

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques.



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en sciences Agronomiques
Spécialité : Sciences Forestières.

Thème

**Approche qualitative et quantitative des projets
expérimentaux de reboisement de pin noir dans le parc
national du Djurdjura : cas du reboisement de Tala-Rana
et de Tikjda**

Présenté par :

Ouyed Amrane

Begrache Mohand-ou-ramdane

Devant le jury :

Promoteur : Mme Kadi-Bennane. S Maitre de conférence classe (B) à l'U.M.M.T.O.

Co-promoteur : Mr Guettas. A Attaché de recherche à l'INRF Azazga

Président : Mme Si Mohammed. C Maitre assistante classe (A) à l'U.M.M.T.O.

Examineur : Mr Chenoune. K Maitre assistant classe (A) à l'U.M.M.T.O.

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

*On remercie vivement Madame **KADI-BENNANE.S** Maître de conférences (B) à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou, d'avoir accepté de diriger notre travail et de n'avoir ménagé aucun effort. Sa disponibilité, sa sollicitude à notre égard et ses conseils constructifs nous ont été de grande utilité pour la réalisation de ce mémoire.*

*Nous tenons à rendre hommage au défunt **DJEMA. A** qui est à l'origine de ce projet et de cette plantation et conservation ex-situ du Pin Noir.*

*On remercie également Monsieur **GUETTAS.A** attaché de recherche à l'Institut National de Recherche Forestière, de nous avoir fait l'honneur de codiriger ce travail, et d'avoir mis à notre disposition le matériel nécessaire pour le travail de terrain, ainsi que Mr **BOUDEDJA. S** qui a participé au projet de plantation du Pin Noir à Tala-Rana.*

*On adresse nos sincères remerciements à Madame **SI MOHAMMED.C** Maître assistant (A) et Monsieur **CHENOUNE.K** Maître assistant (A) à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou, pour avoir bien voulu nous accorder une partie de leur temps et pour nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.*

*Nos remerciements chaleureux s'adressent en particulier à Monsieur **HADDAD SACI**, chef de secteur Tala-Rana au Parc National du Djurdjura, à **FOUAD** et **MUSTAPHA** membres de l'association Civisme et Tourisme Tala-Rana, pour leur aide précieuse sur le terrain, leur encouragement et leurs précieux conseils.*

*Un remerciement particulier pour Madame **BEDAD.K**, ingénieur de laboratoire, qui nous a soutenu, encouragé, et mis à notre disposition le matériel du laboratoire.*

Enfin, nous ne serons bien sûr oubliés d'assurer de notre gratitude tous ceux, qui nous ont fait bénéficier de leur expérience, de leur soutien, lors des différentes étapes de notre formation.

Liste des tableaux

Tableau 01 : systématique du pin noir

Tableau 02 : Tableau descriptif des stations d'études

Tableau 03: Principales caractéristiques physiques des substrats utilisés (granulométrie)

Tableau 04:Principales caractéristiques chimiques des substrats.

Tableau 05 : Précipitations moyennes mensuelles pour les stations de Tikjda et Tala-Rana (1996-2016)

Tableau 06 : Températures moyennes mensuelles de Tikjda (Meddour.2010)

Tableau 07: Températures moyennes mensuelles de Tala-Rana (Meddour.2010)

Tableau 08 : Le quotient pluviothermiques d'Emberger

Tableau 09 : Tableau comparatif des inventaires de plantation de Pin noir dans la Parc National du Djurdjura.

Tableau 10 : Statistiques descriptives de la station de Tala-Rana mars 2012.

Tableau 11 : Statistiques descriptives de la station de Tala-Rana décembre 2012

Tableau 12 : Statistiques descriptives de la station de Tala-Rana Février 2014

Tableau 13 : Statistiques descriptives des variables mesurées des plants de Pin noir de la station de Tikjda

Tableau 14: Résultat de l'analyse de la variance ANOVA des paramètres dendrométriques des plantations de pin noir au niveau des stations.

Liste des figures

- Figure 01** : Aire de répartition schématique du Pin noir (*Pinus nigra* Arnold) et ses différentes sous-espèces en région méditerranéenne.
- Figure 02** : écorce du pin noir
- Figure 03** : aiguilles du pin noir
- Figure 04** : Chatons femelles
- Figure 05** : Chatons mâles
- Figure 06** : Jeune cône
- Figure 07** : Cône mature
- Figure 08** : Cycle de reproduction chez le pin noir du Djurdjura
- Figure 09** : Etendue géographique du Parc National du Djurdjura
- Figure 10** : Les différentes unités biologiques au sein du parc national de Djurdjura.
- Figure 11** : Station de Tikjda
- Figure 12** : Stations de Tala Rana
- Figure 13** : Représentation graphique des précipitations mensuelles pour les stations Tikjda et Tala-Rana.
- Figure 14** : Régime pluviométrique saisonnier des stations de Tikjda et Tala-Rana.
- Figure 15** : Représentation graphique des températures moyennes mensuelles minima et maxima pour la station de Tikjda
- Figure 16** : Représentation graphique des températures moyennes mensuelles minima et maxima pour la station de Tala-Rana.
- Figure 17** : Diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gaussen de la station de Tikjda et Tala-Rana
- Figure 18**: Situation des stations d'étude dans le climagramme d'Emberger.
- Figure 19** : stations d'études et exemple de plants étudié.
- Figure 20** : Schéma représentant les mesures effectuées sur les plants du Pin noir.
- Figure 21** : Matériel utilisé pour effectuer notre travail.
- Figure 22**: Nombre de sujets de pin noir dénombré dans chaque station.
- Figure 23** : Taux de réussite des plantations de *Pinus nigra* dans la Parc national de Djurdjura.
- Figure 24**: Projection des variables et stations sur le cercle de corrélation.

