

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU



FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES
AGRONOMIQUES DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité: Foresterie

Option:SciencesForestières

**Étude morphologique et anatomique des aiguilles du Pin
noir de Tikjda (Djurdjura)**

PinusnigraArnoldssp. mauretunica

Présenté par:

- MESBAHINahla
- ZEMIRLILetissia

Devant le jury:

- Président : Mr ASMANI A. Maitre-assistant classe A à l'UMMTO.
- Promotrice: Mme ADJAOUD D. MaitreassistanteclasseAàl'UMMTO.
- Examinateur I: Mr METNA B. Maitre-assistant classe A à l'UMMTO.
- Examinatrice II : Mme HAMIDUCHE-SIMOHAMMED Ch.
Maitre-assistante classe A à l'UMMTO.

Année universitaire: 2020/2021

Remerciements:

Nous adressons nos plus sincères remerciements aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Nous tenons avant tout à remercier Madame **ADJAUD Drifa** maitre assistante à l'Université de Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou, qui nous a encadrés tout au long de ce mémoire, nous tenons aussi à la remercier pour sa disponibilité permanente, sa gentillesse et sans qui ce travail n'aura pas vu le jour.

Nos plus vifs remerciements vont aux membres du jury,

Monsieur **ASMANI Ali** maitre-assistant à l'Université de Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou, qui nous a fait aimer la foresterie et qui a toujours été de bons conseils et toujours bien veillant en vers nous.

Nous remercions également Monsieur **METNA Boussad** maitre-assistant à l'Université de Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou, qui nous a aidé à réaliser notre étude statistique et pour ses conseils judicieux.

Et Madame **HAMIDOUCHE SI MOHAMED CHAFIA** maitre-assistante à l'Université de Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou, pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Dédicace:

Je dédie ce modeste travail

à ma défunte mère

A mon père et tata Drifa qui m'ont aidé et soutenu tout au long de mes études et qui ont toujours été là pour moi.

A mes tantes et oncles

**A mes défunts grands-
parents ainsi que tous mes
ami(e)s.**

Nahla

Je dédie ce modeste travail

à mon père et ma mère

Mon frère Omar et ma sœur Maria

A toute ma famille

Ainsi que tous mes ami(e)s.

Letissia

Introduction	1
Chapitre I: Généralités	
I. Historique	2
II. Systématique.....	3
III. Caractéristiques dendrologiques et botaniques	6
IV. Aire de répartition.....	7
1. Aire de répartition naturelle	7
2. Aire de répartition artificielle	9
V. Facteurs de répartition	9
1. Le climat.....	9
2. Conditions édaphiques	9
3. La végétation	10
4. Altitude.....	11
VI. Cycle phénologique.....	11
Chapitre II: matériel et méthode	
I. Présentation de la zone d'étude	13
1. Conditions climatiques.....	13
a. Températures	13
b. Précipitations	14
c. Synthèse climatique.....	15
- Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	15
- Quotient pluviométrique Q_2 et climagramme d'EMBERGER... ..	16
- Indice d'arido-humidité.....	17
2. Notion de variation.....	18
3. Méthode d'échantillonnage et choix des caractères utilisés.....	19
II. Méthode d'analyse des résultats	20
Chapitre III: Résultats et discussion	
I. Résultats	21
1. Moyenne des caractères morphologiques	22
a. Longueur des aiguilles	22
b. Largeur des aiguilles	23
c. Épaisseur des aiguilles	24
d. Nombre de lignes de stomates de la face dorsale.....	26
e. Nombre de lignes de stomates de la face ventrale.....	27

2. Anatomie des aiguilles	28
3. Caractère anatomique	29
a. Nombre de canaux résinifères de la face dorsale	29
b. Nombre de canaux résinifères de la face ventrale	30
c. Nombre de canaux résinifères	31
4. Analyse en composantes principales	34
II. Discussion.....	38
Conclusion.....	40
Partie bibliographique	

Liste des figures

Figure N°1 : Régénération naturelle du Pin noir du Djurdjura.

Figure N°2: jeune sujet de Pin noir du Djurdjura.

Figure N°3: Arbre adulte de Pin noir du Djurdjura.

Figure N°4: Aire de répartition du Pin noir du Djurdjura.

Figure N°5 : Cycle phénologique du Pin noir du Djurdjura.

Figure N°6 : Aiguilles et cône mûr du Pin noir du Djurdjura.

Figure N°7: Courbe de variations mensuelles des températures moyennes de la station de Tigounatine entre 2000-2009.

Figure N°8: Histogramme des moyennes mensuelles des précipitations de la station de Tigounatine entre 2000-2009.

Figure N°9: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la station de Tigounatine 2000-2009.

Figure N°10: Climagramme d'EMBERGER pour le Pin noir au sens large (QUEZEL, 1976) et pour la station de Tigounatine.

Figure N°11: Pied à coulisse.

Figure N°12: Matériel utilisé pour la double coloration.

Figure N°13 : Histogramme des longueurs moyennes des aiguilles par classe de circonférence.

Figure N°14: Histogramme des largeurs moyennes des aiguilles par classe de circonférence.

Figure N°15 : Histogramme des épaisseurs des aiguilles par classe de circonférence.

Figure N°16 : Histogramme du nombre moyen de lignes de stomates de la face dorsale par classe de circonférence.

Figure N°17: Histogramme du nombre moyen de lignes de stomates de la face ventrale par classe de circonférence.

Figure N°18 : Coupe transversale d'une aiguille de Pin noir après double coloration observée sous microscope au grossissement (10x100).

Figure N°19: Histogramme du nombre moyen de canaux résinifères de la face dorsale par classe de circonférence.

Figure N°20 : Histogramme du nombre moyen de canaux résinifères de la face ventrale par classe de circonférence.

Figure N°21: Histogramme du nombre moyen de canaux résinifères par classe de circonférence.

Figure N°22: Histogramme des valeurs propres.

Figure N°23: Cercle de corrélation.

Figure N°24: Groupes obtenus après l'analyse en composantes principales.

Liste des tableaux

Tableau N°1 : Les principales classifications de l'espèce collective *Pinus nigra* ARNOLD (ASMANI,1993).

Tableau N°2 : Les principales classifications de l'espèce collective *Pinus nigra* ARNOLD (ASMANI,1993).

Tableau N°3: Températures moyennes mensuelles minima et maxima de la station de Tigounatine (2000-2009).

Tableau N°4: La valeur de Q2.

Tableau N°5 : Valeurs moyennes mensuelles et saisonnières de l'indice d'arido-humidité de 2000-2009.

Tableau N°6 : Les différentes classes de circonférences utilisées.

Tableau N°7 : les moyennes de la biométrie des aiguilles du pin noir du Djurdjura

Tableau N°8 : Longueur moyenne des aiguilles et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Tableau N°9 : Largeur moyenne des aiguilles et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Tableau N°10 : Épaisseur moyenne des aiguilles et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Tableau N°11: Nombre moyen de lignes de stomates de la face dorsale et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Tableau N°12 : Nombre moyen de lignes de stomates de la face ventrale et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classes decirconférences.

Tableau N°13: Nombre moyen de canaux résinifères de la face dorsale et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Tableau N°14: Nombre moyen de canaux résinifères de la face ventrale et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Tableau N°15 : Nombre moyen de canaux résinifères et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classes de circonférences.

Tableau N°16: Tableau récapitulatif des moyennes des caractéristiques morphologiques et anatomiques des aiguilles de Pin noir.

Tableau N°17 : Résultats de l'analyse de la variance sur les caractères des aiguilles du Pin noir du Djurdjura.

Tableau N°18: Matrice de corrélation entre la circonférence et les variables mesurées.

Tableau N°19: Tableau des valeurs propres.

Tableau N°20: Corrélation des variables.

Tableau N°21: Tableau de corrélation des individus.

Tableau N°22: Tableau comparatif de nos résultats et les résultats des autres travaux.

Liste des abréviations

Cir: Circonférence

NLSD : nombre de lignes de stomates dorsales

NLSV : nombre de lignes de stomates ventrales

NCRD : nombre de canaux résinifères dorsaux

NCRV: nombre de canaux résinifères ventraux

NCR: nombre de canaux résinifères

M :maxima

m: minima

P : précipitations

T : températures

La: longueur

la: largeur

Ep: épaisseur

Introduction générale

Le monde végétal a connu une importante régression en termes de diversité spécifique, des espèces ont disparu, emportant avec elles des caractéristiques biologiques, chimiques et structurales (ROQUE, 1994 *in* BENARAB et ALISLIMANE, 2000).

Cette diminution de la multiplicité des espèces a mené à une baisse du fonctionnement des systèmes écologiques (LEVEQUE, 1994), à la raréfaction et à la disparition de certaines espèces et tout cela suite à l'exploitation irrationnelle de la forêt par les populations.

Bien que les forêts méditerranéennes soient particulièrement riches, les signes de dégradation sont très importants (QUEZEL, 1976). Les raisons les plus importantes de cette dégradation ont les conséquences des énormes changements géologiques dans la région méditerranéenne (VERLAQUE, 1999).

Conséquences, la régénération de certaines espèces est insuffisante ou quasi inexistante, cela soulève des questions délicates et préoccupantes, le surpâturage, et les incendies ont exacerbé cette catastrophe. Le Pin noir est naturellement présent dans le bassin méditerranéen et est l'une des nombreuses espèces caractéristiques de la région (BOJOVIC, 1995).

C'est l'une des espèces les plus controversées sur le plan taxonomique. La complexité de sa systématique présente encore des points d'ombres au niveau infraspécifique. Cette complexité est étroitement liée à son aire de répartition qui est à la fois vaste et morcelée. Ce morcellement est le résultat de phénomènes de dérive des continents et de phénomènes paléogéologiques tels que les mouvements tectoniques et le changement du climat (BOJOVIC, 1995).

Le pin noir d'Afrique du Nord est l'une des sous-espèces rares et menacées en Algérie, il appartient à l'espèce collective *Pinus nigra* Arnold, ce peuplement ne cesse de voir son nombre d'individus diminuer en raison de l'absence de régénération, des agressions qu'il subit tel que les incendies, le surpâturage...etc. A l'état naturel, le Pin noir Algérien est situé sur le versant sud du Djurdjura (Tikjda), représenté par 450 sujets environ.

Les aiguilles constituent l'un des organes les plus utilisés dans les études biosystématiques, du fait qu'elles comprennent un grand nombre de caractères morphologiques (longueur, largeur, épaisseur, nombre de lignes de stomates) et anatomiques (nombre de canaux résinifères) qui sont dépendants des conditions environnementales et qui permettent une différenciation sûre des populations (PROBST, 1983).

Notre étude est une contribution à mieux caractériser le Pin noir du Djurdjura sur le plan morphologique, elle a consisté à réaliser une étude biométrique sur les caractères morphologiques et anatomiques des aiguilles en tenant compte de la circonférence des arbres. Pour l'analyse de nos résultats,

Introduction générale

Nous avons utilisé l'analyse de la variance pour chaque caractère pour voir s'il y a une variabilité interindividuelle dans le but de savoir si les aiguilles peuvent être utilisées dans la différenciation des différentes provenances du Pin noir.

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée dans le but de voir s'il y a variation des différents caractères pris ensemble et de voir le poids de chaque caractère dans la discrimination des arbres et comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres travaux.

Généralités

I. Historique

Les premiers fossiles du genre *Pinus* dateraient du jurassique supérieur (EMBERGER, 1960). Il a été découvert à Spitzberg dans l'océan arctique glacial (G de SAPORTA in ROMAN-AMAT, 1984 in BOJOVIC, 1995). Des fossiles datant du crétacé ont été aussi découverts en France et d'autres en Angleterre (GAUSSEN, 1960).

Etant l'un des plus anciens *Pinaceae*, le pin noir serait originaire d'Eurasie nord-orientale (MIROV, 1967 in ASMANI, 1988).

Selon G de SAPORTA in BOJOVIC (1995), son étude sur les provenances d'Aix-en-Provence a permis de conclure qu'au début du tertiaire subsistaient de vastes étendues de forêts montagneuses où cette espèce croissait sous un climat tropical à proximité des lacs.

Vers la fin du tertiaire, le pin noir a commencé à se diviser en plusieurs variétés différentes du point de vue morphologique. (G de SAPORTA in BOJOVIC, 1995)

Au paléocène, il y a eu divers événements géologiques et climatiques, dont les mouvements tectoniques et le refroidissement climatique, qui ont causé au quaternaire un appauvrissement de la flore forestière et un morcellement de l'aire du pin noir pour former les sous-espèces et variétés localisées dans les montagnes (OZENDA, 1975 ; QUEZEL, 1980) ainsi que leurs migrations vers le pourtour méditerranéen devenu plus chaud et plus sec (QUEZEL, 1980; G.de SAPORTA cité par ROMAN-AMAT, 1984 in BOJOVIC, 1995).

Selon FLOUS (1936) in ADJAOUD et AIDROUS (1992), le pin noir serait l'ancêtre des abietacées et aurait donné naissance aux cèdres et aux sapins. Suivant l'aire de répartition du pin noir, il y a des espèces adaptées aux climats méditerranéens, méditerranéens montagnards et continentaux à basse altitude (LEE, 1968 in BOJOVIC, 1995).

La découverte du pin noir en Algérie s'est faite plus récemment en 1922 par le brigadier Soulier, ce pin a été considéré comme un *Pin laricio* (MAIRE et DE PEYERIMHOFF, 1927). De nos jours, ce même pin constitue avec celui du Rif Marocain découvert par FONT-QUER en 1930 la sous espèce *mauretanica* (BELLEFONTAINE, 1979).

II. Systématique :

- Embranchement: Spermaphytes
- Sous-embranchement : Gymnospermes
- Classe: Conifères
- Ordre: Coniférales
- Famille: *Pinaceae*
- Tribu : Pinée
- Genre: *Pinus*
- Section : *Sylvestris*
- Espèce: *Pinus nigra*

La classification du pin noir n'est pas définitive, plusieurs auteurs ont proposé différentes classifications établies selon des critères d'ordre anatomique, dendrologique, morphologique, enzymatique, botanique et géographique et de nombreux auteurs travaillent encore sur cette problématique.

Pour illustrer cette classification très diversifiée, nous avons repris la synthèse faite par ASMANI(1993) selon un ordre chronologique.

Tableau N°1 : Les principales classifications de l'espèce collective *Pinus nigra* ARNOLD(ASMANI,1993).

Auteurs	Critères de classification	Classification
PARADE (1909) in DELEVOY(1949)	Aire de répartition géographique	Trois groupes de races: <ul style="list-style-type: none"> - Orientales - Centrales - Occidentales
GIACCOBE(1937) in DELEVOY(1949)		<i>P.salzmannii</i> dun.: race franco-ibérique <i>P.laricio</i> Poir.: race italienne <i>P.austrica</i> hoess.: race balkanique <i>P.pallasiana</i> Lamb.: race asiatique <i>P.mauretunica</i> Maire et Payer: race africaine
SCHENCK(1939) in DELEVOY(1949)	Critères dendrologiques	Subdivision de l'espèce en 2 formes comprenant chacune deux variétés. 1 ^{ère} forme Var.calabricascheid .(Calabrie, Sicile, île de Pantelleria et Djurdjura) Var.cebennen cis gr et gord.(Cévennes, Pyrénées, Espagne et Maroc). 2 ^{ème} forme Var. austriaca asch graebn. (Autriche, Hongrie, Dalmatie, Grec, Bosnie, Serbie, Bulgarie et Roumanie) Var.carmani careh. (Asie Mineure, Crimée, Chypre).
DELEVOY(1949)	Caractères anatomiques et morphologiques	<i>spp.occidentalis</i> (Cévennes, Pyrénées, Espagne, Corse, Sicile et Afrique du Nord). <i>spp.orientalis</i> (Autriche, Calabrie, Dalmatie, Crimée, Asie mineure, Bosnie, Serbie, Roumanie et Chypre).
FUKAREK(1958)	Aire de répartition géographique	<i>spp.clusiana</i> (France, Afrique du Nord, Espagne). <i>spp.laricio</i> (Péninsule Calabraise et Corse). <i>spp.nigracans</i> (ex-Yougoslavie, Autriche, Italie, Dalmatie et Balkans). <i>spp.pallasiana</i> (Turquie, Roumanie, Serbie, Bulgarie, Crimée et Anatolie).

