

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

UNIVERSITE de TLEMCCEN
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de
l'Univers

Département des ressources forestières

Laboratoire de la Gestion Conservatoire de l'eau, du sol et des forêts

MEMOIRE

Présenté par

Mlle BOUKHARI Imane

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En Foresterie

Option : Ecologie, Gestion et Conservation de la Biodiversité (EGCB)

Thème

Contribution à l'étude de l'effet de la station sur les
caractéristiques histo-morphologiques du peuplier noir
«*Populus nigra L.*» dans la région de Tlemcen

Soutenu le 07/06/2016, devant le jury composé de :

Président	M. Mostefai N.	M.C.A	Université de Tlemcen
Encadreur	M. Berrichi M.	M.C.A	Université de Tlemcen
Examineur	M. Dehane B.	M.C.A	Université de Tlemcen

Année Universitaire 2015-2016

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents « Taieb et Meriem » pour leurs amours, leurs sacrifices, leurs soutiens morales et leurs encouragements durant toute ma vie.

A mes frères Abdelhalime et Attia Salah Eldine.

A ma sœur Asma.

A toute ma famille et tous mes voisins.

A tous mes enseignants

A tous mes amis(es) de la promotion sans exception.

Enfin, A tous ceux qui j'aime et j'estime. Et à vous aussi.

Imane

REMERCIEMENTS

Avant tout je remercie mon Dieu pour m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail.

J'exprime ma profonde gratitude à mon promoteur **Mr. BERRICHI M.**, Maitre de conférences au département des Ressources Forestières, pour son dévouement, ses précieux conseils et de m'orienter, et de m'avoir guidé tout au long de ce travail.

Je remercie **Mr. MOSTEFAI N.**, Maitre de conférences au département des Ressources Forestières, pour ces conseils et qui ma fait l'honneur d'accepter de présider le jury.

Je remercie **Mr. DEHANE B.**, Maitre conférence chargé de cours au département des Ressources Forestières, pour leur aide, leur conseil et d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Mes remerciements s'adressent aussi aux techniciens du laboratoire de la gestion conservatoire de l'eau du sol et des forêts.

En fin toute ma reconnaissance et ma gratitude à tous mes professeurs au département de foresterie.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Classification UICN.....	04
Figure 2 : Aire de répartition du peuplier noir (<i>Populus nigra</i> L.)(Vanden Broeck, 2003)....	07
Figure 3 : Structure anatomique des bois (Campredon, 1969).....	13
Figure 4 : Les différents composants structuraux macroscopiques du tronc d'un arbre.....	15
Figure 5 : Coupe transversale d'un tronc d'arbre (Navi et Heger, 2005).....	16
Figure 6 : Coupe transversale de bois de printemps et bois d'été dans un accroissement annuel de pin maritime (Stokes et al, 1999).....	17
Figure 7 : Plan ligneux des bois feuillus	18
Figure 8 : Coupe longitudinale radiale de bois de pin à la limite de deux cernes.....	20
Figure 9 : Coupe longitudinale tangentielle de bois de pin.....	21
Figure 10 : Détail des ponctuations aréolées coupées transversalement (à gauche) ou vue de face (à droite). Elles assurent la communication latérale entre les trachéides.....	21
Figure 11 : Les trois directions de plan ligneux (Keller, 1994).....	22
Figure 12 : Structure d'une feuille simple des angiospermes.....	27
Figure 13 : Les types des feuilles.....	28
Figure 14 : Les différents types de nervation.....	30
Figure 15 : Localisation des stations d'études dans la Wilaya de Tlemcen (Google earth, 2016).....	34
Figure 16 : La loupe à main.....	35
Figure 17 : Le microtome.....	36
Figure 18 : Microscope optique.....	36
Figure 19 : Le micromètre.....	37
Figure 20 : Film gradué transparent.....	37
Figure 21 : Microscope doté d'un appareil photos.....	37
Figure 22 : Bouillage des blocs du bois de peuplier noir (<i>Populus nigra</i> L.).....	38
Figure 23 : Les caractéristiques morphologiques mesurées sur la feuille de peuplier noir (<i>Populus nigra</i> L.).....	44
Figure 24 : Le Blume-leiss.....	45
Figure 25 : Logiciel Image j.....	46
Figure 26 : Les mesures des caractères morphologiques par logiciel (Image J).....	46

Figure 27 : Vue macroscopique du bois de peuplier noir (<i>Populus nigra</i> L.).....	47
Figure 28 : Coupe transversale du bois du Peuplier noir.....	48
Figure 29 : Coupe tangentielle du bois de peuplier noir (<i>Populus nigra</i> L.).....	49
Figure 30 : Histogramme du diamètre de vaisseaux du bois initial.....	50
Figure 31 : Histogramme du diamètre de vaisseaux du bois final.....	51
Figure 32 : Histogramme du Nombre de vaisseaux par mm ²	51
Figure 33 : Histogramme du Nombre de rayons.....	52
Figure 34 : Histogramme de catégorie de hauteur de rayons dans la station 1.....	54
Figure 35 : Histogramme de catégorie de hauteur de rayons dans la station 2.....	55
Figure 36 : Rameaux de peuplier noir (<i>Populus nigra</i> L.).....	57

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Caractéristique du peuplier noir (<i>populusnigra</i> L.).....	06
Planche 2 : Aspects microscopiques en plan transversal de <i>Populus nigra</i> L.....	53
Planche 3 : Présentation graphique des caractéristiques morphologiques de la feuille du peuplier noir (<i>populus nigra</i> L.).....	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques de deux arbres échantillons.....	34
Tableau 2 : Passage dans la série d'alcools.....	39
Tableau 3 : Passage dans la série de xylols.....	40
Tableau 4 : Modalité d'échantillonnage des mesures.....	41
Tableau 5 : Classes de qualification anatomique des bois feuillus (Normand, 1998).....	42
Tableau 6 : Caractéristiques générales des arbres échantillons.....	43
Tableau 7 : Caractéristiques microscopiques du peuplier noir (<i>Populus nigra</i> L.).....	50
Tableau 8 : Catégorie de hauteur de rayons dans les deux stations.....	54
Tableau 9 : Caractéristiques microscopique quantitatives du peuplier noir.....	56
Tableau 10 : Comparaison des paramètres histologiques entre les deux stations.....	56
Tableau 11 : Analyse quantitative des paramètres de la feuille dans les deux stations.....	57
Tableau 12 : Comparaison des paramètres morphologiques entre les deux stations.....	59
Tableau 13 : Coefficients de corrélation des paramètres morphologique du peuplier noir dans la station « 1 ».....	59
Tableau 14 : Coefficients de corrélation des paramètres morphologique du peuplier noir dans la station « 2 ».....	60
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des coefficients de corrélation des paramètres morphologiques des feuilles du peuplier noir (<i>Populus nigra</i> L.).....	60

Sommaire

Introduction générale	01
PREMIER PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I: PRESENTATION DE L'ESPECE.....	03
1-Généralités sur les peupliers.....	03
2-Le peuplier noir (<i>Populus nigra</i> L.).....	03
2.1-Dénomination.....	03
2.2-Caractéristiques du peuplier noir (<i>Populus nigra</i> L.).....	04
2.3- Reproduction.....	07
3-Aire de répartition.....	07
3.1-le peuplier noir dans le monde.....	08
3.2-En Algérie.....	08
3.3-A Tlemcen.....	08
4-Caractères écologiques.....	08
4.1- Exigences édaphiques.....	09
4.2 - Exigence climatique.....	09
4.2.1- La température.....	09
4.2.2- L'eau.....	09
4.2.3 La lumière.....	10
4.2.4-Le vent.....	10
5- Intérêt économique de bois de peuplier noir.....	10
6-Usage de peuplier noir	11
7- Menaces avérées pour l'espèce et son habitat.....	11
CHAPITRE II : LA STRUCTURE ANATOMIQUE DU BOIS.....	12
1-introduction	12

2-Définition.....	12
3- propriété du bois.....	13
4- Formation du bois.....	14
5- Variation de l'aspect et de la structure du bois.....	14
5-1 Variation de l'aspect.....	14
5.2- Variation de la structure.....	14
6- La structure anatomique de bois.....	15
6.1- Structure macroscopique du bois.....	15
6.2- structure microscopique du bois.....	17
6.2.1- les vaisseaux.....	18
6.2.2- les thylles.....	19
6.2.3 Les fibres ligneuses.....	19
6.2.4 Parenchyme.....	19
6.2.5- les rayons ligneux.....	20
6.2.6-Ponctuation.....	21
7-Plan ligneux et les trois plans d'observations de la structure du bois.....	22
7.1- Définition.....	22
7.2- Etude de plan ligneux.....	22
7.2.1-le plan transversal.....	23
7.2.2- section radiale.....	23
7.2.3- section tangentielle.....	24
8- Facteurs influençant la structure.....	24
8.1- Modifications anatomiques avec les conditions de croissance.....	24
CHAPITRE III : LA MORPHOLOGIE VEGETALE.....	26
1- Introduction.....	26

2- Définition.....	26
3- La feuille.....	26
3.1- Types de feuilles.....	27
3.2- Modification de la feuille.....	28
3.2.1- Le limbe.....	28
3.2.2- Le pétiole	28
3.2.3- La gaine.....	28
3.3- Nervation.....	29
3.4- Forme du limbe et découpures.....	30
3.4.1- La feuille simple.....	30
3.4.2- Les feuille composées.....	31
3.5- Phyllotaxie.....	32

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES.....33

1- Cadre d'étude.....	33
1.1-Situation géographique de la wilaya de Tlemcen.....	33
2-Etude histologique.....	34
2.1- Objectif de l'étude.....	34
2.2-Matériels.....	34
2.2.1- Matériel végétal.....	34
2.2.2- Matériel technique.....	35
2.3 – Méthodes d'analyses d'un bois.....	38
2.3.1 - Analyse macroscopique.....	38
2.3.2 – Analyse microscopique.....	38
2.3.2.1- Préparation des coupes microscopiques.....	38

2.3.2.2- Réalisation des coupes.....	39
2.3.2.3- Traitement des coupes.....	39
2.3.2.4 – Montage.....	40
2.3.2.4.1- Composition de la solution de montage.....	40
2.3.2.4.2- Opération de montage.....	40
2.4- Méthodes de mesures.....	40
2.4.1- Echantillonnage.....	40
2.4.2- Mensurations.....	41
2.4.3 Analyse statistique.....	42
3. l'étude morphologique.....	43
3 .1 Matériel végétal.....	44
3.2- Matériel technique.....	44
3.3 -Traitement des données.....	46
CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION.....	47
1- Description anatomique du peuplier noir.....	47
1.1- Etude macroscopique.....	47
1 .2- Etude microscopique.....	48
1.2.1 Caractère descriptifs.....	48
1.2.1.1 la nature des pores.....	48
1.2.1.2-La disposition des pores.....	48
1.2.1.3. La hauteur des rayons ligneux.....	48
1.2.1.4-Parenchyme.....	49
1.2.2- Caractères quantitatifs de la coupe transversale.....	49
1.2.2.1. Diamètre du bois initial.....	50
1.2.2.2. Diamètre du bois final.....	51

1.2.2.3. Nombre par mm ²	51
1.2.2.4. Nombre de rayons.....	52
1.2.3- Caractères quantitatifs de la coupe tangentielle.....	54
2-Effet de la station sur les paramètres histologiques.....	55
3- Morphologie de la feuille du peuplier noir.....	57
3 .1- Etude descriptives.....	57
3.2- Etude quantitative.....	57
3 .3 Coefficient de corrélation.....	59
Conclusion générale.....	63
Références bibliographiques.....	64

Introduction générale

Les plantes présentent des variations naturelles dans leur forme et dans leur structure. Si tous les organismes varient d'un individu à une autre. Les plantes présentent un autre type de la variation au sein d'un même individu. Cette variation est plus facilement visible dans les feuilles et dans d'autres organes, tels que les tiges et les fleurs.

La croissance des plantes en largeur est assurée par deux types d'assises génératrices : le phellogène ou l'assise subéro-phéllodermiques qui est responsable de la formation du liège et du phelloderme et l'assise génératrice libéro-ligneuse qui donne naissance vers l'intérieur au xylème II^{aire} ou le bois (Normand, 1998).

Le xylème II^{aire} est un tissu complexe composé de plusieurs types cellulaires d'origine cambiale orientés différemment dans le sens radial et axial. Pour comprendre la relation entre la structure complexe du bois et ses fonctions dans l'arbre ainsi que ses propriétés, il est essentiel de l'étudier à l'échelle microscopique (Laurans, 2016).

La morphologie de la feuille est le premier indicateur de la variation naturelle chez les plantes, il existe trois principales causes de cette variation : effet de la position, les effets environnementaux de la croissance (climatique, hydrologique, édaphique) et la jeunesse (Castro-Diez et al. 1997; Cherubini et al. 2003).

Cette étude consiste en une identification de quelques paramètres histomorphologiques du peuplier noir (*Populus nigra* L.) en provenance de la région de Tlemcen et de tester par la suite l'effet de la domestication de l'espèce sur ses caractères. A cet effet, nous avons essayé de tester cette hypothèse sur deux populations : la première issue des Monts de Tlemcen près du centre cynégétique et la seconde du milieu urbain de la ville de

Tlemcen pour voir dans quelles mesures les conséquences de l'influence de l'environnement et des pratiques culturelles sur les aspects histo-morphologiques de l'espèce étudiée.

Du point de vue méthodologie, l'étude est scindée en cinq chapitres :

- ✓ Le premier chapitre est consacré à la présentation du peuplier noir;
- ✓ Le deuxième chapitre : la structure anatomique du bois ;
- ✓ Le troisième chapitre : la morphologie de la feuille ;
- ✓ Le quatrième chapitre : méthodologie du travail ;
- ✓ Le cinquième chapitre : résultats et discussions.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ESPECE

1- Généralités Sur Les Peupliers

D'après Dickmann et Kuzovkina (2008), les peupliers sont des angiospermes pérennes appartenant à la famille des Salicacées. Cette famille se divise en deux genres : le genre *Salix* qui regroupe plus de 350 espèces de saules, d'osiers et le genre *Populus* qui renferme sur la base de critères morphologiques et écologiques une trentaine d'espèces de peupliers réparties en 6 sections botaniques (*Aigeiros*, *Leucoides*, *Abaso*, *Tacamahaca* et *Turanga*).

La section *Aigeiros* est composée de la sous section américaine qui comporte le *Populus fremontii* et *Populus deltoides*. La sous section euroasiatique composée principalement de *Populus nigra* (Augaustin, 1991). Les données concernant la section permettent de connaître ses possibilités d'hybridation avec les autres espèces de peupliers (Delarque, 2006).

2- Le peuplier noir (*Populus nigra* L.)

2.1- Dénomination

Le peuplier noir (*Populus nigra* L.), appartient à la famille des Salicacées, au genre *Populus* et à la section *Aigeros*. Le peuplier noir est une espèce dioïque et vivace. Il est présent le long des fleuves et rivières et atteignant la maturité sexuelle à partir de 5-6 ans (Zsuffa, 1974).

Selon Augustin (1991), la classification du Peuplier noir (*Populus nigra* L.) est comme suit :

Embranchement : *Spermaphytes*

Division : *Phanerogameae*

Sous Division : *Angiospermae*

Classe : *Dicotyledonae*

Ordre : *Salicales*

Famille : *Salicaceae*

Genre : *Populus*

Espèce : *Populus nigra* L.

Noms communs : Peuplier noir, Liard, Liardier, Piboule, Peuplier franc, Peuplier suisse, Bouillard, Bioulasse ;

Nom anglais : Black Poplar ;

Nom Allemagne : Schwarzpappel.

D'après La liste rouge de l'UICN (Union internationale pour la conservation de la nature) le peuplier est classé dans la catégorie des espèces à préoccupation mineure (Fig. 1).



Figure1. Classification UICN¹

2.2- Caractéristiques du peuplier noir (*Populus nigra* L.)

Selon Becker et Picard (1977); Dehane (1997); Chardenon (1982); Panshin et Zeeuw (1980); Richter and Dallwitz (2000). Le peuplier noir présente les caractéristiques suivantes :

- **Arbre** : le peuplier noir est un arbre à feuilles caduques, de croissance rapide pouvant atteindre 30 m de hauteur et 1 m de diamètre ;
- **Tronc** : Il est souvent élancé comportant des branches dressées. A sa base, il est garni de drageons ;
- **Cime** : elle est variable, selon l'âge et le pied, elle est cependant ample (sujets âgés), érigée à houpplier fastigiée et touffue (sujet mâle) et plus large (jeunes sujets femelles) ;
- **Bourgeons** : les bourgeons du peuplier noir sont fusiformes et visqueux, les Bourgeons florifères mâles larges et trapus, donnant à la feuillaison une densité plus soutenue. Et les bourgeons florifères femelles plus fins, donnant un port plus léger et aéré. Les bourgeons du peuplier noir sont petits, glabres, pointus, gluant et proches du rameau ;
- **Ecorce** : L'écorce claire et lisse sur les individus jeunes, épaisse et très rugueuse sur les individus âgés, fissurée et formant des réseaux de losanges caractéristiques. Elle est coriace, noirâtre, et fissurée axialement ;

¹http://www.do-apps.com/155_fr/e_163949.html

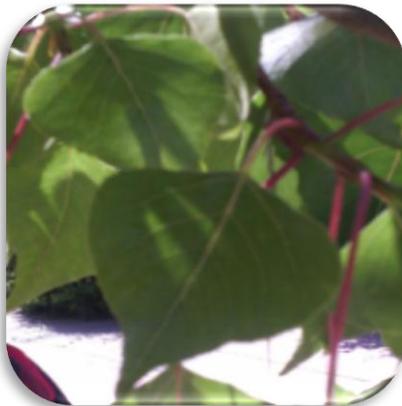
- **Rameaux** : ils sont de couleur verte parfois rougeâtre .Les rameaux longs sont anguleux, tandis que les rameaux courts sont ronds ;
- **Feuille** : La feuille du peuplier noir est simple, alterne, de forme triangulaire à losangique denticulées et ont un pétiole aplati. Les feuilles sont vertes et lustrés sur les deux faces, elles sont caduques ;
- **Bois** : Les peupliers sont des bois à pores diffus et présentent une texture fine et uniforme. Le grain du bois est homogène. Les bois de peuplier sont tendres et légers. La masse volumique basale varie de 300 à 450 kg/m. La teneur en humidité du fût de l'arbre est élevée et dépasse 100% avec peu de variation entre l'aubier et le duramen. Le bois de peuplier est constitué de fibres (53% à 60%), de vaisseaux (28% à 34%), de rayons (11 à 14%) et une proportion négligeable de parenchyme axial (0,1% à 0,3%)
- **Fleurs** : Les fleurs mâles, disposées en chatons cylindriques, accompagnées chacune d'une écaille caduque, dentée ou lacérée au sommet. Point de corolle ; un calice évasé, entier, tronqué obliquement; huit à trente étamines attachées à la base du calice. Les fleurs femelles, disposées en chatons comme les fleurs mâles; les écailles et le calice de même : un ovaire supérieur, surmonté de quatre stigmates ;
- **Fruits** : Les fruits sont des capsules ovoïdes en chapelet libérant un coton hydrophobe contenant les graines. En pionnier, les graines qui sont pauvres en réserves colonisent des sols riches et dépourvus de végétation tel que les rives et bancs de sable humides abandonnés par l'eau durant l'été, en compagnie d'autres essences de bois tendre, comme les saules ;
- **Graine**: Les graines sont duveteuses et sont disséminées entre mai et juin.ils sont très petits ;
- **Racine** : L'enracinement peut aller du superficiel au pivotant. En revanche dans un sol riche en éléments nutritifs et en eau, la croissance des racines est rapide plus de 3,5m au bout de 3ans.



**Bourgeon
(original)**



**Ecorce
(original)**



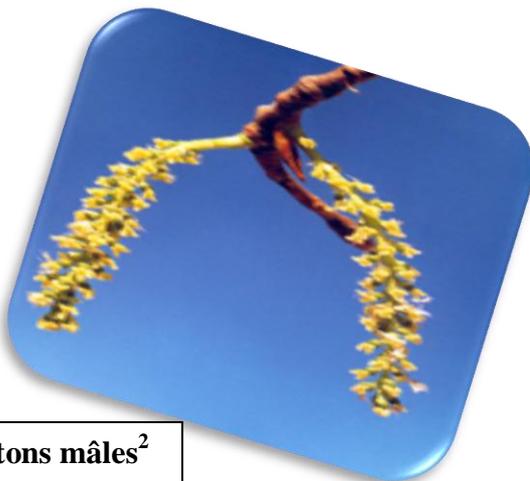
**La feuille
(original)**



**L'arbre
(original)**



Fruit



Chatons mâles²



Chatons femelles²

Planche 1. Caractéristique de Peuplier noir (*Populus nigra* L.)²

²<http://peupliernoir.orleans.inra.fr/identification.html>

2.3- Reproduction

Le peuplier noir (*Populus nigra* L.) est une espèce dioïque. La pollinisation est anémophile, les arbres ayant plus de 20 ans produisent beaucoup de graines (Barsoum, 2003; Delarque, 2006). La production des fleurs mâles et femelles a lieu de mars à avril. Le pollen est dispersé par le vent et l'ovule est fécondé en 24 heures. Ensuite, le processus de maturation des graines s'étale sur 4 à 6 semaines. Les grappes qui en résultent contiennent chacune 20 à 50 fruits, soit environ 225 graines de 2mm. Ces très nombreuses graines sont ensuite transportées par le vent, puis secondairement par l'eau grâce à un coton hydrophobe. Les graines ont une viabilité très réduite, de l'ordre de quelques jours, et il n'existe pas de banque de graines dans le sol (Lefevre, 2001). La période de dispersion s'effectue durant l'abattement de l'inondation printanière durant une courte période, condition idéale pour l'établissement des graines.

3-Aire de répartition



Figure 2. Aire de répartition du peuplier noir (*Populus nigra* L.) (Vanden Broeck, 2003).

3.1-le peuplier noir dans le monde

Le Peuplier noir occupe une aire de répartition naturelle très vaste. Elle s'étend du Sud de l'Irlande au Nord de l'Afrique jusqu'au Nord-ouest de la Chine. Dans toute son aire, cette espèce est typiquement ripicole.

Une grande partie des peuplements naturels de basse altitude ont disparu sous l'effet de la pression des activités humaines (extension des terres agricoles et des zones industrielles ou urbanisées, aménagement et exploitation des fleuves et cours d'eau). En tant qu'espèce pure le Peuplier noir a été peu utilisé en plantation forestière. (Arbez et Lacaze, 1998).

3.2-En Algérie

Selon Dehane (1997), en Algérie il colonise surtout les plaines alluviales et les dépressions. C'est une espèce méditerranéenne, il s'étend jusqu'à aux régions sèches ou la pluviométrie dépasse 400m (Letreuch-Belarouci, 1991).

-*Populus nigra* CV « italica » : il n'est représenté que par des pieds male (Maire, 1961).

-*Populus nigra* L. var. *thevestina* Bean.(F.A.O,1971). Il est répandu dans les hauts plateaux et les oasis. Il est représenté que par des pieds mâles (Maire, 1961).

3.3-A Tlemcen

Selon Maire (1961) et Dehane (1997), le peuplier noir (*Populus nigra* L.) est représenté par une seule variété et une sous espèce : *Populus nigra* L. ssp *neapolitana* (TEN) Maire signalée comme arbre commun dans les monts de Tlemcen.

Populus nigra CV « italica », retrouvé aux environs de Tlemcen et Maghnia (Benmessaoud, 1977) cité par (Djazouli, 1996).

4-Caractères écologiques

Les peupliers sont des essences très plastiques, mais leur qualités de croissance rapide ne sont mises en valeur que dans des conditions bien particulières, en dehors desquelles ils végètent, souffrent de maladies et d'attaques de ravageurs (Dehane, 1997).