Liste des abréviations

Acr : accroissement

AcrAnl F : accroissement annuel feuillé

AcrAnl S : accroissement annuel stérile

AcrMens : accroissements mensuels

ACP : analyse en composantes principales

CA : coefficient d'aplatissement

CD : coefficient de dissymétrie

CV : coefficient de variation

DC : diamètre au collet

DGF : Direction Générale des Forêts

EPA : établissement public à caractère administratif

ET : écart type

HT : hauteur totale

H hypo : hauteur de l'hypocotyle

H houp : hauteur du houppier

INRF : institut national de recherche forestière

L aig : longueur des aiguilles

l aig : largeur des aiguilles

M : moyenne

MADR : Ministère de l'Agriculture et du développement rural

MO : matière organique

P : précipitations

p : probabilité

P.N.D : Parc National du Djurdjura

RR : ratio de robustesse

T.R : Tala-Rana

U.N.E.S.C.O : l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture

V : variable

Sommaire

| | |
|--|----|
| Sommaire | |
| INTRODUCTION | 1 |
| Chapitre 1 Synthèse bibliographique | 2 |
| I-Historique..... | 3 |
| II-Systématique du <i>pinus nigra</i> :..... | 4 |
| III-Répartition géographique de <i>pinus nigra</i> | 5 |
| III-1 Dans le monde :..... | 5 |
| III-1-1 Aire naturelle..... | 5 |
| III-1-2 Aire artificielle..... | 6 |
| III-2 Aire de répartition en Algérie..... | 8 |
| III-2-1 Aire naturelle | 8 |
| III-2-2 Aire artificielle..... | 8 |
| IV- Biologie et écologie de <i>Pinus nigra</i> | 9 |
| IV-1- Biologie du Pin Noir : | 9 |
| IV-1-1 Caractéristiques morphologiques du Pin noir : | 9 |
| IV-1-2 Le cycle phrénologique du pin noir Subsp Mauritanica | 10 |
| IV-2 Ecologie du pin noir..... | 12 |
| IV-2-1 Altitude | 12 |
| IV-2-2 Climat..... | 12 |
| IV-2-3 Sol : | 13 |
| IV-2-4 Groupements végétaux de <i>Pinus nigra</i> | 14 |
| IV-2-5 Usage du Pin Noir..... | 14 |
| IV-2-6 Facteurs biotiques et abiotiques influençant la santé du pin noir | 15 |
| IV-2-6-1 Les incendies :..... | 15 |
| IV-2-6-2 Insectes et champignons | 15 |
| IV-2-6-3 Le Pâturage..... | 16 |
| IV-2-6-4 Régénération | 16 |
| IV-2-6-5 Pollution | 16 |
| IV-2-6-6 Tourisme..... | 17 |
| Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude..... | 18 |
| I-Présentation de la zone d'étude | 19 |
| I-1-Présentation du Parc National du Djurdjura..... | 19 |

| | |
|--|----|
| I-1-1-Description du Parc National du Djurdjura..... | 19 |
| I-1-2-Situation géographique | 19 |
| I-1-3-Occupation des terres au sein du parc national de Djurdjura..... | 21 |
| I-2-Présentation des stations : | 21 |
| I-2-1-Géologie : | 23 |
| I-2-2-Pédologie | 23 |
| I-3-Caractéristiques Climatiques | 24 |
| I-3-1-Pluviométrie..... | 24 |
| I-3-2-Régime pluviométrique saisonnier | 25 |
| I-3-3-Températures | 25 |
| I-3-4-Synthèse climatique..... | 28 |
| I-3-4-1-Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953)..... | 28 |
| I-3-4-2-Quotient pluviométriques et climagramme d'EMBERGER | 29 |
| I-3-5-Autres facteurs | 30 |
| I-3-5-1-La neige..... | 30 |
| I-3-5-2-Le vent : | 31 |
| I-3-5-3-Les gelées..... | 31 |
| I-3-5-4-Humidité de l'air | 31 |
| Chapitre 3 Méthodologie | 32 |
| I- Matériel et méthode | 33 |
| I-1-Description de la plantation..... | 33 |
| I-2-Méthode de travail | 34 |
| I-2-1-Travail sur le terrain..... | 35 |
| I-3 Mesures dendrométriques..... | 37 |
| I-3-1- Mesure de la hauteur | 37 |
| I-3-1-1-Hauteur totale | 37 |
| I-3-1-2-Hauteur de l'hypocotyle | 37 |
| I-3-1-3-Hauteur du houppier : | 37 |
| I-3-1-4-L'accroissement total annuel de la hauteur | 37 |
| I-3-2-Diamètre au collet | 38 |
| I-3-3-Longueur et largeur des aiguilles..... | 38 |
| I-3-4 Ratio de robustesse..... | 38 |
| I-4 Traitement statistique des paramètres..... | 38 |
| Chapitre 4 : Résultats et discussion..... | |

| | |
|--|----|
| I- résultats..... | 39 |
| I-1-Effectif des plants et taux de réussite..... | 39 |
| I-2-Analyse des paramètres dendrométriques :..... | 41 |
| I-3- Analyse en composante principale(ACP) | 47 |
| I-4- Corrélacion entre les différentes variables | 48 |
| II- Discussion des résultats | 49 |
| II-1- Variabilité des paramètres dendrométriques intra-population et inter-population..... | 50 |
| II-2-Corrélacion des paramètres dendrométriques avec les facteurs écologiques..... | 51 |
| Conclusion | 53 |

Introduction :

Les forêts méditerranéennes constituent des écosystèmes remarquables, du point de vue de la diversité biologique en termes de flore et de faune, mais aussi un milieu naturel fragile déjà profondément perturbé, et la forêt algérienne ne fait pas exception.

La biodiversité forestière est en régression dans la plupart des régions forestières d'Algérie. En effet, outre la vulnérabilité naturelle qui caractérise la forêt méditerranéenne et les formations végétales, en Algérie, la forêt continue à subir des pressions diverses et répétées réduisant considérablement ses potentialités végétales.

Le pin noir représente un exemple de ces espèces menacées. En Algérie, le pin noir du Maghreb (*Pinus nigra* subsp. *mauretunica*) représente une essence forestière relique, endémique du Maghreb et très rare présente au parc national du Djurdjura. Actuellement, il subsiste dans la cédraie de Tigounatine à Tikjda, son unique localité algérienne, entre 1450 et 1650 m d'altitude, où il forme un petit peuplement résiduel, composé de quelques 400 individus (MEDDOUR, 2010).

C'est une essence forestière menacée d'extinction par au moins deux phénomènes directs: l'absence de régénération naturelle sur de longues périodes et les incendies. A ces deux phénomènes, il faut ajouter l'action anthropique (Asmani, 2003).

La conservation in situ de ce peuplement naturel de *Pinus nigra* subsp. *mauretunica* doit être renforcée par un programme de conservation *ex situ* entre autre des plantations afin d'assurer la pérennité de l'essence. C'est dans cet objectif que l'INRF de Azazga a réalisé des reboisements à Tikjda et Tala-Rana en 2012 et 2014.

Ainsi, l'objectif de notre travail consiste à déterminer la réussite des plantations et la croissance des plants de reboisements réalisés. De plus, nous avons voulu mettre en évidence d'éventuelles relations entre les paramètres dendrométriques (diamètre, hauteur totale, hauteur de l'hypocotyle, hauteur du houppier, accroissement annuel stérile et feuillé, longueur et largeur des aiguilles), la période de reboisement et les facteurs écologiques (altitude, précipitations, températures, pH du sol, exposition, pente etc.) de *Pinus nigra* subsp. *mauretunica* dans le Parc National de Djurdjura (Tikjda et Tala-rana), wilaya de Bouira (Algérie).

Pour ce faire nous avons scindé notre travail en quatre chapitres :

Chapitre 1 : synthèse bibliographique, chapitre 2 : présentation de la zone d'étude, chapitre 3 : méthodologie, chapitre 4 : résultats et discussion.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

I-Historique :

Le pin noir constitue une des essences majeures des forêts méditerranéennes, où il occupe environ 3 500 000 ha (Le Houérou, 1981) in Quézel et Médail (2003) et environ 2 300 000 ha selon (BOJOVIC ,1995). Actuellement *Pinus nigra* est une espèce bien connue grâce en particulier, aux travaux de Debazac (1964), Quézel (1980), Mayer (1984), Regato et al. (1995) et Barbero et al. (1998). Cet arbre constitue un élément dont la mise en place sur le pourtour méditerranéen est ancienne. Il comporte plusieurs taxons disjoints, généralement considérés comme des sous-espèces ; c'est toutefois dans les Balkans et en Méditerranée orientale qu'il est le plus abondant.