Tableau N°2 : Les principales classifications de l'espèce collective *Pinus nigra* ARNOLD(ASMANI,1993).

Auteurs	Critères de classification	Classification
GAUSSE N(1963)	Aire de répartition géographique	<i>Pinus nigra</i> Arn. (ex-Yougoslavie, Italie méridionale, Balkans et Sud-Est de l'Europe). <i>Pinus laricio</i> Poiret (Corse, Calabre, Sicile). <i>Pinus salzmannii</i> Dun. (Espagne et Cévennes). <i>Pinus mauretana</i> Maire et Peyer (Djurdjura et Rif).
EMBERGER(1960)et OZENDA(1964)	Caractéristique biogéographique	<i>Ssp.austriaca</i> (Italie méridionale, Autriche, Balkans et Yougoslavie). <i>ssp.pallasiana</i> (Anatolie, Chypre et Taurus). <i>ssp.salzmannii</i> (Cévennes, Pyrénées et Espagne). <i>ssp.corsica</i> (Calabre, Corse et Sicile). <i>ssp.mauretana</i> (Djurdjura et Rif).
TUTIN et al(1964)	Aire de répartition géographique	<i>ssp.nigra</i> (Yougoslavie, Grèce, Autriche et centre de l'Italie). <i>ssp.salzmannii</i> (Cévennes, Espagne et Pyrénées). <i>ssp. laricio</i> (Sicile, Calabre et Corse). <i>ssp.dalmatica</i> (Yougoslavie). <i>ssp.pallasiana</i> (Péninsule Balkanique, Chypre, Turquie et Crimée).
JALAS et SUOMIE N(1973)		<i>ssp.nigra</i> (Grèce, Autriche, Centre de l'Italie et Yougoslavie). <i>ssp. salzmannii</i> (Espagne, Cévennes et Pyrénées). <i>ssp.laricio</i> (Corse, Calabre et Sicile). <i>ssp.dalmatica</i> (Yougoslavie). <i>ssp.pallasiana</i> (Péninsule Balkanique, Turquie, Chypre, Crimée et Sud des Carpates). <i>ssp.mauretana</i> (Djurdjura et Rif).
ARBEZ et MILLE R(1971)	Les profils morphologiques des tissus extérieurs du bois	Pins de Calabre. Pins de Corse. Pins de Balkans (Turquie et Crimée). Pins de l'Hérault (France et Espagne).
GAUSSE N(1993)	Caractéristique morphologique et anatomiques	<i>ssp.nigra</i> (Italie du centre, Grèce et Autriche). <i>ssp.salzmannii</i> (Cévennes, Pyrénées, Espagne centrale et orientale). <i>ssp.laricio</i> (Corse, Calabre et Sicile). <i>ssp.dalmatica</i> (côte et île dalmate). <i>ssp.pallasiana</i> (Balkans, Carpates du Sud et en Crimée).

III. Caractéristiques dendrologiques et botaniques:

Selon (DEBAZAC 1964 et 1977) le pin noir présente les caractéristiques dendrologiques et botaniques suivantes :

- Fût à tronc droit.
- Ecorce écailleuse et brune grisâtre chez les jeunes sujets, crevassée chez les sujets d'âge moyen et divisée en grandes plaques chez les sujets âgés.
- Aiguilles d'un vert clair, souples, piquantes, fasciculées par 2 et de 8 à 18cm de long.
- Bourgeons ovoïdes pointus à écailles plus ou moins opprimées un peu résineuses.
- Cônes ovoïdes conique de 4 à 8 cm de long à écusson brun clair luisant.
- Cônelets ovoïdes dressés sur pédoncule.
- Plantules de 6 à 10 cotylédons.

Pour le pin de Tikjda:

- Port dressé, tronc droit de 25m de haut et 3m de circonférence (ADJAOUD, 2005)
- Rhytidome gris écailleux, brun, grisâtre, crevassé et en plaques (ASMANI, 1993)
- Cône brun clair 55.34mm-62.84mm de long (ABDELLI et MOUALI, 1996)
- Ecusson peu saillants, peu proéminent (ADJAOUD et AIDROUS, 1992)
- Aiguilles d'un vert clair, piquantes 97.01 mm – 101.3 mm de long, 1.17 et 1.60 mm de large (ABDELLI et MOUALI, 1996), 9 à 14 canaux résinifères (ADJAOUD et AIDROUS, 1992)
- Les graines sont longues de 5.67mm à 7.34mm de large et 2.80 à 3.64mm de long (ABDELLI, 2002)
- Les plantules possèdent de 4 à 12 cotylédons avec un optimum de 8 (ADJAOUD et AIDROUS, 1992).



**Figure N°1: Régénération naturelle
du Pin noir du Djurdjura**



**Figure N°2 : jeune sujet de Pin
noir du Djurdjura**



Figure N°3: Arbre adulte de Pin noir du Djurdjura

IV. Aire de répartition:

1. Aire de répartition naturelle:

Autrefois, le pin noir avait une répartition continue mais avec le temps ce dernier présente une aire très morcelée (GUINIER, 1955 in ADJAUD, 2005).

Le pin noir est présent à partir du Rif marocain jusqu'à la mer noire en longitude et du Djurdjura jusqu'à Vienne en latitude. Ce dernier est présent dans 13 pays et 3 continents Europe (Espagne, France, Italie, Autriche, Ex-Yougoslavie, Albanie, Bulgarie, Roumanie, Grèce), Asie (Turquie, Crimée) et en Afrique (Algérie et Maroc).

En Algérie, le Pin noir est localisé uniquement à Tikjda dans le parc national du Djurdjura dans 3 stations :

- Tigounatine avec une exposition sud-ouest à nord, 470sujets semis inclus.
- Djebel Taouillelt avec une exposition nord-ouest, une vingtaine de sujets.
- Station de Tikjda centre avec une exposition sud, 11sujets.

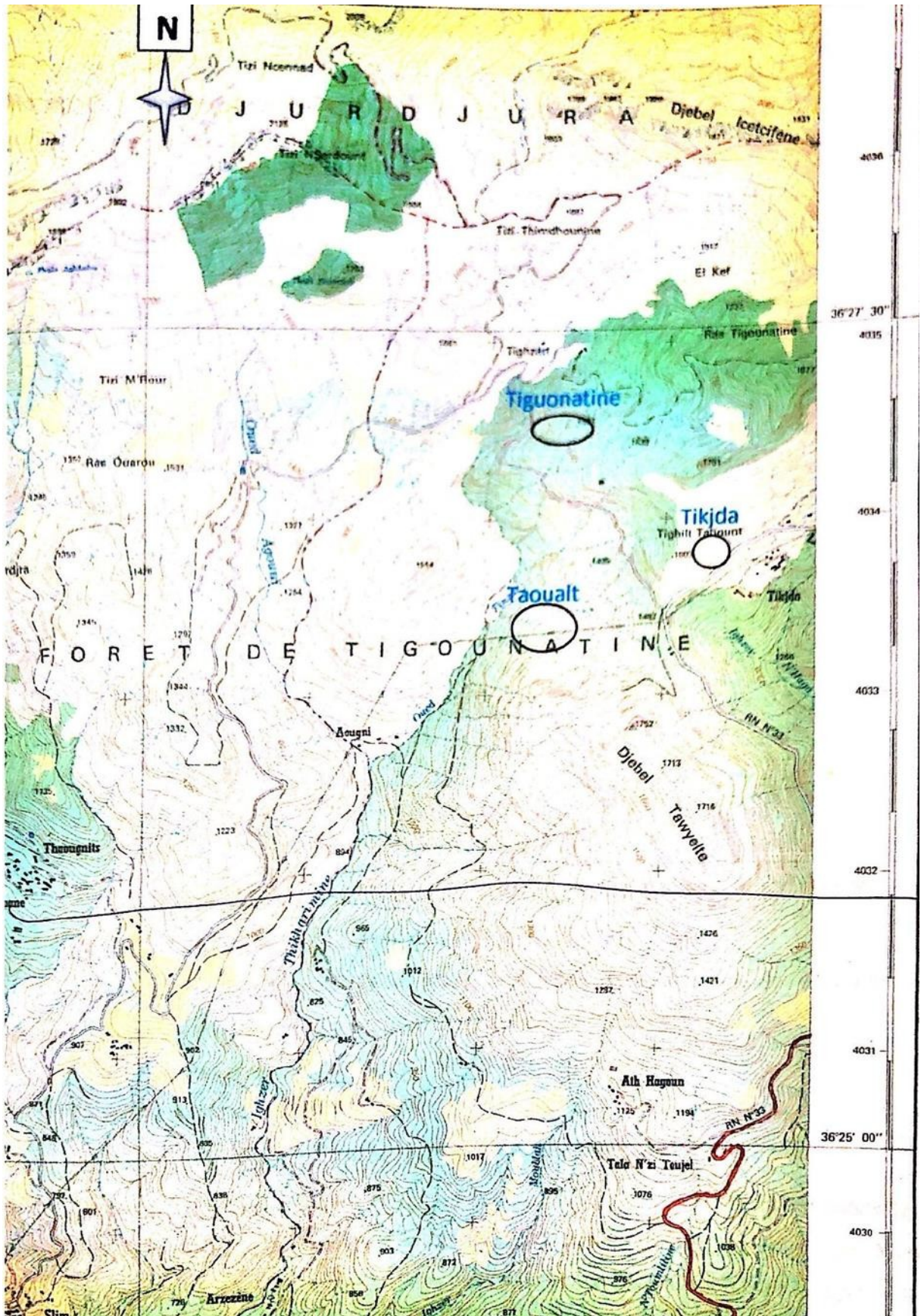


Figure N°4: Aire de répartition du Pin noir du Djurdjura (ASMANI,1988)

2. Aire de répartition artificielle:

Le Pin noir a été planté dès le XIX^{ème} siècle (DEBAZAC, 1971), et c'est aussi l'arbre favori des reboiseurs notamment en Europe, où il a été utilisé lors des opérations de reboisement aux Alpes et les coteaux de l'Est de la bordure calcaire du sud du massif central (DEBAZAC, 1971 et SEIGUE, 1985). Ce dernier a été introduit en Angleterre, aux Pays bas et dans les Pays de galles (LINE S, 1985 ; LANNIER et al, 1986 ; DEBAZAC et LA FOUGE, 1963 *in* ADJAOUD et AIDROUS, 1992) et au Canada (OWENS, 1983 *in* ASMANI, 1988).

En Algérie, il y a eu quelques plantations avec la semence locale issue du peuplement de Tikjda à Tala Ghana en 1930, qui ont été ravagées par l'incendie de 1979 seule une vingtaine de sujets ont survécu, une vingtaine de sujets à Tikjda centre durant 1982-1983 et une cinquantaine en 1985, à Meurdja en 1938 (MULLER, 1986), 700 sujets à Tala Guilef en 1983-1984 mais suite aux incendies, seuls quelques sujets ont survécu (ASMANI, 1988). A Chréa il y avait la présence de quarante sujets dans la réserve protégée de Ben Ali dans le parc national de l'Atlas blidéen (MOULOUDJ et BACHIR, 2008).

V. Facteurs de répartition:

L'espèce *Pinus nigra* est dotée d'une grande plasticité, elle n'est donc pas exigeante du point de vue climatique et édaphique.

1. Le climat :

Il y a des Pins noirs qui s'adaptent au climat Méditerranéen et d'autres au Méditerranéen montagnard cependant, *Pinus nigra* ssp. *mauretunica* privilégie l'étage méditerranéen montagnard (QUEZEL, 1979 et 1980). En Algérie cet arbre est présent dans l'étage bioclimatique humide à variante froide.

2. Conditions édaphiques:

Le Pin noir est peu exigeant du point de vue édaphique, il peut se régénérer facilement sur un sol peu évolué (MAZI, 2012). On peut le trouver sur:

- Des sols acides : qui ont un pH qui varie de 5 à 6 provenant de l'altération de roches éruptives, cristallines ou métamorphiques, cependant ce dernier ne supporte pas les sols très acides dont le pH est inférieur à 4 (ROMAN AMAT, 1984 et FORT et al. 1971 *in* ADJAOUD, 2005).
- Des sols magnésiens, sédimentaires.
- Des sols calcaires et rarement sur des sols siliceux.

En Espagne, le Pin noir est retrouvé sur substrat calcaire et rarement sur substrat siliceux (SANCHEZ et al, 1990 *in* MOULOUDJ et BACHIR, 2008). L'espèce collective, est conciliante elle se retrouve donc sur des schistes au Conflent à Prades, les gneiss et conglomérats siliceux au Col d'Ugla et sur les moraines (VAUTRIN et ROYER, 1998 *in* MOULOUDJ et BACHIR, 2008).

Au Maroc, le Pin noir a été retrouvé sur dolomie sableuse (BELLEFONTAINE,1979).

Au Djurdjura, le Pin noir croit sur un sol calcaire dolomique (BELLEFONTAINE,1979).

Les sols de la station de Tigounatine possèdent un taux d'argile élevé qui provient d'un lessivage appartenant aux rendzines de type A/C (CHALABI,1980 in ADBELLI,2002). Les sols de la station de Tikjda sont bruns gréseux de type A (B) C (BENMOUFFOK, 1995 et1996).

3. La végétation:

Le Pin noir n'a pas de cortège floristique type, il diffère d'une région à une autre. En Corse le Pin laricio est mélangé avec le chêne vert, le Pin maritime, l'Arbousier et la Bruyère.

En basse Autriche, les peuplements existants sont soit purs et le sous-bois est constitué d'une strate frutescente de *Sorbus aria* (Alisier blanc), *Viburnum lantana* (Viornelantane)...etc. Ou mélangé avec *Fagus sylvatica* (Hêtre), *Pinus sylvestris* (Pin sylvestre) et même *Larix decidua* (Mélèze) (DEBAZAC, 1971 et SEIGUE, 1985).

À Saint Guilhem le désert, le pin noir s'associe à *Ilex aquifolium* (Grand houx), *Juniperus phoenicia* (Genévrier de Phénicie), *Buxus sempervirens* (Buis commun), *Viburnum tinus* (TiorneTin), *Pinus sylvestris* (Pin sylvestre), *Erica multiflora* (Bruyère multiflore), *Hedra helix* (Lierre grimpant), *Pistacia lentiscus* (Pistachier lentisque), *Rosmarinus officinalis* (Romarin) (BOJOVIC,1995).

Au Pyrénées espagnols, *Pinus nigra* s'associe avec *Quercus pubescens* qui y domine, *Quercus ilex* et *Pinus sylvestris* (BOJOVIC,1995).

Au Sud de l'Espagne, il est en mélange avec *Quercus ilex* var. *Rotundifolia* et *Quercus fagine* (MERCE,1989).

Sur les îles et les littoraux adriatiques, le pin noir se mélange avec *Quercus coccifera* (chêne kermès), *Pistacia lentiscus*, *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Juniperus oxycedrus* (SEIGUE,1985).

Au Djurdjura, le Pin noir forme avec *Cedrus atlantica* (Cèdre de l'Atlas) un peuplement mixte, on y rencontre plusieurs strates et selon l'étude de TAFER,1994 portée sur l'analyse phytosociologique et structurale de la série *Cedrus atlantica* de la forêt de Tikjda:

- Strate arborescente: *Cedrus atlantica* (Cèdre de l'Atlas), *Pinus nigra* *Quercus ilex* (ChêneVert), *Sorbus aria* (Alisier blanc),
- Strate arbustive : *Juniperus oxycedrus* (Genévrier Oxycèdre), *Berberis hispanica*, *Crataegus laciniata* (Aubépine orientale), *Ionicera kabylica*, *Prunus prostrata*, *Amelanchier ovalis* (Amélanchierà feuilles ovales).