4.1- Exigences édaphiques

Elles colonisent des sols riches et dépourvus de végétation tel que les rives et bancs de sable humides abandonnés par l'eau durant l'été, aussi préfère les sols aérés, riches en bases et en azote avec un pH basique à neutre. On le trouve essentiellement dans des milieux frais sur alluvions à texture grossière (sables, graviers et limons).

D'après Duchauffour (1983), les sols à peuplier se classent en 3 groupes :

- Sols à hydromorphie permanente : profil général AL-AG-OG dans ce type de sol on trouve :
 - Des sols alluviaux : nappent (0-3) à forte oscillations, eau en mouvement avec aération ;
 - Les Gley : faible oscillation, nappe (0-1m) eau peu remontée, aération variable ;
 - Sol à nappe superficielle : oscillation de la nappe inférieure à (0-50m) eau stagnante réductrice.
- Sols à hydromorphie temporaire : ce sont les pseudo-Gley, en principale ils ne conviennent pas au peuplier ce sont des sols asphyxiants en saison pluvieuse et desséchants en saison estivale.
- Les sols non hydromorphie : sols bruns forestiers, sols lessivés.

4.2 - Exigence climatique

4.2.1- La température

D'après Zabielski (1978), les meilleurs accroissements ont été obtenus lorsque la température de l'air oscille entre 26°C et 28°C et celle du sol entre 18°C et 22°C.

Pourtet (1961), considère une température de l'ordre de (-20°C) comme dangereuse pour le peuplier. L'influence de températures défavorables dépend de nombreux facteurs les accompagnants, tels que le vent, l'insolation, l'humidité de l'air.

4.2.2- L'eau

Le peuplier est très exigeant en eau à cause d'un coefficient exceptionnellement élevé de transpiration. Zabielski (1978), établi que pour le peuplier 500 litres d'eau sont nécessaire pour produit un kilo de matière sèche. Taxis (1966) signale que le peuplier réagit au manque d'eau par un accroissement réduit. En pareil cas, il est plus sensible aux maladies. Par ailleurs,

la profondeur de la nappe phréatique devrait être selon de nombreux auteurs, de 50 à 200cm bien oxygénée. Dans ce contexte, sur les sols ayant tendance à se transformer en marais, les peupliers au fur et à mesure de leur croissance utilisent des quantités d'eau de plus en plus grandes.

4.2.3-La lumière

Le Peuplier noir (*Populus nigra* L.) est une espèce pionnière exigeante en eau et en lumière que l'on retrouve aussi bien à faible altitude (niveau de la mer) que sur les reliefs (Zabielski, 1978).

4.2.4-Le vent

La plupart des peupliers sont résistants aux effets du vent du fait de leur système racinaire profond et solide. Taxis (1966) remarque que les peupliers souffrent du vent, quoiqu'on les utilise beaucoup comme brise vent. L'influence du vent provoque le développement asymétrique des racines et la rupture des fibres ligneuses. D'autre part, c'est l'élagage qui permet de corriger la résistance des arbres au vent.

5- Intérêt économique de bois de peuplier noir

Les utilisations du bois de peuplier noir sont relativement limitées, non seulement parce que son tronc est souvent tordu et noueux, mais surtout parce que le bois lui-même se conserve mal. Il fut autrefois employé pour la fabrication des tables de soufflets de forge car il ne se déforme pas au séchage. La valeur économique des bois du peuplier noir (*Populus nigra* L.) se retrouve majoritairement dans la trituration pour la fabrication de la pâte à papier et le panneau à densité moyenne (Ménétrier, 2006).

Une proportion plus faible des volumes disponibles de ce bois est utilisée dans la fabrication de boîtes, de caisses, de palettes, de frisons d'emballage, de composantes de meubles et de bois de dimension pour la construction (Mullins et McKnight, 1981). Les meilleures billes sont destinées à la fabrication de placages, de contreplaqués et de poutres de placages lamelles (Hosie, 1980).

6-Usage de peuplier noir

Au début de notre ère, le médecin grec Galien recommandait déjà l'usage d'une pommade à base de bourgeons de peuplier pour soigner les inflammations cutanées et les hémorroïdes. Aujourd'hui encore, les propriétés anti-inflammatoires, antiseptiques, diurétiques et calmantes des bourgeons de peuplier noir sont utilisées contre diverses affections douloureuses. Les mêmes bourgeons servent à la fabrication d'un sirop contre la toux et d'un tonique printanier. En Occident, ils représentent la principale source de résines et d'huiles essentielles dont les abeilles tirent la propolis aux vertus thérapeutiques bien connues. Plutôt amère, l'écorce a servi de succédané à la quinine, dont elle possède les propriétés toniques. Le charbon de bois de peuplier noir est utilisé comme antiseptique intestinal (Häne et Kaennel Dobbertin, 2006).

7- Menaces avérées pour l'espèce et son habitat

La principale menace correspond à l'altération, à la fragmentation et à la réduction de son habitat engendrées par le développement de l'agriculture et des activités humaines (Dynesius et Nilsson, 1994; Naiman et al, 2005). Les barrages hydroélectriques, les endiguements, l'extraction intensive de matériaux ont modifié le régime hydrologique des rivières et perturbé les cycles naturels d'érosion et de sédimentation (Pautou, 1983; Dynesius et Nilsson, 1994; Bravard et al, 1997; Scott et al, 1997; Rood et al, 1999 ; Nilsson et Berggren, 2000; Steiger et al, 2001). Ces changements ont abouti à une réduction des surfaces favorables à la régénération de l'espèce. En effet, cette régénération ne peut se réaliser qu'au travers de la colonisation de sédiments frais, mobilisés par la dynamique fluviale pendant les crues. Cette dernière menace affecte la taille efficace et la composition génétique des populations, paramètres essentiels pour le maintien à long terme de la diversité génétique et de l'adaptabilité de l'espèce.

CHAPITRE II : LA STRUCTURE ANATOMIQUE DU BOIS

1- Introduction

Le bois est un matériau composite, tant qu'en terme structural qu'au niveau de sa composition chimique. Sa structure est cellulaire et poreuse. Employé par l'homme depuis longtemps, son usage a influencé l'évolution des civilisations. Ses nombreuses qualités le rendent incontournable éternel et source d'innovations (Jebrane, 2009).

La connaissance de la structure du bois qui relève du domaine de la botanique est à la base de l'étude de ses propriétés physiques, mécaniques et chimiques (Guinier, 1986).

2-Définition

Le bois est un matériau organisé et hétérogène dont la formation s'est étendue sur de nombreuses années. Botaniquement, c'est un agrégat anisotrope de tissus d'origine secondaire résultant du fonctionnement vers l'intérieur de l'assise génératrice libéro-ligneuse dénommée aussi « cambium » (Detienne, 1988).

La définition scientifique est celle donnée par Keller (1994) : le bois est un ensemble de tissus d'origine secondaire, à parois lignifiées, résultant du fonctionnement, vers l'intérieur, de l'assise génératrice cambiale.

Le bois est un matériau imperméable, anisotrope et hétérogène (Cloutier, 2005). Il tend constamment vers un équilibre hygrothermique avec l'air qui l'entoure : à cet équilibre correspondent une teneur en humidité ainsi que des propriétés définies. Au regard de son anisotropie, le bois ne présente pas les mêmes caractéristiques physiques et mécaniques selon la direction de la sollicitation.

Le bois est un ensemble de tissus cellulaires, hétérogènes et organisés qui constituent la masse principale du tronc des arbres. Les essences de bois sont généralement classées en deux grands groupes, désignés sous le nom de résineux et de feuillus. Les feuillus sont des végétaux plus évolués que les résineux. Ils sont caractérisés par un bois plus complexe, des cellules plus spécialisées, des plans ligneux plus variés et leur identification est généralement plus facile. Les rôles de conduction de la sève et de soutien mécanique sont principalement assurés par les vaisseaux et les fibres ligneuses (Campredon, 1969; Keller, 1994; Cloutier, 2005). Quant aux résineux, végétaux plutôt primitifs, ils présentent des cellules de bois peu spécialisées et un plan ligneux simple. Les trachéides longitudinales constituent environ 90 % du volume du bois des résineux (Campredon, 1969; Harrington, 1998). La figure 3 illustre la structure anatomique des bois feuillus et des bois résineux.

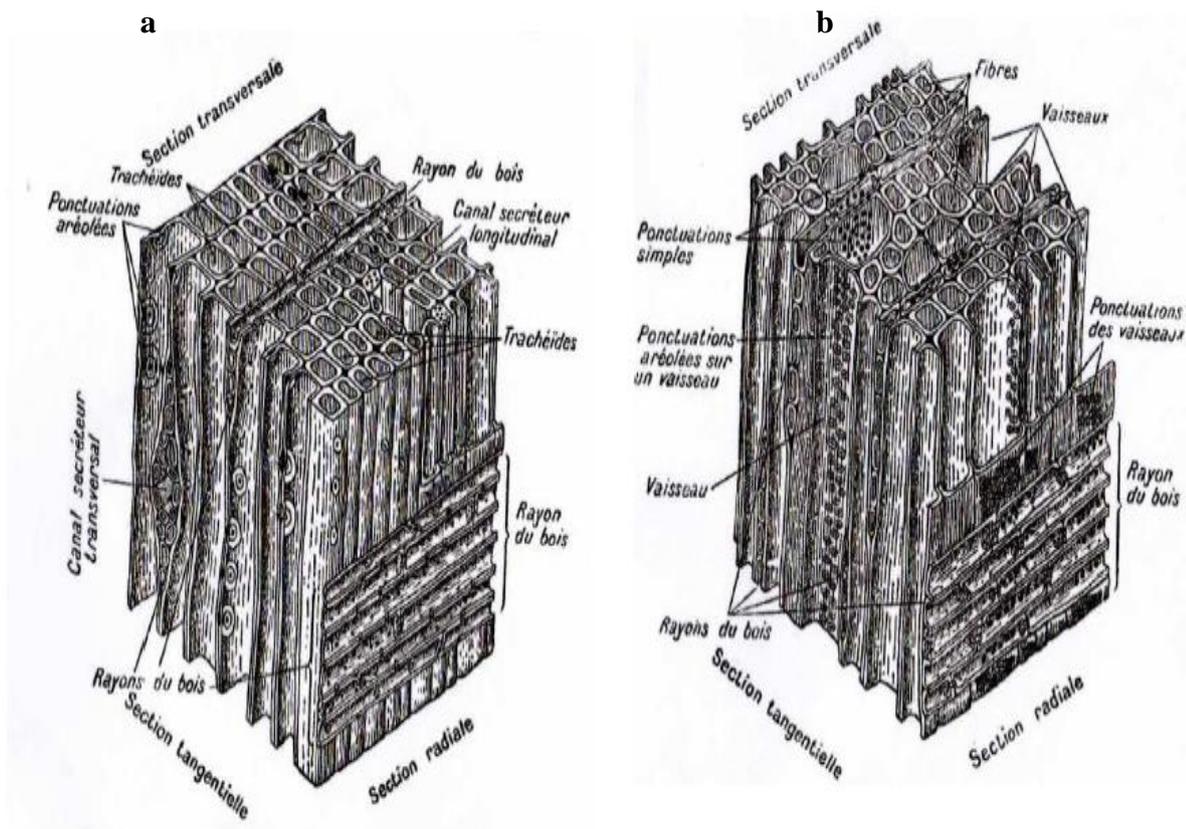


Figure 3. Structure anatomique des bois (Campredon, 1969)

a : résineux ; **b :** feuilleux

L'hétérogénéité du bois a pour origine sa composition en différents éléments résultants du métabolisme de l'arbre. En outre, le bois présente des variabilités étendues sur plusieurs aspects tels que les caractéristiques morphologiques et chimiques. Cette variabilité rend l'utilisation du bois plus complexe (Ben'Mbarek, 2011).

3- propriété du bois

Le bois à un certain nombre de propriété qui le différencie des autres matériaux, il se caractérise surtout, comme l'explique (Haddad, 1990).

- Une faible densité entre 0,1 et 1,3 ;
- Une très bonne résistance dans le sens longitudinal ;
- Une interaction prononcée avec l'humidité, facteur essentiel des propriétés physiques et mécaniques et des caractéristiques dimensionnelles ;

- Une bonne résistance à l'oxydation, mais une faible résistance à l'action biodégradable des organismes vivants ;
- Une forte porosité 20 à 90% due au caractère cellulaire de ces matériaux ;
- Une variabilité importante de l'ensemble des propriétés à tous les niveaux. Dans une même essence de bois, entre peuplements forestiers, entre individus dotés d'un stock génétique différent. Dans un même peuplement, entre le cœur et l'aubier, entre le bois produit au printemps et celui d'été.

4- Formation du bois

Le bois est un tissu végétal mis, en place par le fonctionnement des méristèmes primaires et secondaires qui assurent la croissance en épaisseur et l'élongation des tiges (Normand, 1998). A ce dernier se rattache le cambium ou l'assise génératrice dont les cellules cambiales se divisent durant les périodes végétatives suivant un plan parallèle à leur surface : division péricline. De même la croissance de la tige en diamètre s'effectue par divisions anticlines, suivant un plan perpendiculaire à celui des divisions périclines produisant de nouvelles cellules cambiales qui s'intercalent parmi les autres (Detienne, 1988).

Les vaisseaux qui se forment au printemps sont plus larges (le bois est plus clair) pour permettre la montée de la sève, à l'automne, les vaisseaux sont plus étroits et les fibres plus nombreuses (bois est plus sombre). Cette alternance de zones claires et sombres forme les cernes annuels (Majoyer et al, 2002).

5- Variation de l'aspect et de la structure du bois

Malgré l'identité du plan ligneux de tous les individus appartenant à la même espèce, le bois présente des variations.

5-1 Variation de l'aspect

Coloris variable, épaisseur des couches annuelles différentes, vinage différent, bois comportant plus ou moins de défaut, plus ou moins d'aubier.

5.2- Variation de la structure

La structure du bois varie suivant le groupe (Résineux ou feuillu). Chez les résineux nous trouvons qu'un seul type de cellules :

Les trachéides qui servent à la fois à donner la résistance au bois (tissus de soutien) et à conduire l'eau et liquides nutritifs (tissus de conduction).

Elles remplacent à la fois les fibres et les vaisseaux que nous trouvons chez les bois des feuillus (Campredon, 1982).

Mais elle varie aussi pour une espèce suivant la vitesse d'accroissement, qui influencera le rapport entre le bois de printemps et le bois d'été, ce rapport définit la texture du bois.

6- La structure anatomique de bois

6.1- Structure macroscopique du bois

Les éléments principaux sont ceux visibles à l'œil nu, ils permettent une appréciation globale de l'aspect générale du bois et de la disposition de ses tissus les plus apparents (Jacquot et al, 1973).

De l'intérieur vers l'extérieur, la Figure 4 représente les principales parties du tronc d'un arbre.

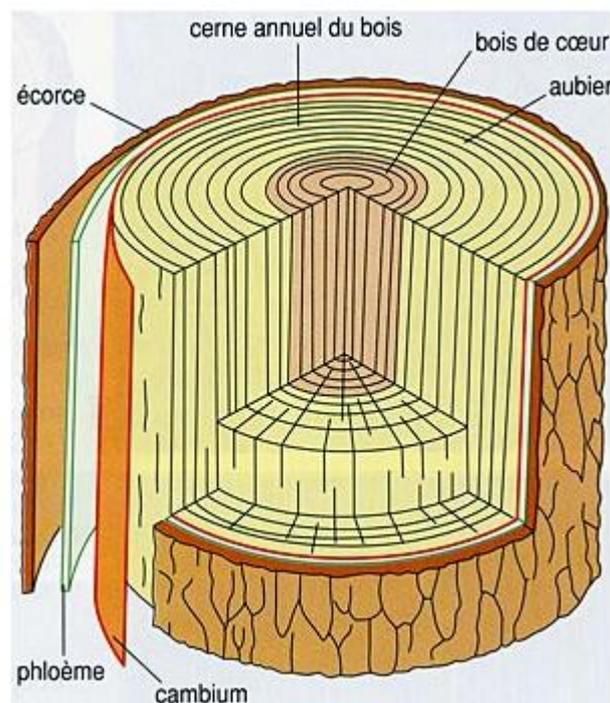


Figure 4. Les différents composants structuraux macroscopiques du tronc d'un arbre³

³<http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/tutoriel/morphologie-fibres-bois/page03.htm>

- ✓ **L'écorce interne (liber):** Couche située entre l'écorce et l'aubier qui par des tubes criblés, assure le transport de la sève élaborée.
- ✓ **L'aubier:** L'aubier est la partie de l'arbre juste sous l'écorce généralement tendre et blanchâtre, c'est la partie correspondante aux zones d'accroissement récemment formées contenant des cellules vivantes.
- ✓ **Le duramen:** la partie centrale du tronc qui ne contient plus que des cellules mortes, est appelé « duramen », chez certaine essence, dites essences à aubier différencié, le bois du duramen est coloré, il est alors nettement distinct de la couronne d'aubier de couleur plus claire. Cette partie centrale a subi une transformation d'ordre chimique, parfois anatomique, ce sont ces transformations qui constituent la duraminisation. ce dernier est provoqué et contrôlé par les cellules vivantes de l'aubier, les cellules de parenchyme. On note par exemple, l'élaboration de substances qui vont imprégner le bois, lui conférer sa couleur et une certaine résistance naturelle vis-à-vis des champignons ou des insectes ravageurs (Ghazil, 2010).

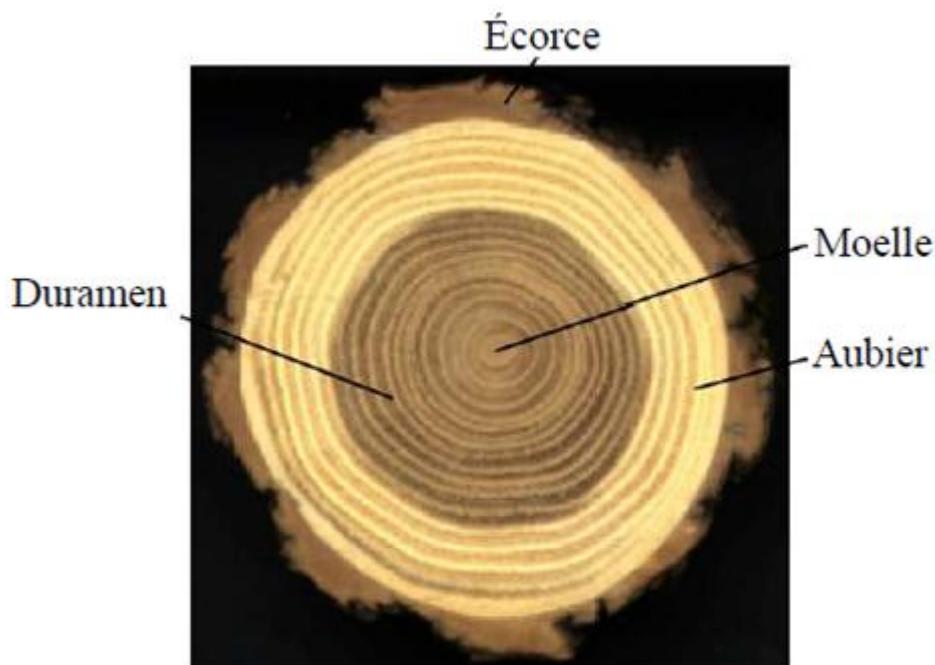


Figure 5. Coupe transversale d'un tronc d'arbre (Navi et Heger, 2005).

- ✓ **Cerne annuel :** L'examen des coupes transversales dans le bois des tiges et des branches montre une série des couronnes concentriques ou des cernes annuels. Un cerne correspond à la quantité de bois produite par l'arbre pendant une année (Fig. 6).

Chaque cerne est formé de deux zones :

- Le bois de printemps : tendre et riche en canaux de circulation de la sève ;
- Le bois d'été : plus dense et résistant, dont la différence d'aspect plus ou moins nette permet de classer les bois par leur structure hétérogène ou homogène, (proportion bois d'été /bois de printemps).
 - Bois hétérogène : différence nette entre le bois d'été et le bois de printemps (Chêne, châtaignier, orme, résineux).
 - Bois homogène : peu de différence (Hêtre, peuplier). La numération de ces cernes permet de déterminer l'âge d'une branche ou d'un tronc.

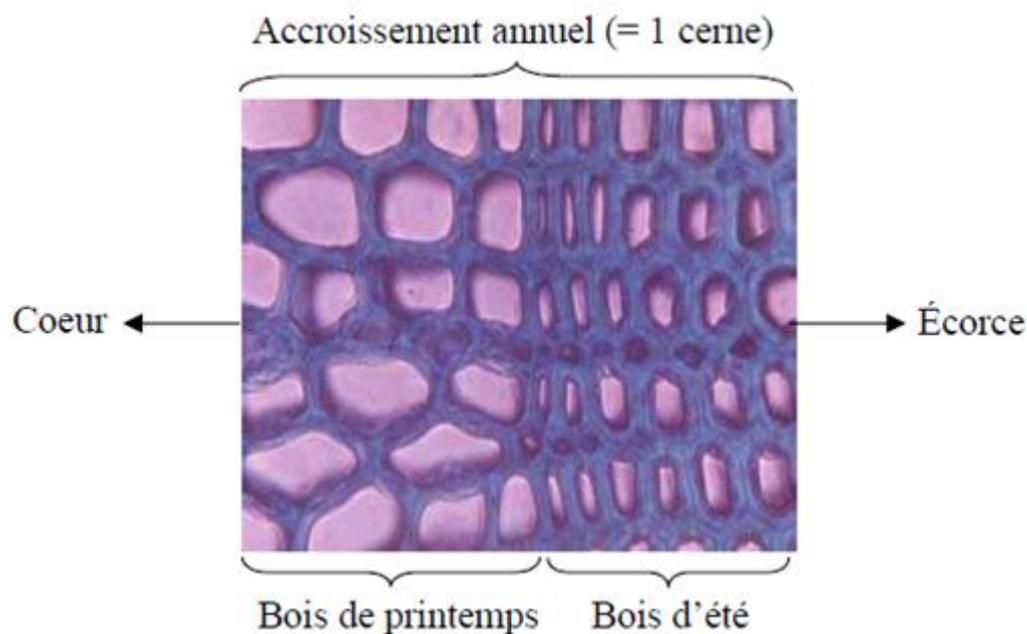


Figure6. Coupe transversale de bois de printemps et bois d'été dans un accroissement annuel de pin maritime (Stokes et al, 1999).

6.2- structure microscopique du bois

L'anatomie de bois feuillus est plus complexe que celle des bois résineux. Durant l'évolution, les cellules des bois feuillus se sont plus fortement différenciées. Le bois des angiospermes, au contraire, contient deux types d'éléments verticaux : des fibres de type trachéide qui assurent le soutien et des vaisseaux qui assurent conduction (Fig. 7).

