - 9.
- 48 **Nicault A., Rathgeber C., Tessier L. et Thomas A. 2001.** Croissance radiale et densité du bois du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en relation avec les facteurs climatiques. Analyse in situ de la mise en place du cerne. *Annals of Forest Sciences* 58, pp. 769- 784.
- 49 **Ouessai S., 2016.** Etude histochimique des rameaux caulinaires de « *Pyrus Gharbaina* » et biométrie des fibres. Mémoire, master en biotechnologie végétal. Univ. Saida, pp 29-32.
- 50 **Ozenda P., 2006.** Les végétaux: organisation et diversité biologique. Ed. Dunod (2ème éd.), Paris, p. 516.
- 51 **Price R.A., Liston A., Strauss S.H., 1998.** Phylogeny and systematic of *Pinus*. In: Richardson D.M. (Ed.) *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press.
- 52 **Park Y.S. M., Hee Jeon H. J., Hwang M., Park S. H., Lee S. G., Kim & Kim M., 2011.** Nutrition Research and Practice (*NutrResPract*); 5(4), pp. 281-287.
- 53 **Quézel P & Barbéro M., 1992.** Le pin d'Alep et les espèces voisines : répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne XIII* (3), pp. 158-170.
- 54 **Quézel P., 1986.** Les pins du groupe —Halepensis—. *Ecologie, Végétation, Ecolphysiologie*. CIHEAM- Options Méditerranéennes, pp. 11-23.
- 55 **Quézel P., 2000.** Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *Pinus brutia*). In: *Ecology, Biogeography and Management of Pinus halepensis and P. brutia Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*. Eds., Néeman G., Trabauds L., Backhuys Publishers, Leiden, pp. 1-12.
- 56 **Quézel P., Barbero M., 1992.** Le pin d'Alep et les essences voisines: répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne*, 3, pp. 158-170.

- 57 **Quezel P., Médail F., 2003.** Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Eds. scientifiques et médicales, Elsevier SAS. Paris, pp. 28-125.
- 58 **Quezel P., Barbero M., & Benabid A., 1987.** Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du Haut Atlas oriental (Maroc). *Ecologia mediterranea*, 13(1-2), pp. 107-117.
- 59 **Rameau J.C ; Manson D ; Dume G.** Gauber ville Christian .flore forestière française : volume 3, région méditerranéenne, paris : institut pour le développement forestier, 2008, p. 2426.
- 60 **Ramade F., 2003.** Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale. 3ème édition. Paris, p. 690.
- 61 **Seigue A., 1985.** La forêt circum-méditerranéenne et ses problèmes. Maison neuve et Larose. Édition. Paris, p. 502.
- 62 **Serre-Bachet F., 1973.** Contribution à l'étude dendroclimatologique du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille III, France, p. 236.
- 63 **Serre-Bachet F., 1976 a.** Les rapports de la croissance et du climat chez le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). I - Méthodes utilisées. L'activité cambiale et le climat. *Acta Oecologica / Oecologicaplantarum* 2 (2), pp. 143-171.
- 64 **Serre-Bachet F., 1976 b.** Les rapports de la croissance et du climat chez le pin.
- 65 **Soltani A., 2016.** Typologie et Fertilité des stations de pin d'Alep de la forêt de Benjloud (Saida), mémoire, master en foresterie, univ. Tlemcen, p. 141.
- 66 **Souleres G., 1969.** Le pin d'Alep en Tunisie. *Ann. Ins. Hist. Nat. afr., Nord, Alger*, 59 (4), pp.23-36.
- 67 **Stephen C., 2004.** Woods Gastrointestinal Satiety Signals I. An overview of gastrointestinal signals that influence food intake. *American Journal of physiology*, p. 286: G7-G13.
- 68 **Seltzer P., 1946.** Climate of Algeria, Institute of Weather and Phys. From the globe of the Univ. From Algiers, p. 219.
- 69 **Stewart Ph., 1968.** Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique : quelques réflexions. *Bul. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 59, pp.23-36.
- 70 **Venet J., 1986.** Identification des outils et méthodes utilisées à Dynafor concernant la Dendrochronologie.
- 71 **Venet J & Keller R., 1986.** Identification et Classement des Bois Français. 2 é éd. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF). Nancy p 310 Google Scholar.

Vennetier M., F. Girard., C Didier., S Ouamim., C Ripert., 2011. Adaptation
72 phréologique du pin d'Alep au changement climatique. Forêt méditerranéenne, 32 (2),
pp. 151 - 167.

**Vile D., Garnier E., Shipley B., Laurent G., Navas M. L., Roumet, C., ... & Midgley
73 G. F., 2005.** Specific leaf area and dry matter content estimate thickness in laminar
leaves. Annals of botany, 96(6), pp. 1129-1136.

les planches

Station A

PLANCHE I

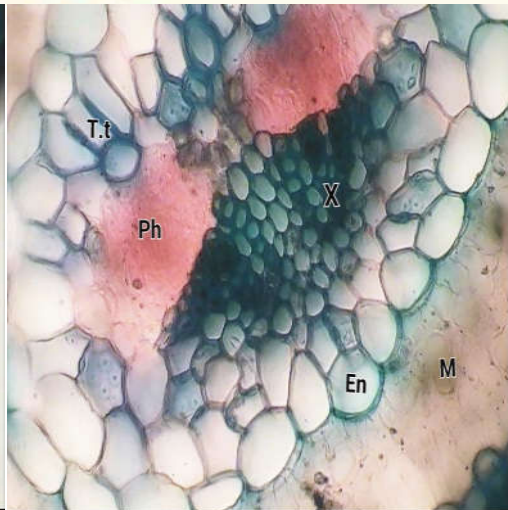
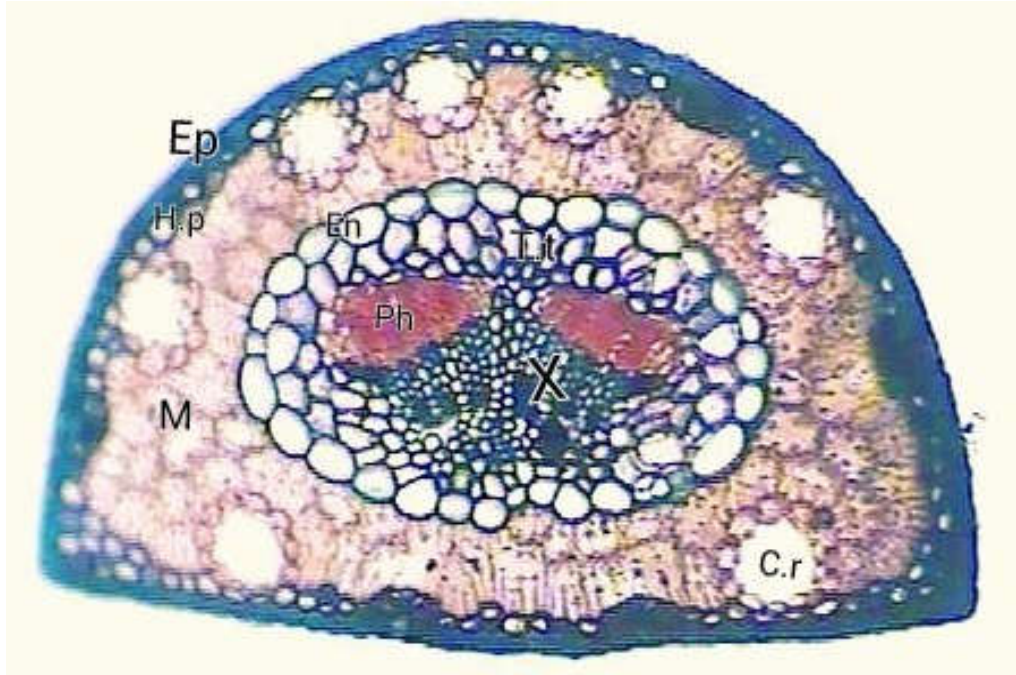


PLANCHE I

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupe transversales effectuées «à main levée ».
- Coloration vert méthyle – rouge Congo qui permet la mise en évidence des constituants pariétaux de la cellule végétale. Les tissus celluloseux sont colorés par le rouge Congo et les tissus lignifiés par le vert de méthyle.

Légende :

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassial ; **M**: Mésophile; **En** ; endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère ; **A.c** : Angle de collenchyme.

Figure1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10) .