En Algérie le pin noir fut découvert en 1892, par hasard lorsque le brigadier Soulier, en tournée signale a sont supérieur sa découverte (Sahraoui, 2012). Et ce n'est qu'en 1927 que sa spontanéité dans le massif de Tikjda (Djurdjura) a été prouvée définitivement par Maire et Peyerimhoff (1927). Le Pin noir du Djurdjura a été décrit, sous le nom *Pinus laricio* subsp.*Clusiana* var.*mauritanica* (Maire, 1927). Il est assez commun dans les parties calcaires des Montagnes du Rif et du Moyen Atlas et le Grand Atlas oriental (Maire ,1959).

Du point de vue taxonomique, l'interprétation des divers ensembles de *Pinus nigra* a été fort variable selon les auteurs. Cette complexité taxonomique s'accompagne d'une variabilité biochimique et génétique, comme l'ont montré divers travaux (Arbez et Millier, 1971 ; Bonner-Masimbert et Bikay-Bikay, 1978 ; Scaltsoyiannes et al. 1994 ; Bojovic, 1995 ; Rafiet al. 1995). En fonction des répartitions géographiques et des caractères morphologiques, souvent délicat a reconnaître.

Selon Quézel et Médail,(2003) le pin noir présente des situations variables du point de vue dynamique. Au méso- et supra-méditerranéen, il peut constituer des formations de type paraclimacique. Il s'intègre aisément dans des séries dynamiques des chênes caducifoliés, et même localement dans celle des chênes sclérophylles.

II- Systématique de l'espèce :

La Classification du pin noir selon Gaussen et *al.* (1982) :

Tableau 01 : systématique du pin noir

| | |
|--------------------|---|
| Règne : | Des plantes |
| Embranchement | Spermaphytes |
| Sous-embranchement | Gymnospermes |
| classe | Victrice |
| Ordre | Coniférale |
| Famille | Pinaceae |
| Genre | <i>Pinus</i> |
| Espece | <i>Pinus nigra</i> |
| Sous espece | <i>Pinus nigra</i> subsp <i>mauretanica</i> . |

Du point de vue taxinomique, le groupe des pins noirs (*Pinus nigra* Arn.) est une espèce collective, dont l'aire de répartition est le pourtour méditerranéen (Quezel, 1980).

Du fait de l'extrême morcellement de son aire de répartition, dans toutes les régions de l'Europe méditerranéenne et en Afrique du nord, il existe actuellement, entre les diverses formes géographiques de cette espèce, des différences telles que ces formes ont pu être décrites selon des rangs taxonomique très divers (Debazac, 1971).

Selon Quezel et Medail (2003) on distingue six sous espèces en fonction des répartitions biogéographiques et des caractères morphologiques :

- La subsp. *mauretanica* (Maire et Peyerimh) Heywood, nord-africaine, est présente sur le Rif calcaire, ainsi que sur le revers méridional du Djurdjura, où ne subsiste que quelque centaines d'individus. Elle se rencontre ponctuellement toujours en bioclimat humide, voir per-humide, dans les cédraies du versant sud du Djurdjura (Quezel et Barbero, 1989) sur des sols calcaires superficielles.
- La subsp *salzmanii* (Dunal) Franco (inclus *P.clusiana* Clemente) est largement repartie en Espagne orientale, de l'Andalousie aux Pyrènes, alors qu'en France, elle ne constitue que quelque peuplements isolé dans les Pyrènes orientales.

- La subsp *laricio* (Poiret) Maire, abondante en Corse, où il individualise toujours sur substrats acides, se présente également dans des formes taxonomiques voisines en Italie du sud et sur l'Etna en Sicile, où ce pin est beaucoup plus localisé et constitué par des populations génétiquement distinctes.
- La subsp *nigra* subsp *nigra* (inclus *P.austriaca* Hoss et *P.nigricans* Host) réunit les populations Autrichienne, celle des Alpes orientales et l'Apennin centrale. Dans les Balkans, elle est bien représentée en Ex Yougoslavie, dans les Alpes dinariques et sur les monts Balkan ; les peuplements d'Albanie et de Grèce septentrionale passe progressivement à la subsp. *pallasiana*. Elle constitue en Italie des pinèdes montagnardes dans des formations complexes où le pin occupe une place relativement importante.
- La subsp *dalmatica* (Vis) Franco se localise en Croatie, dans quelque îles du littoral dalmate (îles de Brac et de Hvar) et sur le versant adriatique des Alpes dinariques, aux environs de Split (Domac, 1965 ; Trinajstic, 1986, 1999).
- La subsp *pallasiana* (Lamb) Holmboe réunit les vastes peuplements helléniques péninsulaires, d'Anatolie méditerranéenne, ainsi que ceux fragmentaire du revers méridional des chaînes pontique ; elle apparaît enfin en quelque localité de Crimée et d'Abkhasie. Elle occupe en Grèce des superficies considérable, sur des milieux extrêmement hétérogènes, qui tendent à diversifier considérablement les cortèges floristiques (Barbero et Quezel, 1976). Bien qu'il apparaît surtout au nord de la péninsule au supra-méditerranéen, c'est au montagnard méditerranéen qu'il est essentiellement présent.

III-Répartition géographique du Pin noir :

III-1 Dans le monde :

III-1-1 Aire naturelle :

Les forêts de pin noir, *Pinus nigra* Arnold, occupent une aire vaste et morcelée dans les montagnes du pourtour méditerranéen. (Seigue, 1985). Depuis l'Afrique du Nord jusqu'en Crimée, et dans toute l'Europe méridionale. Son aire de répartition est discontinue et, de ce fait, le pin noir est considéré comme une espèce collective, composée de six sous espèces principales (QUÉZEL et MÉDAIL 2003). (Figure 01)

La sous espèce *mauretunica*, se trouve dans quelques stations du Rif occidental au Maroc et quelques centaines de pieds mélangés au cèdre dans le Djurdjura (Seigue, 1985).

Selon (DEBAZAC, 1971) les peuplements naturels de cette espèce occupent des superficies variables d'un pays à un autre :

- A. Espagne : 40 000 ha.
- B. Autriche : 80 000 ha.
- C. Corse : 22 000 ha.
- D. Calabre : 50 000 ha.
- E. Turquie : 1 million ha.

III-1-2 Aire artificielle :

Le pin noir est une espèce intégrée dans les reboisements en Europe des le XIX siècle, et pour améliorer les pratiques de reboisement les sylviculteurs se sont basés sur la sélection des meilleures sources de graines tel que (peuplements naturels d'Autriche, de corse et de Calabre) DEBAZAC (1971).

Selon (Isajev et al, 2004) le pin noir d'Autriche est largement planté en dehors de son aire de répartition naturelle, et il a été utilisé intensivement pendant le 19ème et au début du 20ème siècle dans de grands programmes de reboisement, par exemple dans les Alpes du Sud françaises pour le contrôle de l'érosion et la restauration des terrains de montagne.

Pinus nigra a été l'un des premiers arbres introduit aux États-Unis, signalé en culture en 1759, il est largement planté dans les États du nord, dans le nord-ouest et autour des Grands Lacs et il est naturalisé dans ces zones. Aujourd'hui il est l'une des espèces ornementales les plus répandues aux États-Unis (Van Haverbeke, 1990).