- Strate herbacée : *Ampelodesmos mauritanicus* (Diss), *Ruscus aculeatus* (le petit Houx), *Erinacea anthyllis* (Genêt bleu), *Agropyron panormitanum*

Au Maroc, il est difficile de définir des groupements végétaux spécifiques à cause de la rareté de l'espèce (QUEZEL,1980). Au Rif marocain, il est souvent retrouvé avec le pin maritime (SEIGUE,1985). On le trouve avec des *Abies marocanna*, *Aceropalus* (Erable à feuilles d'obier) et *Quercus ilex* (M'HIRIT,1982 in BENARAB et ALISLIMAN,2000).

4. Altitude:

Le Pin noir est présent à partir du niveau de la mer jusqu'à 2000m d'altitude (QUEZEL,1976). Dans certaines régions telle que le littoral adriatique il pousse entre 0 à 500m d'altitude (DEBAZAC, 1985). Au Maroc, on le retrouve entre 1500 et 2096m d'altitude (BELLEFONTAINE, 1979).

Au Djurdjura, il se situe entre 1420 et 1650m d'altitude (ASMANI, 1988) :

- Tigounatine 1450-1650m
- Djebel Taouillet 1450-1500m
- Tikjda 1420-1610m

VI. Cycle phénologique:

Pinus nigra est une espèce monoïque dont la floraison se produit quand l'arbre atteint 15 à 20ans et devient abondante entre 25 et 30ans, la fructification est périodique c'est-à-dire qu'il y a un bon rendement que tous les 2 à 3 ans. (VIDAKOVIC, 1974 et 1991 in BOJOVIC,1995).

Le pin noir présente un cycle de reproduction de 2 ans et 2 mois. L'apparition des premiers chatons mâles a lieu vers la mi-avril par le débourrement et l'élongation des bourgeons mâles. Les fleurs mâles arrivent à maturité vers le début du mois de juin et libèrent ainsi leurs grains de pollens (ASMANI, 1988 et 1993).

Cette période coïncide avec la maturation des inflorescences femelles localisées sur les pousses de l'année du rameau principal, elles peuvent être solitaires ou en groupe de 2 à 3 inflorescences disposées autour du bourgeon végétatif. Ces inflorescences évoluent sur une période de 2ans et 2mois pour aboutir à la formation d'un cône.

Année N : les inflorescences femelles apparaissent vers la mi-mai, après leur pollinisation en juin ces dernières ferment leurs bractées puis commencent une lignification se transformant ainsi en cônelets de couleur brun clair qui entrent en dormance.

Année N+1 : après une dormance qui dure jusqu'à la mi-mars, le cônelet reprend sa croissance active jusqu'en Été où il atteint sa taille définitive et se lignifie puis entre en dormance, durant cette période a lieu la maturité physiologique des graines.

Année N+2: La déhiscence à lieu au début d'avril, elle commence par le dessèchement des cônes qui libèrent par la suite leurs graines (ASMANI, 1988 et 1993).

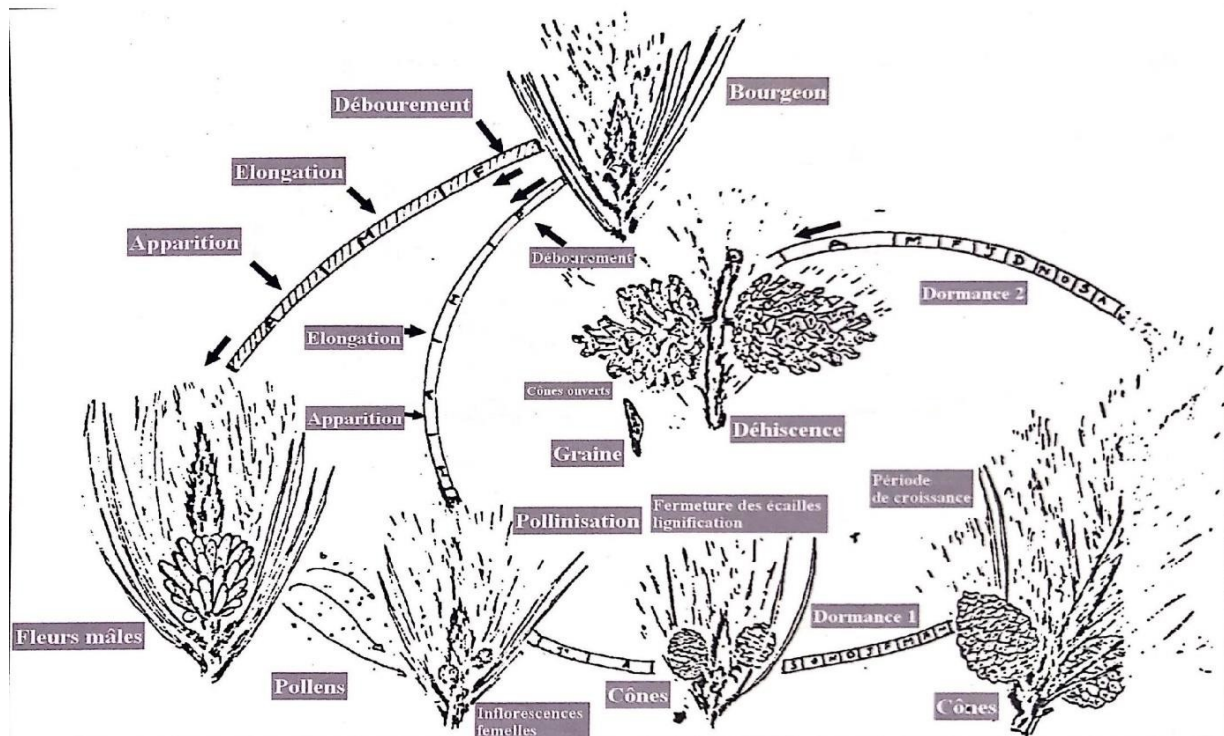


Figure N°5: Cycle phénologique du Pin noir du Djurdjura (ASMANI,1993)



Figure N°6 : Aiguilles et cône mûr du Pin noir Du Djurdjura

Matériel et méthodes

I. Présentation de la zone d'étude:

Le pin noir en Algérie est présent à Tikjda au sein du parc national du Djurdjura dans la station de Tigounatine qui présente une pente qui dépasse les 60%. Le peuplement, qui est exposé nord à sud-ouest, est réparti sur le flanc d'une montagne accidentée plutôt torturée, qui se caractérise par de forts contrastes de reliefs (ASMANI,1993).

Le parc national du Djurdjura a été créé officiellement par décret présidentiel le 23 juillet 1983, il est situé en Kabylie entre 2 wilayas Tizi-Ouzou au nord et Bouira au sud. Ce dernier s'étend sur 18 550 ha dont 10 340 ha au nord et 8210 ha au sud, divisés en trois massifs forestiers:

- Haizer à l'ouest à 2194m d'altitude
- Akouker au centre à 2305m d'altitude
- Lalla Khedidja à l'est à 2308m d'altitude

Le massif du Djurdjura sert de barrière entre les strates de masse métamorphique nord et le cratère sud, le bloc est composé de plis forts et d'une topographie sédimentaire fracturée, son âge et sa nature sont très complexes. Au nord, le massif est constitué de roches cristallophylliennes à base de schiste saturé, micaschiste et grès métamorphique. Au sud, il borde sans interruption une série de schistes verdâtres très puissants appartenant au système crétacé (BELIN et al, 1947 in ABDELLI et MOALI, 1996)

1. Conditions climatiques:

Nous avons utilisé les données de MIDOUNE (2009) pour décrire notre zone d'étude d'un point de vue climatique.

Le climat méditerranéen se caractérise par des pluies pendant les saisons froides et une période de sécheresse estivale qui dure plus de 2 mois.

a. Les températures :

Les températures influencent beaucoup le processus biologique des végétaux. Elles contrôlent la croissance, la reproduction, la répartition géographique ainsi que la localisation des espèces.

SELTZER (1946), recommande une réduction de 0.4°C de la moyenne des minima (m) pour 100m d'élévation d'altitude et 0.7°C pour chaque 100m de dénivelée pour la moyenne des maxima (M).

Tableau N°3 : Températures moyennes mensuelles minima et maxima de la station de Tigounatine (2000-2009) MIDOUNE (2009)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
m	-0.46	0.39	2.64	4.08	8.71	13.17	16.56	16.05	12.83	9.74	4.09	1.27
M	5.91	7.21	11.09	13.41	18.77	25.43	29.17	28.12	22.74	18.32	10.69	6.82
(m+M)/2	2.73	3.8	6.87	8.75	13.74	19.3	22.87	22.09	17.79	14.03	7.39	4.05

Dans la station de Tikjda, durant la période chaude, les températures atteignent un maximum de 29.17°C au mois de juillet, et durant la période froide elles atteignent un minimum de -0.46°C au mois de janvier (voir figure 7).

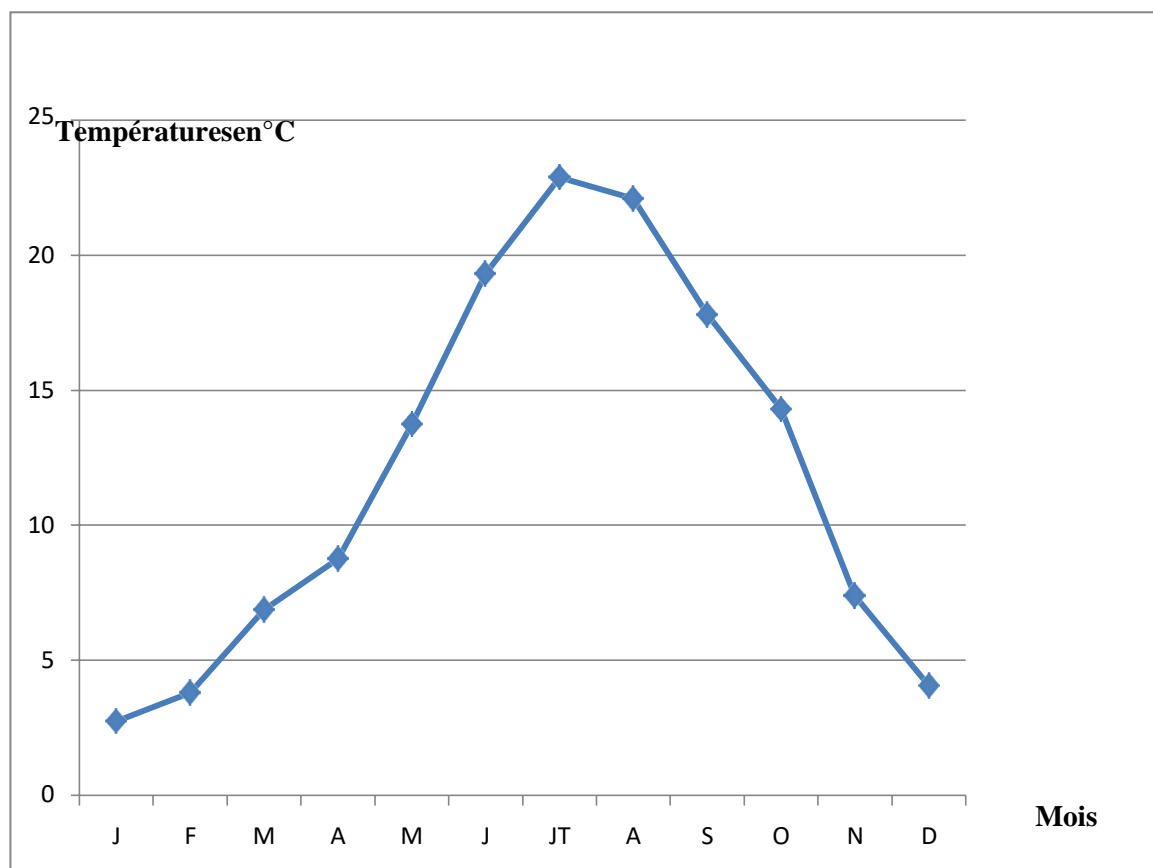


Figure N°7: Courbe des variations mensuelles des températures moyennes de la station de Tigounatine entre 2000-2009 (MIDOUNE, 2009).

b. Les précipitations:

La pluviométrie est influencée par l'altitude, l'exposition, et la latitude. Elle joue un rôle dans la répartition des végétaux (GAUSSEN, 1952 ; BAGNOULS et GAUSSEN, 1957 ; et BENABID, 1982 in MAZI, 2012).

- Les précipitations moyennes mensuelles :

Elles ont été corrigées en utilisant la méthode de SELTZER (1946) par rapport aux données de la ville de Bouira. De 2000 à 2009, les précipitations moyennes annuelles à Tigounatine étaient d'environ 1270.9mm, avec le minimum au mois de juillet avec 8.74mm et un maximum en décembre avec 222.42 mm.

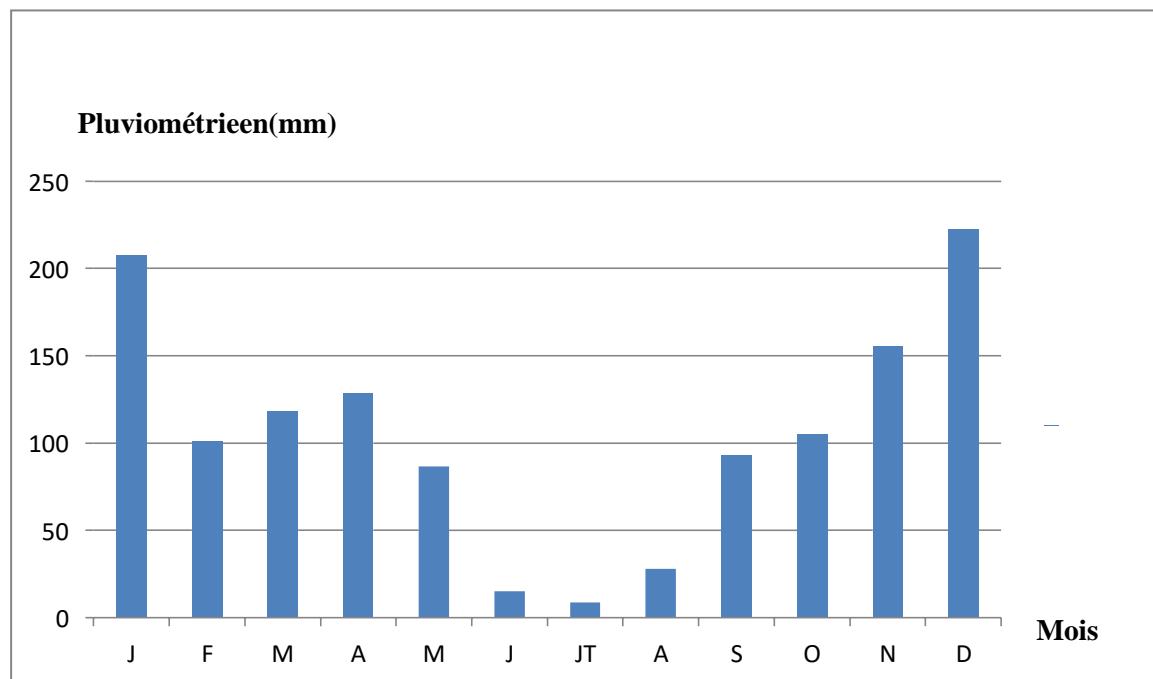


Figure N°8: Histogramme des moyennes mensuelles des précipitations de la station de Tigounatine entre 2000-2009 (MIDOUNE, 2009).