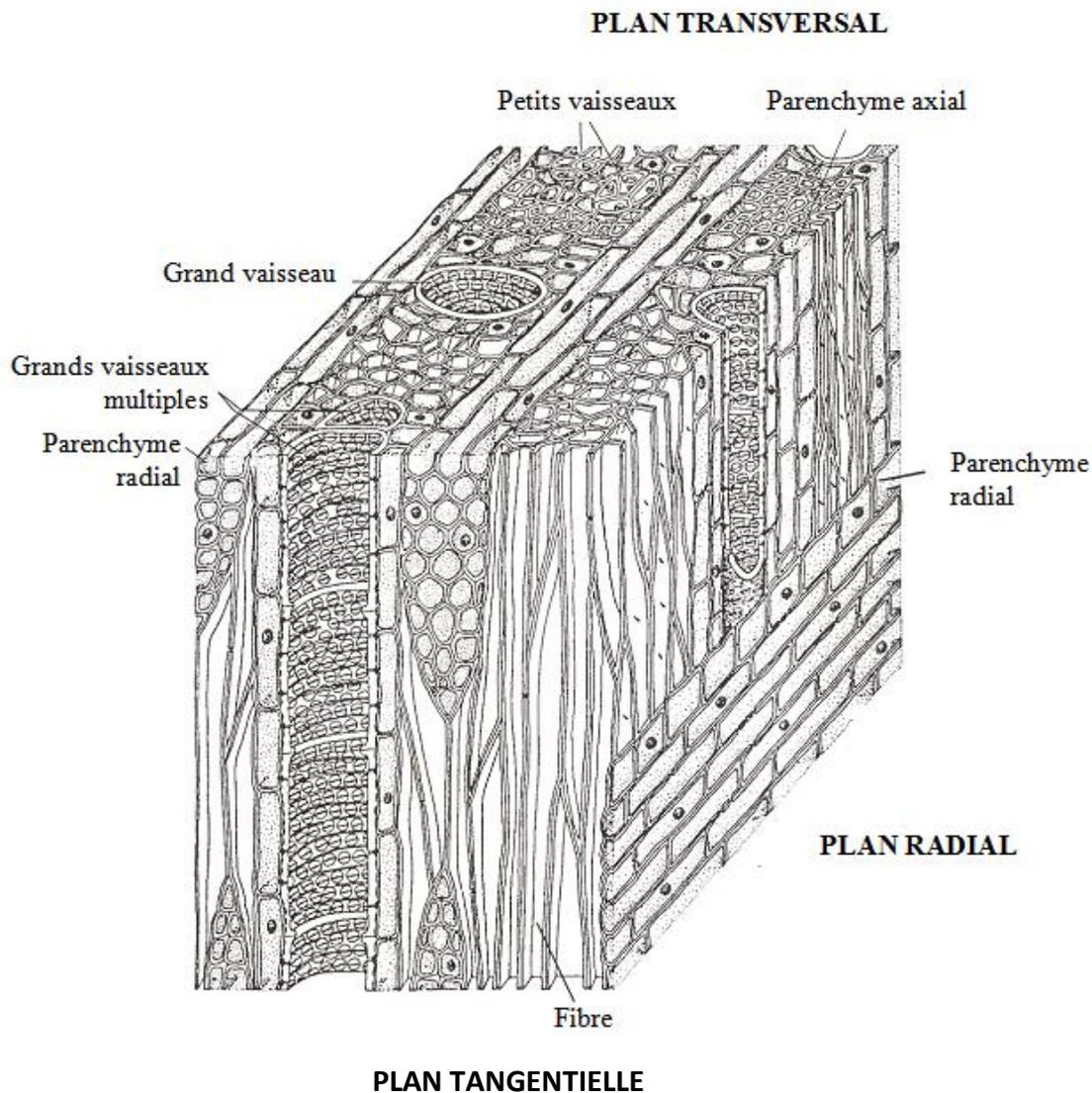


Figure 7. Plan ligneux des bois feuillus⁴

6.2.1- les vaisseaux

Ce sont de grosses cellules mortes, à parois lignifiées et perforées par de grandes ouvertures et à grande cavité centrale. La taille des vaisseaux est tellement grande qu'ils deviennent visibles à l'œil nu sous forme de pores. Pour une même espèce, le diamètre des vaisseaux peut être grand dans le bois formé au début de saison et devenir plus faible dans le bois de fin de saison (Boureau, 1957).

⁴<http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/23430/ch02.html>

Selon Granier et al (1994), les petits vaisseaux du bois final peuvent fonctionner plusieurs années et certains gros vaisseaux des cernes les plus extérieurs peuvent même redevenir fonctionnels. La perte de conductivité s'accompagne généralement par l'obstruction progressive des vaisseaux par les thylles (Vensteenkiste et Breda, 2002).

Les éléments de vaisseaux les plus évolués sont larges, courts, à perforations simples. Des perforations peuvent, dans certains cas, se trouver sur les parois latérales.

Le calibre des éléments de vaisseaux est généralement plus grand que celui des autres cellules du xylème secondaire, ce qui permet de les reconnaître aisément, même sur une coupe transversale où ils constituent les pores du bois, leur diamètre, leur densité (nombre au millimètre carré), leur groupement (pores solitaires ou multiples), leur disposition (pores diffus, zone poreuse du bois initial...) sont des éléments spécifiques.

6.2.2- les thylles

Les thylles sont des projections de la paroi tertiaires qui accompagnent la dramatisation, leur rôle réside dans l'obstruction du flux de la sève. L-oxydation de la sève est à l'origine de la modification de la coloration entre l'aubier et le duramen (Boureau, 1957).

6.2.3 Les fibres ligneuses

Ce sont des éléments diversement ponctuées, plus long que les autres éléments, et aux extrémités effilées, ils jouent un rôle essentiel de soutien et de conduction (Detienne, 1988). Leur paroi peut être épaisse, elle confère alors au bois une grande solidité : c'est le bois dur. Si elle est mince, le bois est tendre : c'est le bois appelé « bois blanc » (Venet, 1986).

6.2.4 Parenchyme

Les cellules du parenchyme ont le même rôle que chez les résineux. La répartition et l'emmagasiner des substances nutritives, sont assumés par ce tissu appelé parenchyme. On les trouve surtout dans les rayons ligneux mais également en files verticales. Ses cellules sont généralement petites, parallélépipédique et leur paroi est généralement lignifiée. Ce sont les éléments vivants du bois, elles contiennent donc encore un noyau et du protoplasme (Doin, 1964).

❖ Parenchyme axial

Le parenchyme axial constitue un système continu parallèle aux fibres. Selon les espèces, sa quantité peut être très importante et sa répartition est très caractéristique. Sa

répartition par rapport aux vaisseaux est très importante pour caractériser les divers types de bois, elle permet de reconnaître deux grandes catégories (Doin, 1964; Detienne, 1988).

❖ Le parenchyme paratrachéal

Ce parenchyme est associé aux vaisseaux, on en distingue plusieurs types selon qu'il entoure complètement les vaisseaux (parenchyme vasicentrique) ou non (parenchyme abaxial) (Doin, 1964).

❖ Le parenchyme apotrachéal

Dont la répartition est indépendante de celle des vaisseaux, il est dispersé ou diffus quand il est irrégulièrement réparti, circummédullaire lorsqu'il forme des bandes tangentiels concentriques, parfois il ne forme qu'une couche tangentielle au début (parenchyme initial) ou à la fin (parenchyme terminal) de l'anneau ligneux annuel (Doin, 1964).

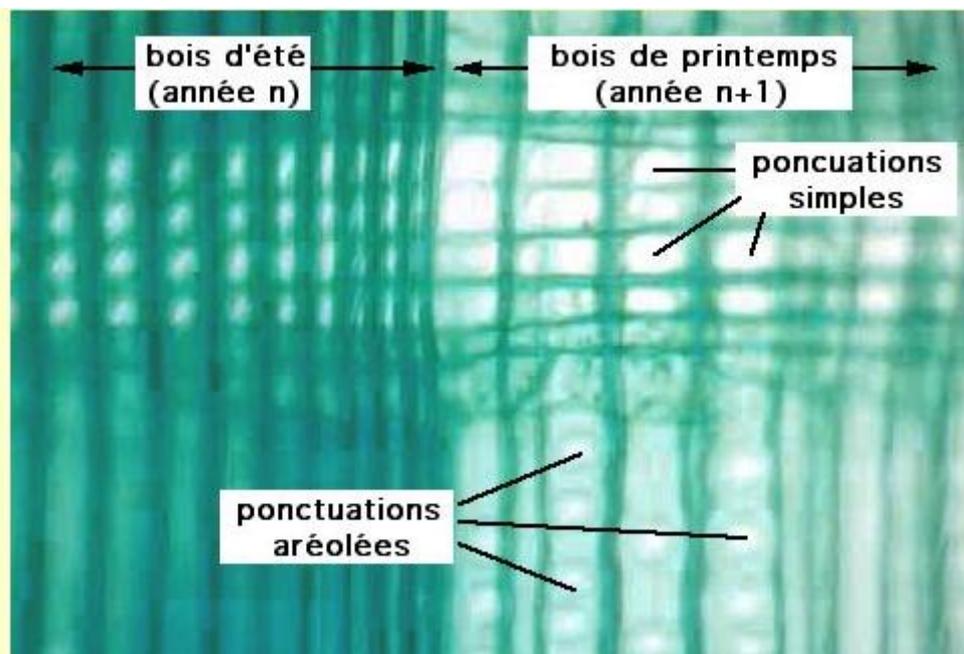


Figure 8. Coupe longitudinale radiale de bois de pin à la limite de deux cernes⁵

6.2.5- les rayons ligneux

Les rayons ligneux sont des cellules de réserve à parois épaisses et lignifiées, qui accompagnent le tissu vasculaire. Ces cellules participent en outre à la fonction de soutien, leur orientation est transversale et rayonnante en partant de l'axe longitudinal de l'arbre (Venet, 1974). La hauteur et la largeur sont particulièrement visibles en section tangentielle et

⁵http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/bois/bois_pin_microscopie.htm

la longueur en section radiale. En section transversale, les rayons ligneux présentent sous forme de lignes radiales (Bakour, 2003).

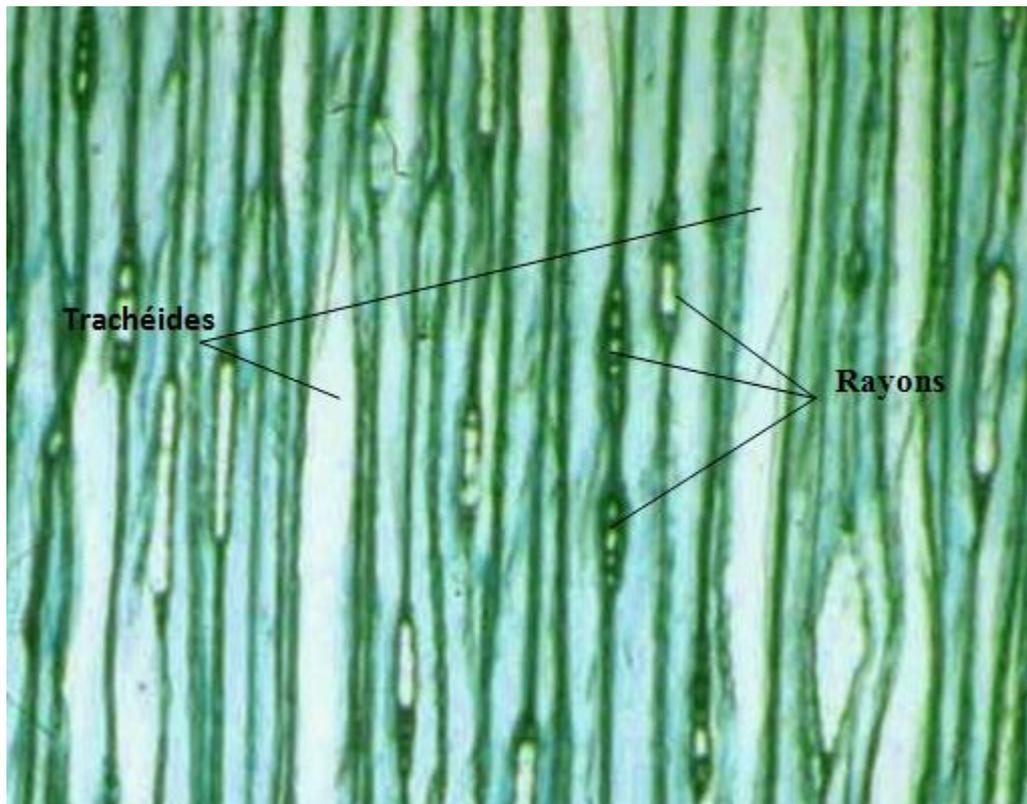


Figure 9.Coupe longitudinale tangentielle de bois de pin⁵.

6.2.6-Ponctuation

Le type des ponctuations dépend de la nature des membranes en contact avec celle des vaisseaux, s'il s'agit d'autres vaisseaux ou de fibres. Les paires de ponctuation sont généralement aréolés, s'il s'agit d'éléments parenchymateux, les paires de ponctuations peuvent être aréolés, semi aréolé ou simple.

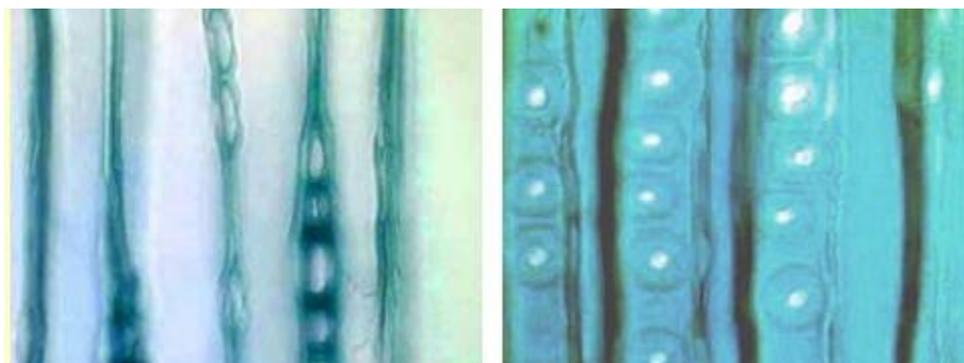


Figure 10.Détail des ponctuations aréolées coupées transversalement (à gauche) ou vue de face (à droite). Elles assurent la communication latérale entre les trachéides⁵.

7-Plan ligneux et les trois plans d'observations de la structure du bois

7.1- Définition

On appelle plan ligneux d'une essence, le groupement et la nature des différents éléments constitutifs de son bois, vaisseaux, rayons ligneux, fibres, parenchyme et dont l'agencement reste constant pour une espèce donnée, permettant de caractériser les espèces ligneuses (Venet, 1986).

C'est l'ensemble des caractères de structure du bois tenant à la nature, à la forme et au groupement des cellules constitutives. Ses caractéristiques sont constantes pour une essence donnée.

Ce groupement constant pour chaque essence permet son identification à vue d'après l'aspect général de l'échantillon considéré. (Popov, 1980) pour cet aspect dépend :

- De sa coloration générale ;
- De contraste de ses différentes zones colorées (bois d'été et bois de printemps) ;
- De son fil ;
- De son gain ;
- De ses mailles.

7.2- Etude de plan ligneux

Les éléments qui composent le bois ne sont pas tous orientés dans la même direction, alors pour étudier la structure du bois, on réalise trois types de coupes effectuées sur les branches des arbres.

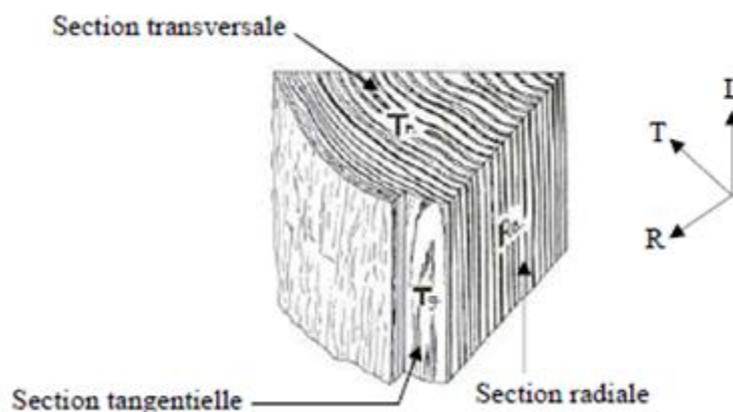


Figure 11. Les trois directions de plan ligneux (Keller, 1994).

- Plan transversal : plan perpendiculaire à l'axe de l'arbre ;
- Plan radial : plan perpendiculaire aux cernes annuels qui passe par l'axe du tronc ;

- Plan tangentiel : plan tangentiel aux cernes annuels.

7.2.1-le plan transversal

Perpendiculaire à l'axe de symétrie, donc au fil du bois. Il correspond à la section de découpe du tronc, c'est-à-dire au bois « debout » (Detienne, 1988).

L'étude macroscopique de la section transversale, permet de distinguer (Fig. 11) :

- ❖ Présence, régularité, largeur et la composition des couches d'accroissement annuelles ;
- ❖ Présence, importance, largeur et variabilité des rayons ligneux ;
- ❖ Présence, éventuelle de caractères particuliers tels que groupements ;
- ❖ Présence de canaux résinifères axiaux ;
- ❖ Distinction éventuelle entre aubier duramen ;
- ❖ Couleur, odeur, dureté du bois final ;
- ❖ Présence éventuelle de certaines anomalies (excentricité du cœur, fentes anomalies de coloration, lunure, pourriture).

Ces caractères donnent de précieuses indications sur la qualité et l'utilisation possible du bois.

Etude microscopique en section transversale d'une coupe mince de bois résineux fait ressortir les points suivants :

- ❖ Différence quant à la dimension des cellules et l'épaisseur des parois, entre la zone initiale et la zone final ;
- ❖ Progressivité ou brutalité du passage du type de cellules formées au printemps (bois initiale) et en été (bois final) ;
- ❖ Importance des rayons ligneux (nombre des rayons par unités de longueur tangentielle, épaisseur de ces rayons, épaisseur et structure des membranes des cellules qui les composent, les types de ponctuations entre ces cellules) ;
- ❖ Présence éventuelle d'éléments particuliers tels que : parenchyme vertical, canaux sécréteurs, etc.....
- ❖ Présence éventuelle des méats entre les trachéides, en particulier entre les trachéides de la zone finale.

7.2.2- section radiale

La section radiale est orientée de la moelle à l'écorce, suivant les rayons du bois.

L'étude macroscopique de la section radiale, permet de distinguer :

- ❖ La hauteur et la structure des rayons qui apparaissent sous forme de stries perpendiculaires aux vaisseaux (champ de croisement) ;
- ❖ L'aspect des divers tissus tels que les gros vaisseaux verticaux du bois de printemps des différents cernes qui apparaissent nettement.

L'étude microscopique de la section radiale, permet de distinguer les fibres et les vaisseaux verticaux et en plus de nombreuses ponctuations qui relient les différents éléments verticaux.

7.2.3- section tangentielle

La section tangentielle est une section perpendiculaire à la section radiale, elle se trouve tangentielle aux couches d'accroissement. L'étude macroscopique de la section tangentielle fait ressortir les éléments suivants :

- ❖ Aspect des rayons et leurs tailles ;
- ❖ Présence et aspect des vaisseaux et des fibres.

L'étude microscopique de la section tangentielle, permet de reconnaître un certain nombre de caractères nécessaires à la détermination d'un bois, en particulier :

- ❖ Présence des fibres verticales ;
- ❖ Présence et nature des rayons, dont il est possible d'apprécier leurs hauteurs, leurs grandeurs et leurs dispositions ;
- ❖ Présence des vaisseaux, avec la possibilité de déterminer leurs longueurs et grandeurs.

8- Facteurs influençant la structure

8.1- Modifications anatomiques avec les conditions de croissance

Du fait que la croissance démarre au début de la saison végétative, il y a une relation étroite entre la dimension des cellules et les conditions de croissance. Les fibres du bois final peuvent être 2 à 3 fois plus longues que celles du bois initial.

D'autre part, l'éclaircissement du tronc peut également modifier la longueur des éléments. Les fibres du côté ensoleillé sont plus courtes chez les feuillus (Normand, 1998).

Indépendamment de la nature du cerne qui est un caractère héréditaire, la largeur des cernes, liée à la vitesse de croissance de l'individu, modifie la texture. Chez les feuillus, la largeur du bois final est faible lorsque la croissance est lente et elle est importante lorsque la croissance est rapide (Detienne, 1988).

Ces facteurs sont de cinq sortes (Popov, 1980).

- La nature du sol : En sol pauvre l'accroissement est plus faible qu'en sol fertile.
- L'exposition : Les versants exposés au nord fournissent un bois plus serré.
- Les conditions atmosphériques
 - Le climat chaud : La chaleur n'a pas d'influence néfaste si l'apport d'eau est suffisant. Dans les régions où l'humidité est constante, la croissance ne subit pas d'interruption et les limites entre les couches annuelles sont peu distinctes.
 - Le climat froid et l'altitude produisent les mêmes effets qu'une exposition Nord à une altitude moindre.
 - Les causes accidentelles : une année exceptionnellement sèche entraîne un ralentissement de l'activité végétative, l'épaisseur de la couche annuelle correspondante s'en trouve réduite.
- Le traitement forestier : Le régime de futaie est le plus favorable pour la production de bon bois d'œuvre, aux couches fines et régulières.

Dans le régime de taillis sous futaie, aux années de coupe de taillis correspondent des couches annuelles fortement épaisses, dues au brusque dégagement des arbres de futaie.

Les arbres poussés en isolés ont un bois nerveux aux larges accroissements annuels.

- L'âge de l'arbre

Passé l'âge de la maturité de l'arbre, l'activité végétative se ralentit et il ne se forme plus que des couches périphériques minces.

- Modifications anatomiques avec l'âge

Dans une certaine mesure, le tronc d'un gros arbre peut renfermer toute la gamme des variations de structure de l'essence, au centre, le bois est nommé «Juvénile», est le plus souvent caractérisé par des éléments plus courts et plus fins, des rayons de structure plus hétérocellulaires et du parenchyme vertical plus abondant.

Ensuite le bois adulte, composant la masse essentielle du tronc, peut présenter des modifications qui refléteront les conditions du milieu (Detienne, 1988).

CHAPITRE III : LA MORPHOLOGIE VEGETALE

1- Introduction

L'identification des différentes espèces végétales repose sur le partage par tous les individus de la même espèce d'un ensemble de caractéristiques morphologiques : port général de la plante, disposition des feuilles, caractéristiques des feuilles et des fleurs. L'utilisation de ces caractéristiques morphologiques est à la base de l'identification des végétaux.

2- Définition

La morphologie végétale est la partie de la botanique qui consiste à décrire les formes externes des plantes et de leurs organes (Hammiche, 1988).

La morphologie en général étudie la forme externe des organes. Elle comporte la description des différents organes des végétaux, c'est pourquoi on l'appelle aussi : **ORGANOGRAPHIE**. Elle est considérée comme le premier stade de la connaissance du monde végétal, elle utilise l'œil et (ou) la loupe.

D'après Hammiche (1988). Le domaine de la morphologie s'intéresse aux caractères suivants:

- La racine
- La tige
- Les inflorescences
- La fleur
- Le périanthe
- L'androcée
- Le gynécée
- La reproduction
- Le fruit
- La graine
- La feuille

3- La feuille

Parmi les domaines cités de la morphologie, le présent travail s'intéresse à la morphologie de la feuille, comme étant un facteur morphologique essentiel. Les autres

caractères relèvent d'autres disciplines et font appel parfois à des périodes d'observations plus longues et surtout à un matériel spécifique.

La feuille est définie comme une expansion latérale de la tige, à symétrie bilatérale insérée aux nœuds de la tige et disposée d'une façon.

Une feuille comporte trois parties (Fig. 12) :

- ❖ **Le limbe** : vert, étalé, parcouru par réseau de nervure ;
- ❖ **Le pétiole** : cordon rigide qui réunit le limbe à la gaine ;
- ❖ **La gaine** : élargissement de la base du pétiole.