Figure2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent un Canal résinifère et l'angle de collenchyme.(×40)

Figure3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème et xylème et les tissus de transfusion.(×40)

PLANCHE II

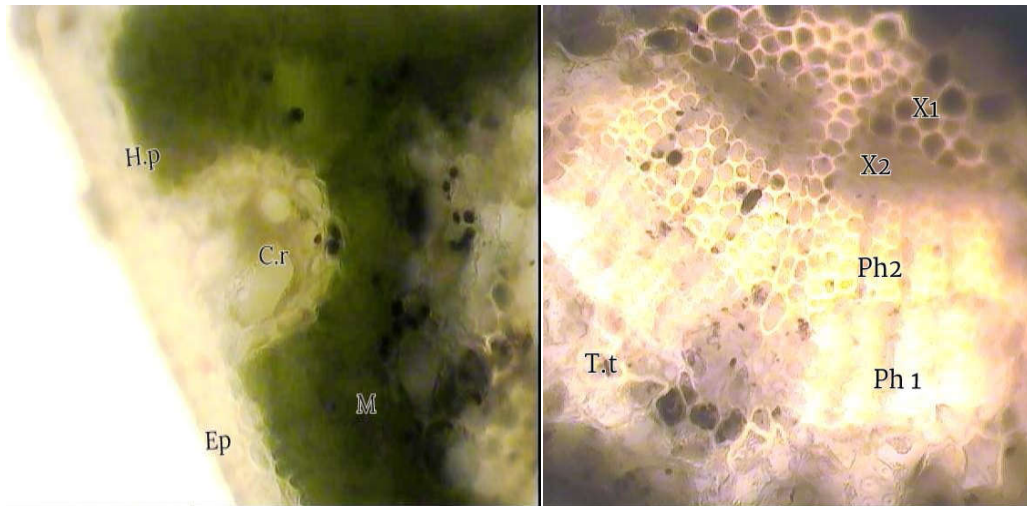
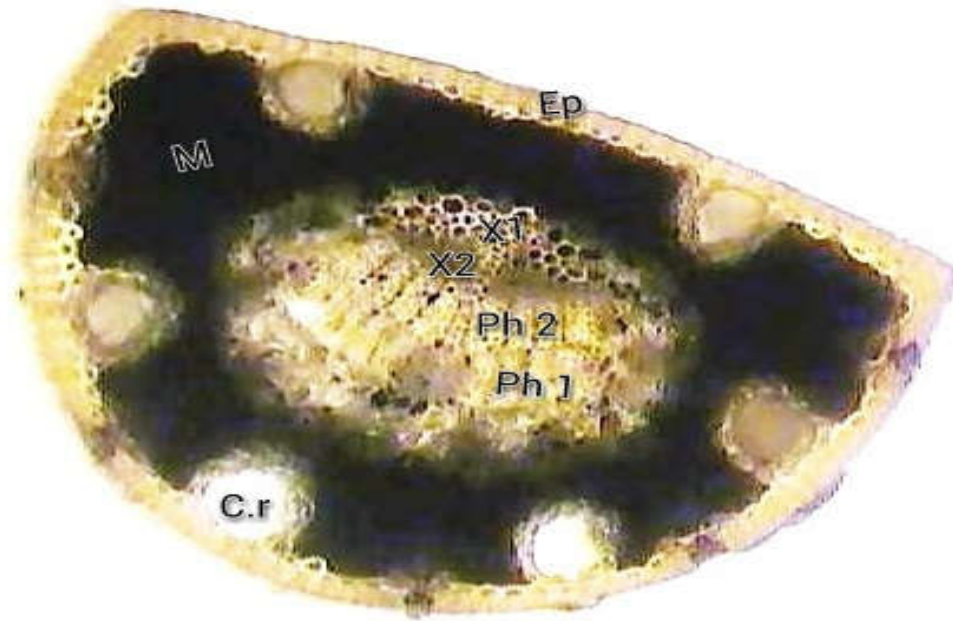


PLANCHE II

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à mainlevée».

- Réaction au lugol : Elle permet de mettre en évidence les grains d'amidon présents dans les cellules par le lugol en le colorant en bleu-noir (Johansen, 1940).

Les coupes sont montées dans une goutte de Lugol entre lame et lamelle, puis observées au microscope photonique.

Légende:

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassisial ; **M**: Mésophile; **En** ; endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère.

Figure1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent un Canal résinifère et Mésophylle.(×40)

Figure3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème et xylème et les tissus de transfusion.(×40)

PLANCHE III

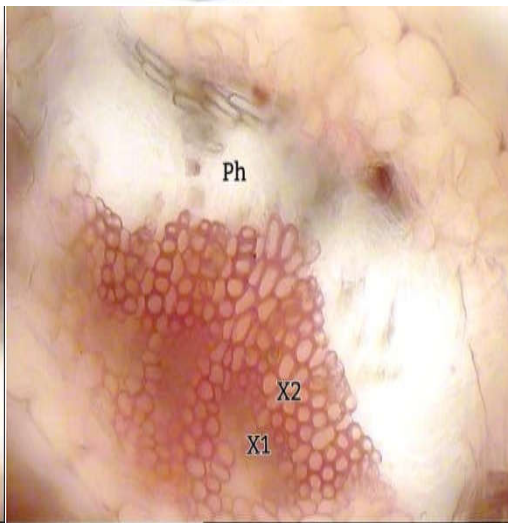
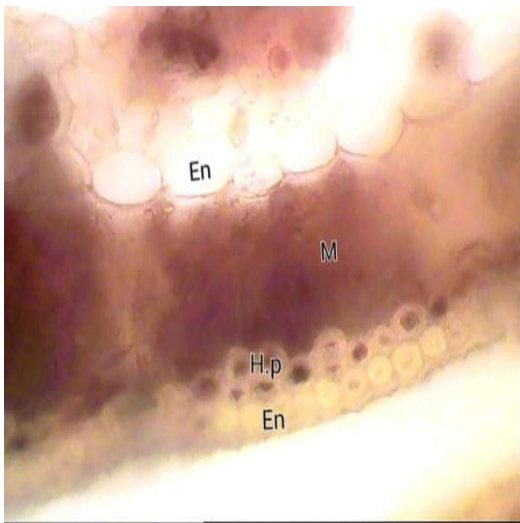
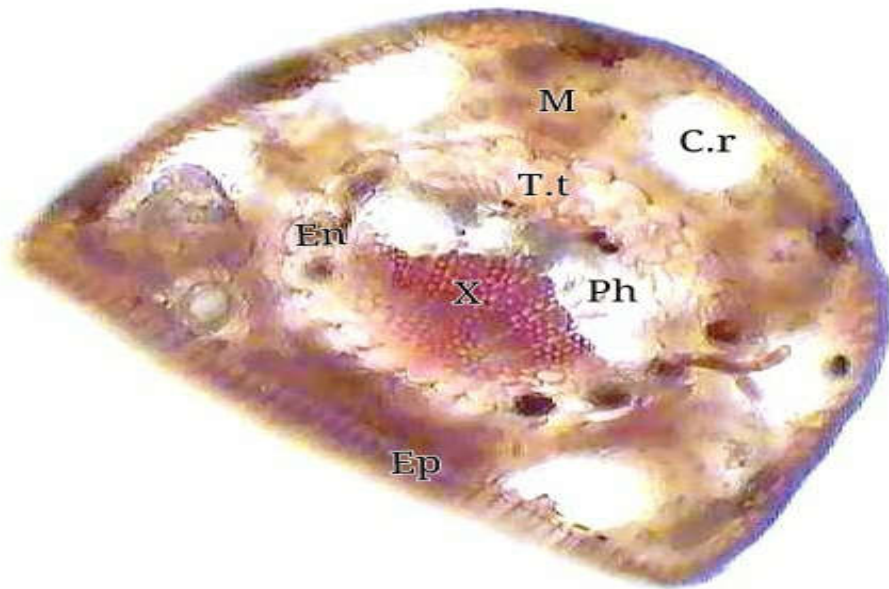


PLANCHE III

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à main levée».

- Réaction de Maule : Elle permet la mise en évidence des lignines à radicaux syringyls, en les colorant en rouge foncé (Gibbs, 1958).

Légende:

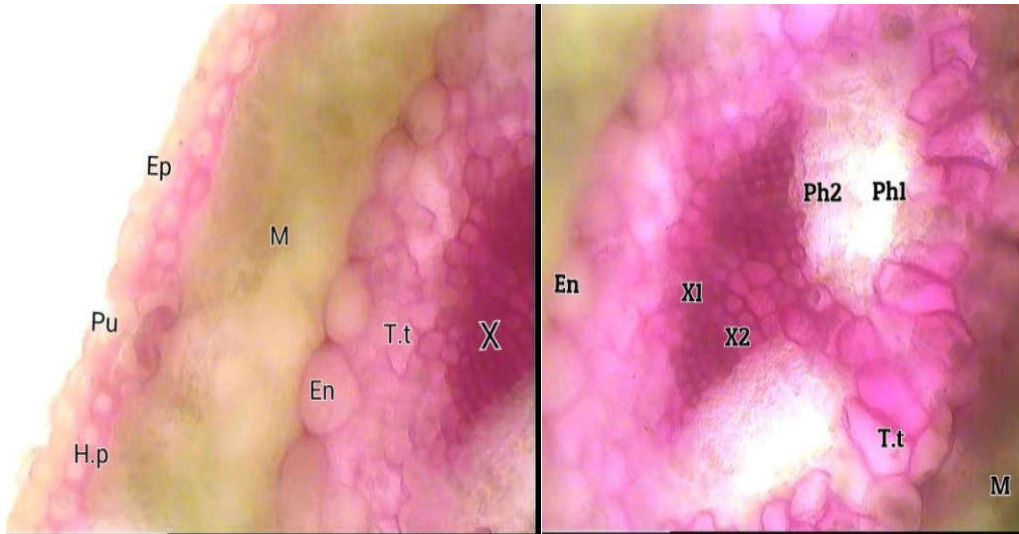
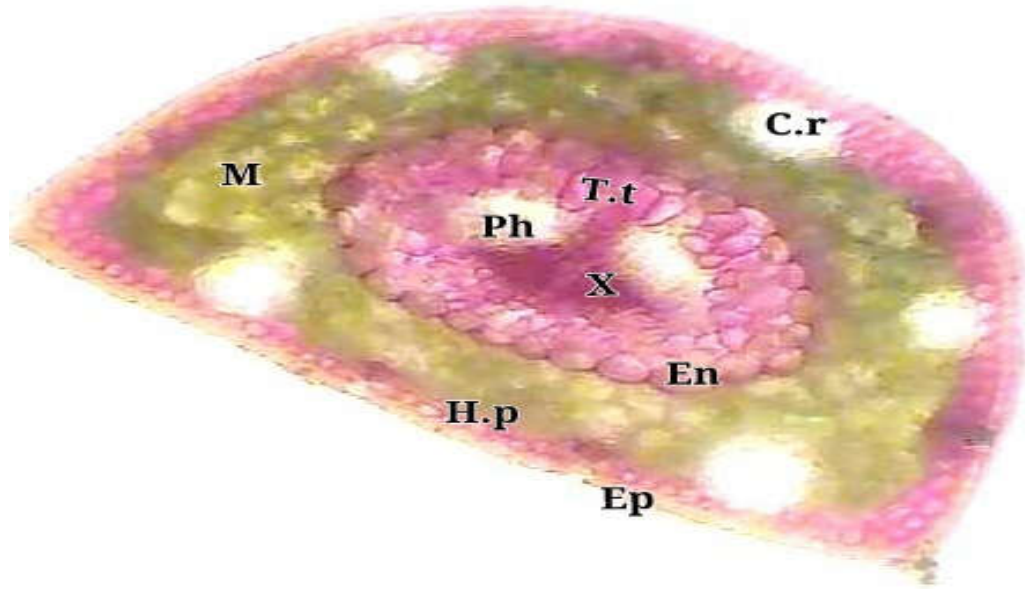
Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; endoderme ; **X** : Xylème ;
Ph : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère.

Figure 1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure 2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrant l'épiderme, l'hypoderme pluriassissial, mésophile et l'endoderme. (×40)

Figure 3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrant le phloème et xylème et les tissus de transfusion. (×40)

PLANCHEIV



PLANCHEIV

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à mainlevée ».
- Réaction au Phloroglucinol Chlorhydrique :Elle permet la mise en évidence des lignines à radicaux conyféryls, en les colorants en rouge pourpre (Wisner, 1878).

Légende:

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère, **Pu** : Puits (chambre sus-stomatique).

Figure1:Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure2 :Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent l'épiderme, l'hypoderme pluriassissial, puits (chambre sus-stomatique), mésophile, l'endoderme et le xylème. (×40)

Figure3:Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème et xylème et les tissus de transfusion. (×40)

PLANCHE V

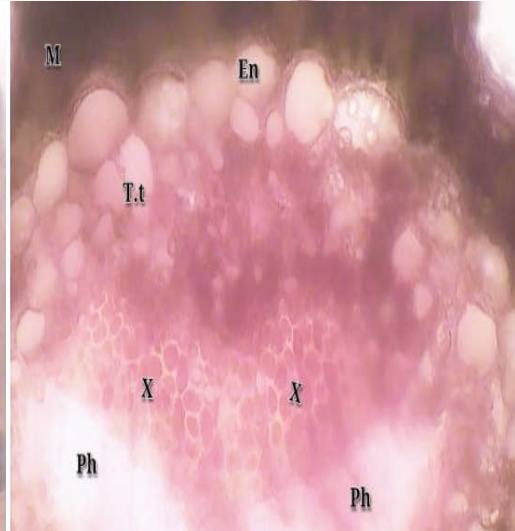
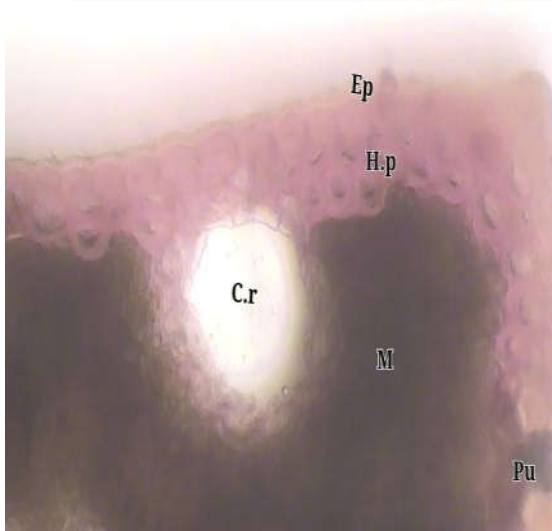
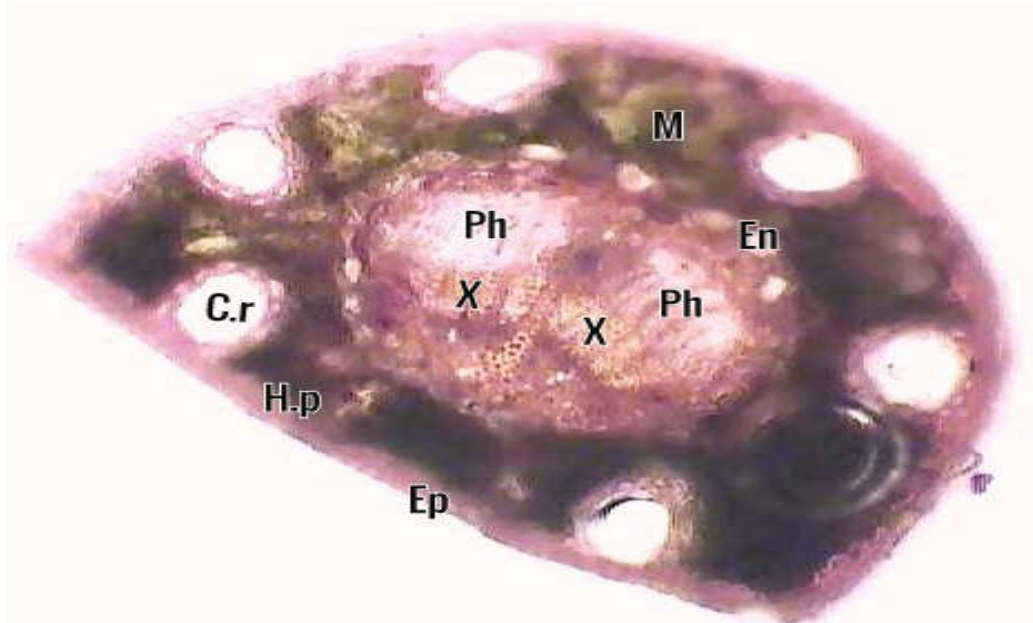


PLANCHE V

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à main levée ».
- Réaction au réactif de Schiff : Elle permet de mettre en évidence des polysaccharides; en les colorants en rose.

Légende:

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère **Pu** : Puits (chambre sus-stomatique).

Figure1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent un Canal résinifère, l'épiderme ; Hypoderme pluriassissial, et un puits. (×40)

Figure3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème et xylème ; l'endoderme et les tissus de transfusion. (×40)