L'histogramme représente les moyennes mensuelles des précipitations de la station de Tigounatine entre 2000-2009. On remarque que durant les mois de Juin, Juillet et Aout les précipitations sont inférieures par rapport au reste des mois de l'année.

c. Synthèse climatique :

Différents auteurs tels que BAGNOULS et GAUSSEN (1953) et EMBERGER (1939), ont réalisé plusieurs travaux de synthèse climatique en se basant sur les températures et les précipitations qui ont permis d'exprimer au mieux la relation entre le climat et la végétation. Ce travail caractérise divers types bioclimatiques de bases en fonction des précipitations et des températures.

- **Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN:**

Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953), permet de déterminer les périodes sèches et humides d'une période donnée. Selon ces derniers, le climat est considéré comme sec, si les précipitations (mm) sont inférieures ou égales au double de la température moyenne en degré Celsius ($P \leq 2T$).

Le diagramme montre que dans la station de Tigounatine il y a deux périodes l'une sèche qui commence à la fin du mois de mai et se termine au début du mois d'août soit 2 mois et demi de période sèche, l'autre humide, allant du mois de janvier jusqu'à la fin Mai et du début août jusqu'à la fin Décembre (BAGNOULS et GAUSSEN, 1953 in MIDOUNE, 2009).

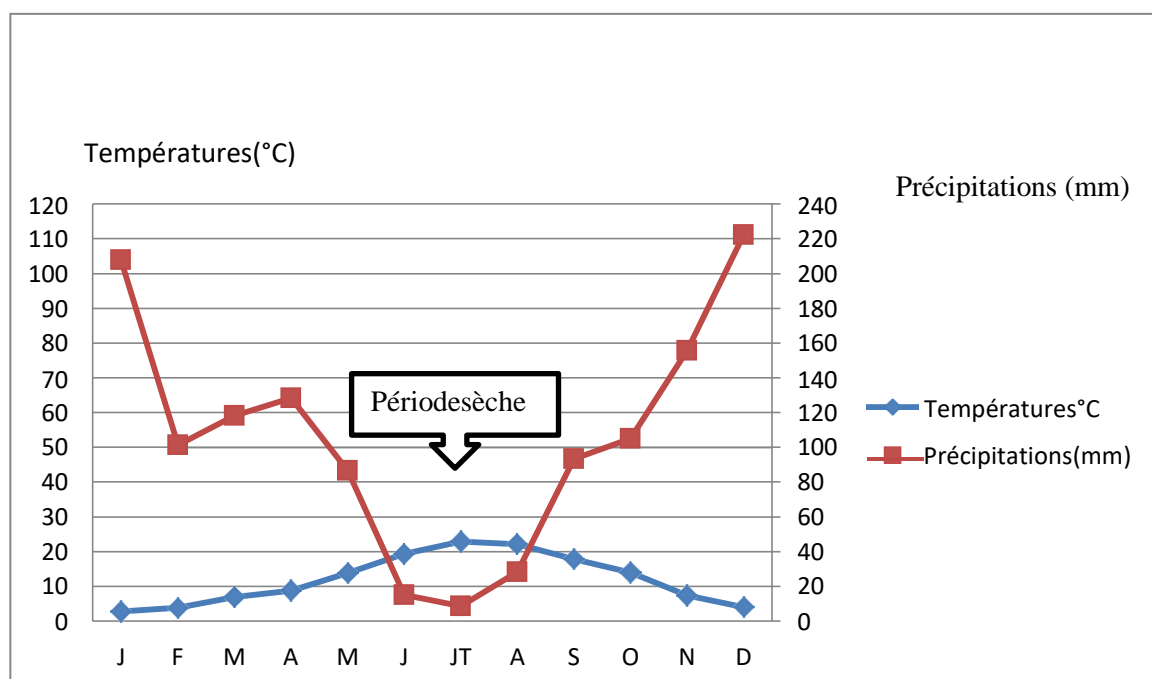


Figure N°9: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la station de Tigounatine 2000-2009 (MIDOUNE, 2009)

- **Quotient pluviométrique Q2 et climagramme d'EMBERGER**

Le tableau N°4 donne la valeur moyenne du quotient pluviométrique pour la station de Tigounatine à 1540m d'altitude.

Tableau N°4: La valeur de Q2 (MIDOUNE, 2009)

P(mm)	M(°C)	m (°C)	Q2	Etage bioclimatique
1270.85	29.17	-0.46	147.11	Humide froid

Le climagramme d'EMBERGER permet de situer une région dans l'étage bioclimatique qui lui correspond. On met la valeur de la température moyenne la plus basse du mois le plus froid dans l'axe des abscisses et la valeur du quotient pluviométrique Q2 en ordonnées.

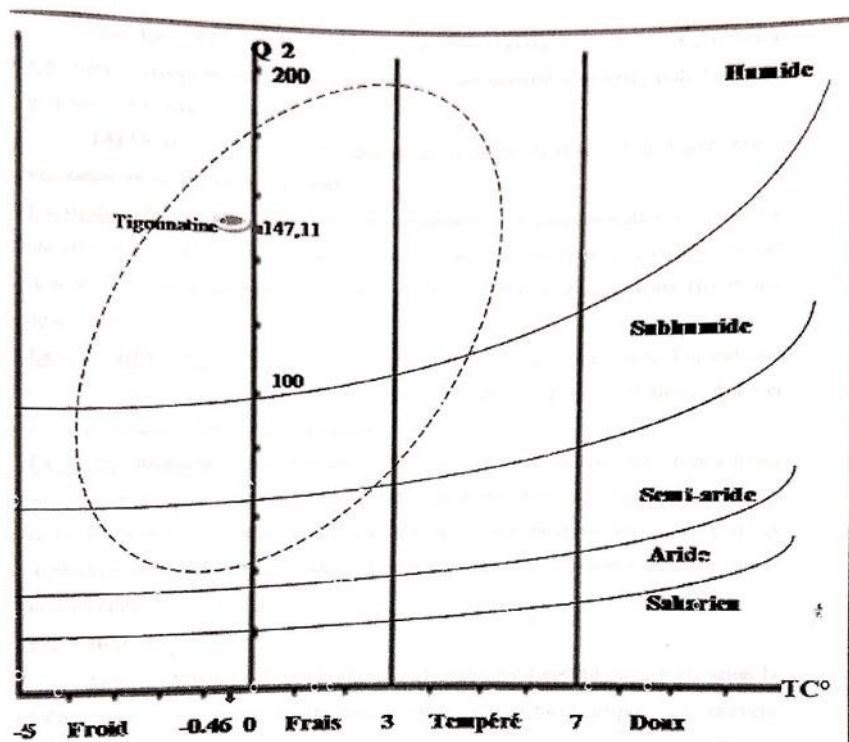


Figure N°10 : Climagramme d'EMBERGER pour le pin noir au sens large (QUEZEL,1976) et pour la station de Tigounatine (MIDOUNE,2009)

Le quotient pluviométrique est égal à 147.11 avec température minimale de -0.46°C, on conclue donc que la station de Tigounatine est située dans l'étage bioclimatique humide à hiverfroid. (MIDOUNE, 2009).

- **Indice d'arido-humidité de GIACOBBE**

Tableau N°5: Valeurs moyennes mensuelles et saisonnières de l'indice d'arido-humidité de 2000 à 2009 (MIDOUNE, 2009)

Mois et paramètres	D	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N
P(mm)	222.42	208.00	101.41	118.19	128.34	86.48	15.11	8.74	28.10	93.19	105.08	155.79
M(M-m)	37.85	37.65	49.17	93.71	125.12	188.83	311.77	367.83	339.41	225.35	157.19	70.55
Imensuel	587.63	552.49	206.23	126.12	102.58	45.80	4.85	2.38	8.28	41.35	66.85	220.81
Type	H	H	H	H	H	H	SA	SA	SH	H	H	H
I saisonnier	1346.35			274.50			15.50			329.02		
Type	H			H			S.A			H		

D'après ce tableau la région de Tikjda a une période humide qui dure 9 mois (de septembre à mai) et une période sèche qui dure 2 mois (juin et juillet). Le mois d'août est caractérisé par un climat sub-humide et constitue la transition entre ces deux périodes (MIDOUNE, 2009).

2. Notion de variation:

PROBST(1983), divise les variations qui affectent les plantes en deux catégories:

- Les variations génotypiques : sont héréditaires et ont une importance taxonomique.
- Les variations phénotypiques: ne sont pas héréditaires. Elles reflètent la plasticité du génotype.

On distingue deux sortes de plans de variation:

- Inter-variation : selon le niveau d'observation choisi (individu ou population), il distingue la variation d'individus d'une même population ou de populations appartenant au même taxon.
- Intra-variation : lorsque la base de l'observation est l'individu, il affecte différentes parties de celui-ci à un moment donné ou la même partie à des moments différents.

Ces deux types de variations peuvent être distingués en plaçant les individus dans des conditions homogènes ou, si possible, en corrélant la variation des caractéristiques avec la variation des facteurs environnementaux (PROBST, 1983).

CANTEGREL(1983) in BEY(2000) a établi une liste de caractères selon leurs dépendances du milieu extérieur, il distingue:

- **Les caractères sensibles au milieu extérieur:**
 - La croissance en hauteur et en diamètre.
 - La durée de la saison végétative.
 - La rectitude du tronc.
 - La longueur des aiguilles.
 - La fertilité des graines.
- **Les caractères insensibles au milieu extérieur:**
 - La forme et l'ornementation des aiguilles
 - La taille du pollen
 - La couleur, la taille et l'ornementation des cônes
 - La teneur en terpènes et en enzymes.
- **Les caractères intermédiaires à cause du manque de certitude:**
 - La grosseur et l'angle d'insertion des branches
 - La persistance des aiguilles
 - La masse de graines
 - Le nombre et la longueur des cotylédons des plantules.

3. Méthode d'échantillonnage et choix des caractères utilisés :

Pour récolter le matériel végétal (aiguilles) dans la station de Tigounatine, il a été nécessaire d'effectuer un échantillonnage de commodité en raison de la difficulté d'accès aux arbres. Le choix des pieds s'est fait de sorte qu'il balaye toute la surface de la station. L'échantillon se compose de 32 arbres, dont les circonférences ont été mesurées à l'aide d'un ruban mètre. Nous avons récolté 30 aiguilles de chaque arbre pour les caractères morphologiques, que nous avons mis dans des sacs étiquetés.

A l'aide d'un pied à coulisse électronique avec une précision de $1/100_e$ nous avons mesuré les caractéristiques suivantes:

- Longueur de l'aiguille
La(mm)
- Largeur la(mm)
- Epaisseur Ep(mm)



Figure N°11 : Pied à coulisse

A l'aide d'une loupe binoculaire au grossissement (4x10) nous avons compté le nombre de lignes de stomates (NLSV et NLSL) pour les 30 aiguilles de chaque arbre.

Pour l'étude anatomique, nous avons réalisé des coupes transversales sur 10 aiguilles. L'observation s'est faite à l'aide d'un microscope au grossissement (10x100) et compté le nombre de canaux résinifères.

Nous avons aussi réalisé une double coloration sur plusieurs coupes transversales pour pouvoir distinguer les différents tissus présents dans l'aiguille.

Pour ce faire, nous avons suivi le protocole ci-dessous :

- 1- Réaliser des coupes transversales très fines sur une aiguille,
- 2- Placer les coupes dans l'hypochlorite pendant environ 15min,
- 3- Rinçage abondant à l'eau distillée,
- 4- Mettre les coupes dans de l'acide acétique pendant 2 à 3 minutes,
- 5- Rinçage abondant à l'eau distillée 2 fois,
- 6- Coloration au vert d'iode pendant 5 minutes,
- 7- Rinçage avec de l'eau distillée,
- 8- Coloration au rouge Congo, pendant 5 à 7 minutes,

Voici le matériel que nous avons utilisé pour réaliser la double coloration :

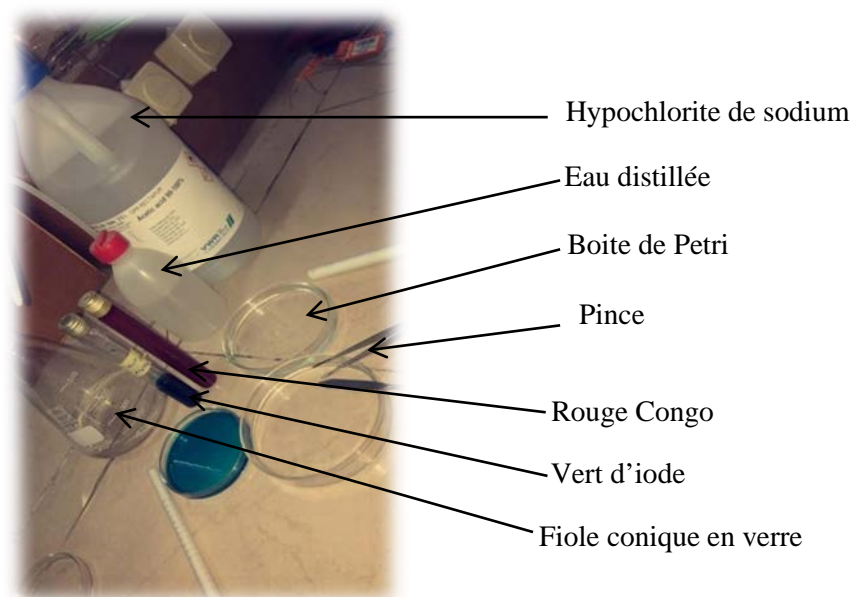


Figure N°12 : Matériel utilisé pour la double coloration

II. Méthode d'analyses statistiques :

L'analyse de nos observations a nécessité l'utilisation de diverses méthodes statistiques. Ces méthodes sont graphiques (histogrammes, courbes ...etc.) ou des valeurs numériques. Nous avons réalisé des tests statistiques, en utilisant des logiciels Statistica, Statbox 6.4 et Excel. Ces derniers nous ont permis de réaliser des statistiques descriptives (moyennes, histogrammes...etc.), une analyse de la variance sur les différentes variables mesurées (longueur, largeur, épaisseur, NLSD, NSLV, NCRD, NCRV, NCR).

Pour réaliser l'analyse de la variance à un facteur, nous avons classé les 32 arbres en 4 classes de circonférence et utilisé 30 aiguilles par arbre pour les caractères morphologiques et 10 aiguilles par arbre pour les caractères anatomiques.

Tableau N°6: Les différentes classes de circonférences utilisées.

Classes de circonférence(m)	Nombre d'arbres
[0.43-0.72]	8
[0.73-1.02]	8
[1.03-1.32]	8
>1.33	8

Un test de NEWMAN et KEULS, qui nous permet de classer les moyennes des caractères qui sont significativement différentes dans des groupes homogènes au seuil de 5%.

Ainsi qu'une analyse en composantes principales (ACP), pour voir le poids de chaque caractère dans la discrimination des arbres.