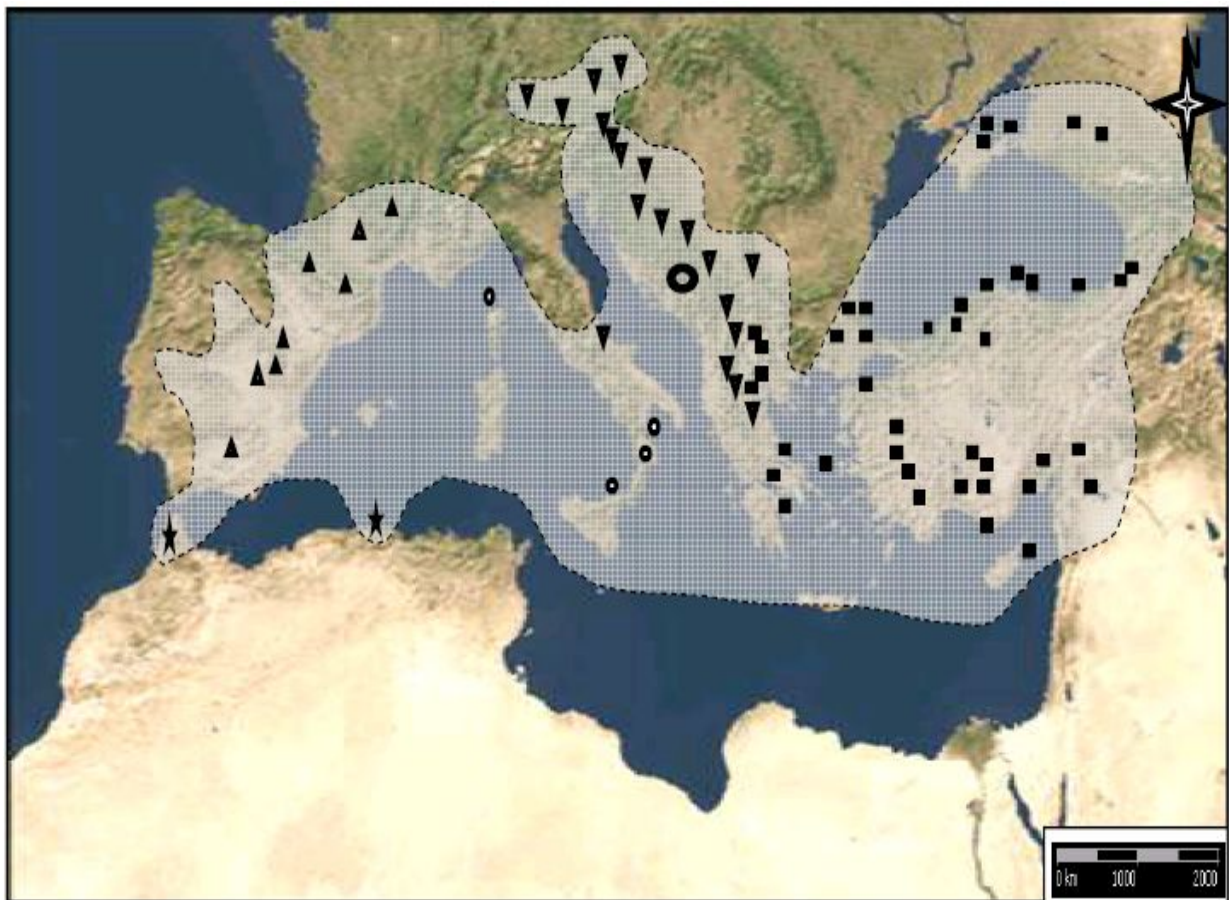


Figure 01 : Aire de répartition schématique du Pin noir (*Pinus nigra* Arnold) et ses différentes sous-espèces en région méditerranéenne (QUÉZEL et MÉDAIL 2003).

▲ *Pinus nigra* subsp *salzmanii*

■ *Pinus nigra* subsp *pallasiana*

★ *Pinus nigra* subsp *Mauretana*

----- Limite de la zone de répartition

▼ *Pinus nigra* subsp *nigra* subsp *nigra*

● *Pinus nigra* subsp *laricio*

● *Pinus nigra* subsp *dalmatica*

III-2 Aire de répartition en Algérie :

III-2-1 Aire naturelle :

En Algérie, le *Pinus nigra subsp mauretunica* se cantonne dans une seule région au versant sud de la montagne de Djurdjura où il occupe trois stations d'importance inégale concernant le nombre d'individus (Asmani, 2003).

Elle est restreinte et limitée à trois petites stations dans la région de Tikjda sur le versant sud du Djurdjura ainsi Muller (1986) distingue :

- La forêt de Tigounatine où le nombre de sujet s'élèverai selon lui à 600, les semis compris.
- Le Djebel Taouielt où se trouve une vingtaine de sujet.
- La station de Tikjda qui comprend environ une dizaine de sujet a proximité de la route a une exposition sud.

III-2-2 Aire artificielle :

Le premier reboisement en Algérie a été réalisé au début des années trente à Tala Rana (commune de Saharidj, wilaya de Bouira) à partir des graines issues du peuplement naturel de Tikjda ; suite à deux incendies une vingtaine de sujets seulement ont survécu (MULLER, 1986).

Toujours d'après (MULLER, 1986), un autre reboisement à partir de semence locale a également été entrepris à Meurdja. Cependant en proie aux flammes il a été pratiquement détruit en entier.

Il existe par ailleurs une plantation de pin noir à Chréa au niveau d'un ancien groupement à *Quercus ilex* et à *cytisis triflorus* (Zeraia, 1986).

A Tala-Guilef, 700 plants furent mis en place en 1983 -1984, et un nombre assez élevé de ces plants auraient réussi (MULLER, 1986).

IV- Biologie et écologie de *Pinus nigra* :

IV-1- Biologie du Pin Noir :

IV-1-1 Caractéristiques morphologiques du Pin noir :

Le pin noir (*Pinus nigra Arnold*) peut pousser jusqu'à 30, voire 40 ou 50 m de haut. Son tronc est généralement droit, recouvert d'une écorce gris clair à gris-brun foncé, profondément sillonnée longitudinalement sur les vieux arbres. La couronne est largement conique sur les jeunes arbres, en forme de parapluie sur les arbres plus âgés, en particulier sur sols rocailloux peu profonds. Toutes les extrémités des branches sont légèrement ascendantes sur les jeunes arbres, alors que sur les vieux arbres, seules les branches de la partie supérieure de la couronne ont des extrémités retroussées.

Les aiguilles sont plutôt raides, de 8 à 16 cm de long, de 1 à 2 mm de diamètre, droites ou courbes, finement dentelées. Les canaux résinifères sont médians. Les gaines de la base des feuilles sont persistantes, de 10 à 12 mm de long. (Isajev et *al.*, 2003).