Station B

PLANCHE I

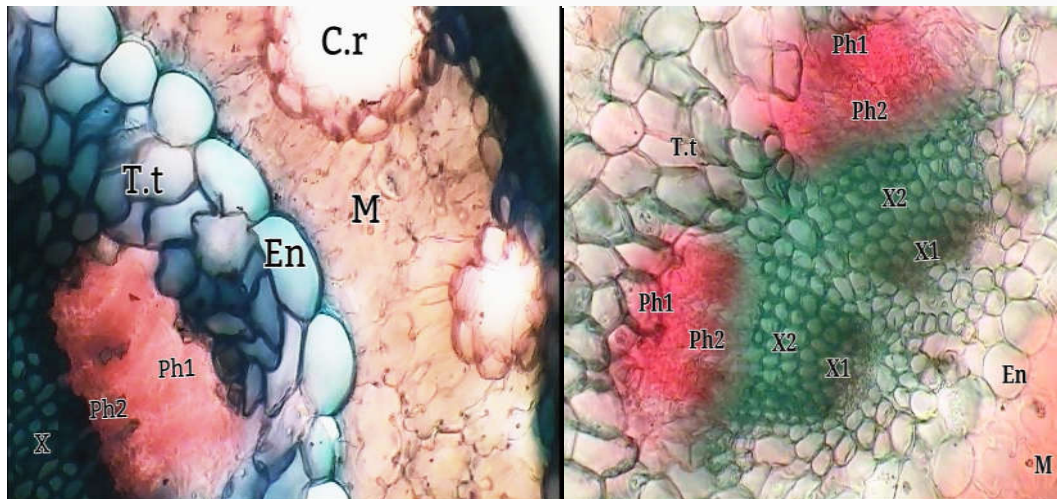
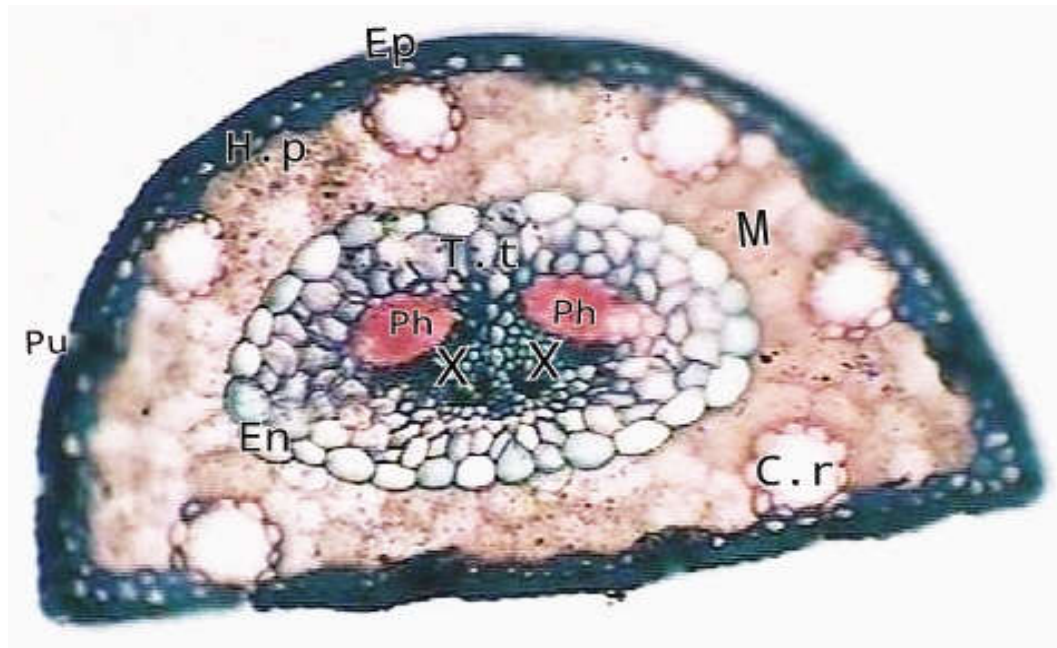


PLANCHE I

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à main levée».
- Coloration vert méthyle – rouge Congo qui permet la mise en évidence des constituants pariétaux de la cellule végétale. Les tissus celluloseux sont colorés par le rouge Congo et les tissus lignifiés par le vert de méthyle.

Légende:

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère.

Figure1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent un Canal résinifère, mésophile et, l'endoderme.(×40)

Figure3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème primaire et secondaire ; le xylème primaire et secondaire et les tissus de transfusion. (×40)

PLANCHE II

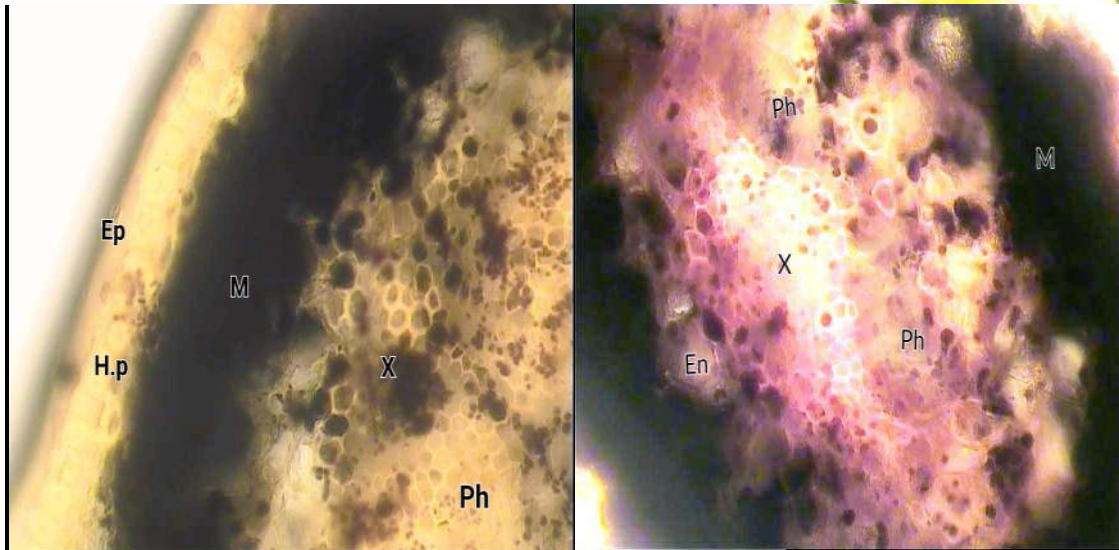
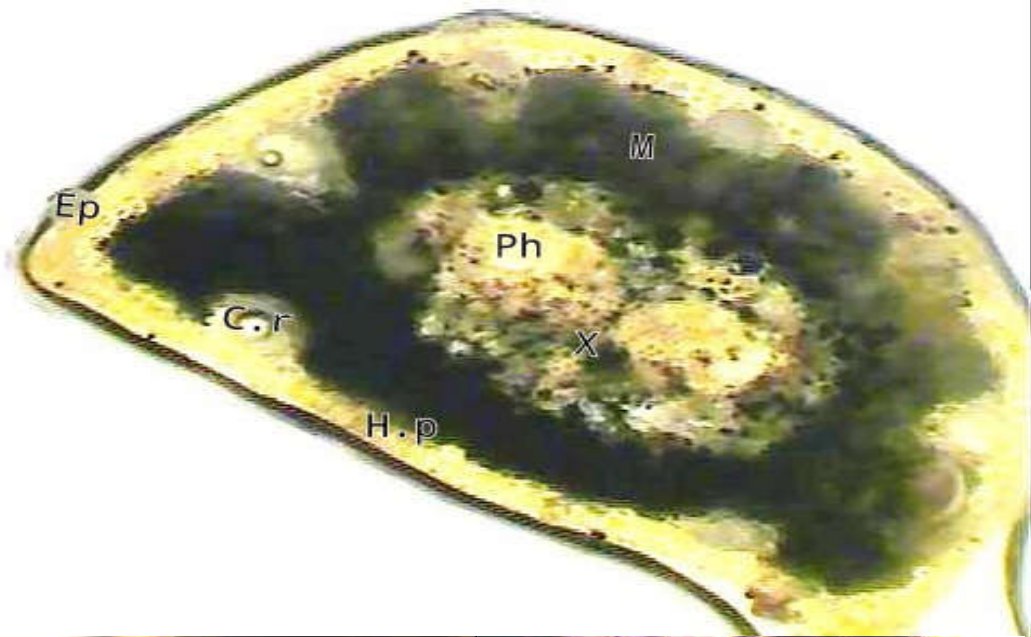


PLANCHE II

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à main levée ».

- Réaction au lugol : Elle permet de mettre en évidence les grains d'amidon présents dans les cellules par le lugol en le colorant en bleu-noir (Johansen, 1940).

Les coupes sont montées dans une goutte de Lugol entre lame et lamelle, puis observées au microscope photonique.

Légende:

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère.

Figure1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrant l'épiderme, l'hypoderme pluriassissial, mésophile, l'endoderme et le xylème. (×40)

Figure3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrant le phloème et xylème et les tissus de transfusion. (×40)