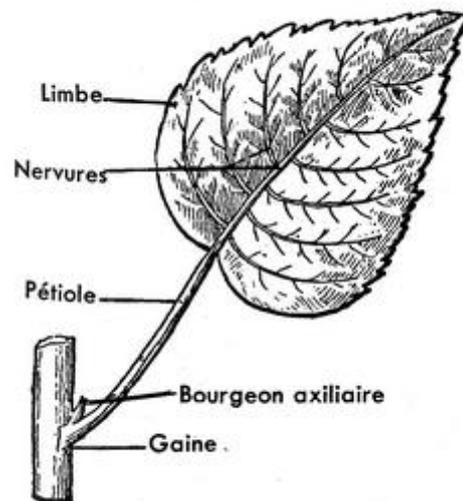


Figure 12. Structure d'une feuille simple des angiospermes⁶

3.1- Types de feuilles

Selon la figure 13, on reconnaît deux (02) grands types de feuilles, la feuille simple et la feuille composée. Une feuille simple est constituée d'un seul limbe à la base duquel se trouve un pétiole et /ou un bourgeon axillaire. Une feuille composée possède plusieurs folioles ; elle ne comporte pas de bourgeons à la base des folioles, le bourgeon axillaire se trouvant plutôt à la base du pétiole (Bottin, 2004).

⁶<http://lesbeauxjardins.com/cours/botanique/8-Anatomie/feuille.htm>

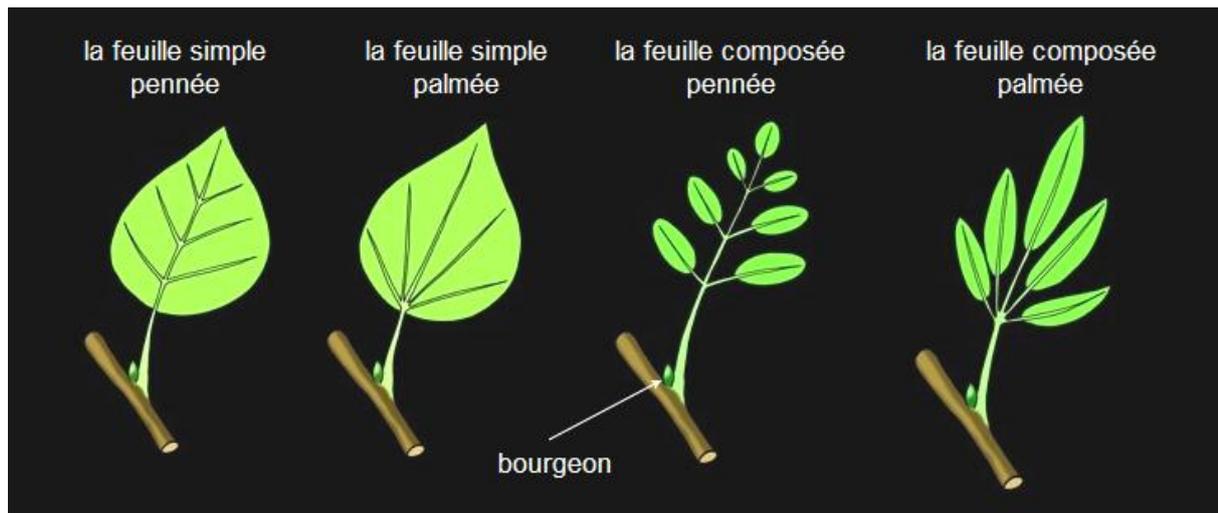


Figure 13. Les types des feuilles⁷.

3.2- Modification de la feuille

3.2.1- Le limbe

Une feuille sans limbe est réduite au pétiole qui prend le nom de phylode.

3.2.2- Le pétiole

Une feuille sans pétiole est dite sessile.

3.2.3- La gaine

Elle peut être :

- Fermée ;
- Ouverte ;
- En cuillère

Certaines gaines ont des formations supplémentaires :

- Ligule : lame membraneuse à la limite du limbe et de la gaine ;
- Stipules : deux lames vertes à la base du pétiole dans le plan du limbe.

⁷http://www.jeanduperrex.ch/Site/Feuille_morphologie.html

Elles sont parfois :

- Supérieures aux feuilles ;
- Transformées en épines ;
- Soudées en étui.

3.3- Nervation

Les nervures d'une feuille sont les prolongements du pétiole dans le limbe foliaire. Elles se remarquent par leur relief bombé. On distingue la nervure principale et les nervures secondaires qui partent de la nervure principale. C'est au niveau des nervures, que se situent l'essentiel des tissus conducteurs de la sève (xylème et phloème), organisés en faisceaux libéro-ligneux.

La disposition des nervures (ou nervation) varie selon les espèces ou les familles. On peut distinguer trois grands types de nervation (Fig. 14) : **Nervation pennée** dans laquelle une nervure principale, prolongeant le pétiole, divise le limbe en deux parties sensiblement identiques selon l'axe de symétrie et à partir de laquelle les nervures secondaires se détachent selon une disposition alterne ou opposée (ex : Feuille de bouleau, de hêtre). **Nervation palmée** où plusieurs nervures, en nombre impair, se détachent du pétiole au point de contact avec le limbe (ex : Feuille de chêne, d'érable). **Nervation parallèle** où les nervures sont disposées de façon parallèle (ex : les Monocotylédones comme les Iris, le Maïs et les Tulipes). Les feuilles qui ne possèdent qu'une seule nervure sont qualifiées d'uninervé (Bottin, 2004).

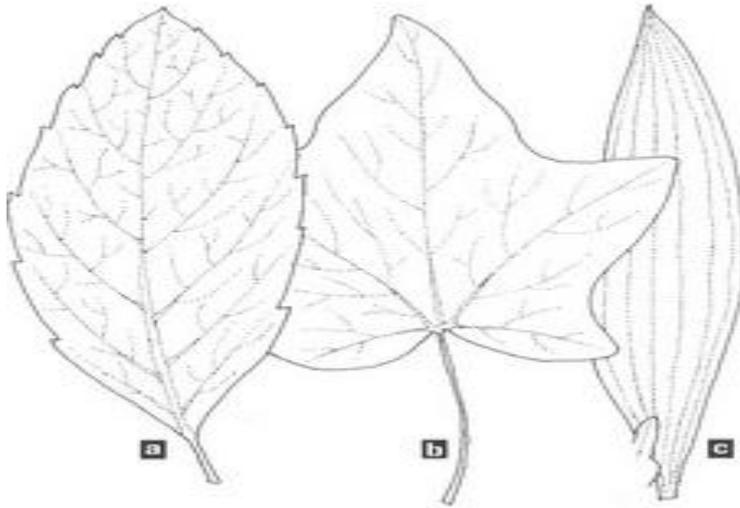


Figure 14. Les différents types de nervation⁸

(a) La forme pennée ; (b) une feuille palmée ; (c) Une feuille aux nervures parallèles.

3.4- Forme du limbe et découpures

3.4.1- La feuille simple

○ Forme

Limbe étroit

- ✓ En forme d'aiguille (feuille articulé) ;
- ✓ Elargie en centre et effilé aux extrémités (feuille lancéolée).

Limbe large

- ✓ Feuille oblongue ;
- ✓ Feuille elliptique.

Limbe plus ou moins circulaire

- ✓ En cœur ;
- ✓ Orbiculaire.

⁸<http://www.lesbeauxjardins.com/cours/botanique/8-Anatomie/feuille.htm>

Limbes particuliers

- ✓ En forme de faux ;
- ✓ En forme de flèche ;
- ✓ En forme d'épée.

- Découpures

S'il n'y a pas de coupures le limbe est entier.

Découpures légères

- ✓ Pointus (feuilles dentée) ;
- ✓ Arrondies crénelée.

Découpures atteignant les trois quart du limbe

- ✓ Feuille partite.

Découpures atteignant la nervure médiane

- ✓ Feuille séquée.

3.4.2- Les feuilles composées

Il s'agit des feuilles dont le pétiole est ramifié. Chaque ramification ou pétiole se termine par un petit limbe ou foliole. Le pétiole ramifié se nomme le rachis. Les folioles sont par paires, on distingue :

Les feuilles composées pennées dont les folioles sont insérées comme les barbes d'une plume d'oiseau :

- La feuille sera paripennée s'il n'y a pas de foliole terminale ;
- La feuille sera imparipennée s'il a une foliole terminale.

Les feuilles composées palmées dont les folioles s'insèrent toutes en même point.

3.5- Phyllotaxie

C'est le mode d'insertion des feuilles sur la tige.

- Feuille isolé : il ya une seule feuille à chaque nœud, on les appelle aussi feuilles alternes.

Les feuilles isolées peuvent être :

- Décurrente quand le limbe se prolonge sur la tige ;
- Amplexicaule quand elle est sessile et très engainante ;
- Perfoliée quand les bords du limbe se soudent autour de la tige.

Feuilles insérées par deux

- Posées ;
- Décausées.

Feuilles insérées à plusieurs

- Elles sont disposées en cercle autour d'un même nœud, elles sont appelées feuille verticillées ;
- Les feuilles insérées par trois sont dites terrées.

CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

L'étude consiste à l'identification des caractères histologiques du bois de peuplier noir (*Populus nigra* L.) et à l'influence de l'effet de la station sur ces caractères.

Cette démarche nécessite :

- Le choix des stations ;
- La collecte des échantillons ;
- La réalisation des coupes minces ;
- La description macroscopique et microscopique ;
- La quantification de certains caractères :
 - Diamètre de vaisseaux du bois initial ;
 - Diamètre de vaisseaux de bois final ;
 - Nombre de vaisseaux par mm² ;
 - Nombre de rayons.
- Le traitement statistique des données.

1-Cadre d'étude

1.1-Situation géographique de la wilaya de Tlemcen

La Wilaya de Tlemcen, se situe à l'extrême Nord-ouest de l'Algérie, elle s'étend sur une superficie de 9017,69 km², limitée par les coordonnées suivantes :

- Longitude : 1°16'12'' et 1°22'58'' Ouest.
- Latitude : 34°47'52'' et 34°52'58'' Nord.

La Wilaya de Tlemcen s'étale sur le versant septentrional des Monts éponyme, l'un des chaînons de l'Atlas tellien dans sa terminaison occidentale extrême, limitée géographiquement:

- Au Nord par la mer méditerranée ;
- Au Nord-Est par la wilaya d'Ain T'émouchent ;
- A l'Est par la Wilaya de Sidi Bel-Abbès ;
- A l'Ouest par le Royaume du Maroc
- Au Sud par la Wilaya de Naâma.



Figure 15. Localisation des stations d'études dans la Wilaya de Tlemcen (Google earth, 2016).

2-Etude histologique

2.1- Objectif de l'étude histologique

L'étude histologiques consiste à mesurer les composantes anatomiques de la coupe transversale pour caractériser le peuplier noir et par la suite voir l'influence des conditions de croissance sur ces caractéristiques.

2.2-Matériels

2.2.1- Matériel végétal

Le matériel végétal « bois de peuplier noir (*Populus nigra* L.) utilisé pour la présente étude provient de deux stations, en l'occurrence la station « 1 » située dans la forêt de Zarifet et la station « 2 » localisée dans la ville de Tlemcen. Le tableau 1 présente les caractéristiques des arbres échantillons.

Tableau 1. Caractéristiques de deux arbres échantillons

Station	Station de Zarifet	Station de Tlemcen
Hauteur de l'arbre (m)	15	16
Diamètre de l'arbre (cm)	82	47
Diamètre de la branche du prélèvement (cm)	7,4	6.5
Nombre de cernes de la branche	11	9

La prospection des zones de croissance de peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans la Wilaya de Tlemcen a orienté notre choix sur les deux stations citées. La station de Tlemcen se trouve dans un milieu urbain et le peuplier noir planté en arbre d'alignement et dans les jardins bénéficie de certains soins culturaux comme la taille, l'irrigation et même le binage. Dans la station de Zarifet, le peuplier noir se trouve dans des conditions de croissance naturelles sans aucune intervention humaine.

2.2.2- Matériel technique

Le domaine de l'histologie des ligneux est complexe son étude relève de la microstructure. Il nécessite la mise au point d'outils et de techniques appropriés qui ont été perfectionnés au fur et à mesure des progrès scientifiques et technologiques. Le matériel se base sur le matériel suivant :

➤ La loupe à main

C'est un outil d'observation macroscopique qui permet d'apprécier les éléments du bois. La loupe à main est constituée en principe par une lentille convergente à travers la quelle se réfracte la lumière renvoyée par un objet, visualise l'image sous un plus grand angle que l'œil nu.



Figure 16. La loupe à main (cliché originale)

➤ Le microtome

Nous avons utilisé le microtome pour réaliser des coupes minces de bois, le microtome se compose d'une partie fixe « porte lame » et d'une partie mobile ou chariot « porte objet ». Pour la réalisation des coupes minces, nous faisons glisser à la main le chariot qui porte les petits blocs de bois vers la lame (Fig. 17). L'épaisseur des coupes varie de 0 à 40 μ m, la coupe transversale 15 μ m, la coupe radiale et la coupe tangentielle 15 à 25 μ m. L'inclinaison que le couteau forme avec la surface de section doit être plus grande pour les bois durs (15°) que pour les bois tendres (8°).

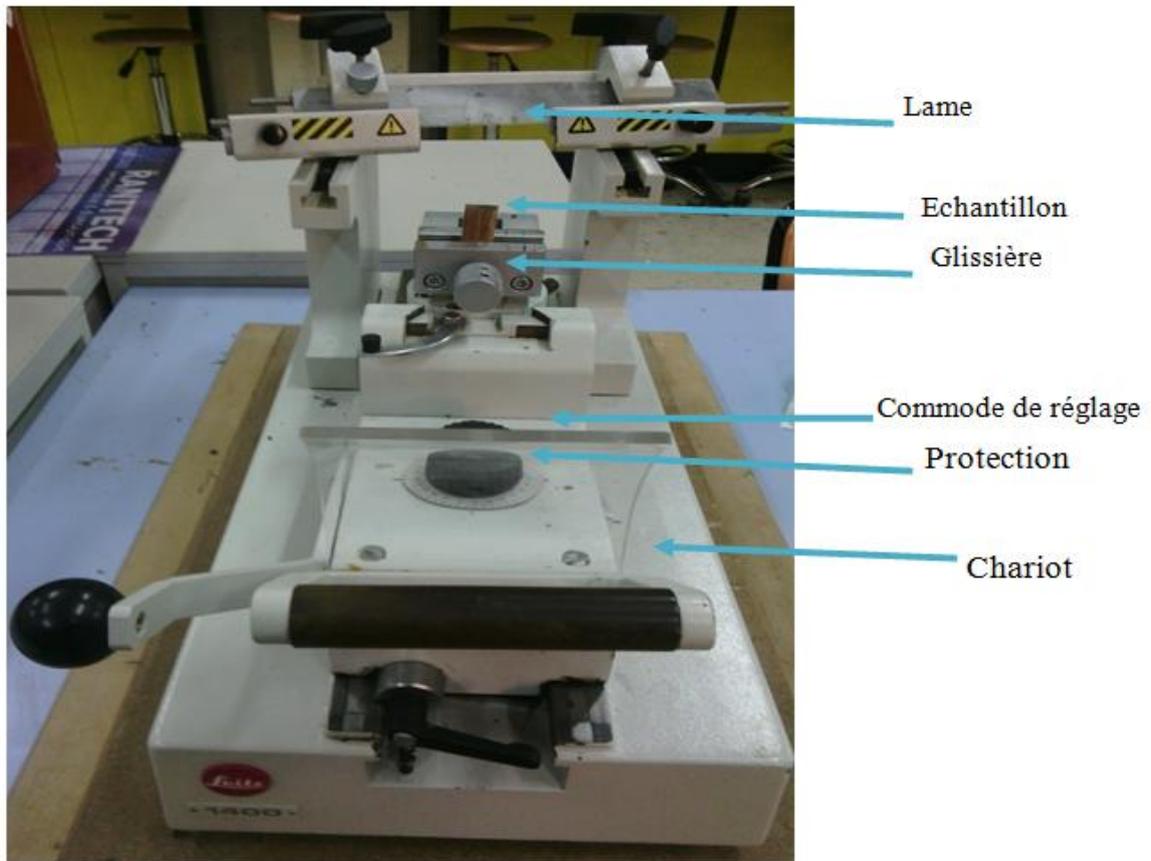


Figure17. Le microtome (cliché original).

➤ Microscope optique

Le microscope optique est un instrument d'optique muni d'un objectif et d'un oculaire qui permet de grossir l'image d'un objet de petites dimensions. Le microscope montre une vue générale des cellules.

Pour l'observation des coupes nous avons utilisé un microscope optique doté de deux oculaires et quatre objectifs déferents : Gx04, Gx10, Gx40 et Gx100.



Figure 18. Microscope optique (cliché originale).

➤ **Le micromètre**

Le microscope est doté d'un micromètre oculaire (Fig. 19) gradué de 100 divisions, chaque division correspond à $10\ \mu\text{m}$ à l'objectif 10. Il permet de mesurer la longueur, la largeur et l'épaisseur des éléments ligneux (rayons, vaisseaux et fibres).



Figure 19. Le micromètre (cliché original).

➤ **Film gradué transparent**

Il comprend à gauche un cercle d'une surface de 1mm^2 , à droite des traits d'épaisseur croissante de là 4 dixièmes de millimètres, donnant des largeurs de 100, 200, 300 et 400 microns avec une longueur de 5mm avec deux espaces blancs encadrés par trois tirés millimétriques.

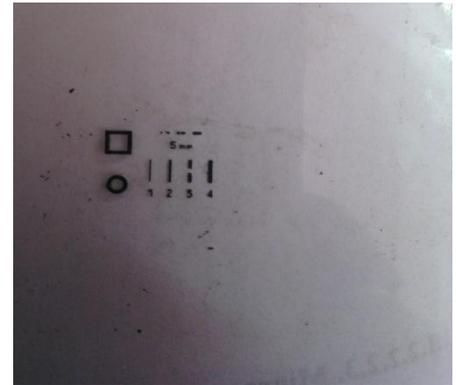


Figure 20. Film gradué transparent (cliché originale).

➤ **Microscope doté d'un appareil photos**

Ce microscope de type **Oxion** permet la prise de photos des coupes minces réalisées (Fig. 21) Ce microscope photographie et enregistre les images des coupes réalisées.



Figure 21. Microscope doté d'un appareil photos (cliché originale).

2.3 – Méthodes d'analyses d'un bois

2.3.1 - Analyse macroscopique

L'observation macroscopique se fait soit à l'œil nu soit à la loupe, cette opération nécessite le ponçage des rondelles pour pouvoir distinguer les différentes parties d'un bois et d'examiner le nombre et le contour des cernes. Le ponçage s'effectue par l'utilisation du papier verre n° 150. Le ponçage permet de désigner l'endroit de prélèvement des blocs pour l'analyse microscopique.

2.3.2 –Analyse microscopique

L'analyse microscopique nécessite les opérations suivantes :

2.3.2.1-Préparation des coupes microscopiques

Le but de ces coupes microscopiques est l'étude de la coupe transversale du peuplier noir (*Populus nigra* L.). Les étapes de la réalisation de ces coupes minces sont :

➤ **Préparation des petits blocs**

A partir de la rondelle poncée, on prélève des petits blocs de bois de forme parallélépipède et de dimensions suivantes : longueur = 9mm ; largeur = 7mm et hauteur =15m.

➤ **Ramollissement des petits blocs**

Le ramollissement consiste à faire bouillir les petits blocs dans l'eau distillée qui et en fonction de la dureté du bois peut durer de 3 à 21 jours (Fig. 22). Le chauffage est arrêté jusqu'à ce que les blocs soient complètement imprégnés dans d'eau. Les blocs sont gardés dans l'eau pour éviter leur dessèchement.



Figure 22. Bouillage des blocs du bois de peuplier noir (*Populus nigra* L.).

2.3.2.2- Réalisation des coupes

La réalisation des coupes se fait à l'aide de microtome à glissière. Les coupes doivent être fines et mince le plus possible. L'inclinaison que le couteau forme avec la surface de section doit être plus grande pour les bois durs (15°) que pour les bois tendre (8°).

L'épaisseur optimale des coupes varie comme suit :

- Coupe transversale : en moyenne 15m ;
- Coupe radiale et tangentielle : 15-20um.

2.3.2.3- Traitement des coupes

Le traitement des coupes minces se déroule de la façon suivante :

- Passage dans l'eau de javel (10 à 20 %) pendant 10 à 15 minutes ;
 - Un rinçage à l'eau jusqu'à la disparition de l'odeur de javel ;
 - La déshydratation qui consiste à faire chasser l'eau imprégnée dans les coupes
- Cette opération s'effectue en deux étapes (Huynh, 1981)

❖ Première étape

La première étape se fait par un passage dans une série de concentrations d'alcools (Tab. 2).

Tableau2. Passage dans la série d'alcools

Concentrations / l'eau (%)	Durée (mn)
Alcool à 50%	30 mn
Alcool à 75%	30 mn
Alcool à 94%	30 mn
Alcool à 100%	60 mn

❖ Deuxième étape

La deuxième étape se fait par un passage dans une série de concentrations de xylols (Tab. 3).

Tableau 3. Passage dans la série de xylols

Concentrations /alcool (%)	Durée (mn)
Xylol à 50%	30 mn
Xylol à 75%	30 mn
Xylol à 100%	60 mn
Xylol à 100%	60 mn

NB : avant le passage des coupes dans les séries d'alcools et xylols, Les coupes sont introduites dans le bleu de méthylène durant 10 minutes. Ce colorant permet d'observer les composantes histologiques, la coloration est suivie par un lavage abondant pour éliminer l'excès du colorant.

2.3.2.4 - Montage

Le montage, se base sur l'emploi de la résine synthétique diluée dans le xylol, selon la technique décrite par (Huynh, 1981).

2.3.2.4.1- Composition de la solution de montage

- 50 gr de la résine synthétique ;
- 50 ml de xylol.

2.3.2.4.2- Opération de montage

Après être parfaitement déshydratées, les coupes sont montées dans la solution de montage préparée selon la méthode antérieurement de la façon suivante:

On prélève une goutte de la solution à l'aide de la pipette et on la déposé sur la lame. On étale la préparation sur cette goutte. On ajoute une deuxième goutte de la solution sur la préparation. On couvre doucement la préparation par la lamelle tout en évitant la formation des bulles d'air.

La coupe ainsi préparé est mise à l'étuve (60°C) pendant 4 à 5 jours.

2.4- Méthodes de mesures

2.4.1- Echantillonnage

On sélectionne des échantillons bien clairs, les mesures sont effectuées en différents points de la coupe. De chaque coupe transversale et de chacune de station, on a effectué 50

mesures de diamètres de vaisseaux réparties sur plusieurs champs d'observations, 10 mesures du nombre de vaisseaux par unité de surface et 10 mesures du nombre de rayons, le prélèvement s'est déroulé de la manière suivante (Tab. 4).

Tableau 4. Modalité d'échantillonnage des mesures

Caractère anatomique/ Mesures	Nombre de champs/ coupe	Mesures/ champs	Mesures/ coupe	Mesures/ station	Total de mesures
Diamètre de vaisseaux de bois initial	10	5	50	250	500
Diamètre de vaisseaux de bois final	10	5	50	250	500
Nombre de vaisseaux par mm ²	10	1	10	50	100
Nombre de rayons	10	1	10	50	100

2.4.2- Mensurations

L'objectif de la mensuration est de quantifier les éléments suivants :

➤ **Le diamètre des vaisseaux du bois**

La mensuration se fait au grossissement (Gx10), chaque graduation du micromètre correspond à 10 µm. Nous avons réalisé, à partir des deux stations 500 mesures de diamètre de vaisseaux du bois initial et 500 mesures de diamètres du bois final.

➤ **Nombre de vaisseaux par mm²**

Le nombre de vaisseaux par mm² est donné par la division par « 2 » du nombre total des vaisseaux comptabilisé au champ d'observation du (Gx10). La mensuration porte sur 100 lectures réparties sur les deux stations.

➤ **Nombre de rayons**

Le nombre de rayons par mm est calculé à partir 100 lectures réparties sur les deux stations.

Tableau5.Classes de qualification anatomique des bois feuillus (Normand, 1998).