Résultats et discussion

III.I. Résultats

Les moyennes concernant la biométrie des aiguilles sont données dans le tableau suivant:

Tableau N°7: Les moyennes de la biométrie des aiguilles du Pin noir du Djurdjura

Arbre	CIR	Longueur	Largeur	Épaisseur	NLS D	NLS V	NCR D	NCR V	NCR
1	1.19	92.828	1.161	0.632	9.7	7.466	7.3	5	12.3
2	1.49	106.117	1.175	0.640	8.666	6.166	6.5	5.7	12.2
3	1.09	116.094	1.278	0.577	11.166	8.166	8.5	6.8	15.3
4	1.61	107.907	1.153	0.938	7.5	6.933	6.6	5.1	11.7
5	1.68	120.212	1.328	0.82	10.333	6.8	7	5.1	12.1
6	1.57	129.558	1.405	0.813	12.566	8.6	7.9	5.7	13.6
7	0.78	97.051	1.112	0.605	10.933	6.5	6.5	5.1	11.7
8	1.05	107.770	1.083	0.527	9.533	5.7	6.7	5.3	12
9	0.89	89.542	1.291	0.808	8.133	5.9	5.9	5.1	11
10	0.98	101.442	1.087	0.767	8.9	5.566	6.5	5.3	11.8
11	1.07	149.849	1.022	0.499	10.566	6.666	6.5	4.6	11.1
12	1.62	98.373	1.071	0.526	7.533	6.133	7.7	5.6	13.1
13	2.13	127.557	1.235	0.604	12.133	8.1	8.2	5.6	13.8
14	1.09	124.629	0.948	0.409	8.066	4.933	5.7	4.7	10.4
15	2.16	96.318	0.92	0.438	8.266	5.8	5.5	3.5	9
16	0.83	111.12	1.117	0.512	8.4	6.033	6.4	4.7	11.1
17	0.77	109.551	1.060	0.667	10.966	7.966	6.6	5.1	11.8
18	0.56	113.01	0.837	0.405	7.8	5.733	4.4	2.7	7.1
19	1.27	110.912	1.138	0.638	10.633	7.466	6.1	5.2	11.3
20	0.49	101.233	0.977	0.626	6.233	5.1	3.6	2.5	6.1
21	1.68	130.525	1.038	0.667	10.2	6.4	5.7	4.8	10.5
22	0.73	108.042	1.216	0.727	7	6.766	5.2	4.7	9.9
23	0.4	92.526	1.078	0.63	9.233	5.366	3.1	3	6.1

	7								
24	1.2 7	111.696	1.105	0.476	11.03 3	6.8	6.5	5.2	11.7
25	0.7 4	86.483	1.148	0.741	9.1	7.166	5.2	5.1	10.3
26	0.4 7	102.044	0.952	0.397	8.633	5.866	5.8	4.1	9.9
27	0.9 8	84.645	1.086	0.655	7.466	5.133	7.4	5.8	13.4
28	0.7 1	103.911	1.044	0.466	9	7.033	5.2	3.6	8.7
29	0.5 4	85.713	0.972	0.554	6.866	4.633	5.4	3.8	9.2
30	0.4 3	96.050	1.011	0.566	7.766	5.066	5.2	4.2	9.4
31	1.1 6	111.711	1.138	0.727	9.4	6.366	5.6	5.2	10.8
32	0.6 1	110.476	0.992	0.434	9.266	5.9	5.9	4.8	10.6
Moy gle :	/	106.779	1.1	0.608	9.108	6.356	6.134	4.772	10.90 6

Légende :

Cir: Circonférence

NLSD et NLSV : nombre de lignes de stomates dorsales et ventrales

NCRD et NCRV : nombre de canaux résinifère dorsaux et ventraux

NCR: nombre de canaux résinifères

1. Moyennes des caractères morphologiques :

Nous avons utilisé 30 aiguilles de chaque arbre ce qui nous fait 240 répétitions

a. La longueur des aiguilles:

Les arbres de la station de Tigounatine présentent une longueur moyenne de 106.779mm et un coefficient de variation de 17.25%. Elle varie de 84.645mm A(27) avec une circonférence de 0.98m à 149.849mm A(11) avec une circonférence de 1.07m).

Tableau N°8: Longueur moyenne des aiguilles et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Classes de circonférence(m)	Longueur moyenne des aiguilles	Groupes
[0.43-0.72]	100.621 mm	C
[0.73-1.02]	98.485 mm	C
[1.03-1.32]	115.686 mm	A
> 1.33	112.324 mm	B

On remarque que le groupe A est caractérisé par des arbres ayant une circonférence moyenne [1.03-1.32] présentent de longues aiguilles comparé aux groupes B et C.

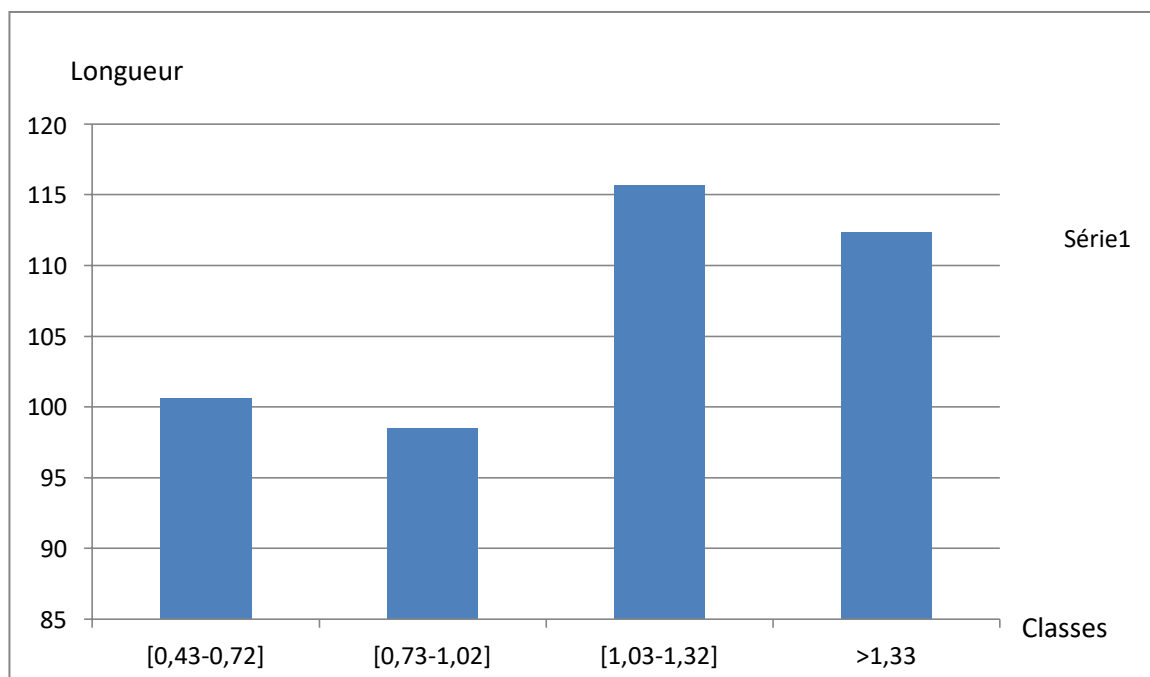


Figure N°13: Histogramme des longueurs moyennes des aiguilles par classe de circonférence.

L'histogramme représente les longueurs moyennes des aiguilles par classe de circonférences. Nous remarquons que la longueur des aiguilles est plus importante sur les arbres ayant une circonférence supérieure à 1.03m.

D'après l'analyse de la variance on constate que la fonction observée est supérieure à la fonction théorique avec un risque d'erreur de 0.01, ce qui révèle des différences très hautement significatives. Il existe donc une grande variabilité pour la longueur des aiguilles entre les 32 arbres, ce qui nous permet de supposer que la circonférence influe sur ce caractère. Ensuite nous avons fait le test de Newman et Keuls, au seuil de 5%, afin de classer les arbres en groupes homogènes A, B et C.

b. La largeur des aiguilles:

Les arbres de la station de Tigounatine présentent une largeur moyenne de 1.1 mm et un coefficient de variation de 13.71%. Elle varie de 0.837mm (A(18) avec une circonférence de 0.56m) à 1.405mm (A(6) avec une circonférence de 1.57m).

Tableau N°9: Largeur moyenne des aiguilles et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classes de circonférence

Classes de circonférence (m)	Largeur moyenne des aiguilles	Groupes
[0.43-0.72]	0.983 mm	C
[0.73-1.02]	1.14 mm	A
[1.03-1.32]	1.109 mm	B
>1.33	1.166 mm	A

Le groupe A est caractérisé par des arbres ayant de larges aiguilles comparées aux aiguilles des arbres des groupes B et C dont la largeur des aiguilles est moins importante.

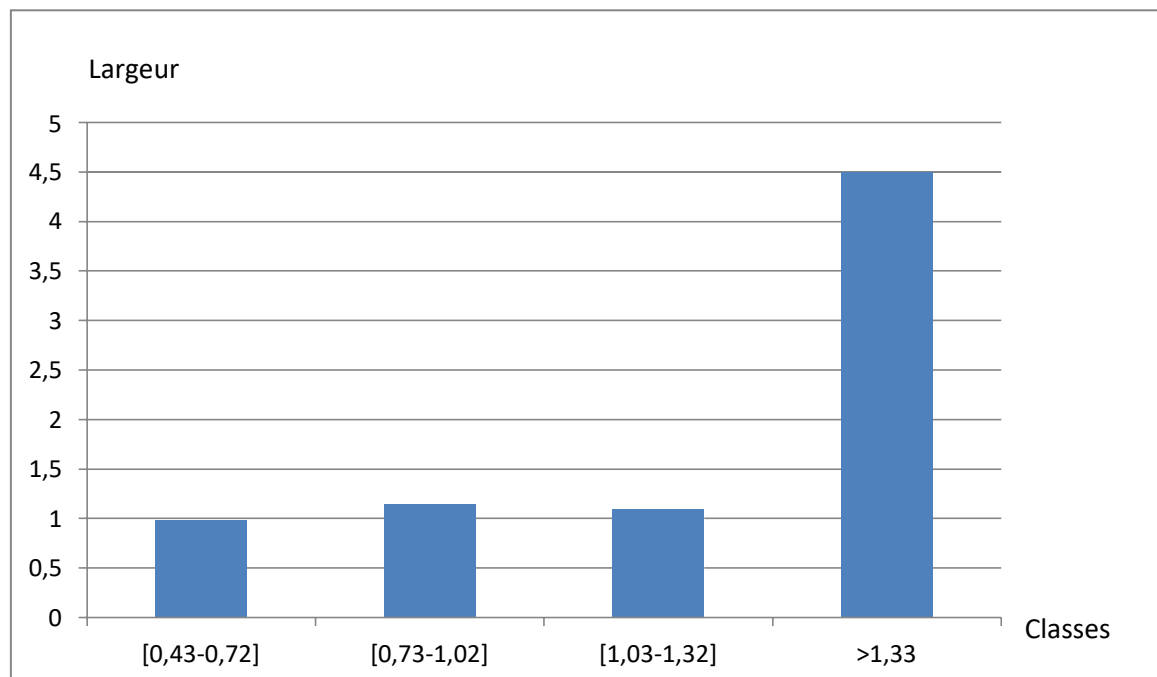


Figure N°14: Histogramme des largeurs moyennes des aiguilles par classes de Circonférences

L'histogramme exprime les largeurs moyennes des aiguilles par classes de circonférence. Nous notons que les aiguilles les plus larges se trouvent sur les arbres qui ont les circonférences supérieures à 1.33m.

L'analyse de la variance nous a permis de conclure que les différences sont très hautement significatives car la fonction observée est supérieure à la fonction théorique avec un risque d'erreur de 1%. Il y a donc une grande variabilité pour la largeur des aiguilles on pourra dire donc que la circonférence a une influence sur ce caractère. Nous avons ensuite appliqué le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% pour pouvoir classer les arbres en groupes homogènes, nous avons obtenu 3 groupes A,B et C.

c. Épaisseur des aiguilles :

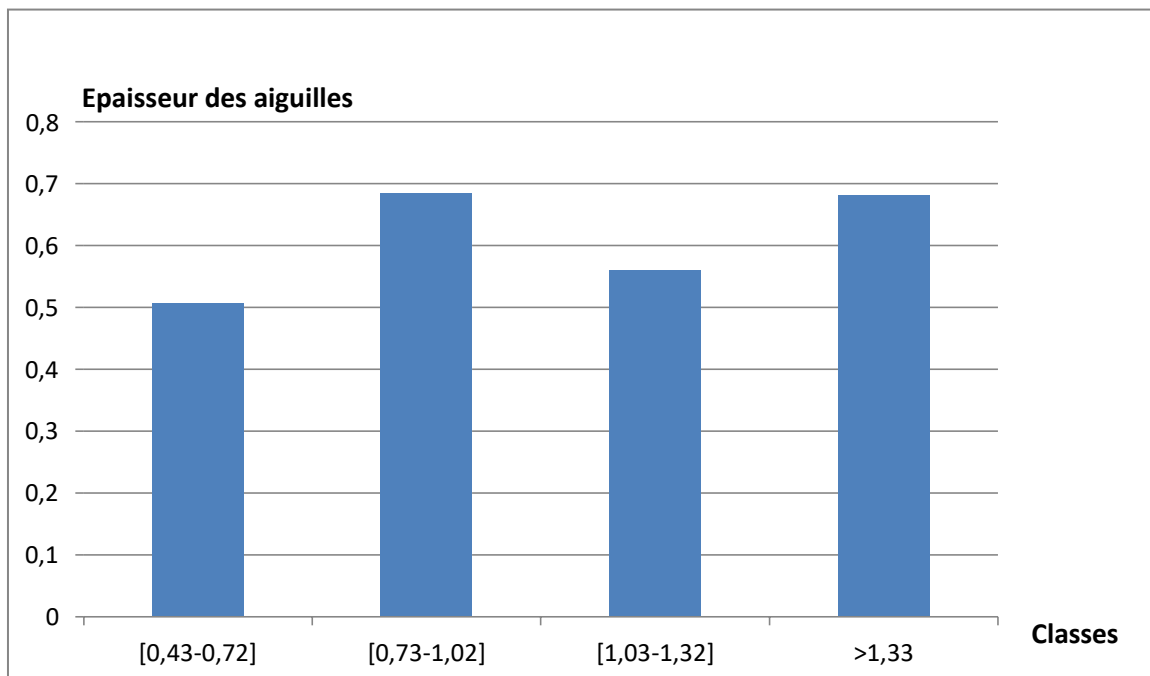
Les arbres présentent une épaisseur moyenne des aiguilles de 0.608 mm et un coefficient de variation de 32,88%. Elle varie de 0.397mm A(26) avec une circonférence de 0.47m à 0.938mm A(4) avec une circonférence de 1.61m.

Tableau N°10: Épaisseur moyenne des aiguilles et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classes de circonférence.

Classes de circonférence (m)	Épaisseur moyenne des aiguilles	Groupe
[0.43-0.72]	0.506 mm	C
[0.73-1.02]	0.685 mm	A
[1.03-1.32]	0.561 mm	B
> 1.33	0.681 mm	A

Le groupe A est caractérisé par des arbres ayant des aiguilles plus épaisses que celles des groupes B et C qui ont une épaisseur moins importante.

L’histogramme ci-dessous présente les épaisseurs des aiguilles par classe de circonférences. Nous constatons que les aiguilles les plus épaisses sont sur les arbres ayant des circonférences allant de [0.73-1.02] et supérieures à 1.33m.



Figures N°15: Histogramme des épaisseurs des aiguilles par classes de circonférences

L’analyse de la variance a révélé que la fonction observée est supérieure à la fonction théorique avec un risque d’erreur de 1 %, d’où les différences très hautement significatives. Ainsi on peut supposer que la circonférence influe sur l’épaisseur des aiguilles. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% nous permet de classer les arbres en groupes homogènes, nous avons obtenu 3 groupes A,B et C.

d. Nombre de lignes de stomates de la face dorsale

Les arbres présentent un nombre moyen de lignes de stomates de 9.108 lignes dans la face dorsale et un coefficient de variation de 22,11%. Il varie de 6.233 (A(20) avec une circonférence de 0.49m) à 12.566 (A(6) avec une circonférence de 1.57m).

Tableau N°11: Nombre moyen de lignes de stomates de la face dorsale et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Classes de circonférence (m)	NLSD moyen	Groupes
[0.43-0.72]	7.908	C
[0.73-1.02]	8.863	B
[1.03-1.32]	10.013	A
>1.33	9.65	A

Le groupe A est caractérisé par des arbres à une circonférence élevée et des aiguilles avec un nombre de lignes de stomates dorsales élevé comparé aux arbres et aux aiguilles des groupes B et C.