PLANCHE III

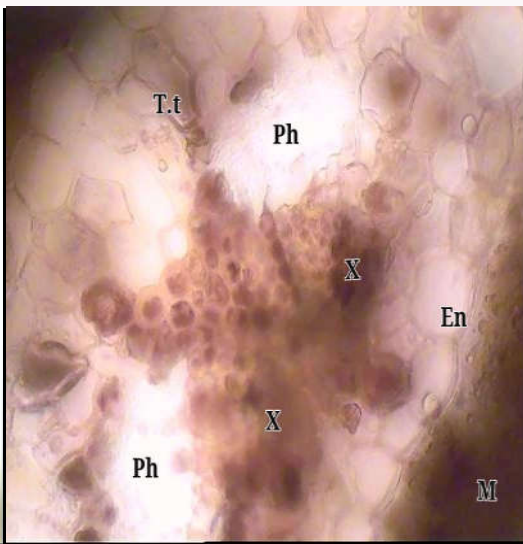
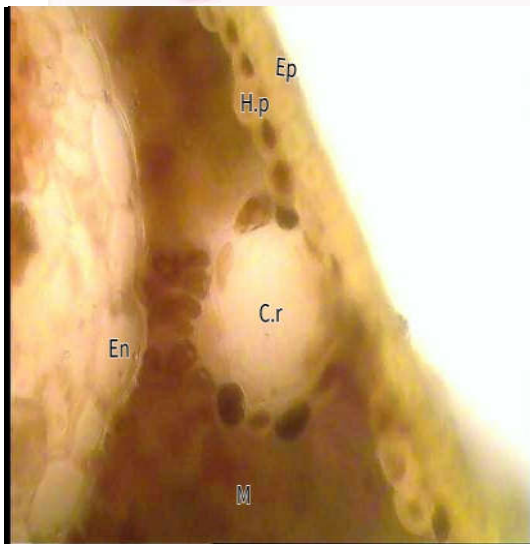
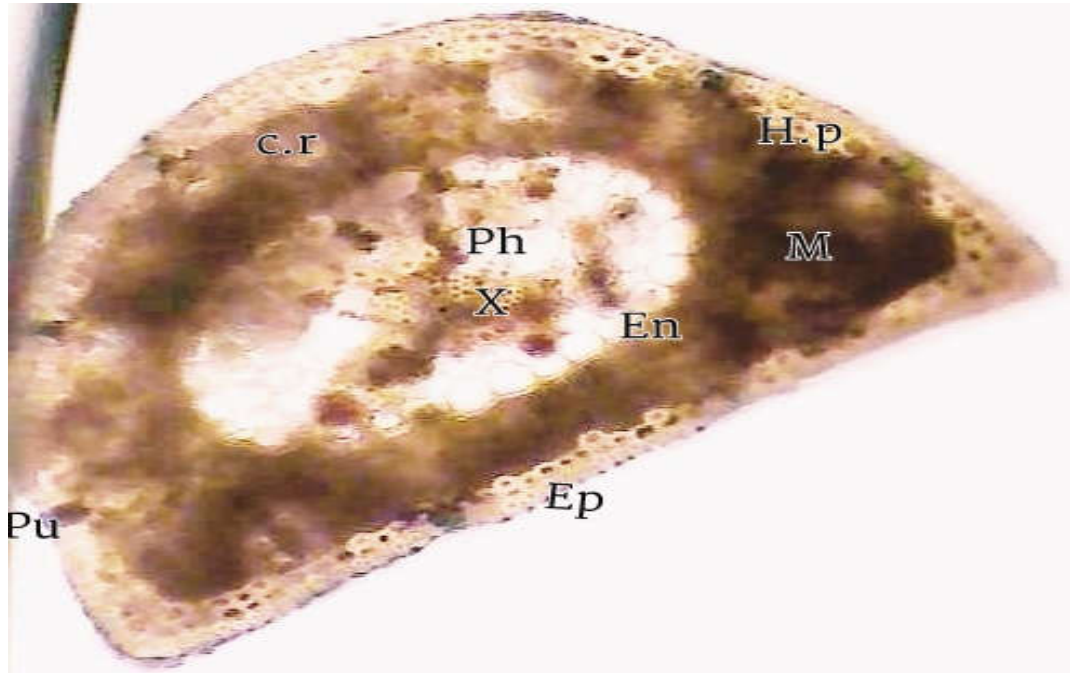


PLANCHE III

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à main levée».
- Réaction de Maule : Elle permet la mise en évidence des lignines à radicaux syringyles, en les colorant en rouge foncé (Gibbs, 1958).

Légende:

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère.

Figure 1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure 2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrant un Canal résinifère, l'épiderme, et l'hypoderme pluriassissial. (×40)

Figure 3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrant le Phloème et xylème et les tissus de transfusion. (×40)

PLANCHEIV

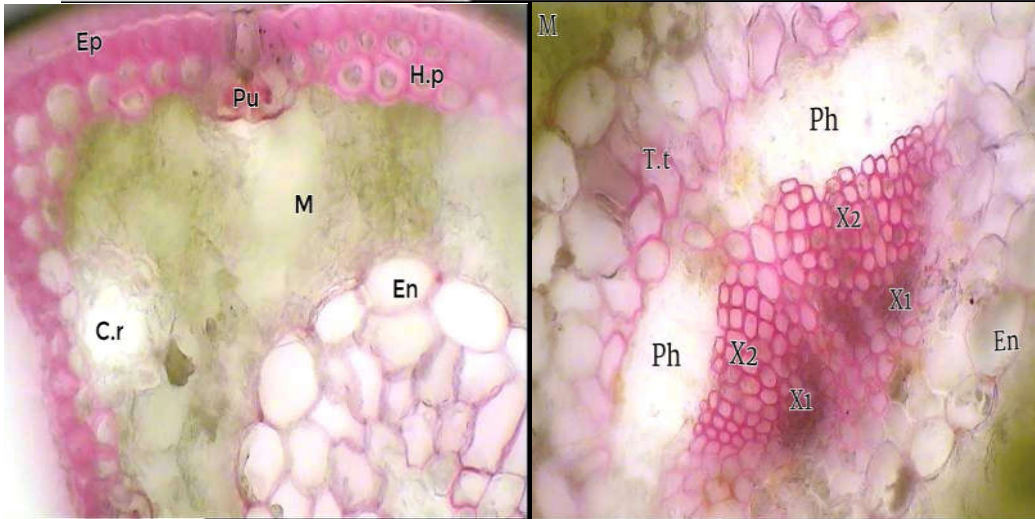
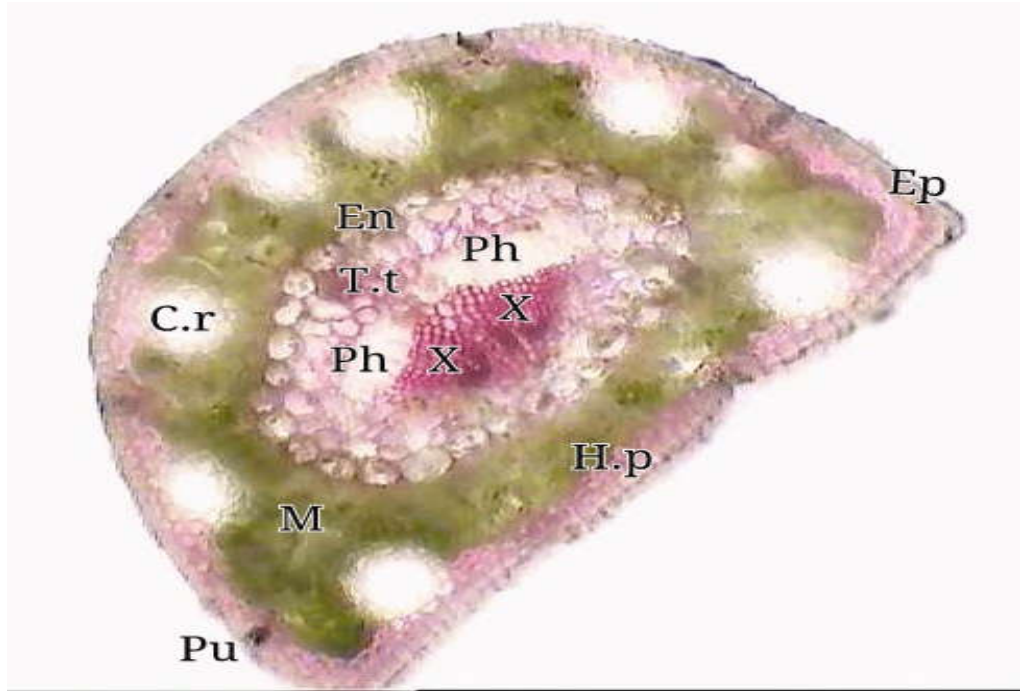


PLANCHE IV

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à main levée ».
- Réaction au Phloroglucinol Chlorhydrique : Elle permet la mise en évidence des lignines à radicaux conyféryls, en les colorants en rouge pourpre (Wisner, 1878).

Légende:

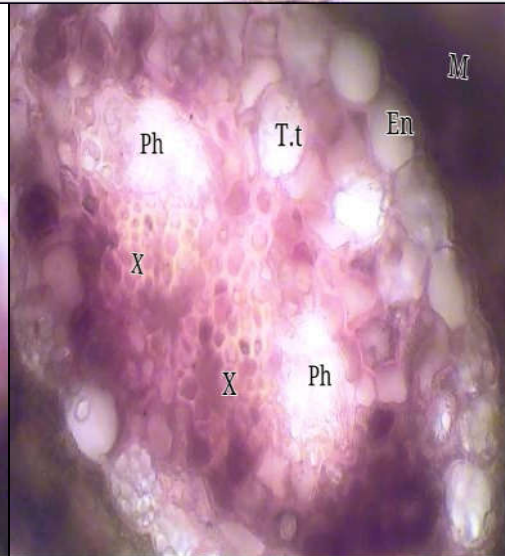
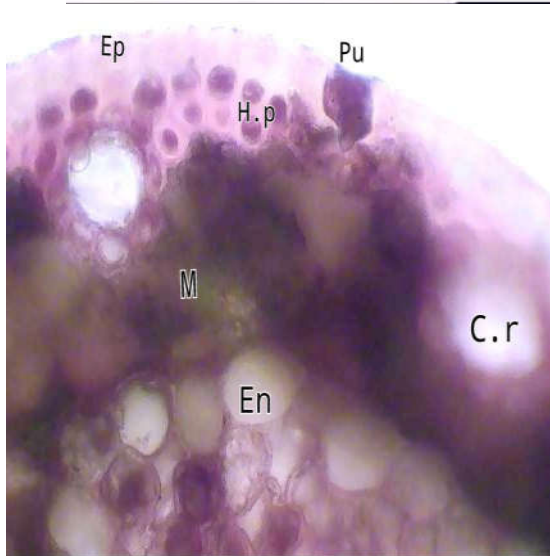
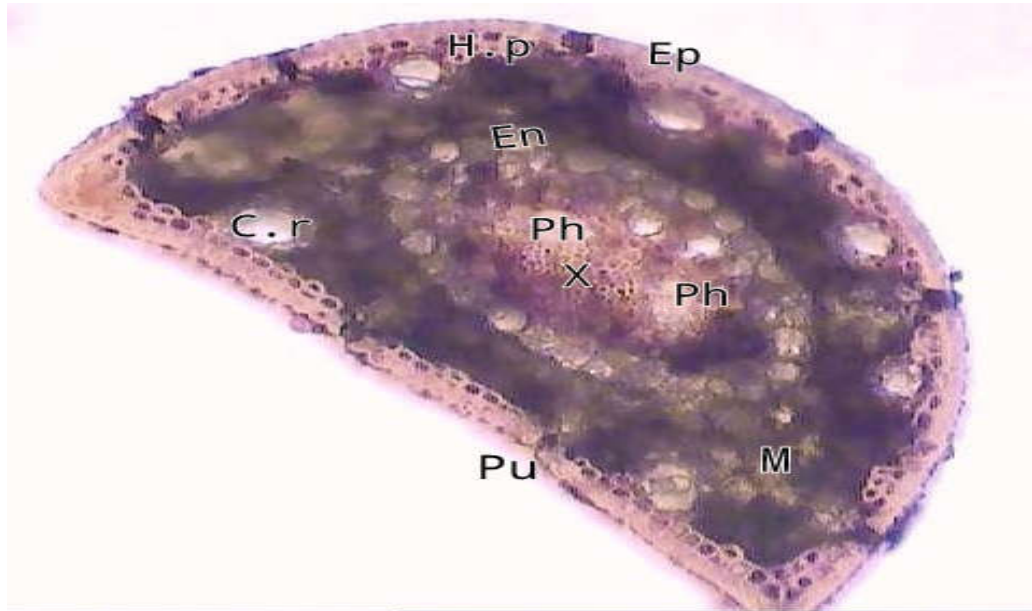
Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; Endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère, **Pu** : Puits (chambre sus-stomatique).

Figure 1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure 2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent un Canal résinifère, l'épiderme ; Hypoderme pluriassissial, un puits, mésophile, et. L'endoderme. (×40)

Figure 3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème et xylème et les tissus de transfusion. (×40)

PLANCHEV



PLANCHEV

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupe transversales effectuées «à mainlevée ».
- Réaction au réactif de Schiff :Elle permet de mettre en évidence des polysaccharides; en les colorants en rose.

Légende:

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; Endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère. **Pu** : Puits (chambre sus-stomatique).

Figure1:Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure2 :Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent un Canal résinifère, l'épiderme ; Hypoderme pluriassissial, un puits, mésophile, et. L'endoderme. (×40)

Figure3:Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème et xylème et les tissus de transfusion. (×40)

Station C

PLANCHE I

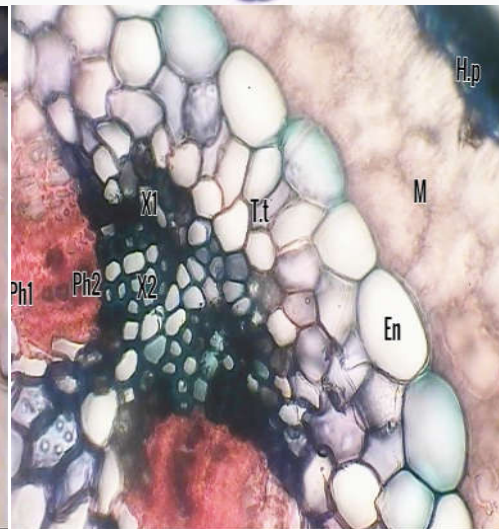
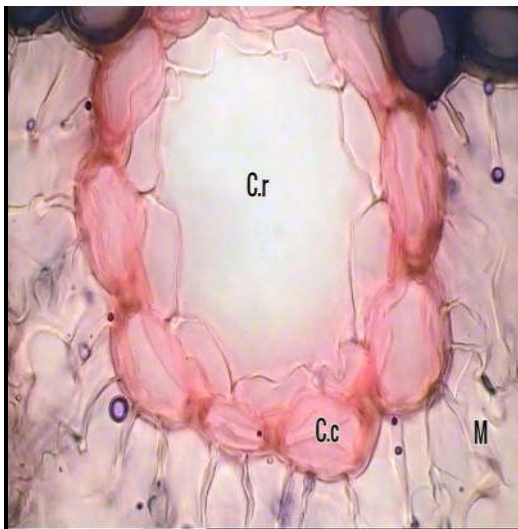
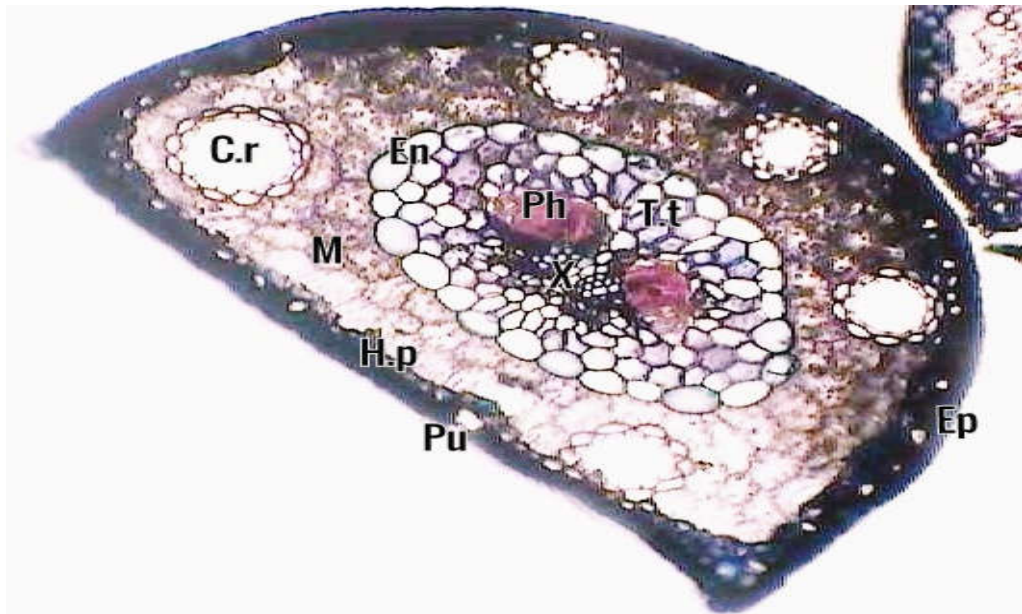


PLANCHE I

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à mainlevée».
- Coloration vert méthyle – rouge Congo qui permet la mise en évidence des constituants pariétaux de la cellule végétale. Les tissus celluloseux sont colorés par le rouge Congo et les tissus lignifiés par le vert de méthyle.

Légende:

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; Endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère.

Figure1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent un Canal résinifère et une couronne de cellule de collenchyme qui l'entoure. (×100)

Figure3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème et xylème, les tissus de transfusion et l'endoderme. (×40)