Le pin noir est un conifère monoïque dont le pollen et les graines sont dispersés par le vent. Il fleurit chaque année mais la production de graines n'est abondante que tous les 2 à 4 ans. Les arbres atteignent leur maturité sexuelle vers 15-20 ans dans leur habitat naturel. Les fleurs apparaissent en mai. Les inflorescences femelles sont rougeâtres alors que les chatons mâles sont jaunes. La fécondation se produit environ 13 mois après la pollinisation. Les cônes sont sessiles et disposés horizontalement. Ils mesurent 4 à 8 cm de long et 2 à 4 cm de large. Ils sont de couleur jaune-brun ou jaune clair et brillant. Ils mûrissent de septembre à octobre au cours de la deuxième année après pollinisation, et s'ouvrent pendant la troisième année. Les cônes contiennent 30 à 40 graines, dont la moitié environ est viables. Les graines sont grises, de 5 à 7 mm de long, et portent une aile de 19 à 26 mm de long. La germination peut se produire sans stratification bien que cette technique soit souvent utilisée dans les pépinières forestières (30-60 jours à + 5° C en milieu humide). Le pin noir ne rejette pas de souche en conditions naturelles. (Isajev et *al.*, 2003).

IV-1-2 Le cycle phrénologique du pin noir Subsp Mauritanica :

Selon (Asmani, 1988) le pin noir de DJURDJURA est une espèce monoïque, qui présente un cycle de reproduction d'une durée de deux ans et deux mois. Il commence par une reprise de l'activité végétative vers le mois de février, suivi de la maturité des chatons mâles et la libération du pollen vers le mois de juin. Après pollinisation anémophile, les bractées des inflorescences femelles se renferment et rentrent dans une période de lignification, aboutissant à l'automne à un cône de couleur brunâtre. Ce dernier entame une dormance jusqu'à la mi-Mars. Durant la deuxième année le cône reprend son activité physiologique et sa croissance qui va prendre au printemps une couleur verdâtre jusqu'à ce qu'il atteigne la taille définitive de maturité. A la fin de l'été le cône se lignifie, s'ensuivra vers la fin février et début mars une déhiscence du cône et la libération des graines qui seront dispersées par le vent. (ASMANI, 1993).



Figure 02 : écorce du pin noir
(Arboretum Gabrielis)



Figure 03 : aiguilles du pin noir
(Arboretum Gabrielis)



Figure 04 : Chatons femelles
(Libre de droit)



Figure 05 : Chatons mâles
(Libre de droit)



Figure 06 : Jeune cône
(Dariusz Leszczynski)



Figure 07 : Cône mature
(Dariusz Leszczynski)

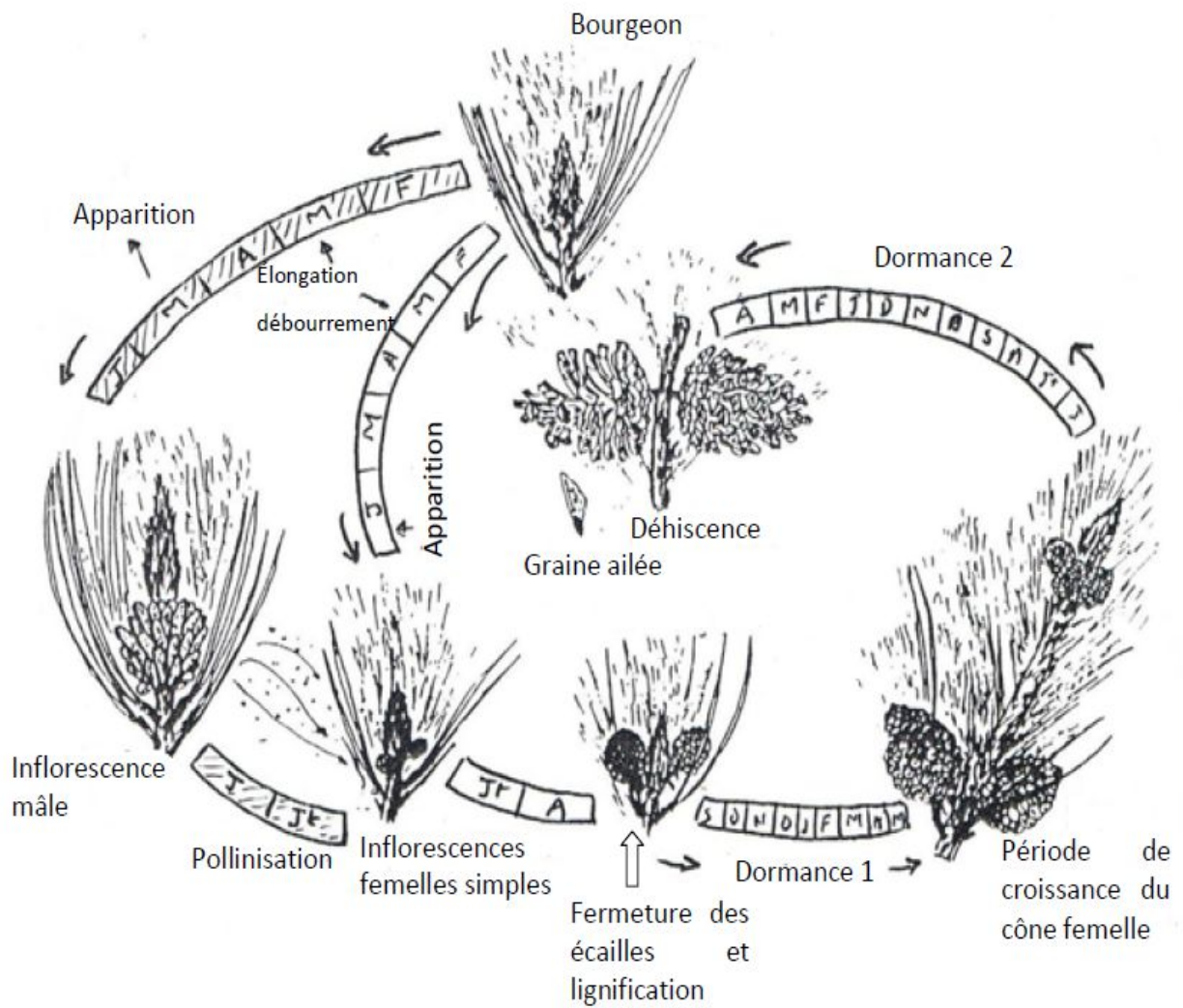


Figure 08 : Cycle de reproduction chez le pin noir du Djurdjura (Asmani,1993)

IV-2 Ecologie du pin noir :

IV-2-1 Altitude :

Le pin noir se situe à des altitudes comprises entre 0 mètre (îles Dalmates) et 2000 mètres (en Corse et en Espagne par exemple), mais préfère les zones montagneuses (Gerber, 1989).

En Algérie, le pin noir se trouve uniquement au Djurdjura entre 1400 et 1650 m.

Selon Quézel, 1980 cette espèce caractérise préférentiellement l'étage montagnard méditerranéen.

En méditerranée septentrionale, le pin noir se localise entre [560m-1500m] et pour la partie méridionale il est entre [1100m-2000m].

Au Maroc, *Pinus nigra* se retrouve entre les altitudes 1300 et 1700m. Il a même été signalé à une altitude de 1800 m sur Djbel Lakraa et à 2096 m sur Djbel Tissouka (Bellefontaine, 1979 in Adjaoud, 1992).