Diamètre pores « µm »	Classe « um »	< 50	50-100	100 - 200	200 - 300	> 300
	Qualification	Très fins	Fins	Moyens	Gros	Très gros
Longueur vaisseaux«µm »	Classe « um »	< 350		350 – 800		> 800
	Qualification	Courts		Moyens		Longs
Densité de vaisseaux par mm ²	Classe « um »	<2	2 - 6	6 – 20		> 20
	Qualification	Très rares	Rares	Moyens		Nombreux
Hauteur rayons « µm »	Classe « um»	<500	500-1000	1000-3000	>3000	
	Qualification	Très petits	Petits	Moyens	Grands	
Largeur rayons « µm »	Classe « um »	< 25	25 - 50	50 -100	> 100	
	Qualification	Très étroits	Etroits	Moyens	Larges	
Nombre de rayons par mm	Classe «um »	<4	4-10	10 – 15	> 15	
	Qualification	Rares	Moyens	Nombreux	Très nombreux	
Longueur fibres « µm »	Classe « um »	<700	700-900	900-1600	1600-2200	>2200
	Qualification	Très Courte	courtes	Moyennes	Longues	Très longues
Largeur fibres « µm »	Classe « um»	<24		24 - 40		> 40
	Qualification	Etroites		Moyennes		Larges
Epaisseur de la paroi fibres« µm»	Classe « um »	< 5		5 – 10		> 10
	Qualification	Minces		Moyennes		Epaises

2.4.3 Analyse statistique

A partir des mesures effectuées, nous avons élaboré un traitement de données comportant : la moyenne (paramètre de position), l'écart-type et le coefficient de variation (paramètre de dispersion).

Catégorie	Paramètre	Formule de calcul
○ Paramétrée de position	○ Moyenne	$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
○ Paramètre de dispersion	○ Ecart type	$\sigma = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
	○ Coefficient de variation	$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}}$

3. l'étude morphologique

L'objectif d'étude dans un premier temps est la caractérisation morphologique du peuplier noir (*Populu snigra* L.) prélevé de la forêt de Zarifet et de la zone urbaine de Tlemcen. Le second objectif consiste à analyser l'effet des conditions de la station sur ses caractérisations.

Cette démarche nécessite :

- La récolte des échantillons ;
- Scanner et numériser les feuilles ;
- Traiter les données par le logiciel « image j » ;

Les caractères morphologiques mesurés sont représentés dans la figure 23.

- Surface ;

- Longueur du pétiole ;

- Largeur de la feuille ;

- Longueur de nervure principale ;

- Angle d'insertion entre la nervure principale et la nervure secondaire.

- Le traitement des données est réalisé par le Logiciel **Minitab**; il consiste à calculer les Valeur moyenne(**X**) ; Ecart-type(**σ**) Et Coefficient de variation (**CV %**).

Tableau 6. Caractéristiques générales des arbres échantillons

	Arbre	Coordonnées		Altitude (m)	Hauteur (m)	Diamètre (cm)
		Nord	Ouest			
Station Zarifet	Arbre 1	34°49'55.63''	1°22'16.67''	1183	15	82
	Arbre 2	34°49'55.80''	1°22'16.69''	1183	15	75
	Arbre 3	34°49'25.26''	1°22'09.87''	1204	14	79
	Arbre 4	34°49'24.95''	1°22'09.99''	1204	12	29
	Arbre 5	34°49'24.20''	1°22'10.45''	1203	10	16.5
Station Tlemcen	Arbre 1	34°52'31.87''	1°18'27.24''	830	16	47
	Arbre 2	34°52'50.26''	1°20'02.01''	779	16	17.5
	Arbre 3	34°52'49.14''	1°20'04.50''	782	14	24
	Arbre 4	34°52'48.32''	1°20'06.86''	783	15	27
	Arbre 5	34°52'46.28''	1°20'15.52''	786	7	12.5

3.1 Matériel végétal

L'étude a été réalisée sur 2 stations et dans chaque station on prend 5 arbres et dans un seul arbre on prélève 20 feuilles

Les mesures ont porté sur 5 caractères morphologiques

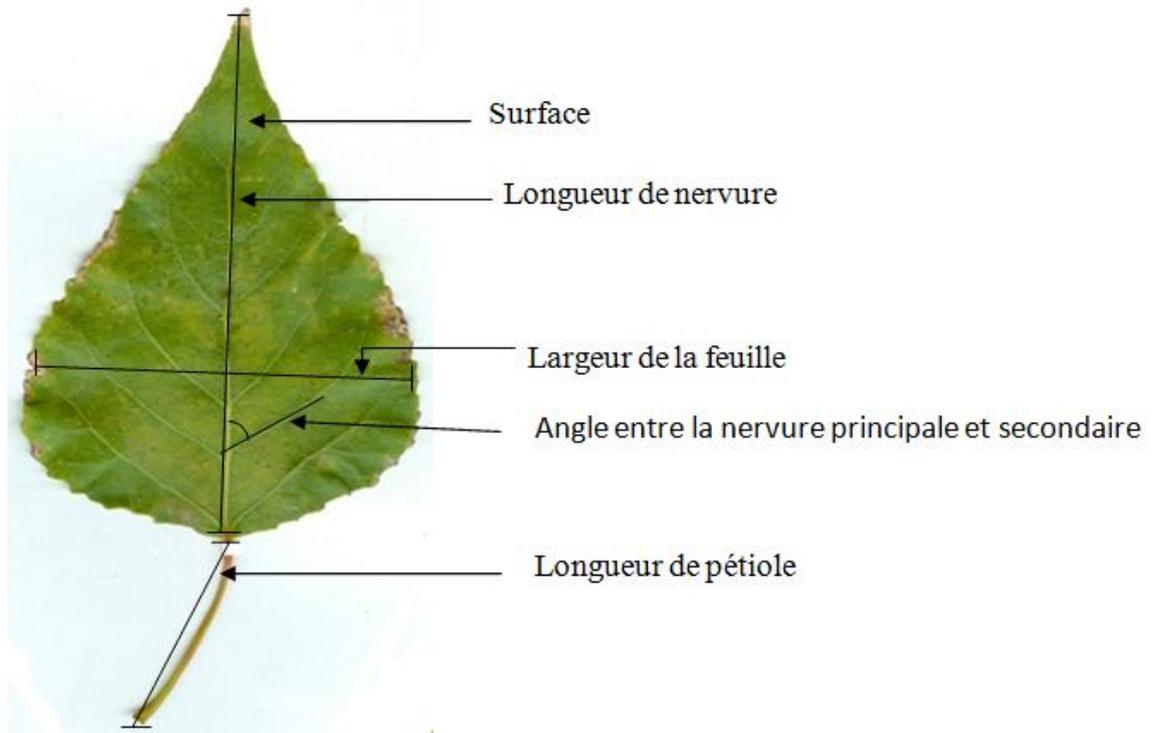


Figure 23. Les caractéristiques morphologiques mesurées sur la feuille de peuplier noir (*Populus nigra* L.)

3.2- Matériel technique

Le matériel technique utilisé est constitué de :

- **Le compas forestier** : Un compas forestier est un instrument très simple utilisé pour mesurer les diamètres des arbres. Se placer à environ 1,30 m du sol.
- **Blume-leiss** : le Blume-leiss est un instrument utilisé pour mesurer les diamètres des arbres la méthode de mesure très simple
 - Placer le zéro de la mire à hauteur d'œil à l'aide du télémètre et la fixer à l'arbre à l'aide d'une vrille.
 - Tenir l'appareil bien vertical pour ne pas gêner le mouvement du pendule.
 - placer à une distance voisine de la hauteur de l'arbre soit 15, 20, 30 ou 40 mètres.
 Pour la déterminer viser la mire, l'image est dédoublée. Si on veut se placer à

20mètres, on se déplacera jusqu'à ce que, dans le télémètre, le 0 de la première image de la mire coïncide avec le 20 de la deuxième.

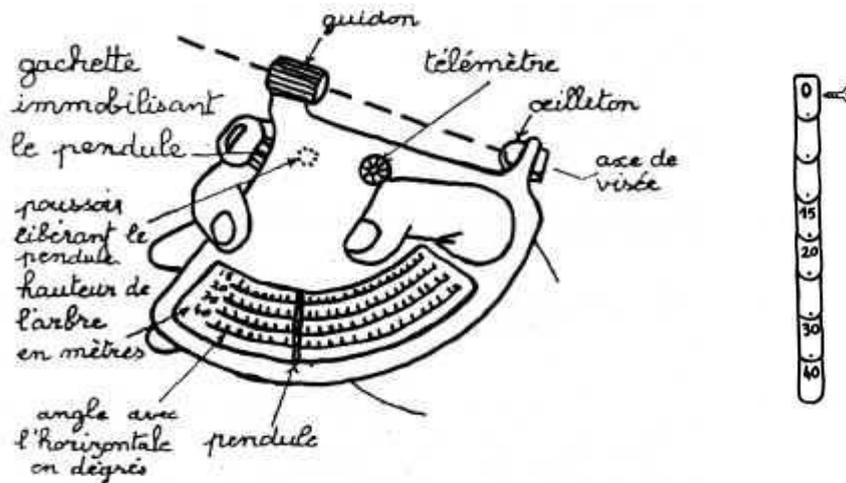


Figure 24. Le Blume-leiss⁹

- **Scanner** : Au laboratoire, les feuilles ont été scannées par le scanner « HP Photosmart Essential 3.5 » en vue de les traiter par le logiciel « ImageJ ».
- **Logiciel « image j »** : Ce logiciel est spécifique au traitement et à l'analyse d'images, Le traitement numérique des images obtenues permet d'énumérer et d'individualiser les éléments de l'image scannée, et de mesurer automatiquement les variables morpho métriques sur chaque objet. Une vignette individuelle et un fichier contenant toutes les mesures de chaque image sont sauvegarder et référenciés dans un répertoire correspondant à l'échantillon analysé. Un dés avantages de cette technique d'images et des échantillons numérisés dans des bases de données susceptibles d'être partagées et conservées à très long terme sans risque de perte de dégradation de l'information¹⁰.

⁹ <http://www.deroussiaux.eu/EtLePasseRevient/forestier02.htm>

¹⁰ http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/sti-biotechnologies/file/ImageJ/Stage_ImageJ.htm

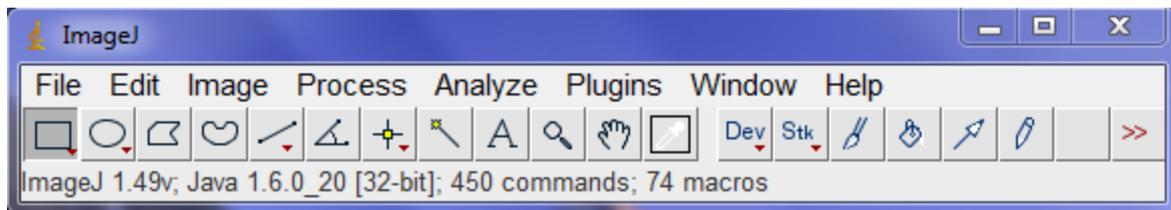


Figure 25. Logiciel Image j

- **Explication de l'utilisation du logiciel « l'image j »**

Pour les mesures des caractères morphologiques, on procède de la manière suivante (Fig. 26):

- On lance le logiciel « ImageJ » ;
- On sélectionne File pour ouvrir l'image et on recherche la photo dans le fichier ;
- Projection de la photo sur l'écran ;
- On sélectionne l'option « Analyze », par la suite, on introduit les adaptations suivantes dans « Set scale » :
 - Distance in pixels : 208;
 - Know distance : 26.5;
 - Pixel aspect ratio : 1,0;
 - Unit of length: mm.
- Aller à Processus Binary et sélectionner le Make binary :
- Sélectionner par la suite l'option image et choisir le « type 8-bit ».

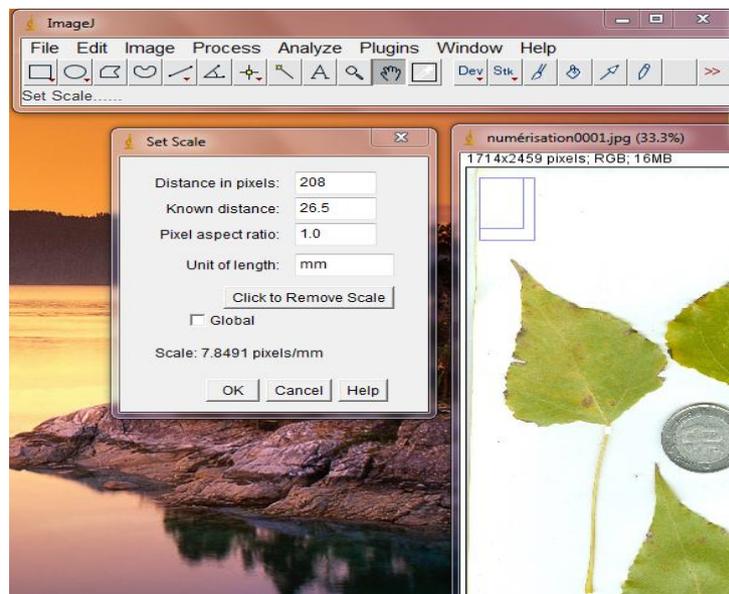


Figure 26. Les mesures des caractères morphologiques par logiciel (Image J) (cliché originale).

3.3 -Traitement des données

Consiste à l'analyse quantitative des caractères morphologiques de la feuille du peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans les deux stations, ainsi comparer les moyennes par l'analyse de la variance (ANOVA), les résultats permettront de vérifier s'il y a une différence significative entre les deux stations.

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION

1- Description anatomique du peuplier noir

1.1- Etude macroscopique

L'observation d'une rondelle poncée du peuplier noir (*Populus nigra* L.) de la forêt de Zarifet Figure 27 met en évidence les éléments suivants :

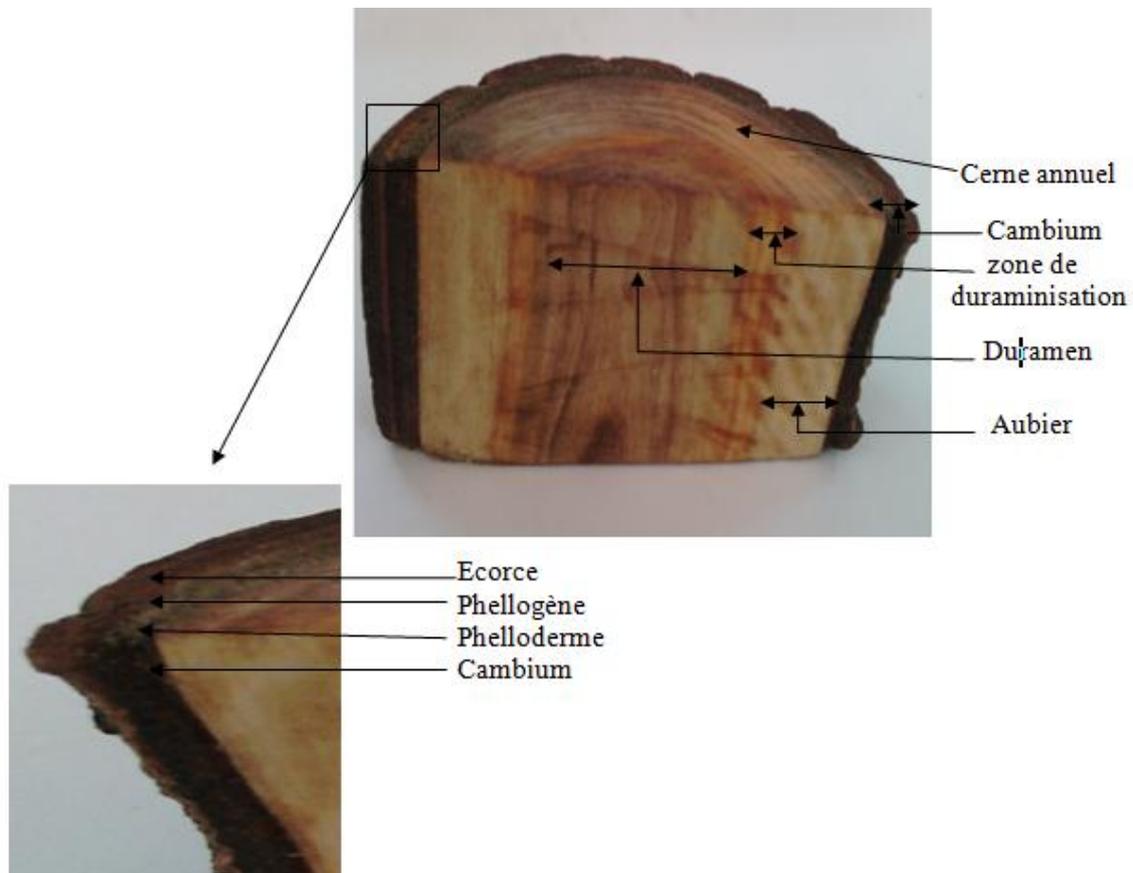


Figure 27. Vue macroscopique du bois de peuplier noir (*Populus nigra* L.) (Originale).

La figure 27 montre que l'aubier du peuplier noir (*Populus nigra* L.) se distingue du duramen. L'aubier est blanc clair, le duramen est jaune marron. Les accroissements annuels sont visibles et à bordure circulaire. La partie qui regroupe l'assise libéro-ligneuse (cambium) et l'assise subéro-phellodermique (phellogène) est bien visible. Les rayons médullaires ne sont peu visibles à l'œil nu.

1.2- Etude microscopique

1.2.1 Caractère descriptifs

1.2.1.1 la nature des pores

Les pores du bois initial ne sont pas manifestement plus gros que ceux du bois final, les pores peuvent être ainsi qualifiés de nature à tendance « semi-poreuse ». Le bois initial présente des pores isolés et alignés radialement par 2, 3 et 4 pores (Fig. 28).

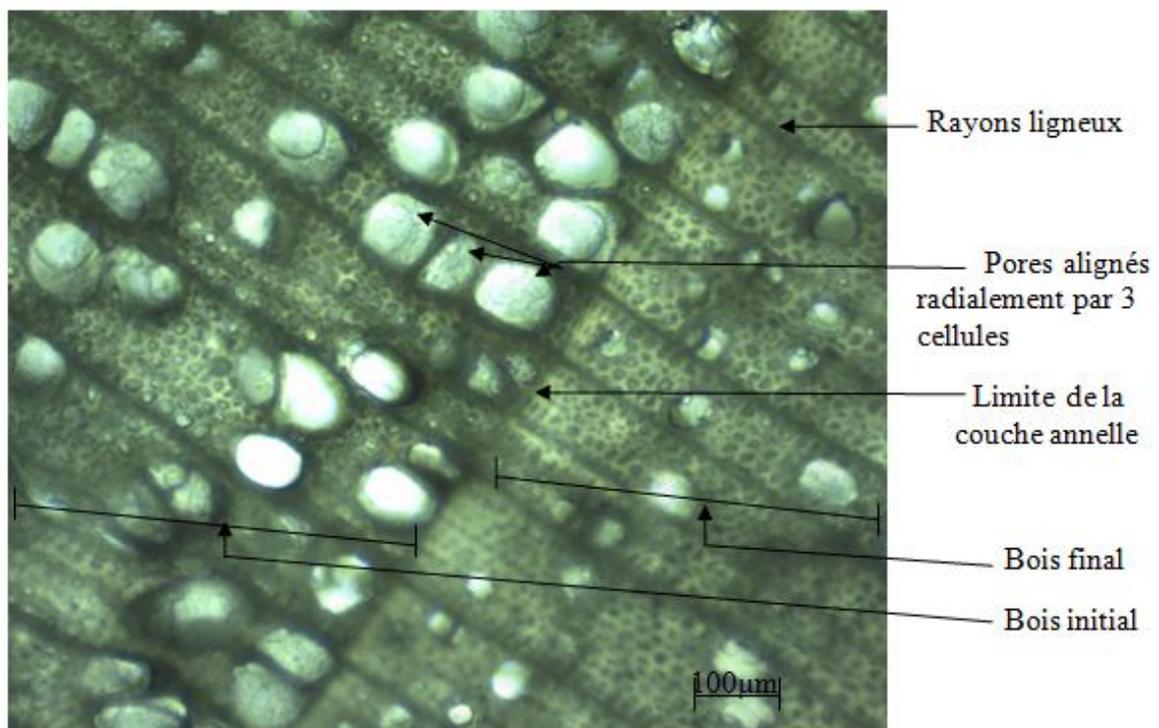


Figure 28. Coupe transversale du bois du Peuplier noir (originale).

1.2.1.2-La disposition des pores

Les pores du bois final ceux du bois initial sont alignés radialement (Fig. 28).

1.2.1.3- La hauteur des rayons ligneux

La coupe tangentielle du peuplier noir (*Populus nigra* L.) montre que la hauteur minimale des rayons est composée de deux (2) cellules, la hauteur maximale de onze (11) cellules et la grande partie des rayons ligneux présente une hauteur comprise entre 5 à 7 cellules. (Fig. 29).

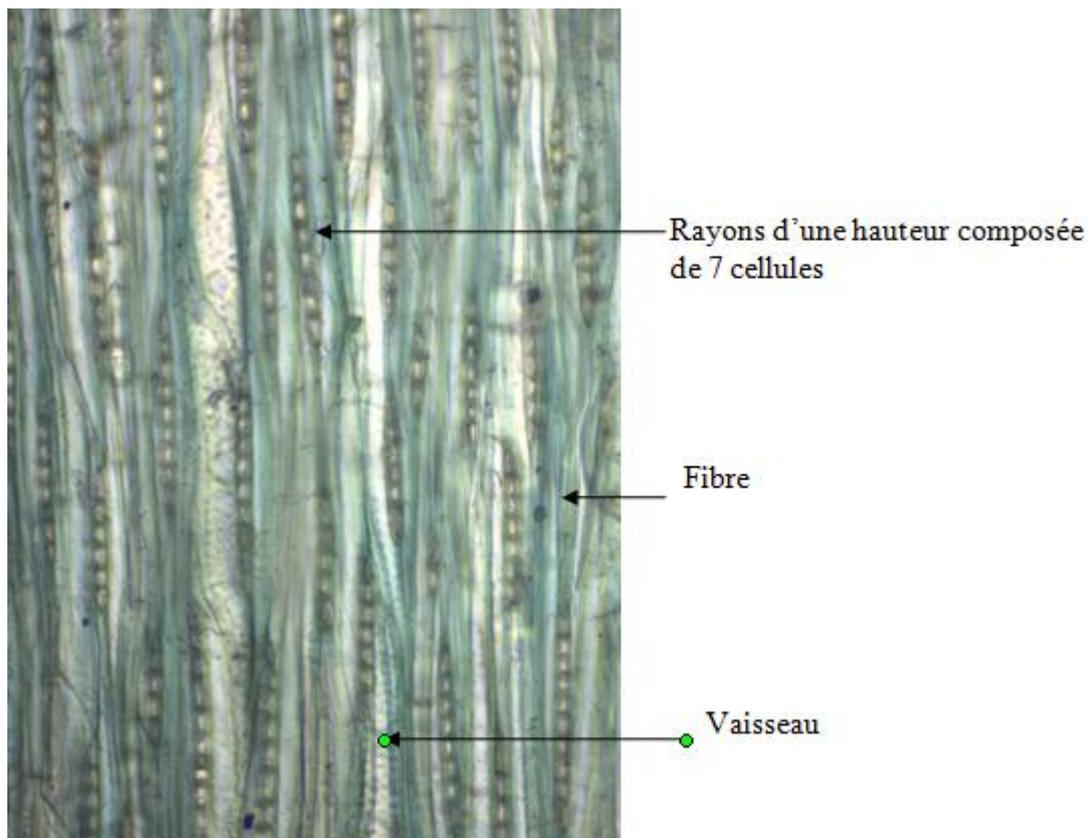


Figure 29. Coupe tangentielle du bois de peuplier noir (*Populus nigra* L.).