PLANCHE II

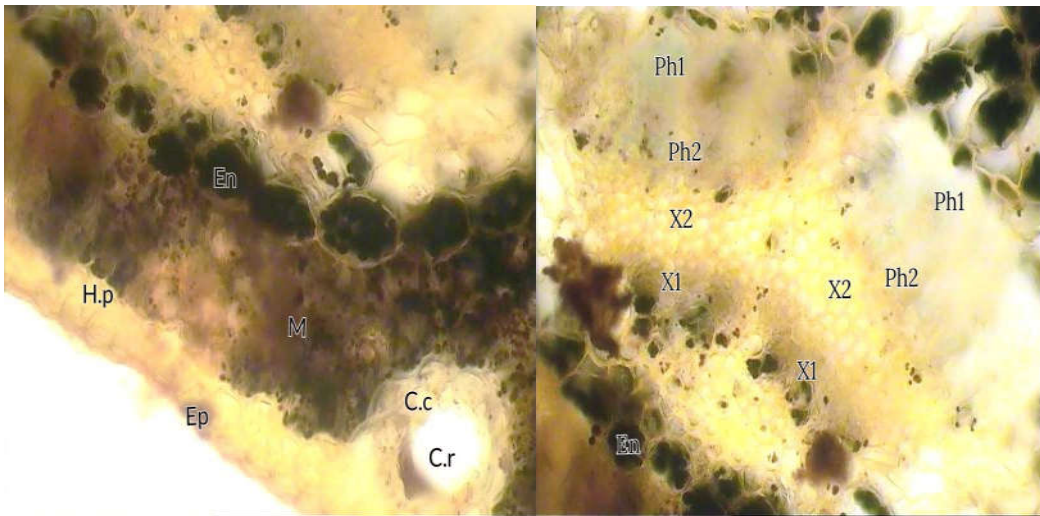
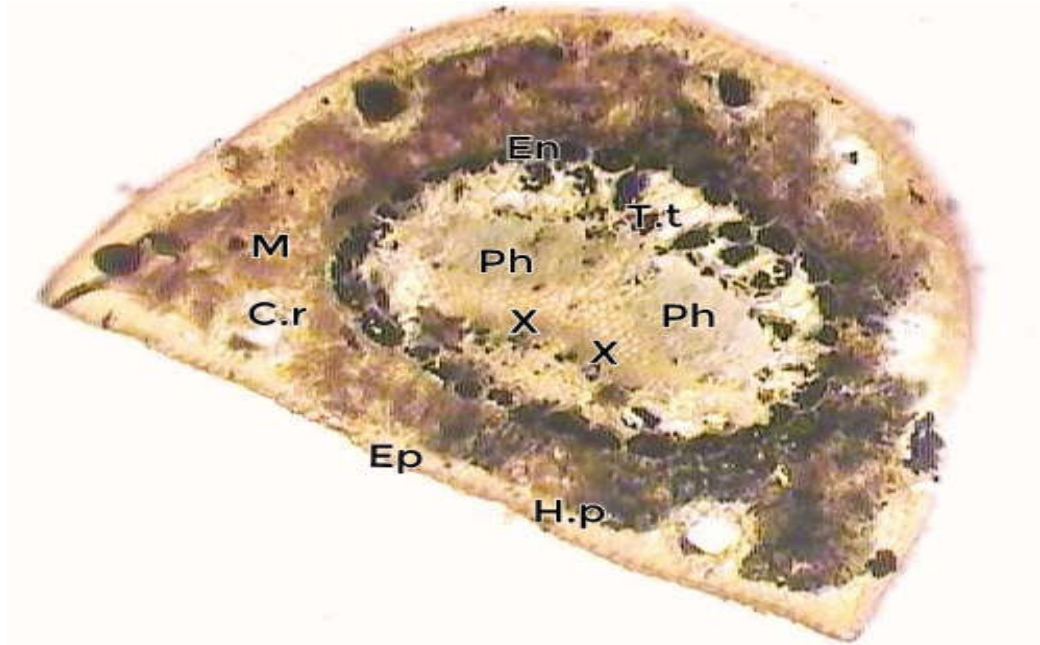


PLANCHE II

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à mainlevée».

- Réaction au lugol : Elle permet de mettre en évidence les grains d'amidon présents dans les cellules par le lugol en le colorant en bleu-noir (Johansen, 1940).

Les coupes sont montées dans une goutte de Lugol entre lame et lamelle, puis observées au microscope photonique.

Légende:

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; Endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère.

Figure1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent un Canal résinifère, l'épiderme ; Hypoderme pluriassissial, mésophile, et. L'endoderme. (×40)

Figure3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème primaire et secondaire ; le xylème primaire et secondaire et les tissus de transfusion. (×40)

PLANCHE III

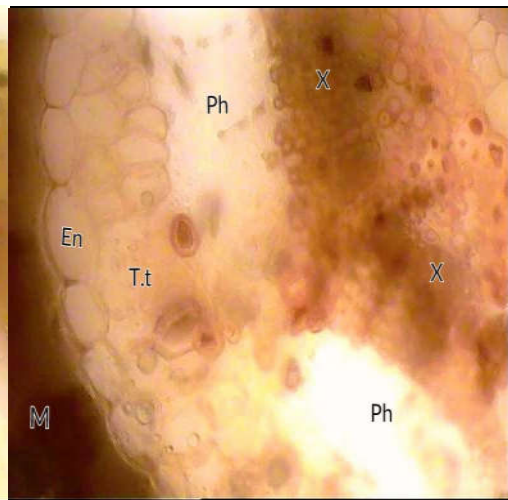
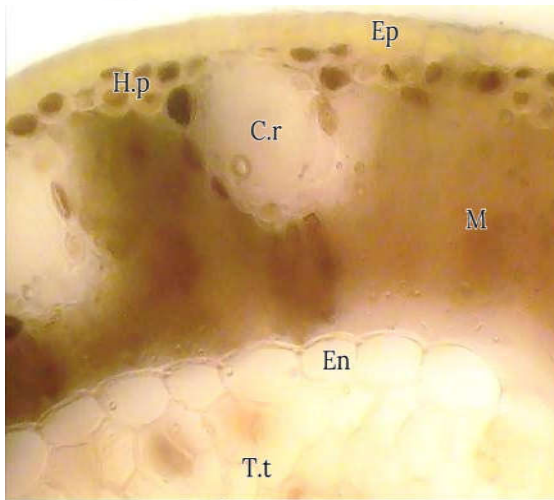
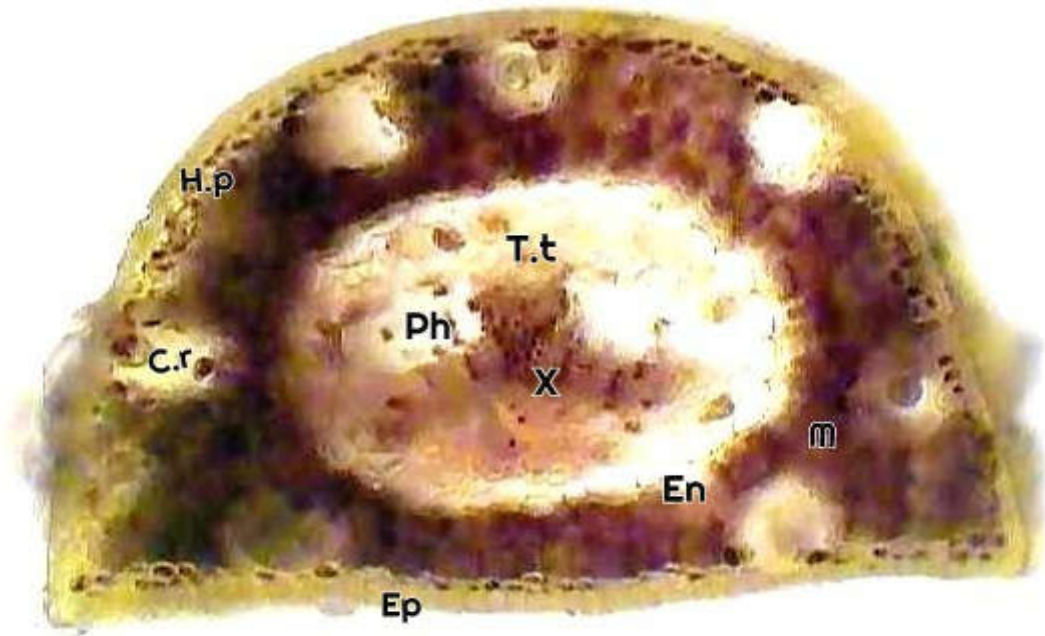


PLANCHE III

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à main levée».

- Réaction de Maule : Elle permet la mise en évidence des lignines à radicaux syringyls, en les colorants en rouge foncé (Gibbs, 1958).

Légende:

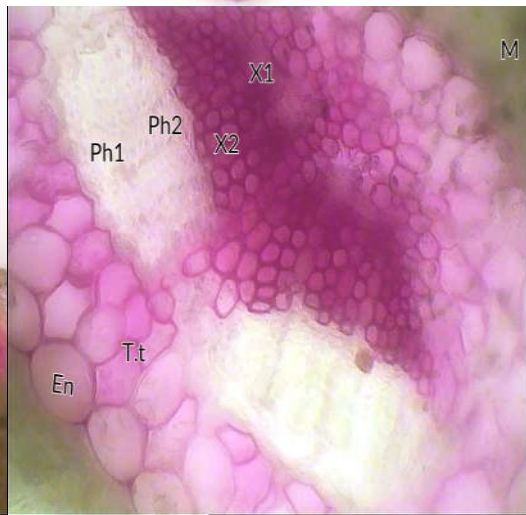
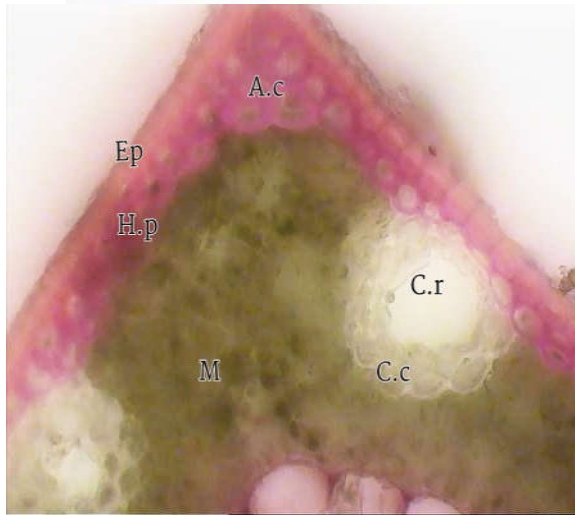
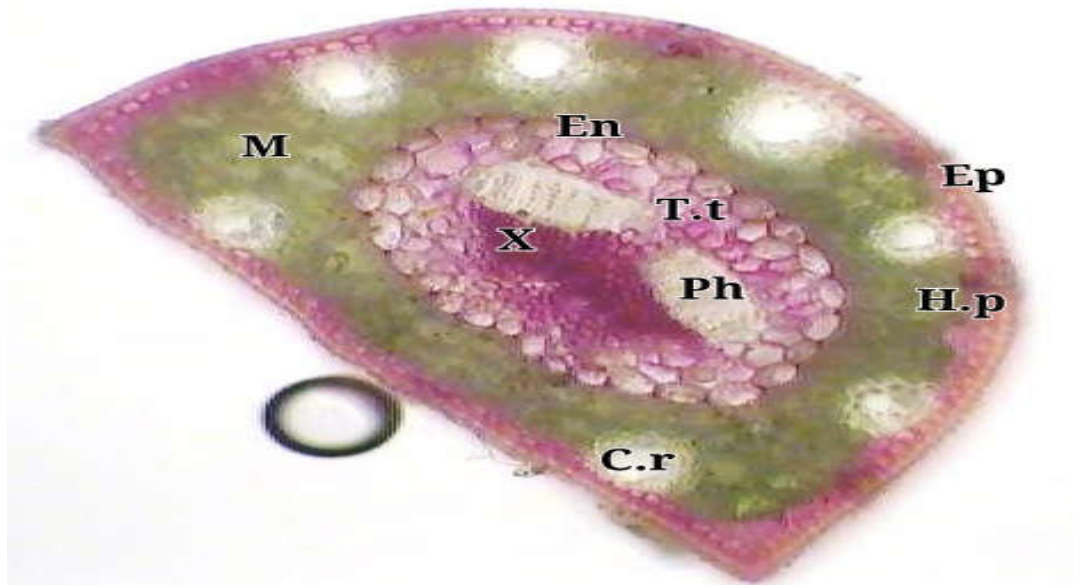
Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassissial ; **M**: Mésophile; **En** ; Endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère

Figure 1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure 2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent un Canal résinifère, l'épiderme ; Hypoderme pluriassissial, mésophile, et. L'endoderme. (×40)

Figure 3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème et xylème et les tissus de transfusion. (×40)

PLANCHEIV



PLANCHEIV

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupes transversales effectuées «à mainlevée ».
- Réaction au Phloroglucinol Chlorhydrique : Elle permet la mise en évidence des lignines à radicaux conyféryls, en les colorants en rouge pourpre (Wisner, 1878).

Légende:

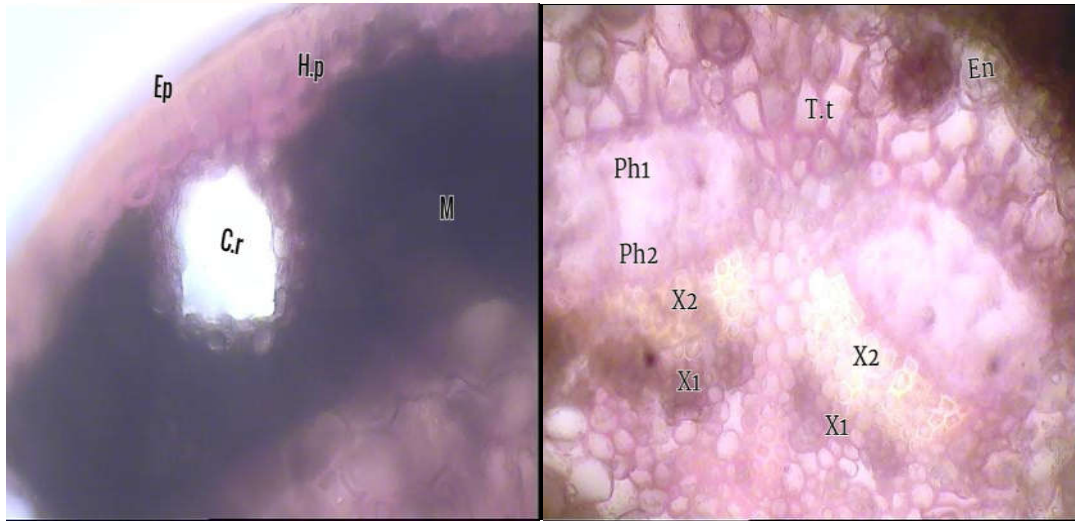
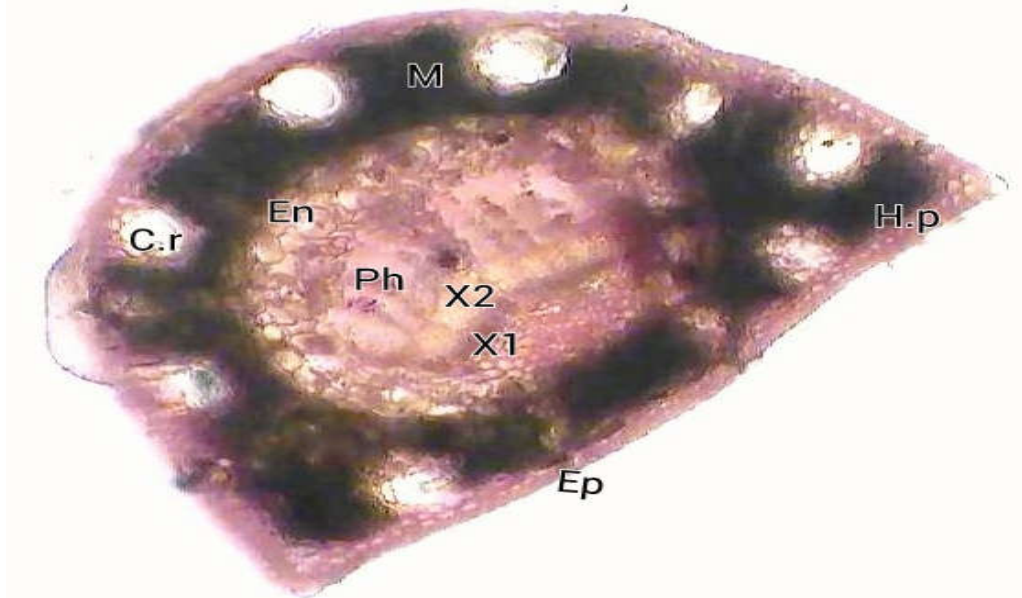
Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassial ; **M**: Mésophile; **En** ; Endoderme ; **X** : Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère

Figure1: Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure2 : Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent l'épiderme, un Canal résinifère et l'angle de collenchyme. (×40)

Figure3: Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème et xylème et les tissus de transfusion. (×40)

PLANCHEV



PLANCHEV

Anatomie de l'aiguille de *Pinus halepensis*

- Coupe transversales effectuées «à mainlevée ».
- Réaction au réactif de Schiff :Elle permet de mettre en évidence des polysaccharides; en les colorants en rose.

Légende:

Ep : Epiderme; **Hp**: Hypoderme pluriassial ; **M**: Mésophile; **En** ; Endoderme ; **X**: Xylème ; **Ph** : Phloème ; **Tt** : tissu de transfusion ; **Cr** : Canal résinifère

Figure1:Vue d'ensemble d'une coupe transversale de l'aiguille de *Pinus halepensis*. (×10)

Figure2 :Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent l'épiderme et un Canal résinifère.(×40)

Figure3:Détail d'une portion de l'aiguille de *Pinus halepensis* en coupe transversale, montrent le Phloème et xylème, les tissus de transfusion et l'endoderme. (×40)

Résumé

Ce travail est consacré à l'étude comparative des aiguilles du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) et l'évaluation de quelques caractères en fonction de l'altitude.

L'étude anatomique et histochimique que nous avons réalisé sur des coupes transversales des aiguilles du pin d'Alep récoltée à trois différentes altitudes (600, 800 et 1000m) au niveau des pinèdes de la wilaya de Saida sur le même substrat (calcaire) et le même climat (semi aride), a montré la structure anatomique de la feuille des Gymnospermes que le genre *Pinus* lui appartient et une lignification pariétale des tissus conducteurs (phloème et xylème), de l'épiderme et l'hypoderme. Aussi l'observation des différents composés pariétaux (l'amidon, et les polysaccharides) a montré une homogénéité concernant leur répartition dans le tissu cellulaire pour les trois stations.

L'étude de la morphologie des aiguilles du pin d'Alep qui a visé les variations des caractères (longueur, largeur de l'aiguille et le nombre de canaux sécréteurs) en fonction de l'altitude a montré l'homogénéité de la largeur et le nombre des canaux sécréteurs, et une variation moyennement significative touchant la longueur des aiguilles.

Mots-clés : *Pinus halepensis* Mill ; aiguilles ; anatomie ; histochimie; altitude ; semi-aride