IV-2-2 Climat :

Le climat méditerranéen est un facteur d'instabilité pour les formations végétales, Du point de vue bioclimatique et altitudinal, les exigences du pin noir varient en fonction des sous-espèces. Il est toutefois globalement préférentiel de l'étage montagnard méditerranéen. En Italie du sud et en Sicile, il se localise au montagnard-méditerranéen humide. Le cas de la sous espèce *nigra* est déférent, puisque cette sous-espèce n'est que très marginalement méditerranéenne ; toutefois, certaines population des Apennins, de Slovénie et des alpes dinariques semblent bien se situer au montagnard-méditerranéen humide. La sous espèce *dalmatica* se singularise par sa localisation aux étages méso et supra-méditerranéens, en bioclimat humide. Les importantes populations orientales (*Pinus nigra* subsp *palasiana*) montrent, en revanche, une plasticité bien plus large, puisque suivant les localités, elles peuvent s'observer au supra- et montagnard-méditerranéens, en bioclimats humide, sub-humide, voire localement semi-aride sur les plateaux anatoliens (Quzel et Medail, 2003).

Selon Quézel 1980, le Pin noir fait preuve d'une plus grande plasticité écologique en Méditerranée orientale que dans la partie occidentale. Il supporte ainsi des températures minimales allant jusqu'à (- 8°C), alors qu'en méditerranée occidentale il disparaît pour des valeurs minimales de l'ordre de (- 5°C).

Dans le massif du Djurdjura la moyenne annuelle des températures avoisine les (15°C). Les minimums étant relevé en Décembre-Janvier (0°, 5°). Les maximums étant observé en Juillet-Août (21°, 24°).

Pour les précipitations, le massif du Djurdjura reçoit 800 à 1500 mm de pluie. La totalité du volume étant reçu entre Décembre et Avril. (Benmouffok,1994).

Les précipitations influent sur la distribution géographique des végétaux sur le pourtour méditerranéen, ajoutant que la direction que prennent ces précipitations suit les axes montagneux par rapport à la mer et aux vents humides, les pluies en Algérie sont d'origine orographique. La région de TIKJDA (Algérie) et de TALASSEMTANE (Maroc) reçoivent respectivement une gamme d'eau comprise entre 1482.2mm/an et 1257, 7 mm/an (DERRIDJ, 1990).

IV-2-3 Sol :

P. nigra peut pousser sur une large gamme de substrats, calcaires, dolomitiques, acides et volcaniques, et il peut s'adapter à de nombreuses conditions topographiques (Zaghi 2008) in Guia GIOVANNELLI (2017).

Du point de vue édaphique, les Pins noirs ne sont pas exigeants et ils se régénèrent parfaitement sur des sols peu évolués. Le substrat ne parait pas jouer un rôle prépondérant dans sa répartition, puisqu'en fonction des localisations (Quezel et Medail, 2003).

Du point de vue de sa répartition discontinue dans le monde et la grande diversification du pin noir il est très difficile de déterminer ses exigences chimiques, a l'exemple de :

- La sous espèce *laricio* qui apprécie des sols siliceux sains et craint les sols calcaires ; elle est peu exigeante quant a la richesse minérale des sols mais sensible à l'hydromorphie (GERBER, 1989).
- Le pin noir de Basse-Autriche se développe sur sol calcaire ou dolomitique (DEBAZAC ,1971).
- *Pinus nigra* subsp *mauretana* se développe sur des calcaires dolomitiques dans le Djurdjura et le Rif (Belin et al, 1949 in Adjaoued, 1992).

IV-2-4 Groupements végétaux de *Pinus nigra* :

Le pin noir constitue autour de la Méditerranée des structures de végétation généralement bien caractérisées et diversifiées du point de vue floristique, Il peut s'associer à de divers essences, généralement avec d'autres conifères montagnards, le Cèdre, les Sapins méditerranéens et les Genévriers, voire même d'autres espèces de pins à l'exemple de *Pinus Sylvestris* en Méditerranée occidentale et en Anatolie septentrionale, *Pinus Heldreichii* en Italie et dans les Balkans(Bosnie). Il s'intègre plus rarement dans les formations à feuillus comme le cas en Corse et en Italie Méridionale. (Quezel et Medail, 2003).

Globalement la richesse floristique des groupements qu'il individualise est beaucoup moins marquée en Méditerranée occidentale où peu d'espèces lui sont inféodées. Ce n'est pas le cas en méditerranée orientale où au moins certains de ces peuplements montrent une remarquable diversité et de nombreuses espèces endémiques ; les pinèdes sur roches vertes sont, de ce point de vue, les plus spectaculaires. Suivant les sous-espèces, la situation est finalement fort variable (Quezel et Medail, 2003).

En Algérie à Tikjda la sous espèce *mauretanica* est en mélange avec le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*) et (*Quercus ilex*), et avec un cortège très riche constitué essentiellement : *Juniperus communis* ; *Ilex aquifolium* ; *juniperus oxycedrus*, *ruscus aculeatus* ; *ampelodesma mauretanica*. (Quezel et al., 1988 ; Benabid et Fennane, 1994, in Quezel et Medail, 2003).

IV-2-5 Usage du Pin Noir :

Le pin noir est l'un des conifères les plus importants économiquement dans le sud de l'Europe. Sa croissance juvénile est assez rapide. Il est largement planté en dehors de son aire de répartition naturelle. Le bois est durable et riche en résine, facile à travailler.

Le pin noir a une productivité moyenne de 8-20 m³/ha/an lorsqu'il est cultivé en monoculture sur des sols fertiles. En conditions naturelles, la productivité est de 6-10 m³/ha/an et jusqu'à moins de 3 m³/ha/an sur les stations les plus sèches. (Isajev et al., 2003).

Il peut être employé avec succès dans une très grande variété de conditions écologiques, cette plasticité pourrait être encore mieux utilisée en tenant compte des écotypes éventuels. (Debazac, 1971).

Du côté paysager le pin noir constitue de très beaux peuplements, à branches fines, à tronc parfaitement droit et bien élagué (Decourt et Letacon, 1974). On l'utilise même dans les plantations urbaines (Durand, 1990).

IV-2-6 Facteurs biotiques et abiotiques influençant la santé du pin noir :

IV-2-6-1 Les incendies :

La survenue d'incendies constitue l'un des facteurs les plus dangereux pour les espèces végétales ainsi que pour les espèces animales. Le feu exerce une action traumatisante sur les végétaux et bloque leur système physiologique (Pesson, 1980).

Au Djurdjura, les feux de forêt représentent le facteur de dégradation le plus ravageur de la végétation (P.N.D, 2013). C'est un facteur déséquilibrant le peuplement du pin noir. Les feux de forêts sont multipliés suite aux développements des cultures, surpâturage et de la densité des populations. Les incendies d'envergure précipiteraient la disparition de ce patrimoine suite à une mauvaise régénération naturelle.

En moins d'un siècle, depuis sa découverte, trois dates ont été fatales pour cette sous espèce du Djurdjura. On peut citer l'incendie de l'an 2000 qui a brûlé quatre sujets du pin noir à Tikjda, qui peuvent être considéré comme des arbres producteurs de graines en raison de leurs vigueurs, ce qui représente une perte considérable (Asmani, 2003).