1.2.1.4-Parenchyme

La figure 29 met en évidence la présence du parenchyme de rayons. La technique employée ne nous a pas permis de confirmer l'existence du parenchyme axial de l'espèce étudiée, toutefois, nous pensons qu'il s'agit d'un parenchyme paratrachéal à cellules dispersées.

1.2.2- Caractères quantitatifs de la coupe transversale

A partir des mesures anatomiques effectuées de nos échantillons, nous avons calculé la moyenne (paramètre de position), l'écart-type et le coefficient de variation (paramètre de dispersion). Le coefficient de variation, permet de quantifier l'écart-type par rapport à la moyenne, c'est-à-dire la variation qui peut affecter la moyenne. (Dagnellie, 1988). Le tableau 7 présente les caractères anatomiques du peuplier noir (*Populus nigra* L.) en provenance de la région de Tlemcen.

Tableau 7. Caractéristiques microscopiques du peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Caractéristique	X	σ	CV %
-Diamètre de vaisseaux de bois initial par μm	56.018	13.581	24.24
-Diamètre de vaisseaux de bois final par μm	39.168	8.303	21.20
-Nombre de vaisseaux par mm^2	155.22	17.85	11.50
-Nombre de rayon par mm	9.900	1.729	17.46

X : Valeur moyenne ; σ : Ecart-type ; CV % : Coefficient de variation

1.2.2.1. Diamètre du bois initial

La figure 30 représente sous forme d'un histogramme le diamètre des pores du bois initial.

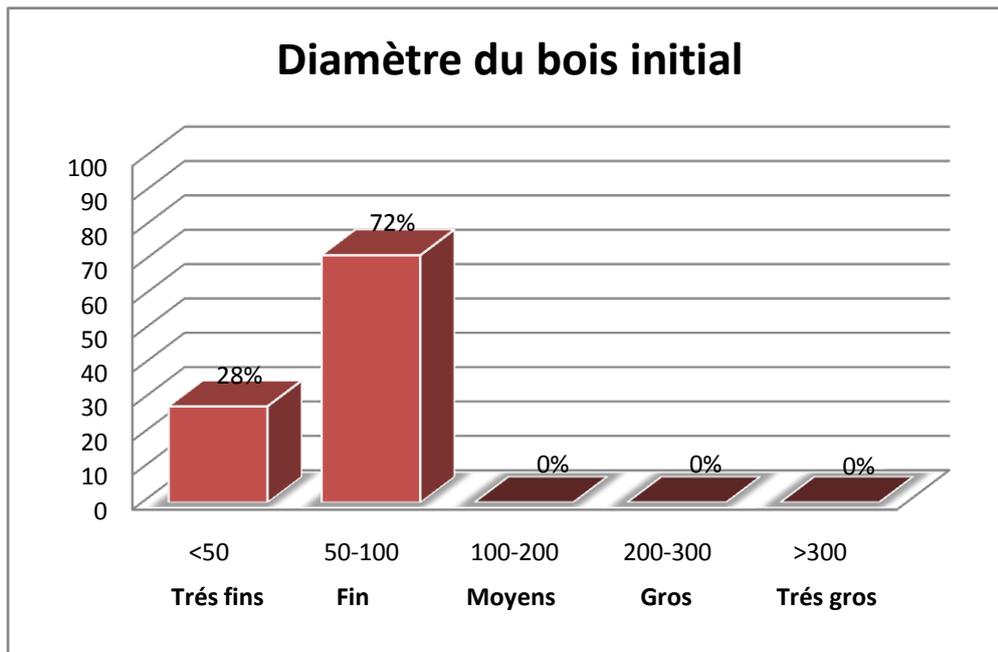


Figure 30. Histogramme du diamètre de vaisseaux du bois initial

D'après le tableau 7 et l'Histogramme n°30 et selon les critères donnés par (Normand, 1998), nous remarquons que le diamètre du bois initial réalisées sur 500 mesures, place le bois du peuplier noir (*populus nigra* L.) dans la catégorie des bois à pores de « fin », L'histogramme met en évidence la dominance de cette classe avec pourcentage de 72% Le reste des pores sont du type « très fins » avec un pourcentage de 28%.

1.2.2.2. Diamètre du bois final

La figure 31 représente sous forme d'un histogramme le diamètre des pores du bois final.

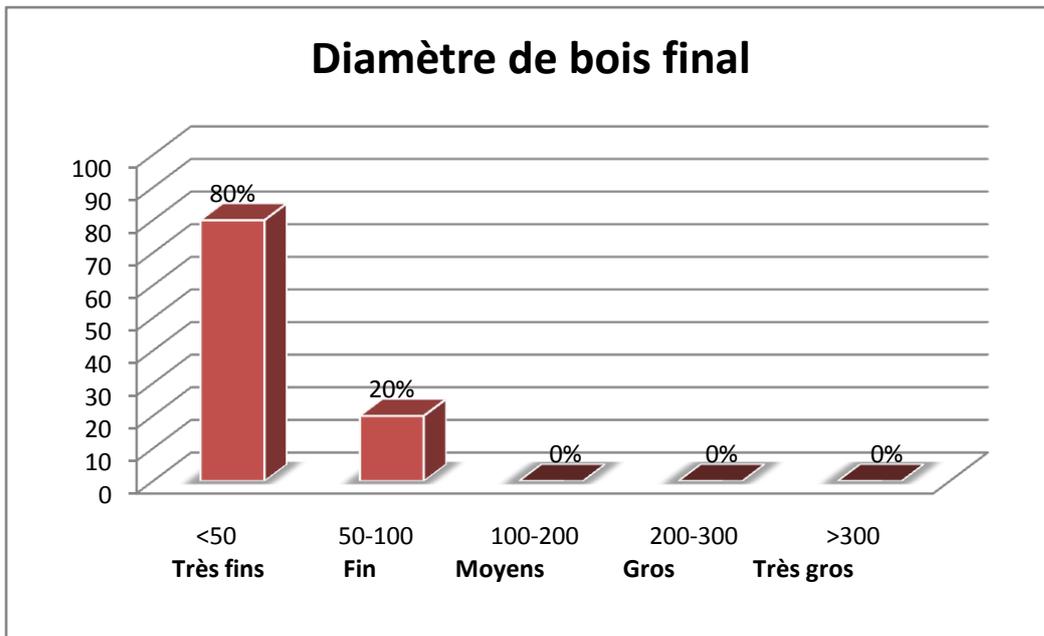


Figure 31. Histogramme du diamètre de vaisseaux du bois final

D'après le tableau 7 et l'Histogramme n° 31 et selon les critères donnés par (Normand, 1998), nous remarquons que le diamètre du bois final réalisées sur 500 mesures, place le bois du peuplier noir (*populus nigra* L.) dans la catégorie des bois à pores de « très fin », l'histogramme met en évidence la dominance de cette classe avec pourcentage de 80%. Le reste des pores sont du type « très fins » avec un pourcentage de 20%.

1.2.2.3- Nombre par mm²

La figure 32 représente sous forme d'un histogramme le nombre des pores par unité de surface.

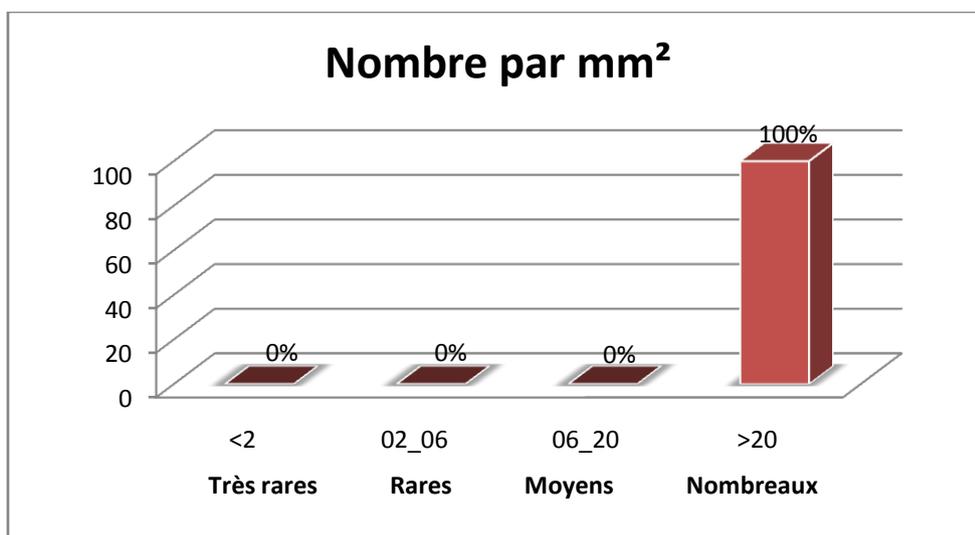


Figure 32. Histogramme du Nombre de vaisseaux par mm²

D'après le tableau 7 et l'Histogramme n° 32 et selon les critères donnés par (Normand, 1998), le nombre des vaisseaux par mm² réalisées sur 100 mesures, place le bois du peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans la catégorie du bois à pores « Nombreux», avec un pourcentage de 100%.

1.2.2.4-Nombre de rayons

La figure 33 représente sous forme d'un histogramme le nombre de rayons par unité de longueur.

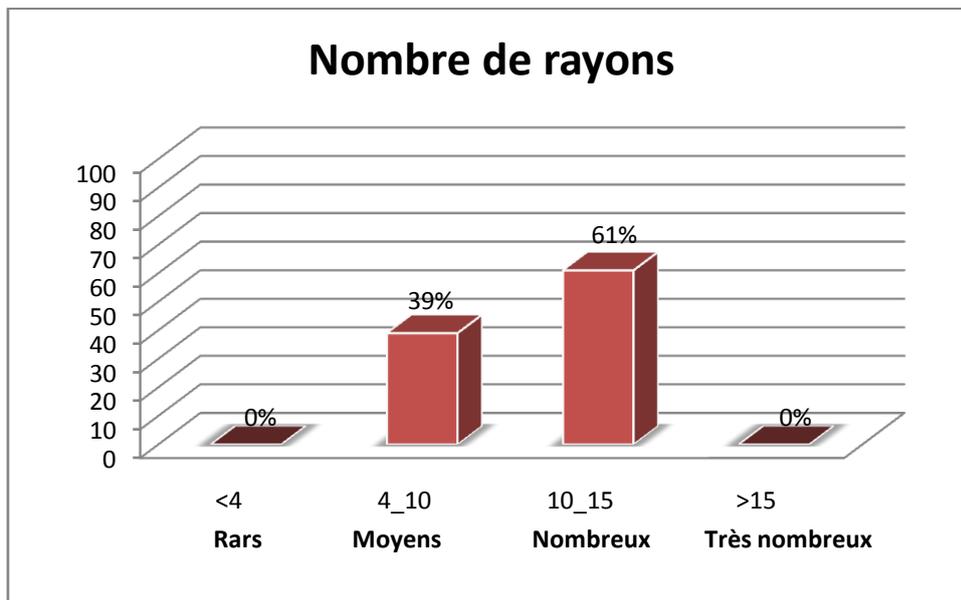
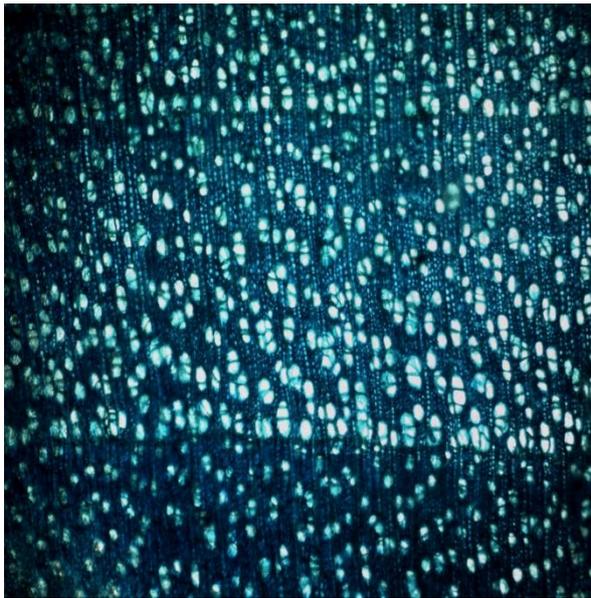
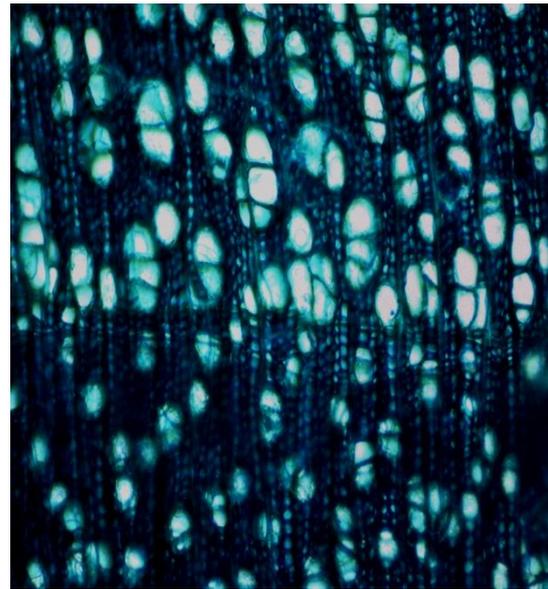


Figure 33. Histogramme du Nombre de rayons

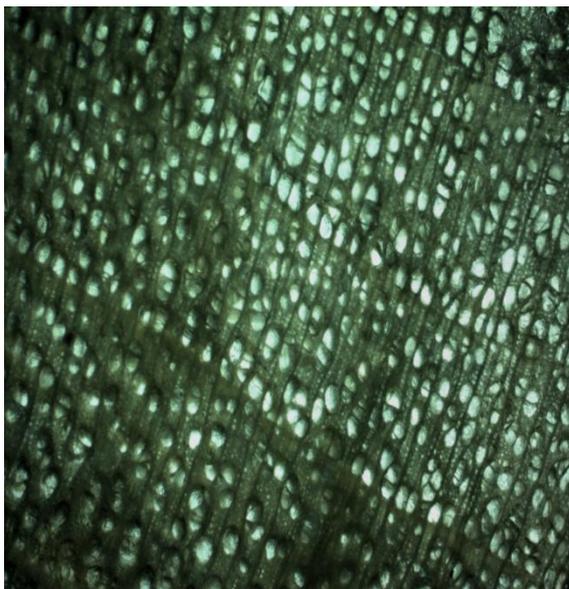
D'après le tableau 7 et l'Histogramme n°33 et selon les critères donnés par (Normand, 1998), le nombre de rayons réalisés sur 100 mesures, classe le bois du peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans la catégorie des bois à pores « Nombreux », l'histogramme met en évidence la dominance de cette classe avec pourcentage de 61%. Le reste des pores sont du type « Moyens» avec un pourcentage de 39%.



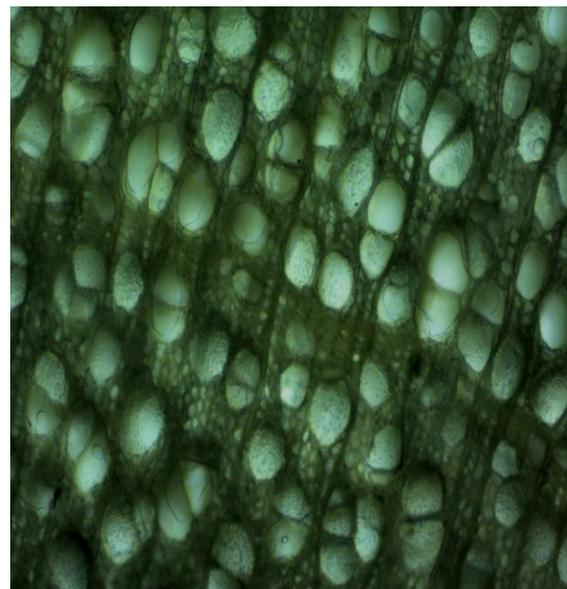
Aspect microscopique de *Populus nigra* L. en coupe transversale dans la station 1 avec coloration (Gr x 4).



Aspect microscopique de *Populus nigra* L. en coupe transversale dans la station 1 avec coloration (Gr x 10).



Aspect microscopique de *Populus nigra* L. en coupe transversale dans la station 2 sans coloration (Gr x 4).



Aspect microscopique de *Populus nigra* L. en coupe transversale dans la station 2 sans coloration (Gr x 10).

Planche 2. Aspects microscopiques en plan transversal de *Populus nigra* L.

1.2.3- Caractères quantitatifs de la coupe tangentielle

Les observations effectuées sur la coupe tangentielle dans un champ de vision de 2 mm² (Fig. 30) donnent la hauteur en nombre de cellules des rayons ligneux dans chaque station (Tab. 8).

Tableau 8. Catégorie de hauteur de rayons dans les deux stations.

Catégorie de hauteur de rayons	Station 1		Station 2	
	Nombre	(%)	Nombre	(%)
-2 cellules	1	1.82	1	1.85
-Entre 3 à 5	14	25.45	30	55.56
-Entre 6 à 8	29	52.73	20	37.04
-Entre 9 à 11	11	20	2	3.70
- > 11 cellules	/	/	1	1.85
Total	55	100	54	100

Dans la station 1, La hauteur de rayons ligneux observés chez peuplier noir (*populus nigra* L.) varie de deux (2) cellules à onze (11) cellules.

La catégorie de hauteur de deux cellules est faiblement présente (1.82%). Les classes de hauteurs de (3 à 5 cellules), de (6 à 8 cellules) et de (9 à 11) représentent respectivement (25.45%), (52.73%) et (20%). Le nombre total des rayons par 2 mm² chez le peuplier noir (*populus nigra* L.) est de 55 rayons dans la station 1 (Zarifet).

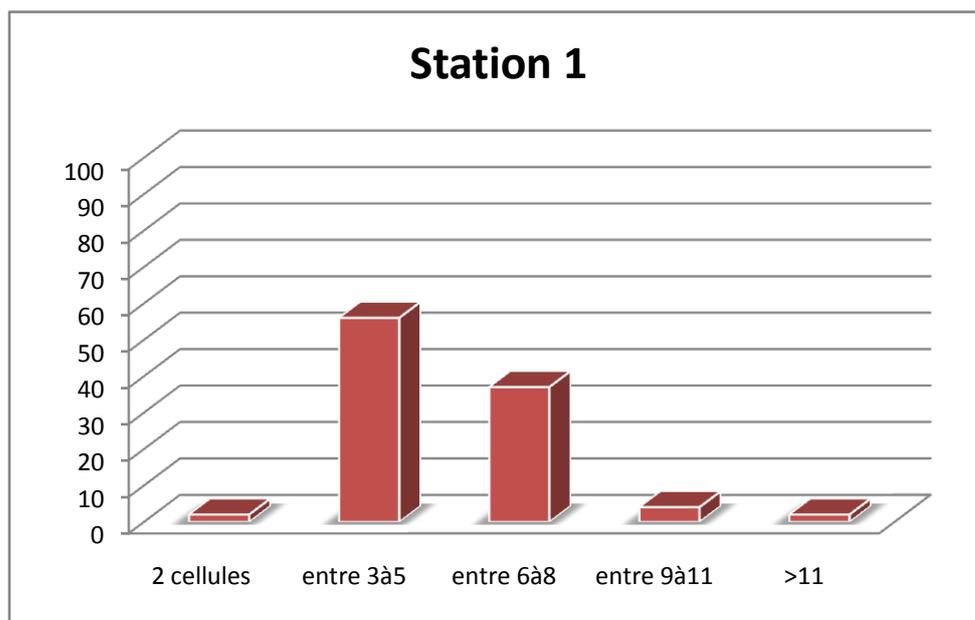


Figure 34. Histogramme de catégorie de hauteur de rayons dans la station 1

Dans la station 2, La hauteur de rayons ligneux observés chez peuplier noir (*Populus nigra* L.) varie de deux (2) cellules à plus de onze (11) cellules.

La catégorie de hauteur de deux cellules, et de (8 à 11cellules), de deuze cellules est faiblement présente (1.85%), (3.70%) et (1.85%). Les classes de hauteurs de (3 à 5 cellules), de (6 à 8 cellules) et de (9 à 11) représentent respectivement (55.56%), (37 .04%) et (20%).

Le nombre total de rayons par 2 mm ² chez le peuplier noir (*Populus nigra* L.) est de 55rayons dans la station 2 de Tlemcen.

Entre les deux stations, on remarque que la catégorie des hauteurs des rayons ligneux supérieures à 9 cellules est peu présente dans le bois du peuplier noir issu de la zone urbaine.

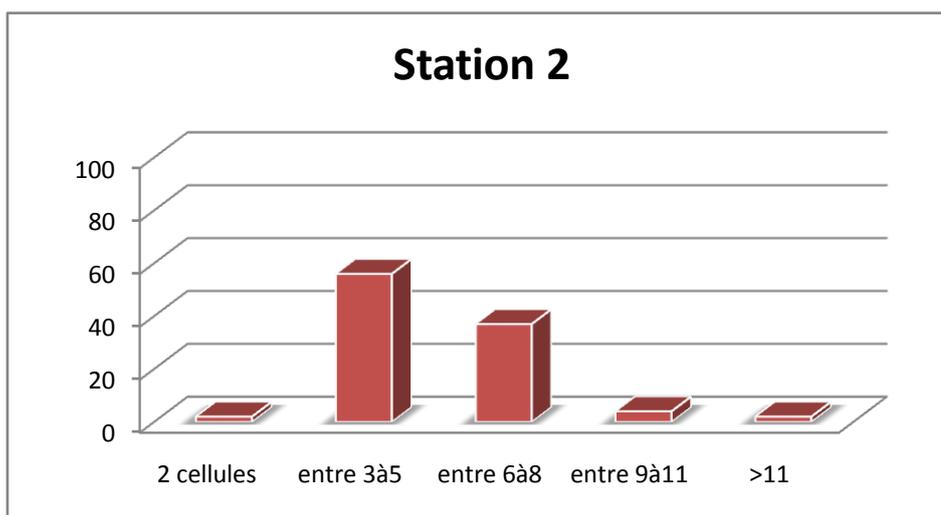


Figure 35. Histogramme de catégorie de hauteur de rayons dans la station 2

2- Effet de la station sur les paramètres histologiques

Après avoir décrit l'histologie du bois du peuplier noir (*Populus nigra* L.), cette partie analyse l'effet de la station sur les paramètres histologiques. Nous rappelons que nous avons choisi deux stations, la première station est située dans près de la forêt de Zarifet et la seconde dans la zone urbaine de Tlemcen. Le tableau9 synthétise le résultat des paramètres dans chacune des deux stations.

Pour comparer les moyennes des différentes séries de données, on a opté pour l'analyse de la variance à un seul facteur de classification afin de mettre en évidence les différences éventuelles qui pourrait exister entre l'espèce choisit. Les tableaux d'analyse de la variance issue de cette analyse permettront de vérifier s'il y a une différence significative. (Tab. 10).

Pour ddl de n-1 avec un risque d'erreur de 5%, nous donne le degré de signification « P »

- ✓ $P > 0.05$: il n'existe aucune différence significative(/).
- ✓ $P < 0.05$: différence peu significative(*)
- ✓ $P < 0.01$: différence significative (**).
- ✓ $P < 0.001$: différence très significative (***)
- ✓ $P < 0.0001$: différence très hautement significative (****).