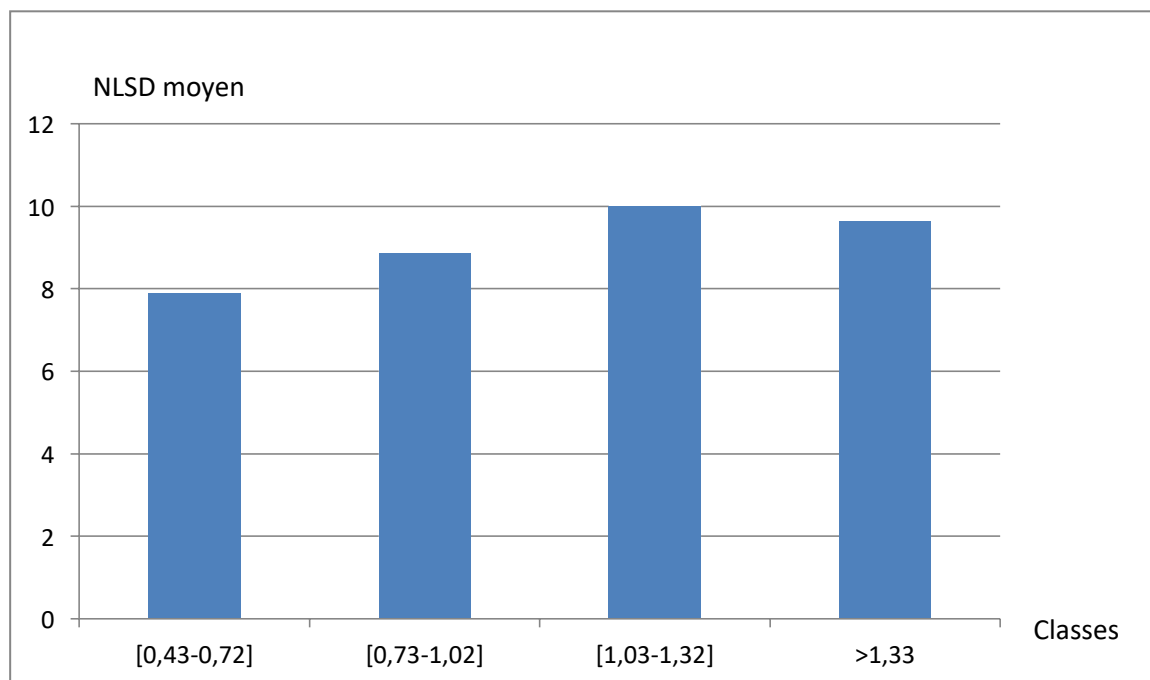


Figure N°16: Histogramme du nombre moyen de lignes de stomates de la face dorsale par classe de circonférence.

L'histogramme présente le nombre moyen de lignes de stomates de la face dorsale par classe de circonférence. Nous remarquons que les arbres ayant des circonférences supérieures à 1.03 ont le plus grand nombre de lignes de stomates.

Après avoir réalisé l'analyse de la variance nous avons constaté que la fonction observée est supérieure à la fonction théorique ce qui a révélé des différences très hautement significatives au seuil de 1%, ce qui nous permet de dire que la circonférence a une influence sur le nombre de lignes de stomates dorsales. Après le test de NEWMAN et KEULS, nous avons obtenu 3 groupes homogènes A,B et C.

e. Nombre de lignes de stomates de la face ventrale

Les arbres de la station de Tigounatine présentent un nombre de lignes de stomates moyen de 6.356 lignes dans la face ventrale et un coefficient de variation de 21,63%. Il varie de 4.633 (A 29) avec une circonférence de 0.54m) à 8.1 (A 13) avec une circonférence de 2.13m).

Tableau N°12: Nombre moyen de lignes de stomates de la face ventrale et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Classes de circonférence (m)	NLSV Moyen	Groupes
[0.43-0.72]	5.483	C
[0.73-1.02]	6.379	B
[1.03-1.32]	6.696	A
> 1.33	6.867	A

Les groupes A et B sont caractérisés par des arbres ayant des circonférences qui varient de 0.73m à 2.16 m présentent des aiguilles qui ont un nombre de lignes de stomates élevé comparé aux aiguilles des arbres du groupe C.

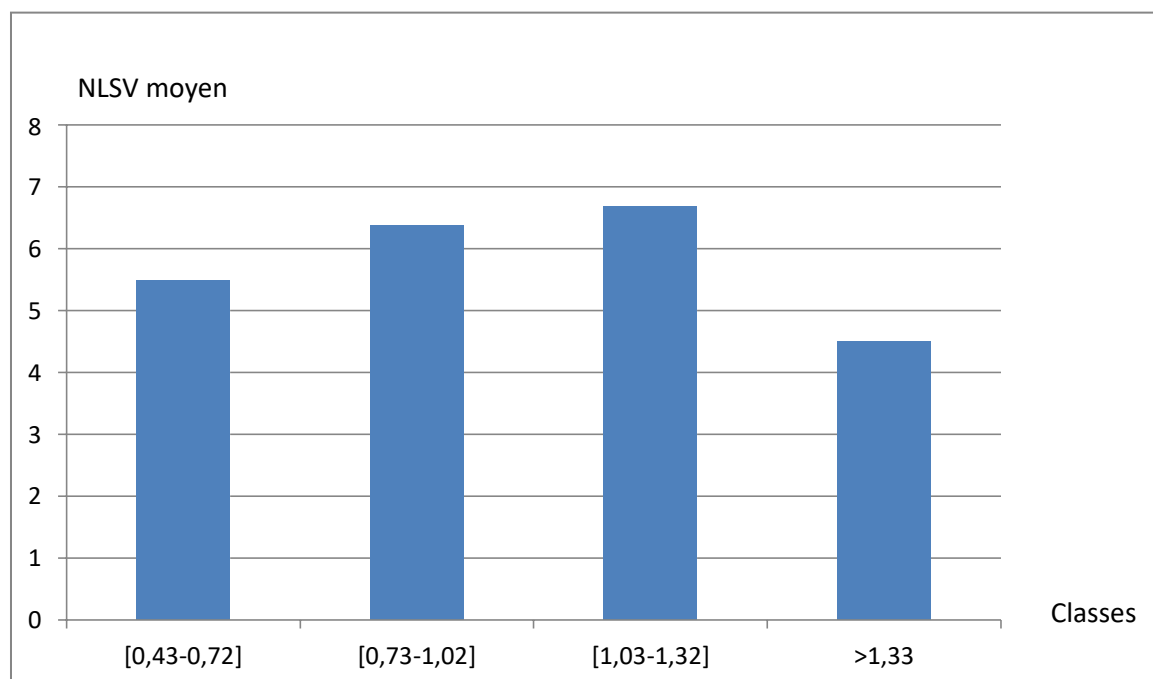


Figure N°17 : Histogrammes du nombre moyen de lignes de stomates de la face ventrale par classe de circonférence

L'histogramme représente le nombre moyen de lignes de stomates de la face ventrale par classe de circonférence, nous remarquons que les arbres ayant des circonférences allant de 0.73m jusqu'à 1.32m présentent le plus grand nombre de lignes de stomates sur la face ventrale.

L'analyse de la variance nous a permis de conclure que les différences sont très hautement significatives, car la fonction observée est supérieure à la fonction théorique avec un risque d'erreur de 1%, et que la circonférence influe sur le caractère "nombre de lignes de stomates ventrales". Avec le test de NEWMAN et KEULS, nous avons pu classer les arbres en trois groupes homogènes A, B et C.

2. Anatomie des aiguilles:

Les coupes anatomiques réalisées ont permis de distinguer les différents tissus présents dans l'aiguille du Pin noir. Cette dernière présente:

- Un épiderme constitué d'une seule couche de cellules carrées et rectangulaires, selon DELEVOY(1949) in ADJAUD et AIDROUS(1992), ce trait serait particulier aux pins noirs occidentaux
- Un hypoderme présentant un à deux rangs de cellules
- Un parenchyme qui présente des invaginations vers l'intérieur (parenchyme lacuneux)
- Le nombre de canaux résinifères varie entre 3 et 18
- L'endoderme qui entoure le cylindre central est composé d'une assise de cellules allongées
- Les faisceaux libéro-ligneux sont au nombre de 2

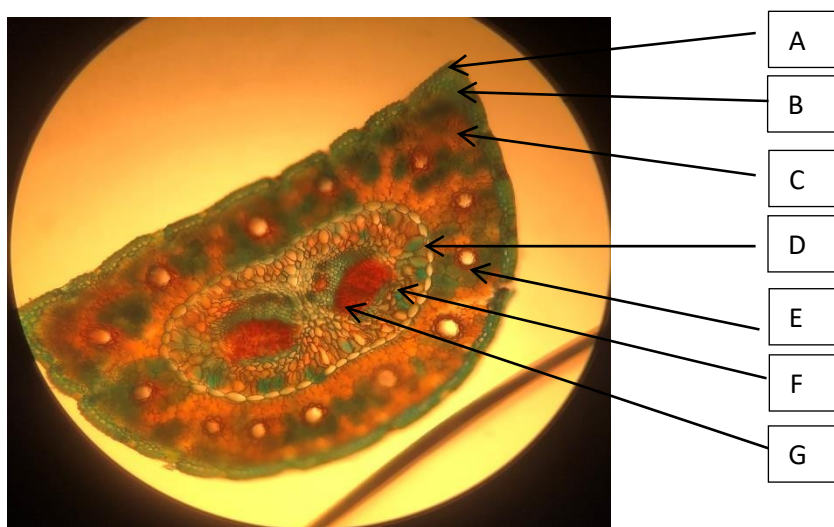


Figure N°18: Coupe transversale d'une aiguille de Pin noir du Djurdjura après double coloration observée sous microscope photonique au grossissement (10x100)

A:Épiderme

B:Hypoderme

C: Parenchyme

D:Endoderme

E:Canalrésinifère

F:Parenchymemédullaire

G:faisceau libéro-ligneux

3. Caractères anatomiques:

Pour l'étude des caractères anatomiques, nous rappelons que nous avons préalablement classé les 32 arbres en 4 classes de circonférence et nous avons utilisé 10 aiguilles pour chaque classe, ce qui nous donne donc 80 répétitions.

a. Nombre de canaux résinifères de la face dorsale:

Les arbres présentent un nombre de canaux résinifères moyen (NCRD) de 6.134 canaux dans la face dorsale et un coefficient de variation de 21,31%. Il varie de 3.1 (A(23) avec une circonférence de 0.47m) à 8.5 (A(3) avec une circonférence de 1.09m).

Tableau N°13: Nombre moyen de canaux résinifères de la face dorsale et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Classes de circonférences(m)	NCRD	Groupes
[0.43-0.72]	4.825	C
[0.73-1.02]	6.213	B
[1.03-1.32]	6.613	AB
> 1.33	6.888	A

Les groupes A et B présentent des arbres à circonférence élevée et des aiguilles ayant un nombre de canaux résinifères dorsaux supérieur comparé aux arbres et aux aiguilles du groupe C.

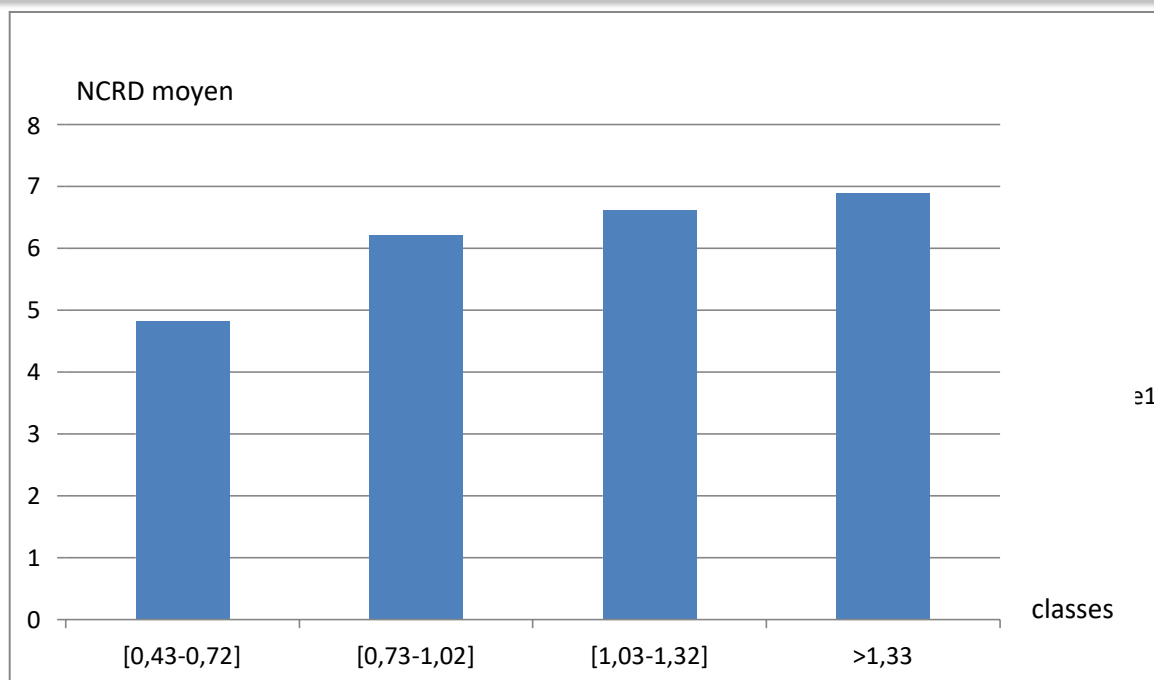


Figure N°19: Histogramme du nombre moyen de canaux résinifères de la face dorsale par classe de circonférence

L'histogramme met en évidence le nombre moyen de canaux résinifères de la face dorsale par classe de circonférence. Nous constatons que plus la circonférence des arbres augmente le nombre moyen de canaux résinifères de la face dorsale augmente.

L'analyse de la variance a montré des différences très hautement significatives étant donné que la fonction observée est supérieure à la fonction théorique avec un risque d'erreur de 1%.

La circonférence influe donc sur le caractère "nombre de canaux résinifères dorsaux". Après avoir réalisé le test de NEWMAN et KEULS, nous avons obtenu 4 groupes A, B, C et AB.

b. Nombre de canaux résinifères de la face ventrale:

Le nombre de canaux résinifères moyen (NCRV) est de 4.772 canaux dans la face ventrale et un coefficient de variation de 19,86%. Il varie de 2.5 (A20) avec une circonférence de 0.49m à 6.8 (A3) avec une circonférence de 1.09m).

Tableau N°14: Nombre moyen de canaux résinifères de la face ventrale et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classe de circonférence.

Classes de circonférence (m)	NCRV	Groupes
[0.43-0.72]	3.588	B
[0.73-1.02]	5.113	A
[1.03-1.32]	5.25	A
> 1.33	5.138	A

Le groupe A regroupe les arbres qui ont des circonférences élevées (0.73 à > 1.33) qui sont caractérisées par des aiguilles ayant un nombre de canaux résinifères ventraux élevé comparé au groupe B.