IV-2-6-2 Insectes et champignons :

Parmi les organismes dévastateurs pour le pin noir, il y a la tordeuse du pin (*Rhyacioni abuoliana*), la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), surtout en climats chauds et secs et le champignon *Sphaeropsis sapinea* qui provoque une brûlure des pousses. Ce dernier a été particulièrement actif en France et en Turquie durant les années 1990. D'autres parasites et maladies tels que *Acantholydahie roglyphica*, *Diprionpini*, *Pissodevalidirostis* et *Monophlebushellenicus* ont aussi été actifs en Turquie. Plus récemment, une augmentation de l'impact d'une maladie connue comme la «maladie des bandes rouges» dû à *Dothistroma septospora* a été signalée (Isajev et al., 2003).

IV-2-6-3 Le Pâturage :

Le cheptel en divagation est l'un des problèmes les plus complexes qui se pose avec acuité au PND, où il affecte sérieusement tout le territoire de l'aire protégée. Il constitue aujourd'hui un problème non négligeable du fait de sa pratique en semi-liberté, voire en errance libre (Hedjam, 2010)

Ainsi, le pacage par les troupeaux (ovin, caprin et bovin) bloque le processus de régénération naturelle et de remontée biologique, notamment ceux qui concernent les espèces rares et/ou endémiques (P.N.D, 2013).

Le surpâturage au parc national du Djurdjura provoque la surexploitation des ressources fourragères et donc la dénudation des terres et leur érosion.

IV-2-6-4 Régénération :

A la découverte du Peuplement MAIRE 1927 signal l'existence d'une régénération naturelle. Mais durant les cinquante dernières années, de nombreux botanistes et forestiers sont unanimes à signaler que la régénération naturelle est très faible, voire inexistante durant de longues années (ASMANI, 2003).

Le problème majeur de la régénération est l'éclatement tardif des cônes (mars-avril) et à cette époque la sécheresse s'installe et le sol devient sec. Les plantes meurent par dessiccation suite à un manque d'eau durant la saison estivale. Aussi le semis de cèdre, qui concurrence les semis du Pin noir, est un facteur limitant les chances d'une régénération naturelle (Muller, 1986)

IV-2-6-5 Pollution :

Le Parc National du Djurdjura, où se situe les trois stations d'études, Tigounatine, Tikjda centre et Tala-Rana, est à forte vocation écologique et touristique, qui présentent des conséquences sur l'environnement et les paysages et qui a engendré des rejets incontrôlés de déchets solides et d'autres impacts, comme par exemple la pollution supposée due à l'ozone, mise en évidence au niveau des aiguilles du pin noir de Djurdjura (Hedjam, 2010).

IV-2-6-6 Tourisme :

La pression exercée par le nombre trop élevé de visiteurs face auquel le parc ne dispose pas de moyens humains et matériels nécessaires, constitue un facteur défavorable. La région de Tikjda, où se trouve une station touristique constitue un lieu d'attraction et de détente pour la population, l'existence des infrastructures touristiques est incompatible avec la protection de la flore notamment le pin noir (Gaussen, 1952, in Asmani, 1993).

Chapitre II :

Présentation de la zone d'étude

I-Présentation de la zone d'étude :

I-1-Présentation du Parc National du Djurdjura :

I-1-1-Description du Parc National du Djurdjura :

Le Parc National du Djurdjura, est un établissement public à caractère Administratif (EPA), créé le 23 juillet 1983 par le décret présidentiel n°83-460, d'une superficie de 18 550 ha. C'est un parc de montagne avec des escarpements rocheux. Il évolue sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et du développement rural (MADR) et de la Direction Générale des Forêts (DGF). Classé Réserve de Biosphère, le 15/12/1997 par l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture l'U.N.E.S.C.O.

I-1-2-Situation géographique :

Le Parc National du Djurdjura est circonscrit entre les coordonnées géographiques de 36°31'02" à 36°25'42" de latitude Nord et de 3°57'23" à 4°19'43" de longitude Est du méridien international.

Le PND est situé au Nord de l'Algérie, dans la région de la Kabylie, et à 140 Km au sud est d'Alger et à 40 Km de la Mer Méditerranée. Le territoire de ce parc est orienté d'Est à l'Ouest sur 50 km de long et sur 03 à 10 km de large. (Figure 09)

Le Parc National du Djurdjura chevauche entre deux Wilayas : Tizi-Ouzou au Nord (versant Nord) et Bouira au Sud (versant Sud).

Cette chaîne se divise en trois parties:

Le massif oriental : Tamgout de Lalla-Khedidja (2308 m).

Le massif central : de l'Akouker entre Tizi-Kouilal et l'Alma (Ras Timedouine: 2305 m).

Le massif occidental : de Haïzer (2164 m).