Tableau 9. Caractéristiques microscopique quantitatives du peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Station Caractéristique	Station 1			Station 2		
	X	σ	CV %	X	σ	CV %
-Diamètre de vaisseaux de bois initial par μm	46.832	11.252	24.03	65.204	8.580	13.16
-Diamètre de vaisseaux de bois final par μm	35.680	7.590	21.27	42.656	7.492	17.56
-Nombre de vaisseaux par mm^2	152.20	20.10	13.21	158.24	14.87	9.39
-Nombre de rayons	10.650	1.478	13.88	9.150	1.650	17.98

X : Valeur moyenne ; σ :Ecart-type ; CV % : Coefficient de variation

Le tableau 9 montre une forte hétérogénéité ($CV > 20\%$) du diamètre des vaisseaux du bois initial et celui des vaisseaux du bois final du peuplier en provenance de la forêt de Zarifet. Dans les deux stations, le reste des paramètres histologiques quantifiés présentent un coefficient de variation compris entre 10 et 20 %, cette dispersion est une caractéristique propre au matériau bois (Berrichi, 2010).

Tableau 10. Comparaison des paramètres histologiques entre les deux stations.

Caractéristique	F value	P value	Différence
-Diamètre de vaisseaux de bois initial par μm	2.24	0.005	**
-Diamètre de vaisseaux de bois final par μm	0.87	0.607	/
-Nombre de vaisseaux par mm^2	0.62	0.864	/
-Nombre de rayons/mm	0.67	0.678	/

ANOVA à un facteur contrôlé : station 1 en fonction de station 2

Source	DL	Somme des carrés	CM	F	P
Station 2	16	4197	262	2,24	0,005
Erreur	233	27326	117		
Total	249	31523			

Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) présente une valeur de P value $> 0,05$ dans le cas du diamètre de vaisseaux de bois final, le cas du nombre de vaisseaux par mm^2 et dans le cas du Nombre de rayons /mm. On peut conclure que dans notre intervalle de confiance on accepte H_0 , il montre l'absence de différence significative entre les deux stations. Dans le cas du diamètre des vaisseaux du bois initial, la valeur du P value est $< 0,05$, et on peut déduire que les vaisseaux du peuplier noir de la zone urbaine de Tlemcen présente un diamètre significativement plus grand.

3-Morphologie de la feuille du peuplier noir

L'étude morphologique consiste à décrire et à quantifier l'effet de la station sur les morphologies de la feuille du peuplier noir (*Populus nigra* L.) en provenance de deux régions de la Wilaya de Tlemcen.

3.1- Etude descriptives

Les feuilles du peuplier noir (*Populus nigra* L.) sont simples, alternes de forme triangulaire à losangique. Elles sont denticulées, vertes et glabres sur les deux faces. Leur pétiole est légèrement aplati au sommet.



Figure 36. Rameaux de peuplier noir (*Populus nigra* L.).

3.2- Etude quantitative

Le tableau 11 présente les caractères morphologiques quantitatifs de la feuille du peuplier noir (*Populus nigra* L.) de la station « 1 » et la station « 2 ».

Tableau 11. Analyse quantitative des paramètres de la feuille dans les deux stations.

Station Caractéristique	Station 1			Station 2		
	X	σ	CV %	X	σ	CV %
Surface	20.700	2.710	13.09	23.706	3.94	16.50
Longueur du pétiole	4.5447	0.8663	19.06	3.904	1.002	25.66
Largeur de la feuille	5.3219	0.8293	15.58	6.174	1.164	18.85
Longueur de nervure principale	6.2448	0.8703	13.94	6.7095	0.8909	13.28
Angle entre nervure principale et secondaire	52.367	6.287	12.01	57.518	7.052	12.26

X : Valeur moyenne ; σ : Ecart-type ; CV % : Coefficient de variation

Le tableau 11 montre que le coefficient de variation chez la grande partie des paramètres étudiés varie de 10 à 20 %. De ce fait, on peut dire que et même si on a sélectionné de chaque

arbre les feuilles les plus matures les paramètres morphologiques dans chacune des stations sont hétérogènes. La présentation graphique (planche 3) montre la variabilité des caractères morphologiques étudiés et l'écart observé entre la moyenne et les valeurs extrêmes de chaque paramètre.

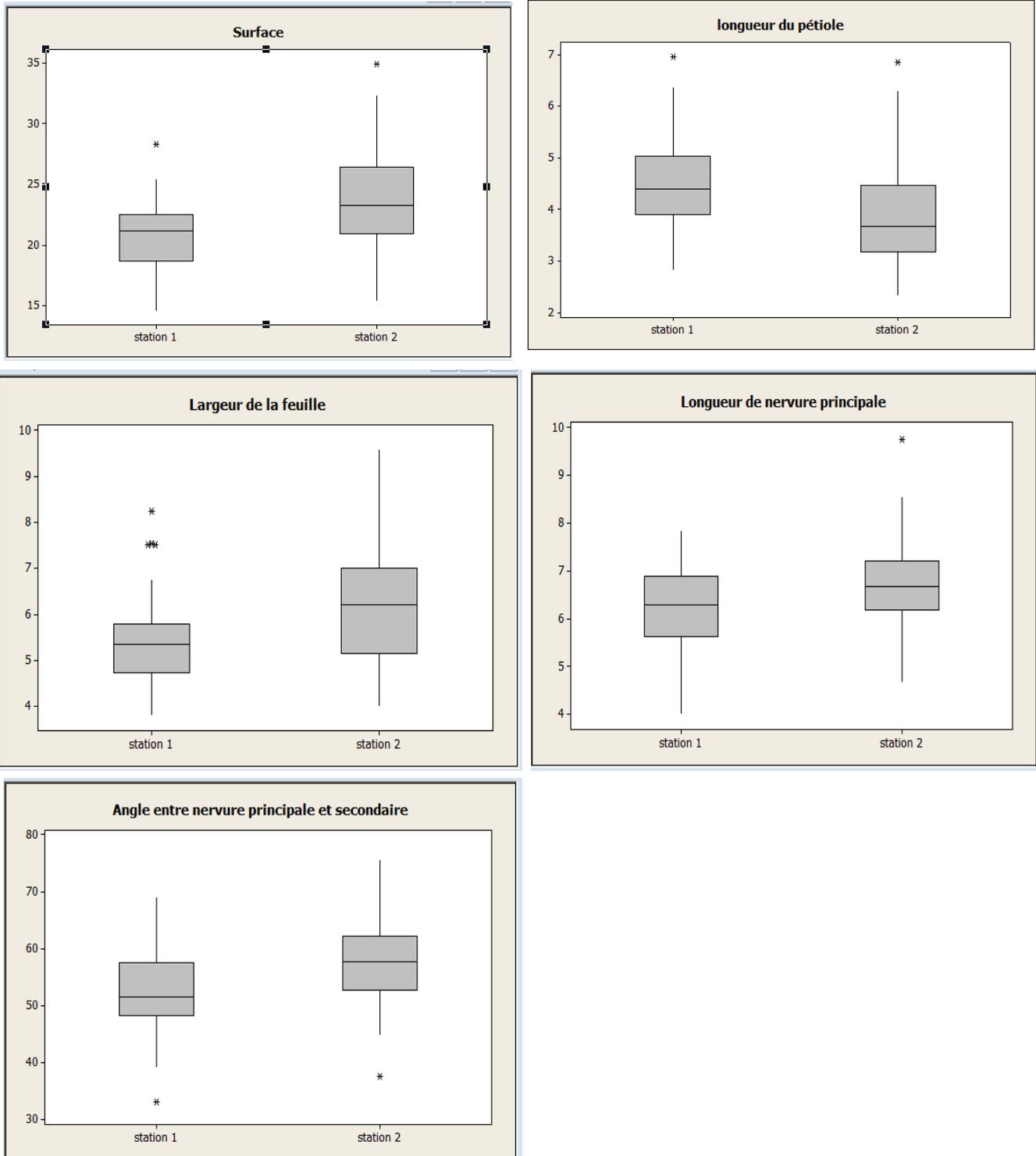


Planche 3. Présentation graphique des caractéristiques morphologiques de la feuille du peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Tableau 12. Comparaison des paramètres morphologiques entre les deux stations.

Caractéristique	F value	P value	Différence
- surface	1.72	0.372	/
- longueur du pétiole	0.39	0.996	/
- largeur de la feuille	0.65	0.870	/
-longueur de nervure principale	0.82	0.712	/
-Angle entre nervure principale et secondaire	0 .60	0.918	/

- ✓ $P > 0.05$: il n'existe aucune différence significative(/).
- ✓ $P < 0.05$: différence peu significative(*).
- ✓ $P < 0.01$: différence significative (**).
- ✓ $P < 0.001$: différence très significative (***)).
- ✓ $P < 0.0001$: différence très hautement significative (****).

Les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) des caractéristiques morphologies de la feuille du peuplier noir (*Populus nigra* L.) présentent une valeur de P value $> 0,05$. On peut conclure que dans notre intervalle de confiance on accepte H_0 qui montre l'absence de différence significative entre les deux stations pour les paramètres morphologiques.

3.3 Coefficient de corrélation

Les tableaux 13, 14 et 15 présentent les différents cas de corrélations des paramètres morphologiques des feuilles du peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Tableau 13. Coefficients de corrélation des paramètres morphologique du peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans la station « 1 »

	S	LP	LF	LNP	APS
S	1				
LP	0.199	1			
LF	0.773	-0.168	1		
LNP	0.748	0.356	0.335	1	
APS	0.185	-0.302	0.265	0.060	1

S : surface ; **LP** : longueur du pétiole ; **LF** : largeur de la feuille ; **LNP** : longueur de nervure principale ; **APS** : Angle entre nervure principale et secondaire.

Tableau 14. Coefficients de corrélation des paramètres morphologique du peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans la station « 2 ».

	S	LP	LF	LNP	APS
S	1				
LP	0.789	1			
LF	0.893	0.829	1		
LNP	0.883	0.578	0.710	1	
APS	-0.007	-0.060	0.046	-0.080	1

S : surface ; **LP** : longueur du pétiole ; **LF** : largeur de la feuille ; **LNP** : longueur de nervure principale ; **APS** : Angle entre nervure principale et secondaire.

Tableau 15. Tableau récapitulatif (station 1, station 2) des coefficients de corrélation des paramètres morphologiques des feuilles du peuplier noir (*Populus nigra* L.).

	S	LP	LF	LNP	APS
S	1				
LP	0.354	1			
LF	0.877	0.263	1		
LNP	0.825	0.351	0.589	1	
APS	0.204	-0.263	0.253	0.079	1

S : surface ; **LP** : longueur du pétiole ; **LF** : largeur de la feuille ; **LNP** : longueur de nervure principale ; **APS** : Angle entre nervure principale et secondaire.

L'analyse de la matrice de corrélation montre l'existence d'une bonne corrélation dans les cas suivants :

Une matrice de corrélation positive indique qu'à toute augmentation au niveau d'un paramètre correspond une augmentation de l'autre paramètre. Quand le coefficient de corrélation est compris entre 0,5 et 1, la corrélation est forte. Une faible corrélation correspond à un coefficient de corrélation de 0,0 à 0,5.

Une matrice de corrélation négative indique qu'à toute augmentation au niveau d'un paramètre correspond une diminution de l'autre paramètre. Quand le coefficient de corrélation est compris entre - 0,5 et - 1, la corrélation est forte. Une faible corrélation correspond à un coefficient de corrélation de 0,0 à - 0,5.

D'après le tableau 13 les paramètres morphologiques de la station « 1 » sont :

- Fortement corrélés positivement (de 0,5 à 1) sont :
 - Largeur de la feuille avec surface ;
 - Longueur de nervure principale avec surface.
- Les paramètres faiblement corrélés positivement (de 0,0 à 0,5) sont :
 - Longueur du pétiole et surface ;
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec surface ;
 - Longueur de nervure principale avec longueur du pétiole ;
 - Longueur de nervure principale avec largeur de la feuille ;
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec largeur de la feuille ;
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec longueur de nervure principale.
- Les paramètres faiblement corrélés négativement (de 0,0 à - 0,5) sont :
 - Largeur de la feuille et longueur du pétiole ;
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec longueur du pétiole.

D'après le tableau 14 les paramètres morphologiques de la station « 2 » sont :

- Fortement corrélés positivement (de 0,5 à 1) sont :
 - Longueur du pétiole avec surface ;
 - Largeur de la feuille avec surface ;
 - longueur de nervure principale avec surface ;
 - Largeur de la feuille avec longueur du pétiole ;
 - Longueur de nervure principale avec longueur du pétiole ;
 - Longueur de nervure principale avec largeur de la feuille.
- Les paramètres faiblement corrélés positivement (de 0,0 à 0,5) sont :
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec largeur de la feuille.
- Les paramètres faiblement corrélés négativement (de 0,0 à - 0,5) sont :
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec surface ;
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec longueur du pétiole ;
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec longueur de nervure principale.

D'après le tableau 15 les paramètres morphologiques de la station « 2 » sont :

- Fortement corrélés positivement (de 0,5 à 1) sont :
 - Largeur de la feuille avec surface ;
 - longueur de nervure principale avec surface ;
 - Longueur de nervure principale avec largeur de la feuille.
- Les paramètres faiblement corrélés positivement (de 0,0 à 0,5) sont :
 - longueur du pétiole avec surface ;
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec surface ;
 - Largeur de la feuille avec longueur du pétiole ;
 - Longueur de nervure principale avec longueur du pétiole ;
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec largeur de la feuille ;
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec Longueur de nervure principale.
- Les paramètres faiblement corrélés négativement (de 0,0 à - 0,5) sont :
 - Angle entre nervure principale et secondaire avec longueur du pétiole.

Conclusion

la surface de la feuille du peuplier noir (*Populus nigra* L.) de la station « 1 » est corrélée à la largeur de la feuille (LF) et longueur de nervure principale (LNP). Avec les conditions de croissances de la station « 2 » mettant en profit l'irrigation et l'élagage de formation, on remarque que les paramètres morphologiques corrélés entre eux sont plus importants, à savoir :

- La surface avec longueur du pétiole, largeur de la feuille et longueur de nervure principale ;
- Longueur de nervure principale avec longueur du pétiole, largeur de la feuille
- Largeur de la feuille avec longueur du pétiole.

Conclusion générale

Au terme de ce travail portant sur les caractéristiques anatomique et morphologiques du peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans la région de Tlemcen, les principales constatations auxquelles nous nous sommes parvenu :

- Du point de vue de l'histologie qualitative, le peuplier noir (*Populus nigra* L.) présente un aubier blanc clair et un duramen jaune marron. Les accroissements annuels sont visibles et à bordure circulaire. L'assise libéro-ligneuse (cambium) et l'assise subéropellodermique (phellogène) sont aussi visibles. Les pores sont de nature « semi-poreuse ». Le bois initial présente des pores isolés et alignés radialement par 2, 3 et 4 pores. Sur cet aspect, l'effet de la station n'est pas tangible et les deux populations présentent des caractères similaires
- Du point de vue de l'histologie quantitative, les caractères similaires entre les deux provenances sont : le diamètre de vaisseaux de bois final, nombre de vaisseaux par mm² et le nombre de rayons /mm. L'effet de la station est plus apparent dans le cas du diamètre des vaisseaux du bois initial, on peut déduire que les vaisseaux du peuplier noir de la zone urbaine de Tlemcen présente un diamètre significativement plus grand. La proportion des rayons ligneux supérieurs à 9 cellules est peu présente dans le bois du peuplier noir issu de la zone urbaine.
- Du point de vue morphologique, les feuilles du peuplier noir (*Populus nigra* L.) sont simples, alternes de forme triangulaire à losangique. Elles sont denticulées, vertes et glabres sur les deux faces. Leur pétiole est légèrement aplati au sommet.
- Les résultats de l'analyse de la variance des caractéristiques morphologies de la feuille du peuplier noir (*Populus nigra* L.) montrent l'absence de différence significative entre les deux stations pour les paramètres morphologiques étudiés.

Nous pouvons conclure et à ce niveau d'étude que l'examen microscopique a relevé que le peuplier noir de la zone urbaine développe des vaisseaux du bois initial plus large et des rayons ligneux plus hauts. La morphologie de la feuille n'est pas affectée par les conditions de la croissance.

Arbez M. et Lacaze J.F., 1998. Les ressources génétiques forestières en France, tome 2 : les feuillus. INRA Paris / BRG Paris. 408 p.

Augustin s., 1991. Relation *Melasoma* (Coleoptera, Chrysomelidae), Peuplier de la section LEUCE(Salicaceae), Etude de quelques facteurs physico-chimiques impliqués dans l'alimentation et le développement de ces insectes. Thèse. Bio, Ann, Univers, Orléans, 179p.

Bakour R., 2003.Influence de l'espèce et de la provenance des deux principaux chêne Français (*Quercus robur* L. *Quercus petraea* Liebel) sur la structure anatomique et les propriétés physiques du bois de Merrain. Thèse de doctora. Ecole nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, centre de Nancy, 150-156 P.

Barsoum N., 2003. Regeneration - requirements and promotion measures, in *Populus nigra* Network, Report of the seventh (25–27 October 2001, Osijek, Croatia) and eighth (22–24May 2003, Treppeln, Germany) meetings, IPGRI, p 27 à 28.

Becker M. et Picard J., 1977.Je reconnais les arbres. Ed. André LESON, France, 319p.

Ben'mbarek T., 2011. Utilisation d'une méthode optique sans contact pour décrire le comportement mécanique de composites bois/plastique 'WPC', Mém de thèse, Génie des procédés, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 168p.

Berrichi M., 2010. Détermination des aptitudes technologiques du bois de *quercus rotundifolia* lamk et possibilités de valorisation, thèse doc. Tlemcen.150p.

Bottin G., 2004. « Clé de détermination des arbres, arbustes et lianes de Belgique, du Nord de la France et des régions voisines à l'usage de l'enseignement fondamentale », Publié par Haute Ecole Albert Jacquard, 2004, 59p.

Boureau E., 1957. « Anatomie végétale », tome II. Presses universitaire de France. Paris, 752p.

Bravard JP., Amoros C., Pautou G., Bornette G., Bournaud M., Creuzé des Châtelliers M.,Gibert J., Peiry JL., Perrin JF., Tachet H., 1997. River incision in South-East France: morphological phenomena and ecological effects. Regul River 13:75–90.

Castro-Diez P., Villar-Salvador P., Perez-Rontome C., Maestro-Martinez M., Montserrat-Marti G., 1997.Leaf morphology and Leaf chemical composition in three *Quercus* (Fabaceae) species along a rainfall gradient in NE Sapain.Trees 11:127-134.

Campredon J., 1969. "Le bois", 4ème édition, N° 382, Ed. Presses universitaires de France.

Campredon J., 1982. Le que sais-je ?. Pres .Uni. Paris, 128 p.

Chardenon J., 1982. Le peuplier, aujourd'hui et demain. Ed. I.D.F, Paris, 279p.

Cherubini P., Babara L., Gartner., Robbet Scool, Innes J.L., 2003. Identification, measurement and interpretation of tree rings in woody species form Mediterranean climates, Biol. Rev. 78:119-148.

Cloutier A., 2005. Anatomie et structure du bois. Notes de cours, chapitre 1. Département des sciences du bois et du foret, Université Laval.

Dagnellie P., 1988. Statistique théorique et appliquée. Tom1, P. A. GEMBLoux, 31p.

Dehane B., 1997. Contribution à l'étude de l'arthropodofaune des peupliers dans la région de Tlemcen, Mém, Ing, Forest, Univ, Tlemcen, 142p + annexes.

Delarque C., 2006. Etudes en vue d'un programme de conservation *in-situ* du peuplier noir (*Populus nigra L.*) dans la réserve naturelle nationale des gorges de l'Ardèche, Rapport destages du Master 1 d'ingénierie en écologie et en gestion de la biodiversité, 47 pages +annexes.

Dettienne P., 1988. Cours illustré d'anatomie du bois. CTFT, Paris, 47p.

Dickmann DI., Kuzovkina J., 2008. Poplars and willow of the world, with emphasis on silviculturally important species.*In:* Isebrands JG, Richardson J (eds) Poplars and willows in the world: meeting the needs of society and the environment. FAO/IPC, Rome, Italy, 135 p- Chapters 2.

Djazouli Z.E., 1996. Inventaire et interaction de l'entomofaune infeodée au peuplier noir *Populus nigra L.* Etude de la dynamique des populations et du développement ovarien de *Chitopharus leucomelas* (Koch., 1854) (Homoptera : Aphididae) en mitidji. Magist., Inst. Agro., Univers. Blida, 102p.

Doin G., 1964. Anatomie des plantes vasculaire. Tome I etII, b /4210.

Duchauffour PH., 1983.Pédologie 1 : Genèse et classification. Masson (2^{ème} éd), 481p.

Dynesius M., Nilsson C., 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. Science26:753-762.

F.A.O., 1971.Commission internationale du peuplier. 14^{ème} session. Bucarest. Roumanie, 27 Sept. -2 Octobre1971.

Ghazil S., 2010. Etude de la migration du fluide dans le bois, thèse de docteur en science du bois et des fibres, faculté de la science, université de nancy, 159p.

Granier A., Anfodillo T., Sabatti M., Cochard H., Dreyer E., Tomassi M., Valentini R.t.,Breda N., 1994.Axial and radial water flow in the trunks of oak trees: a quantitative and qualitative analysis .Tree physiology, 14 pp .1383- 1396.

Haddad A., 1990. Contribution à l'étude anatomique et botanique de quelques espèces feuillues autochtones (*Fraxinus oxycarpa*, *Populus tremula* L., *Quercus merbekei* Dur.). Thèse d'ing. INA. EL-Harrech. 70 P.

Hammiche v., 1988. Systématique et morphologie botanique, office de publication universitaire, Alger, 190p.

Häne K., Kaennel Dobbertin M., 2006. Le peuplier noir - un géant aux pieds d'argile. La Forêt 59(7/8): 28-29.

Harrington J.J., MicroFibril Angle in Wood. Ed B.G Butterfield, IAWA/IUFRO, New Zealand, 1998.

Hosie R.C., 1980. Arbres indigènes du Canada. Editions Fides. Montréal, Qc. 389 p.

Huynh L.V., 1981. Anatomie de bois, technique de préparation des coupes. Ed. U. L. B.

Jaquot C., Trenard Y. et Dirol D., 1973. Atlas d'anatomie des bois des Angiospermes (essences feuillues). Tome I, centre Technique du bois, Paris, 175p.

Jebrane M., 2009. Fonctionnalisation chimique du bois par transestérification des esters d'énol, Mém., DOCTEUR, CHIMIE ORGANIQUE, L'UNIVERSITÉ BORDEAUX 1, 141p.

Keller R., 1994. La constitution du bois. Chapitre 1 de l'ouvrage «Le bois matériau d'ingénierie». ARBOLOR. Nancy, 433p.

Laurans F., Panorama des techniques microscopiques pour l'observation du bois in workshop bois et imagerie, 11 et 12 mai 2016, 12-16p.

Lefevre. F., 2001. Le peuplier noir : une ressource génétique à l'interface entre habitats naturels d'intérêts communautaires et sylviculture intensive, in Dossier de l'environnement de l'INRA, n°21, page 125 à 132.

Letreuch-Belarouci N., 1991. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Ed. O.P.U., Alger Vol.1, 618p.

Maire M., 1961. Flore de l'Afrique du nord. Ed. Paul Lachevallier, Paris T. VII, 362p.

Majoyer M., Aubineau M., Bermond A., Bougler J., Ney B., et Roger-Estrade J., 2002. Larousse agricole, 102-103p

Ménétrier J., 2006. Le peuplier hybride au Québec : une révolution, une évolution Présentation lors du colloque « La ligniculture : une solution d'avenir », Magog, 23 et 24 mars 2006, ministère des Ressources naturelles du Québec, 68 pp.

Mullins E.J., et Mcknight T.S., 1981. Canadian woods. Their properties and uses. Third edition. Minister of Supply and Services Canada. 389 pp.

Naiman R.J., Décamps H., McClain M.E., 2005. Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Navi P., et Heger F., 2005. “Comportement thermo-hydrromécanique du bois”, Presses polytechniques et universitaires romandes.

Nilsson C., Berggren K., 2000. Alterations of riparian ecosystem caused by river regulation. *Bioscience* 50:783–792.