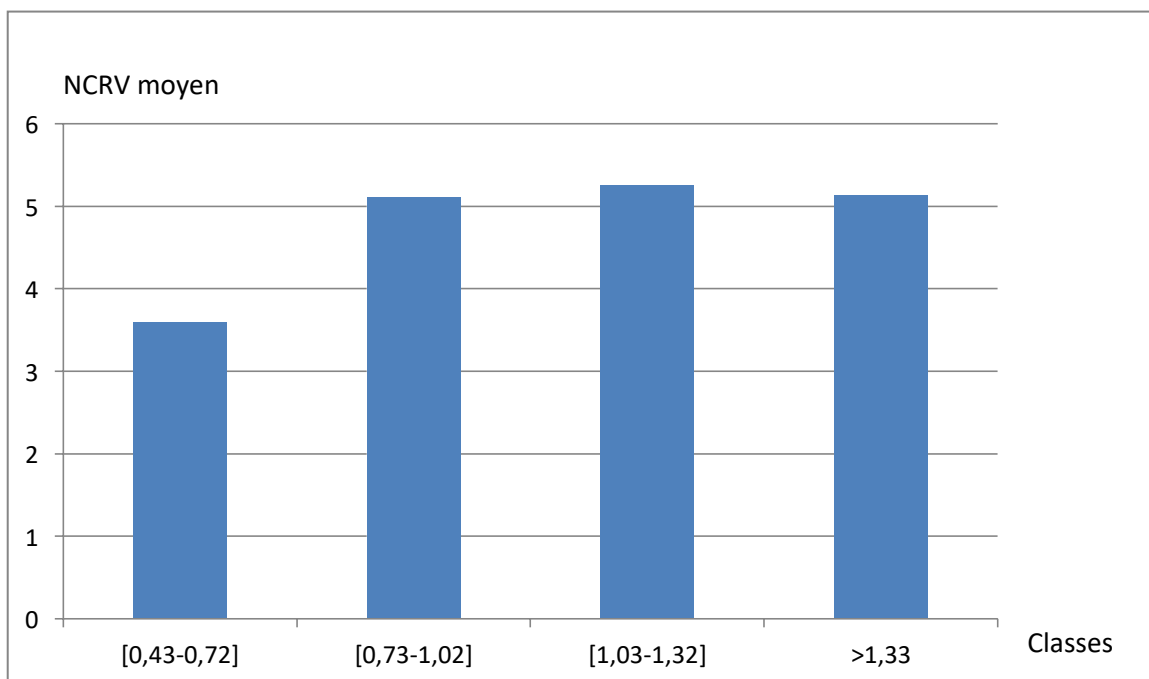


Figure N°20 : Histogramme du nombre moyen de canaux résinifères de la face ventrale par classe de circonférence

L'histogramme représente le nombre moyen de canaux résinifères de la face ventrale par classe de circonférence, nous remarquons que les arbres ayant des circonférences supérieures à 0.73m ont le plus grand nombre de canaux résinifères sur la face ventrale.

L'analyse de la variance a démontré que les différences sont très hautement significatives car la fonction observée est supérieure à la fonction théorique au seuil de 1% et que la circonférence influe sur le nombre de canaux résinifères ventraux. Après avoir réalisé le test de NEWMAN et KEULS, nous avons obtenu 2 groupes.

c. Nombre de canaux résinifères total:

Les arbres présentent un nombre moyen de canaux résinifères de 10.906 et un coefficient de variation de 18.29%. Il varie de 6.1 (A(20) avec une circonférence de 0.49m) à 15.3 (A(3) avec une circonférence de 1.09m).

Tableau N°15: Nombre moyen de canaux résinifères et les groupes obtenus avec le test de NEWMAN et KEULS par classes de circonférences

Classes de circonférence (m)	NCR	Groupes
[0.43-0.72]	8.388	B
[0.73-1.02]	11.375	A
[1.03-1.32]	11.863	A
> 1.33	12	A

Le groupe A se caractérise par des circonférences et un nombre de canaux résinifères élevé comparé au groupe B.

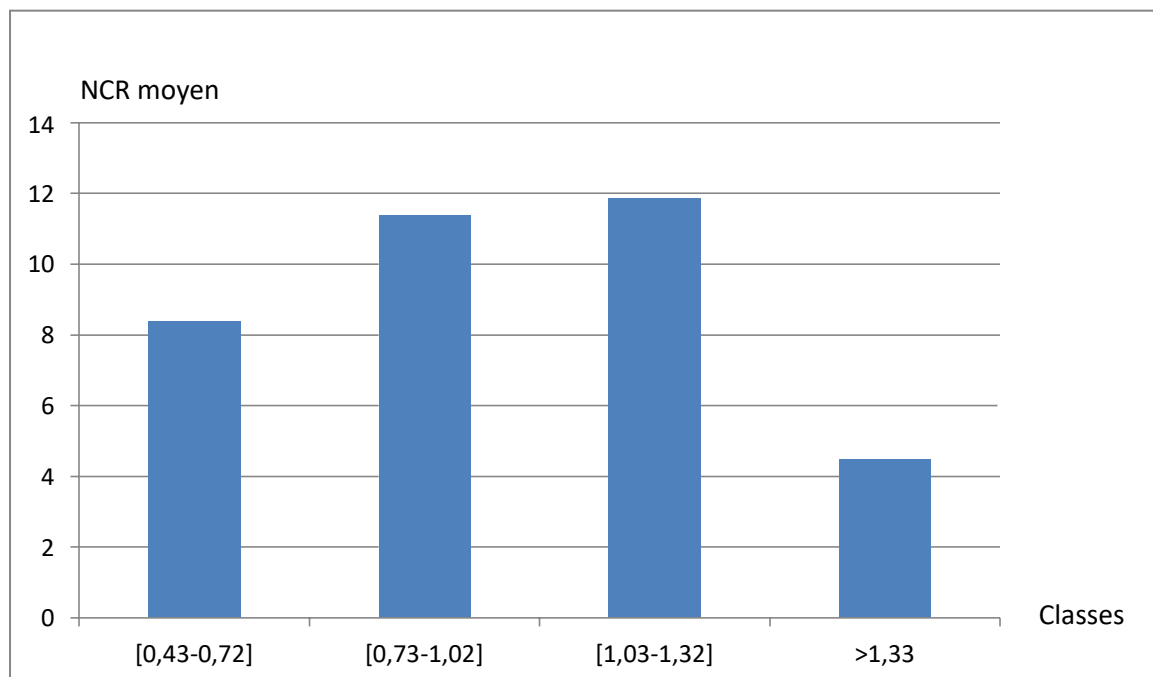


Figure N°21: Histogramme du nombre moyen de canaux résinifères par classes de circonférences

L'histogramme représente le nombre moyen de canaux résinifères par classes de circonférences, nous remarquons les arbres ayant des circonférences allant de 0.73 à 1.32m.

L'analyse de la variance a permis de conclure que les différences sont très hautement significatives étant donné que la fonction observée est supérieure à la fonction théorique avec un risque d'erreur de 1%, donc on peut supposer que la circonférence influe sur le nombre de canaux résinifères. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% pour pouvoir classer les arbres en groupes homogènes, nous avons obtenu 2 groupes.

Le tableau ci-dessous est un tableau récapitulatif des moyennes, coefficient de variation des différents caractères morphologiques et anatomiques étudiés.

Tableau N°16: Tableau récapitulatif des moyennes des caractéristiques morphologiques et anatomiques des aiguilles du Pin noir.

Variable	La	la	Ep	NLSD	NLSV	NCRD	NCRV	NCR
Moyenn e	169.14 8	2.218	0.608	9.108	6.356	6.134	4.772	10.906
Coefficien t de variation	17.25 %	13.71 %	32.88 %	22.11%	21.63%	21.31%	19.86%	18.29 %

Les résultats de l'analyse de la variance des caractères morphologiques et anatomiques des aiguilles du Pin noir du Djurdjura nous ont permis de faire le tableau suivant:

Tableau N°17 : Résultats de l'analyse de la variance sur les caractères des aiguilles du pin noir du Djurdjura.

Caractères	DDL	SCE	CM	P	Hypothèse
Longueur	959	376264.4	392.351	0***	Rejetée
Largeur	959	26.448	0.028	0***	Rejetée
Épaisseur	959	44.005	0.046	0***	Rejetée
NLSD	959	4504.733	4.697	0***	Rejetée
NLSV	959	2080.162	2.169	0***	Rejetée
NCRD	319	741.222	2.324	0***	Rejetée
NCRV	319	434.347	1.362	0***	Rejetée
NCR	319	1951.188	6.117	0***	Rejetée

Légende

NLSD : nombre de lignes de stomates de la face dorsale

NLSV : nombre de lignes de stomates de la face ventrale

NCRD : nombre de canaux résinifères de la face dorsale

NCRV : nombre de canaux résinifères de face ventrale

NCR: nombre de canaux résinifères

(***): Très hautement significative ($\alpha=1\%$).

4. Analyse en composantes principales :

L'analyse en composantes principales a porté sur l'ensemble des caractères des aiguilles. Pour pouvoir réaliser cette analyse, nous avons calculé les moyennes de ces derniers pour les 32 arbres, et nous avons obtenu une matrice de corrélation.

Tableau N°18 : Matrice de corrélation entre la circonférence et les variables mesurées.

	Cir								
Cir	1	Longueur							
Longueur	0.39	1	Largeur						
Largeur	0.37	0.15	1	Épaisseur					
Épaisseur	-0.14	-0.04	-0.08	1	NLS D				
NLSD	0.39	0.54	0.49	-0.02	1	NLS V			
NLSV	0.42	0.41	0.64	0.12	0.76	1	NCR D		
NCRD	0.57	0.29	0.56	-0.14	0.53	0.57	1	NCR V	
NCRV	0.44	0.19	0.67	-0.23	0.50	0.52	0.86	1	NCR
NCR	0.53	0.25	0.63	-0.19	0.54	0.56	0.97	0.96	1

La matrice de corrélation révèle que les caractères de longueur, largeur, nombre de lignes de stomates dorsales et ventrales, nombre de canaux résinifères dorsaux et ventraux et le nombre de canaux résinifères sont positivement corrélés à la circonférence des arbres. Le seul caractère qui n'est pas expliqué par l'axe F1 est l'épaisseur des aiguilles. Cela nous permet de conclure que les plus gros arbres présentent les aiguilles les plus longues, plus larges et possèdent un nombre de lignes de stomates et de canaux résinifères le plus élevé, contrairement aux arbres les moins gros qui présentent les aiguilles les plus épaisses.

Nous avons pris en considération 2 axes, l'axe F1 et F2, car un axe est pris en considération quand sa valeur propre est supérieure à 1 et lors du changement de direction de la courbe (Figure N°22).

Tableau N°19 : Tableau des valeurs propres

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Valeur propre	4.82	1.31	1.02	0.69	0.53	0.34	0.19	0.10	0.00
% variance	53.55	14.53	11.28	7.56	5.94	3.82	2.15	1.07	0.01
% cumulé	53.55	68.08	79.36	87.01	92.95	96.78	98.93	99.99	100.00

L'axe F1 a un taux de 53.55% de l'information totale et F2 a un taux de 14.53% de l'information totale.

Les axes F2 et F3 n'ont pas été pris en considération, car les variables expliquées par ces derniers ne sont pas corrélées entre elles (longueur et épaisseur).

C'est pour cela que, nous avons pris en considération l'axe 1 lors de la conception des groupes, car la plupart des caractères sont expliqués par ce dernier surtout la circonférence qui est la valeur la plus importante.

Tableau N°20 : Corrélation des variables

	F1	F2	F3
CIR	0.42	0.00	0.10
Longueur	0.21	0.32	0.31
Largeur	0.56	0.01	0.09
Épaisseur	0.02	0.36	0.44
NLSD	0.56	0.19	0.01
NLSV	0.61	0.17	0.03
NCRD	0.81	0.05	0.00
NCRV	0.77	0.12	0.02
NCR	0.85	0.09	0.01

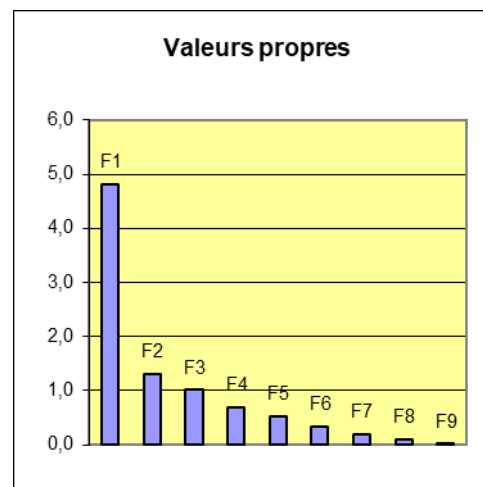


Figure N°22: Histogramme des valeurs propres

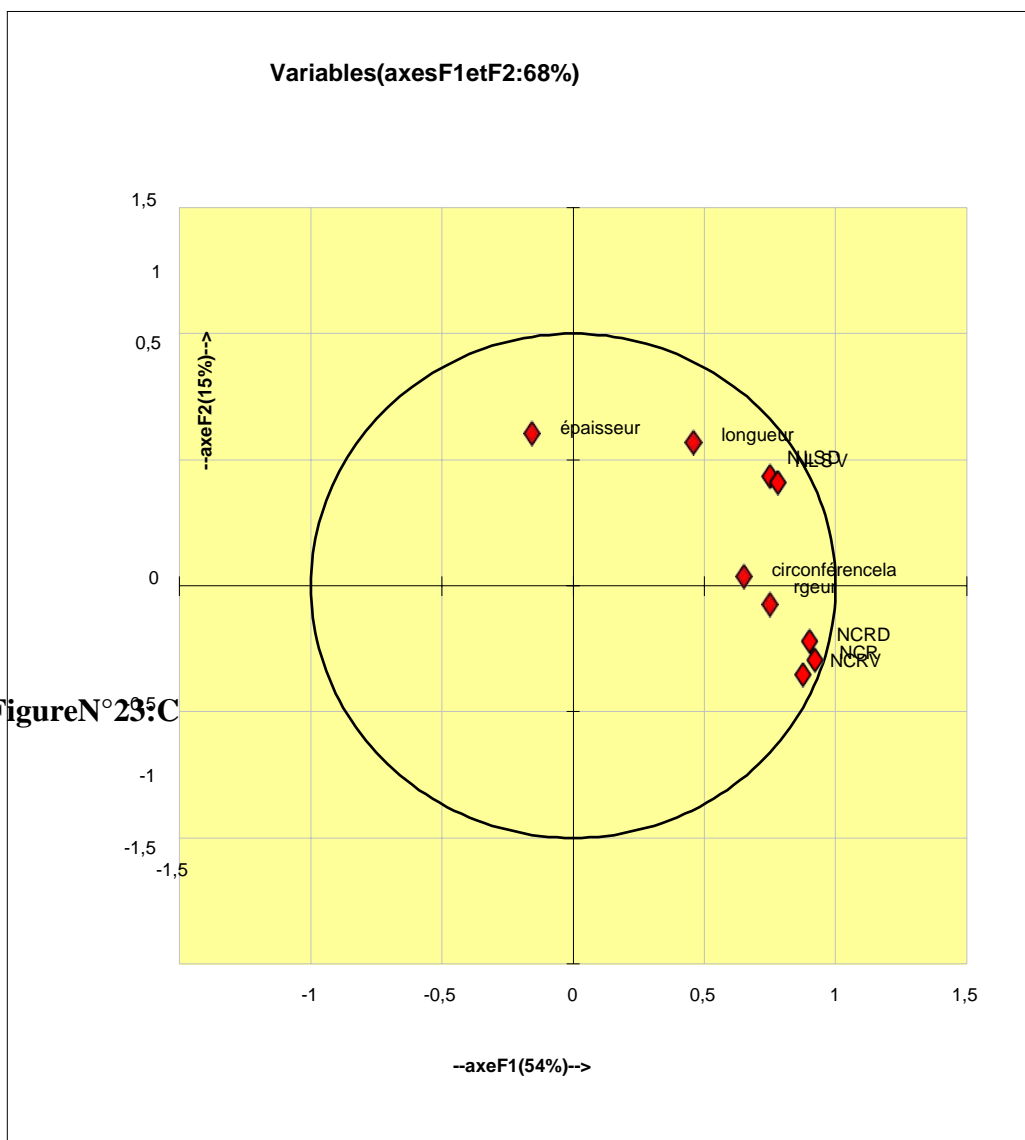


Figure N°23: C

Figure N°23 : cercle de corrélation

On remarque que toutes les corrélations sont significatives et positives, la circonférence est plus corrélée à la longueur, la largeur, au nombre de lignes de stomates et au nombre de canaux résinifères et que l'épaisseur ne dépend pas de la circonférence.

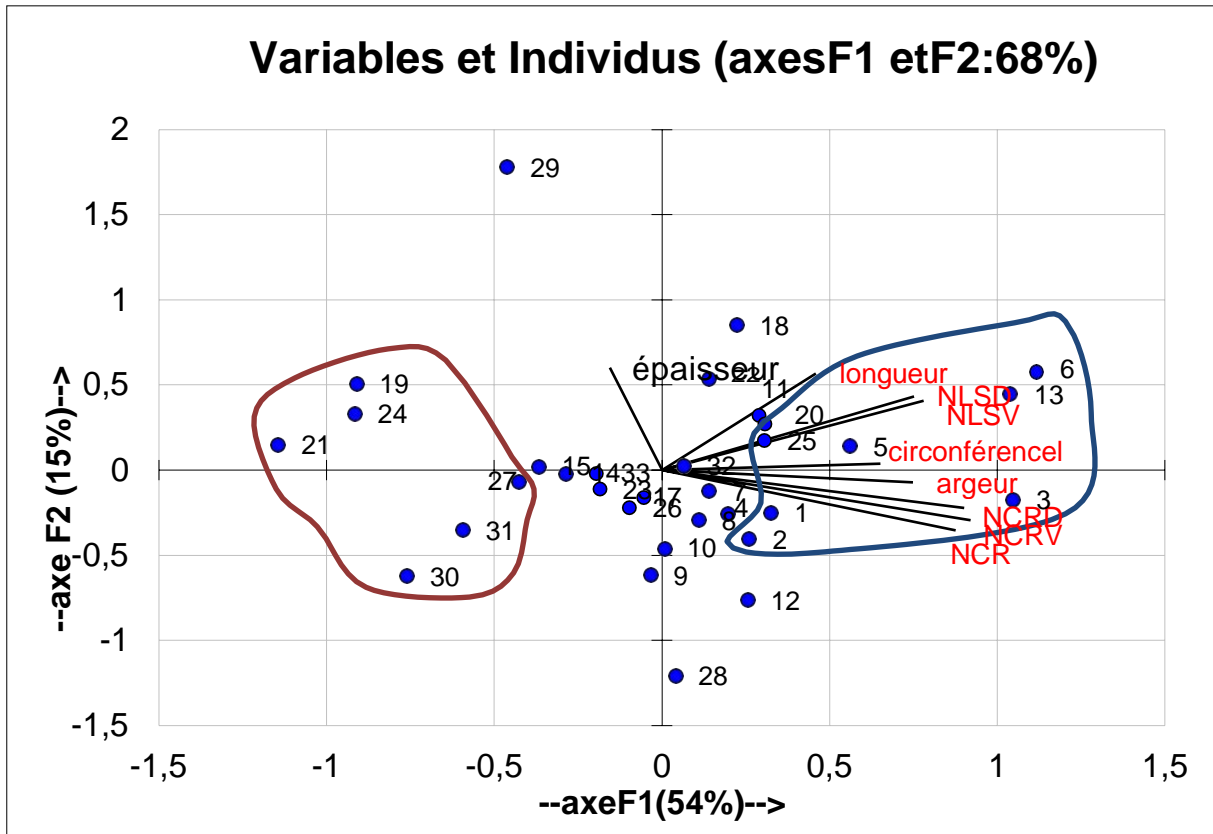


Figure N°24: groupes obtenus après l’analyse en composantes principales

— :GroupeA — :GroupeB

La corrélation obtenue entre la circonférence et les variables mesurées est positive et significative à l’exception de l’épaisseur qui n’est pas positivement corrélée à la circonférence.

Le groupe A qui regroupe les individus (1, 2, 3, 5, 6, 13, 20, 25) se trouve dans la partie positive de l’axe F1 et ce sont les arbres qui ont des circonférences, longueurs, largeurs, nombre de lignes de stomates dorsales et ventrales, nombre de canaux résinifères dorsaux et ventraux et un nombre de canaux résinifères élevés, tandis que le groupe B qui regroupe les individus (19, 21, 24, 27, 30, 31) se trouve dans la partie négative de l’axe F1, ces arbres ont donc les plus petites circonférences, longueurs, largeurs, nombre de lignes de stomates dorsales et ventrales, nombre de canaux résinifères dorsaux et ventraux et nombre de canaux résinifères. Le groupe C regroupe les individus ayant des circonférences, longueurs, largeurs, nombres de lignes de stomates dorsales et ventrales, nombres de canaux résinifères dorsaux et ventraux et un nombre de canaux résinifères moyens.

Les groupes A et B ont été réalisés en utilisant le tableau de corrélation des individus:

Tableau N°21 : Tableau de corrélation des individus.

	Arbre	F1	F2
1	31	0.85	0,08
2	24	0.73	0,03
3	27	0.70	0,01
4	21	0.93	0,00
5	30	0.82	0,15
6	19	0.80	0,07
7	33	0.31	0,00
8	29	0.10	0,41
9	23	0.13	0,01
10	26	0.04	0,05
11	18	0.29	0,10
12	7	0.13	0,03
13	17	0.06	0,15
14	9	0.00	0,35
15	10	0.00	0,65
16	28	0.00	0,74
17	8	0.14	0,28
18	11	0.08	0,33
19	3	0.90	0,01
20	14	0.24	0,00
21	32	0.10	0,00
22	1	0.44	0,07
23	20	0.59	0,13
24	25	0.65	0,06
25	2	0.40	0,27
26	6	0.87	0,06
27	4	0.19	0,09
28	12	0.17	0,40
29	5	0.69	0,01
30	22	0.06	0,26
31	13	0.88	0,05
32	15	0.19	0,00

II. Discussion :

Les résultats de l'analyse de la variance des différents caractères morphologiques et anatomiques étudiés montrent l'existence d'une variabilité interindividuelle. En effet l'analyse de la variance a révélé des différences très hautement significatives entre les arbres. Le test de NEWMAN et KEULS nous a permis de classer les arbres en groupes homogènes pour chaque caractère.

Nos résultats concordent avec ceux de BEY (2000) et ABDELLI et MOALI (1996) qui ont trouvé des différences significatives. Contrairement à ADJAOUD(2005) et ADJAOUD et AIDROUS (1992) qui ont trouvé des différences significatives pour l'ensemble des caractères à l'exception des caractères, longueur et épaisseur des aiguilles (ADJAOUD, 2005) et le caractère de largeur des aiguilles (ADJAOUD et AIDROUS,1992).

Nous avons classé les résultats de cette étude anatomique et morphologique dans un tableau comparatif avec les résultats des différents travaux réalisés précédemment:

Tableau N°22 : Tableau comparatif de nos résultats et les résultats des autres travaux.

	ADJAOUD D Et AIDROUS(1992)	ABDELLI Et MOALI(1996)	BEY(2000)	ADJAOUD(2005)	Nos résultats :
Longueur	120.33 D.S	97.01 D.S	129.37 D.S	114.41 D.N.S	106.779 D.S
Largeur	1.26 D.N.S	1.17 D.S	1.45 D.S	1.34 D.S	1.1 D.S
Épaisseur	0.73 D.S	0.52 D.S	0.86 D.S	0.81 D.N.S	0.608 D.S
NLSD	10.91 D.S	/	11.29 D.S	12.32 D.S	9.108 D.S
NLSV	7.16 D.S	/	11.51 D.S	7.64 D.S	6.356 D.S
NCRD	/	/	/	/	6.134 D.S
NCRV	/	/	/	/	4.772 D.S
NCR	/	9.77 D.S	10.82 D.N.S	10.99 D.S	10.906 D.S

Légende

D.S: différences significatives.

D.N.S : différences non significatives.

L'analyse en composantes principales réalisée sur l'ensemble des caractères morphologiques et anatomiques pris ensemble a démontré qu'il y a une variabilité selon la circonférence pour tous les caractères étudiés à l'exception de l'épaisseur des aiguilles qui ne varie pas en fonction de la circonférence de l'arbre.

CHIKAOUI et OUAMROUCHE (2017), ont démontré que la circonférence des arbres est à l'origine de certaines variations des dimensions des cônes du Pin noir du Djurdjura.

ADJAOUD (2005), a démontré que la lumière joue un rôle important sur les dimensions des aiguilles du Pin noir en passant du niveau bas de l'arbre au niveau haut ou bien de l'exposition sud à l'exposition nord à l'intérieur d'un même arbre. Les résultats de BENARAB et ALI SLIMANE (2000), ont montré que les caractères morphologiques et anatomiques des aiguilles (longueur, largeur, épaisseur, nombre de canaux résinifères et nombre de lignes de stomates dorsales et ventrales) présentent des variations sans montrer de tendance vis-à-vis de l'altitude, de la circonférence ou de la hauteur des arbres.

Conclusion

Au terme de ce travail, nous rappellerons les principales conclusions qui ont été obtenues.

L'espèce collective *Pinus nigra* Arnold se caractérise par une aire de répartition vaste et très morcelée. La diversité des provenances a suscité l'intérêt de nombreux auteurs, qui ont proposé de nombreuses classifications différentes basées sur différents critères. Le Pin noir d'Algérie est considéré comme une espèce rare et menacée qui souffre d'une régénération naturelle quasi inexistante, d'activités anthropiques et surtout d'incendies. Il est présent dans le versant sud du Djurdjura réparti en 3 stations Tigounatine, Djebel Taouillelt et la station de Tikjda. Ce dernier forme avec le pin noir du Rif Marocain la sous-espèce *mauretanica*, localisée dans l'étage bioclimatique humide à variante fraîche.

L'étude des caractères morphologiques et anatomiques des aiguilles du Pin noir du Djurdjura a montré l'existence d'une variation interindividuelle, car les dimensions des aiguilles sont différentes entre les arbres. Elle a révélé aussi que l'ensemble des caractères étudiés (longueur, largeur, épaisseur, nombre de canaux résinifères et nombre de lignes de stomates) présentent une variation très hautement significative selon la circonférence de l'arbre. L'analyse en composantes principales de son côté a révélé que les caractères morphologiques et anatomiques des aiguilles varient selon la circonférence de l'arbre, par conséquent l'âge de ce dernier à l'exception de l'épaisseur des aiguilles qui ne varie pas selon la circonférence.

Une étude plus approfondie peut être réalisée avec un échantillonnage plus affiné, incluant un nombre suffisant d'individus appartenant aux mêmes classes de circonférence pour mieux connaître pourquoi la circonférence n'influe pas sur le caractère d'épaisseur des aiguilles.

Références bibliographiques

- ABDELLI, D. et MOALI, D. 1996.** Contribution à l'étude biosystématique du Pin noir du Maghreb (*Pinus nigra* Arnold subsp. *mauretunica*) Rif et Djurdjura.
- ABDELLI, D. (2002).** Contribution à l'étude de la variabilité morphologique et anatomique chez quelques provenances de Pins noirs de la Méditerranée occidentale : *Pinus nigra* Arnold.
- ADJAOUD, D. et AIDROUS, N. 1992.** Contribution à l'étude biosystématique du Pin noir du Djurdjura *Pinus nigra* ssp *mauretunica* Maire et Peyr.
- ADJAOUD, D. 2005.** Etude de la variabilité morphologique et génétique du Pin noir du Djurdjura *Pinus nigra* Arnold ssp. *mauretunica*.
- ASMANI, A. 1988.** Etude biosystématique du Pin noir du Djurdjura.
- ASMANI, A. 1993.** Exploitation de la variabilité chez le Pin noir de la forêt de Tigounatine (Djurdjura-Algérie) en comparaison avec quelques provenances des Pins noirs méditerranéens.
- BELLEFONTAINE, R. 1979.** Plaidoyer pour le pin noir du Rif, espèce en voie de disparition Ann. Rech. For. Maroc. Stat. Rech Rabat. T19 : 327-338.
- BENARAB et ALI SLIMANE. 2000** Etude de la variabilité des caractères biométriques et anatomiques du pollen et des aiguilles du peuplement de Pin noir du Djurdjura *Pinus nigra* Arnold Ssp. *Mauretunica*
- BENMOUFFOK, A. 1995** Description de formations à *Cedrus atlantica* Manetti du massif central du Djurdjura (Algérie). Note de recherche. Cahiers agricultures ; 4 : 383-387.
- BENMOUFFOK, A. 1996.** Relations sols-végétation dans la cédraie à faciès *Pinus nigra* var. *mauretunica* du massif central du Djurdjura, Algérie. Int Cong. Envi/ climat, Italie (Rome) : 1-11.
- BEY, A. 2000.** Etude biosystématique du Pin noir du Djurdjura (*Pinus nigra* Arnold Ssp. *mauretunica* Maire et Peyr) et rétrospective de dix années de recherche sur le thème
- BOJOVIC, S. 1995.** Analyse biométrique et Eco-géographique du Pin noir (*Pinus nigra* Arn) en région Méditerranéenne. Institut Méditerranéen d'écologie et de paléoécologie Marseille.
- CHEKAOUI et OUAMROUCHE, 2017.** Etude de la production grainière du Pin noir du Djurdjura.
- DEBAZAC, F. 1971..** Contribution à la connaissance de la répartition et de l'écologie de *Pinus nigra* Arn dans le Sud-est de l'Europe. Ann Sci. For. 28(2) : 91-139.

- DEBAZAC, F 1977.** Manuel des conifères 2ème édition, Ann. Sci. Forest., 28(2). 91-139
- DEBAZAC, F 1985.** Les trois âges de la foresterie
- EMBERGER. 1960.** Les végétaux vasculaires. Traité de Botanique. Paris.
- GAUSSEN, H. 1960.** Les gymnospermes actuelles et fossiles. Généralités : le genre Pinus. Trav. Lab. For. De Toulouse. Fasc. VI, Chap. XI, Fac. Sci de Toulouse, 259.
- LEVEQUE. 1994.** Le Concept de biodiversité : De nouveaux regards sur la nature.
- MAIRE ET DEPEYERIMHOFF. 1927.** Communication sur la découverte du Pin laricio dans le Djurdjura Bull. Soc. Hist. Nat. De l'Afrique du Nord, Tome XVIII, n : 6.
- MAZI, D. 2013.** Etude dendrométrique et chronologique du Pin noir du peuplement de Tigounatine – Tikjda (W. Bouira).
- MERCE J. 1989.** Végétation du Sud de l'Espagne (Andalousie). GAUSSENIA, 5, Lab. Bot. de Toulouse. 3-64.
- MIDOUNE, A. et SLIMANI, Y. 2009.** Inventaire des arthropodes au niveau de la station du Pin noir du Djurdjura.
- MOULOUDJ et BACHIR, 2008.** Contribution à l'étude de la variabilité physiologique du Pin noir du Djurdjura *Pinus nigra* Arnold ssp *mauretanic* : germination des graines, du pollen et le maintien des plantules.
- MULLER, 1986.** Action, observation et suggestions a propos du Pin noir Algérien. Cellule INRF, Parc national du Djurdjura.
- OZENDA, 1975.** Sur les étages de végétations dans les montagnes du bassin méditerranéen Document de Cartographie écologique, Vol XVI, Univ. Sci. et Médicale de Grenoble. 1-32.
- PROBST, 1983.** Variation intraspécifique et introgression entre *Pinus uncinata* Ram et *Pinus sylvestris* L. en forêt d'Osseja (Pyrénées-Orientales).
- QUEZEL, 1976.** Les forêts du pourtour méditerranéen Notes de Technique du M. A. B. 2 ; U.N.E.S.C.O., Paris 205-256
- QUEZEL, 1980.** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen Act. d'écologie Forest. Edit. PESSON, Paris, 205-256
- SEIGUE, 1985.** La forêt Circumméditerranéenne et ses problèmes.
- SELTZER, 1946.** Le climat de l'Algérie. Inst. De met. Et de phys. Du globe de l'Algérie. (Hors série) 219.

TAFER et ZERGANE, 1994. Contribution à l'analyse phytosociologique et structurale de la série de *Cedrus atlantica* de la forêt de Tikjda (versant méridional du Djurdjura).

VERLAQUE, 1999. *Cystoseira jabukae* (Cystoseiraceae, Fucophyceae) de Corse (Méditerranée) avec des notes sur l'espèce précédemment mal comprise *C. funkii*