Normand D., 1998. Manuel d'identification des bois commerciaux. 2ème Ed. Montpellier, CEDEX1, France, 175p.

Panshin A. J., et Zeeuw C., 1980. Textbook of wood technology. Fourth edition. McGraw-Hill, Inc. United States. 722 p.

Pautou G., 1983. Répercussions des aménagements hydroélectriques sur le dynamisme de la végétation (L'exemple du Haut-Rhône français). *Rev Geogr Alp* 71:331–342.

Popov., 1980. Anatomie et des sciences des bois. Cours polycopie. INA. Alger. 152p.

Pourtet J., 1961. La culture du peuplier. Ed. J. B. Baillièrre et fils, Paris V, 261p.

Richter H.G., and Dallwitz M. J., 2000. Onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 25th June 2009.

Rood S.B., Taboulchanas K., Bradley C.E., Kalischuk A.R., 1999. Influence of flow regulation on channel dynamics and riparian cottonwoods along the Bow River, Alberta. *Rivers* 7:33–48.

Scott M.L., Auble G.T., Friedman J.M., 1997. Flood dependency of cottonwood establishment along the Missouri River, Montana, USA. *Ecol Appl* 7:677–690.

Steiger J., Gurnell A.M., Ergenzinger P., Snelder D., 2001. Sedimentation in the riparian zone of an incising river. *Earth Surf Proc Land* 26:91–108.

Stokes A., Marpeau A., Salin F., 1999. “Formation et structure du bois de Pin Maritime”, Actes du Vème colloque « De la forêt cultivée à l'industrie de demain : Propriétés et usages du pin maritime », ADC Impression, Bordeaux, 41-59.

Taris B., 1966. Peupliers et populiculture. Ed. Eyrolles XVII, Paris V, 206p.

Vanden Broeck. A., 2003. Progress on national activities on gene conservation of *Populus nigra* in Belgium, in *Populus nigra Network*, Report of the seventh (25–27 October 2001, 95 Osijek, Croatia) and eighth (22–24 May 2003, Treppeln, Germany) meetings, IPGRI, p 27 à 28.

Vansteenkiste D., et Breda N., 2002. Caractéristiques anatomiques du cerne de chêne et perspectives d'interprétation écophysiological et climatiques .Séminaire «Biologie hivernale » groupe d'étude de l'Arbre .Saint- Flour 21-22 mars 2002,12p.

Venet J., 1974. Identification et classement des bois français. 1^{ère} Edition. E.N.G.R.E.F. Nancy, 308p.

Venet J., 1986. Identification et classement des bois Français. Engéf, Nancy, 308 p.

Zabielski S., 1978. Les possibilités de culture des peupliers dans les plantations de station de recherches forestières. Ann. Rech. Forest., Maroc, T. 18, 3-54.

Zsuffa L., 1974. The genetics of *Populus nigra* L. *AnnFor*6:29–49.

http://www.do-apps.com/155_fr/e_163949.html

<http://peupliernoir.orleans.inra.fr/identification.html>

<http://cerig.pagora.grenoble-inp.fr/tutoriel/morphologie-fibres-bois/page03.htm>

<http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/23430/ch02.html>

http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/bois/bois_pin_microscopie.htm

<http://lesbeauxjardins.com/cours/botanique/8-Anatomie/feuille.htm>

http://www.jeanduperrex.ch/Site/Feuille_morphologie.html

<http://www.lesbeauxjardins.com/cours/botanique/8-Anatomie/feuille.htm>

<http://www.deroussiaux.eu/EtLePasseRevient/forestier02.htm>

http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/sti-biotechnologies/file/ImageJ/Stage_ImageJ.htm

Tableau 1 : mesures des pores de bois initial de peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans la station 1.

Station 1					
80	37	60	40	40	50
70	40	50	30	30	40
70	35	40	40	43	39
88	42	50	50	35	50
60	50	55	40	40	45
42	48	49	40	40	30
70	50	50	50	50	40
60	40	40	50	60	40
45	50	50	42	50	35
80	55	60	55	45	40
80	50	49	40	50	30
70	60	55	50	40	40
75	57	50	40	60	39
65	50	48	50	40	50
70	47	60	50	50	42
70	40	50	40	50	40
50	50	50	45	60	30
52	60	40	40	30	40
60	50	40	42	40	32
55	60	30	45	45	30
70	40	52	50	35	40
80	70	50	55	40	50
85	59	40	50	30	50
72	55	50	39	40	40
75	60	42	50	42	39
40	60	50	50	40	50
45	59	50	30	38	40
30	50	40	40	40	60
40	60	40	45	45	30
60	40	50	30	30	40
60	50	40	40	40	45
40	43	60	30	40	40
42	40	50	40	50	50
30	50	40	40	30	40
40	60	45	55	40	50
40	48	40	40	45	30
52	57	40	40	30	40
40	50	30	39	45	40
42	65	35	30	40	50
40	50	40	50	40	30
50	55	30	40	40	
42	50	40	45	48	

Tableau 2 : mesures des pores de bois initial de peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans la station 2.

Station 2					
100	70	59	70	62	80
75	70	60	72	70	79
70	60	60	65	70	70
72	80	50	70	60	70
60	70	50	60	65	65
70	70	59	62	60	50
72	70	70	50	60	54
60	60	80	70	60	60
70	70	60	72	70	50
75	80	70	80	62	60
75	70	70	70	60	70
80	60	70	72	50	70
70	70	60	60	70	65
60	60	60	70	70	60
70	70	67	60	60	62
80	70	50	70	60	70
70	80	70	80	69	60
60	70	60	60	60	65
60	75	65	65	70	60
69	67	50	60	70	69
60	60	70	55	69	59
70	70	70	62	70	60
79	62	60	50	70	50
80	60	75	50	80	52
60	70	79	70	72	60
50	50	60	65	60	70
55	50	50	69	59	70
65	60	60	70	60	60
80	70	55	60	60	69
60	50	50	90	59	60
60	50	60	80	70	70
70	60	70	70	60	60
59	72	80	70	70	65
60	60	60	50	80	59
80	70	50	60	72	60
70	50	70	70	60	70
70	50	70	50	60	67
75	60	80	60	70	80
60	70	60	62	80	70
70	50	70	60	70	60
80	54	62	50	69	
60	60	60	60	70	

Tableau 3 : mesures des pores de bois final de peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans la station1.

Station 1					
40	40	40	32	30	40
39	30	40	30	30	30
42	28	30	29	30	29
54	30	45	30	25	30
30	25	30	40	40	39
40	30	32	45	35	30
43	24	40	30	30	35
50	40	35	40	30	29
30	40	30	30	40	40
40	30	40	30	40	30
65	29	30	40	30	30
60	35	40	40	30	29
50	40	37	30	40	40
40	40	40	35	40	30
40	30	30	30	40	30
57	35	40	40	50	20
50	30	50	30	30	30
60	40	50	35	30	29
62	40	40	30	35	30
40	30	40	30	30	20
50	25	38	47	38	30
45	40	40	30	40	40
40	30	45	40	40	30
50	40	30	50	30	42
45	35	50	25	32	34
35	29	40	30	40	30
30	30	37	20	30	40
35	37	40	30	30	42
25	30	45	30	25	39
30	35	40	30	40	40
30	30	39	25	32	29
32	39	32	20	25	25
27	29	30	30	29	30
40	38	40	29	30	30
30	40	40	40	38	40
30	50	39	35	40	30
40	40	30	50	40	29
30	50	40	30	30	40
30	49	45	30	32	30
35	40	30	40	40	35
25	40	40	35	30	
32	39	30	29	40	

Tableau 4 : mesures des pores de bois final de peuplier noir (*Populus nigra* L.) dans la station2.

Station 2					
50	50	42	40	42	40
60	40	40	43	50	40
50	40	45	29	50	30
50	50	40	40	40	35
65	40	34	50	42	40
40	50	40	52	39	30
55	45	50	40	40	39
50	40	55	40	40	50
50	50	40	43	30	40
40	50	38	50	40	42
50	40	40	40	50	30
50	30	50	39	42	30
40	40	40	40	50	45
60	40	40	50	50	40
50	50	45	40	40	35
50	50	50	50	45	50
40	45	50	42	40	52
45	40	40	40	40	40
50	40	55	55	40	49
40	30	50	39	30	50
50	40	30	40	35	40
50	50	30	42	39	30
50	55	40	40	50	40
50	40	40	30	40	42
60	50	50	55	40	39
45	42	30	30	42	50
40	30	40	32	50	55
40	40	50	30	50	40
50	50	30	30	40	40
40	49	40	60	40	49
45	40	45	60	49	35
40	50	40	40	37	30
39	30	50	50	50	40
40	40	40	50	40	50
30	49	30	30	40	50
50	35	45	40	42	30
55	40	35	42	30	30
49	40	40	60	50	40
50	40	42	40	39	50
40	30	30	30	40	42
50	50	50	40	40	
40	40	30	30	30	

Tableau 5 : mesures nombre de vaisseaux par mm² de peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Station 1		Station 2	
138	150	198	138
136	178	174	138
120	164	144	160
126	188	168	154
130	164	134	144
120	150	164	150
132	146	178	140
130	166	148	166
120		178	
138		162	
126		168	
138		178	
132		176	
128		150	
132		158	
136		142	
150		148	
146		164	
134		154	
150		174	
144		146	
138		158	
158		138	
160		168	
156		152	
162		176	
180		148	
166		140	
160		150	
190		164	
188		140	
192		184	
174		160	
180		178	
170		152	
152		144	
150		174	
166		148	
170		174	
178		158	
152		142	
156		168	

Tableau 6 : mesures nombre de rayons de peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Station 1		Station 2	
10	10	8,75	8,75
11,25	10	7,5	7,5
7,5	11,25	10	8,75
11,25	8,75	8,75	8,75
8,75	10	8,75	8,75
8,75	10	10	11,25
11,25	11,25	10	7,5
7,5	12,5	8,75	10
10		7,5	
13,75		8,75	
8,75		8,75	
11,25		7,5	
12,5		10	
11,25		10	
12,5		8,75	
10		11,25	
11,25		12,5	
12,5		13,75	
10		7,5	
12,5		8,75	
11,25		8,75	
10		6,25	
13,75		8,75	
10		10	
11,25		8,75	
10		7,5	
10		10	
11,25		11,25	
10		7,5	
12,5		8,75	
10		10	
11,25		11,25	
10		6,25	
10		13,75	
12,5		8,75	
11,25		7,5	
8,75		10	
10		10	
10		8,75	
13,75		8,75	
10		6,25	
8,75		10	

Tableau 7 : mesures de la surface de peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Station 1			Station 2		
23,58	23,58	21,13	19,99	29,04	22,14
25,4	15,55	22,2	20,39	29,92	26,79
20,39	16,82	21,24	24,9	24,63	22,82
23,47	19,36	22,06	28,81	27,02	19,82
25,06	22,18	22,52	28,41	25,62	25,06
17,8	21,29	18,87	27,56	32,32	27,63
20,58	20,6	16,92	23,95	25,57	21,28
21,15	22,43	19,61	29,44	23,93	23,1
23,13	25,06	20,26	20,32	26,25	20,92
21,29	24,64	21,56	21,95	31,07	27,69
20,86	21,96	24,71	20,97	29,34	23,63
21,29	18,48	22,57	17,62	24,18	29,76
19,24	21,56	24,64	18,16	26,99	23,16
19,59	22,56	20,19	30,3	25,05	24,25
19,66	18,69	28,32	26,61	27,44	22,12
21,75	19,61	22,81	18,14	29,34	21,56
20,56	19,66		20,33	22,85	
20,38	22,06		21,93	26,13	
17,39	22,76		23,58	29,34	
18,48	21,8		22,6	22,97	
18,38	22,43		22,15	18,25	
16,82	22,23		20,29	29,37	
16,51	23,48		19,25	26,5	
20,19	20,37		23,68	23,44	
15,7	24,37		17,47	24,5	
17,18	20,6		21,76	19,16	
14,79	22,96		23,33	22,28	
21,09	19,01		19,62	23,7	
17,7	20,95		21,66	26,34	
14,68	21,18		22,98	25,93	
19,36	18,24		21,68	26,95	
22,16	22,18		25,84	16,73	
18,08	22,26		21,98	18,62	
16,76	24,17		20,61	17,63	
15,82	22,7		22,4	20,93	
18,69	21,96		20,99	15,5	
14,66	22,56		22,43	24,86	
19,71	22,39		20,57	22,6	
18,33	23,8		19,79	22,79	
15,55	23,93		15,84	17,27	
17,18	22,43		34,9	25,9	
22,43	22,7		29,7	25,76	

Tableau 8 : mesures de la longueur du pétiole de peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Station 1			Station 2		
6,35	6,35	3,8	2,83	5,65	3,42
6,96	3,22	4,61	2,53	6,85	4,61
5,92	4,08	3,13	3,78	5,04	3,51
5,21	4,83	3,68	4,14	5,38	2,91
6,38	4,69	5,08	4,01	4,65	4,6
4,45	6,17	3,81	3,98	6,09	4,47
4,14	3,63	3,86	3,27	5,72	4,46
5,05	4,03	4,25	3,82	4,5	3,95
5	6,38	3,54	2,33	5,57	3,54
6,17	4,07	4,15	3,09	5,65	4,56
5,47	3,24	3,91	3,17	5,39	4,06
5,65	4,39	4,74	2,48	5,64	5,08
5,88	4,15	4,07	2,52	5,45	4,26
5,44	3,8	3,73	4,47	5,36	4
5,61	5,07	4,43	3,03	5,14	3,77
6,08	4,25	4,42	2,41	5,88	3,35
4,49	5,61		2,77	5,12	
6,35	3,68		2,86	4,05	
5,81	4,53		3,45	4,27	
4,39	4,71		3,06	3,66	
4,14	3,89		3,3	2,86	
4,08	3,8		3,21	4,25	
4,84	3,95		3,2	3,96	
4,81	3,69		3,46	3,74	
4,04	4,16		2,82	3,05	
4,67	3,63		3,64	3,49	
3,79	3,91		3,52	3,38	
4,28	3,5		3,43	3,49	
5,15	4,05		3,52	3,98	
3,39	4,96		3,43	3,72	
4,83	2,82		3,29	4,01	
5,53	4,69		4,07	3,03	
3,95	4,21		3,25	3,06	
4,74	4,59		3,49	3,1	
4,26	4,36		3,33	3,47	
5,07	3,24		3,43	2,69	
4,83	3,8		3,13	3,71	
5,23	4,59		3,1	3,99	
4,96	4,39		2,63	3,86	
3,22	4,31		2,83	2,76	
4,67	4,03		6,29	3,68	
3,89	4,64		6,3	4,86	

Tableau 9 : mesures de lalargeur de la feuille de peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Station 1			Station 2		
5,2	5,2	5,56	4,84	7,75	6,38
5,7	4,08	6,08	5,02	8,59	7,65
5,02	3,82	6,75	5,89	7,48	6,33
5,49	4,79	5,56	6,53	7,63	5,84
5,78	5,4	5,53	6,75	6,48	7,11
4,45	4,77	4,91	6,26	8,51	7,67
5,24	5,91	5,4	6,06	7,04	6,21
4,69	5,97	5,09	7,04	6,6	6,4
5,88	5,78	6,3	4,74	7,25	6,07
4,77	7,52	5,46	5,47	6,87	7,71
4,87	5,95	7,54	4,41	7,74	7,29
5,01	4,27	5,78	4,22	6,92	8,91
4,49	5,46	7,52	4,63	6,78	6,64
4,61	5,71	5,07	6,92	6,84	7,18
4,83	5,67	8,23	7,27	6,72	5,92
4,99	5,09	5,69	4,59	8,12	6,11
4,64	4,83		5,24	5,85	
4,72	5,56		5,15	6,26	
4,02	5,33		5,86	7,52	
4,27	5,92		5,45	5,92	
4,68	5,87		5,17	4,66	
3,82	5,64		5,11	7,79	
4,28	6,14		5,42	6,43	
4,91	5,8		6,68	5,96	
4,26	5,35		4,44	5,15	
4,64	5,91		5,11	5,21	
4,23	5,29		6,25	6,05	
4,1	5,73		4,96	5,84	
4,42	5,3		5,92	6,38	
4,11	5,88		6,23	6,24	
4,79	4,9		5,69	6,81	
5,02	5,4		6,29	4,02	
4,99	5,78		5,61	4,71	
4,54	6,58		5,06	4,35	
4,46	6,48		5,16	5,15	
5,67	5,95		5,1	4,31	
3,93	5,71		5,83	6,3	
5,71	5,7		4,82	5,49	
5,36	6,25		5,01	7,11	
4,08	6,02		4,15	4,68	
4,64	5,97		9,56	7,36	
5,87	5,86		7,95	7,21	

Tableau 10 : mesures de la longueur de nervure principale de peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Station 1			Station 2		
6,89	6,89	6,29	6,26	7,87	6,4
7,23	5	6,44	6,84	8,16	6,47
6,66	5,42	5,6	6,96	6,55	6,89
7,48	5,53	7,29	8,26	7,11	5,58
7,39	7,6	7,3	7,65	6,69	6,75
5,66	7,06	5,76	7,42	8,45	7,08
6,21	5,84	4,61	7,25	7,23	5,31
6,97	6,76	5,62	8,53	6,92	6,86
7,07	7,39	5,17	6,28	6,52	5,52
7,06	6,36	6,31	6,57	7,36	7,01
7,05	5,73	5,95	5,8	7,18	6,57
6,88	5,71	6,18	5,66	6,03	7,37
6,2	6,31	6,36	5,78	6,96	6,39
6,41	6,84	6,51	8,07	6,65	6,42
6,29	5,85	5,27	7,95	7,55	6,34
7,29	5,62	7,14	5,72	7,72	6,19
6,63	6,29		6,39	6,43	
6,5	7,29		6,38	6,59	
5,93	7,39		7,15	7,56	
5,71	6,61		6,96	6,73	
5,79	7,84		7,05	5,34	
5,42	6,37		6,2	8,34	
5,08	6,83		5,39	8	
6,67	5,44		6,43	6,83	
4,03	7,66		5,43	6,34	
5,32	5,84		6,74	5,57	
4,36	6,8		6,12	6,48	
6,23	4,88		5,79	6,83	
5,69	6,6		6	7,63	
4,38	5,88		6,94	7,28	
5,53	5,25		6,66	7,73	
5,89	7,6		8,3	5,48	
5,59	7,01		6,58	5,36	
5,28	6,85		6,21	5,52	
4,72	6,89		6,99	6,13	
5,85	5,73		6,91	4,7	
4,78	6,84		6,69	7,4	
5,56	6,23		6,45	6,64	
5,79	7,38		5,79	5,7	
5	7,49		4,98	5,17	
5,32	6,76		9,76	6,96	
7,84	7,39		7,92	6,9	

Tableau 11 : mesures de l'angle d'insertion entre la nervure principale et la nervure secondaire de peuplier noir (*Populus nigra* L.).

Station 1			Station 2		
48	48,8	50,1	52,9	52,8	63,6
44,2	48	48,8	55,1	58,3	58,1
42,8	51,2	62,9	63	49,2	48,9
57,5	56,5	57,9	46,7	56,3	67,4
46,7	57,9	48,2	59,8	59,9	58,4
53,7	58,8	49,6	53,7	53	62,6
58,3	51,5	58	64,5	45,1	68,7
53,1	61,3	59,2	68,7	51,7	69,3
50,8	50,1	54,2	62,2	62,3	48,5
51,5	46,7	68,9	59,7	50,5	55
44,9	48,7	56,9	46,5	55,8	69,4
52,2	56,7	57,6	47,1	60,7	61,6
49,1	46,8	64	50,6	62,1	47,3
46,5	57,6	49	47,8	54,6	59,8
53,7	53,2	48,7	55	60,6	60,9
51,7	51,6	48	57,7	56,8	62,8
49,4	68,9	53,7	62,3	53,3	50,2
42,8	53,7	56	48,7	73,7	60,1
45,9	49,6		59,9	64,1	
46,8	53,1		45	73,1	
58,1	50,9		55,4	68,5	
56,5	48,8		54,7	57,7	
52,6	63,1		51,5	59,4	
40,6	49,8		59,4	60,8	
33,1	58,7		51,1	64,2	
47,9	59,4		47,4	55,8	
41,9	61,3		57,7	62,7	
39,3	45		51,5	66	
44,7	51,2		48,6	62,5	
49,3	61,9		59,4	59,8	
57,9	54,2		60,2	58,6	
54	61,9		54,9	75,5	
42,3	58,8		54,1	54,6	
48,7	58,8		55,9	61,7	
44,9	53,6		52,3	65,1	
51,6	54,2		56	68,3	
46,4	56,7		50,7	65,7	
50,2	53,2		47,5	66,7	
50,9	61,5		56,7	54,3	
51,2	57,6		57,5	57,3	
			37,6	53,1	

Résumé

Contribution à l'étude de l'effet de la station sur les caractéristique histo-morphologiques du peuplier noir « *Populus nigra L* » dans la région de Tlemcen

Du point de vue histologique le *populus nigra* (L.) est de nature « semi-poreuse ». Le diamètre des vaisseaux du bois initial appartient à la catégorie des bois «fin», le diamètre des vaisseaux de bois final à la catégorie « très fin ». Le nombre des vaisseaux par mm² à la catégorie de pores nombreux, le nombre de rayons à la catégorie élevée. L'examen microscopique a relevé que le peuplier noir de la zone urbaine développe des vaisseaux du bois initial plus large et des rayons ligneux plus hauts. L'étude de cinq caractères morphologiques des 200 feuilles représentant cinq arbres dans chacune des deux stations a montré que la morphologie de la feuille n'est pas affectée par les conditions de la croissance.

Mots clés : Histologie, Morphologie, *Populus nigra L*, conditions de croissance, Wilaya de Tlemcen.

Abstract

Contribution to the study of the effect of the station on the characteristic histo-morphological of black poplar "*Populus nigra L*" in the region of Tlemcen

The point of view histological *Populus nigra* (L.) is nature "Semi-porous". The diameter of the vessels of the original wood belongs to the category of wood "fine", the diameter of the vessels of final wood to the category "very fine". The number of vessels per mm² to the category of many pores, the number of rays to the category high. The microscopic examination has noted that the black cottonwood in the urban area develops vessels of the original wood more wide and woody rays more senior. The study of five morphological characters of 200 sheets representing five trees in each of the two stations showed that the morphology of the sheet is not affected by the conditions of the growth.

Key words: Histology, Morphology, *Populus nigra L*, growth conditions, Wilaya of Tlemcen.

ملخص

مساهمة في دراسة تأثير المنطقة على سمات النسيج-المورفولوجي للهور الأسود في منطقة تلمسان

من المنظور التشريحي الحور الأسود ذات طبيعة "شبه مسامية". قطر أوعية الخشب الابتدائي تنتمي إلى فئة من الخشب "دقيق"، قطر أوعية الخشب النهائية تنتمي إلى فئة "الدقيق جدا". عدد الأوعية في الميليمتر مربع من فئة كثير المسامات، عدد الأشعة من فئة عالية. الفحص المجهرى كشف أن الحور الأسود في المناطق الحضرية بطور أوعية الخشب الابتدائية الخشبية عالية. الدراسة لخمسة صفات مورفولوجيا ل 200 ورقة تمثل خمسة أشجار من كل من أكثر عرضا والأشعة المحطتين تبين أن مورفولوجيا الورق لاتتأثر بظروف النمو.

الكلمات الرئيسية: علم الأنسجة، مورفولوجيا، الحور الأسود، ظروف النمو، ولاية تلمسان.

INTRODUCTION GENERALE

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ESPECE

CHAPITRE II : LA STRUCTURE ANATOMIQUE DU BOIS

CHAPITRE III : LA MORPHOLOGIE VEGETALE

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

ANNEXES