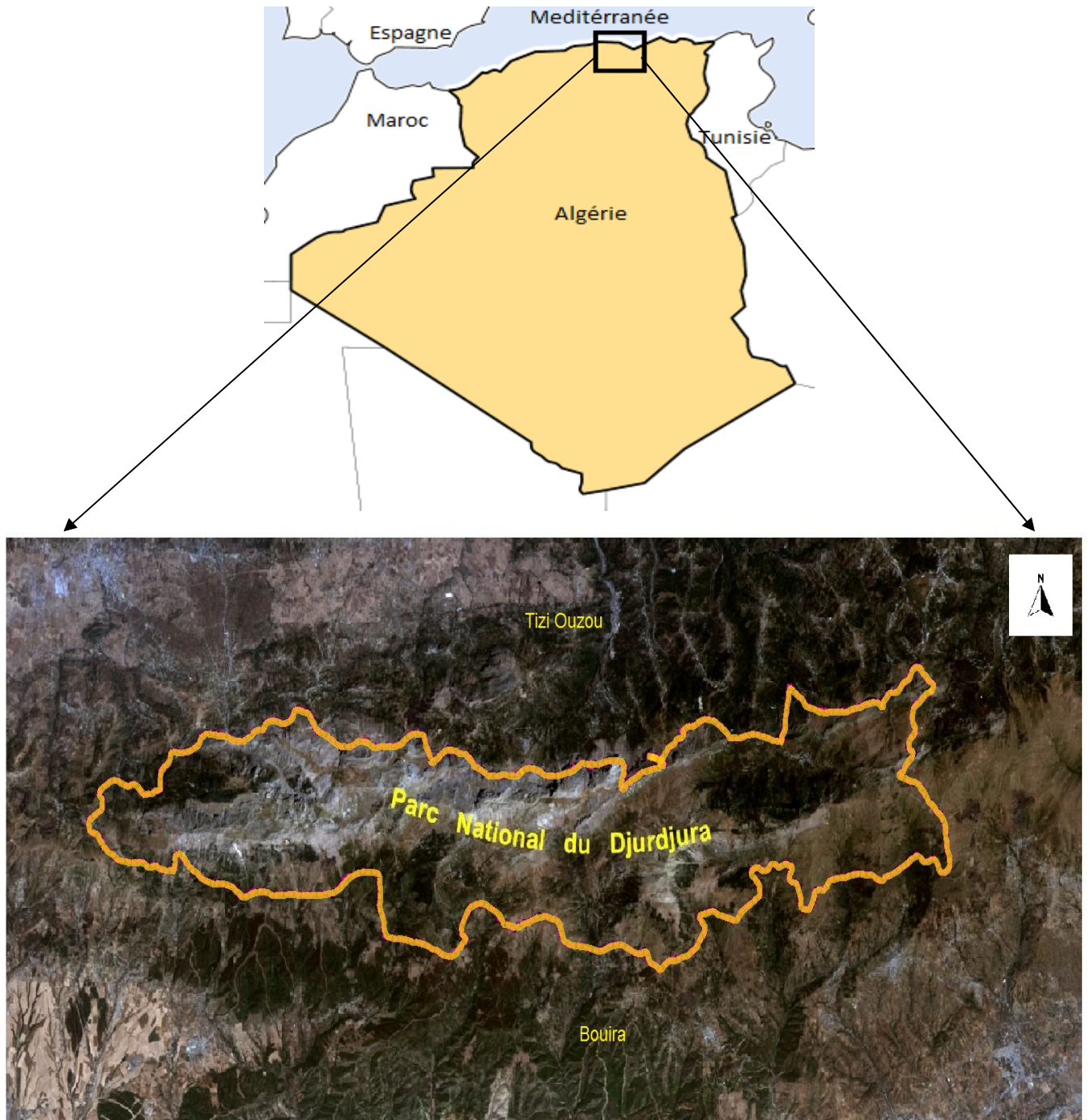


Figure 09 : Etendue géographique du Parc National du Djurdjura (Google maps)

I-1-3-Occupation des terres au sein du parc national de Djurdjura :

Selon les données disponibles au niveau de Parc National du Djurdjura, plusieurs unités écologiques y sont présentes, entre autre forêts, reboisement et pelouse.

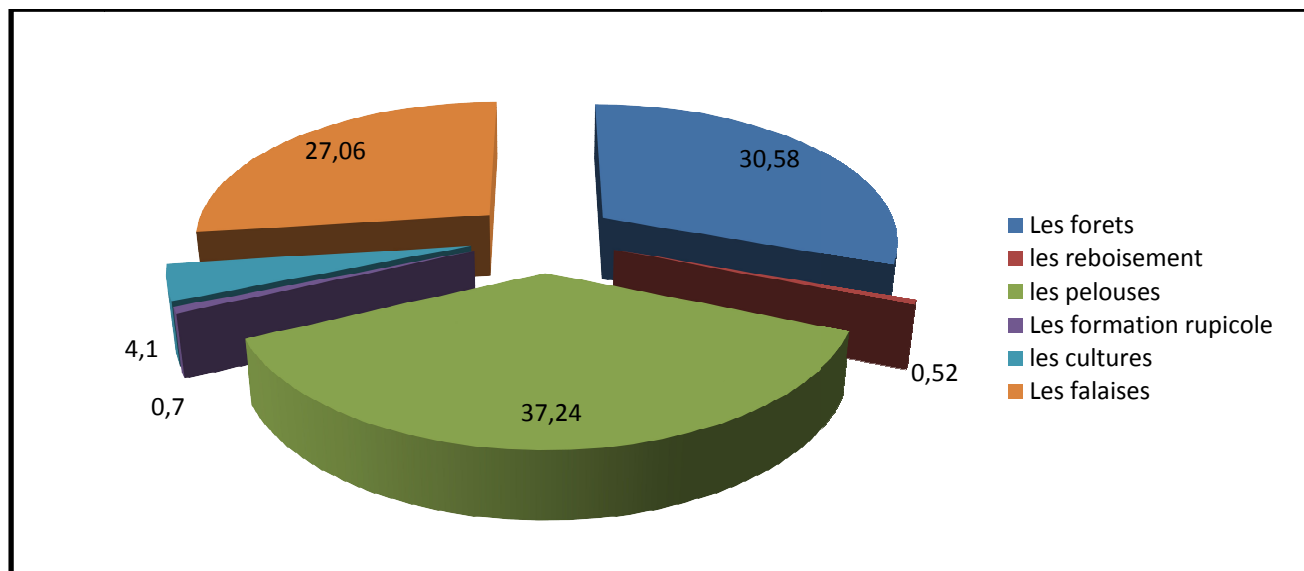


Figure 10 : Les différentes unités biologiques au sein du parc national de Djurdjura (PND, 2013)

I-2-Présentation des stations :

Notre étude est réalisée au niveau de deux stations caractérisées par une situation géographique, climatique et topographique différentes résumés dans le tableau 02.

Tableau 02 : Tableau descriptif des stations d'études

| Stations | Tikjda | Tala-Rana |
|---------------------------|--|-----------------------------------|
| Coordonnées géographiques | 36° 26' 57" nord, 4° 07' 40" est | 36°25' 45" nord, 4°13' 56" est |
| Situation géographique | Djurdjura Central, parc national du Djurdjura. | M'chedallah, Saharidj, |
| Altitude(m) | 1450 à 1700 | 1280 à 1525 |
| Pente(%) | 10 | 10 à 15 |
| Exposition | Sud | Sud |
| Versant | Sud | Sud |

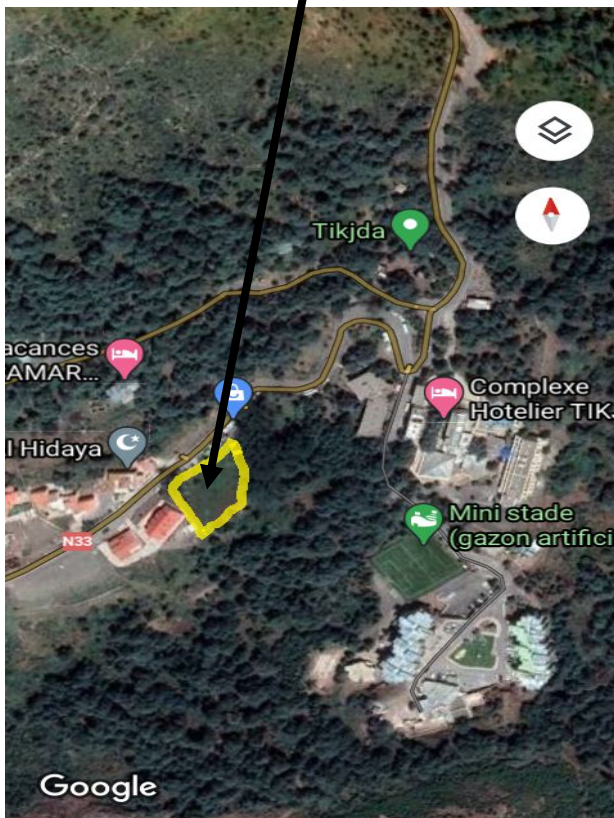


Figure 11 : Station de Tikjda



Figure 12 : Stations de Tala Rana

I-2-1-Géologie :

Très complexe sur le plan géologique, le massif du Djurdjura est constitué de terrains sédimentaires fortement plissés et fracturés. Une partie des terrains s'est formée dans le courant de l'ère primaire, mais la plupart appartiennent aux ères secondaires et tertiaires (Flandrin, 1947 in Krouchi 2010).

I-2-2-Pédologie :

Selon plusieurs auteurs CHALABI (1980), KADID (1985) et CHERKELAINE (1997) in (Ahmedi et Arbaoui, 2018). Les sols du Djurdjura sont caractérisés par un pH proche de la neutralité ainsi qu'un rapport C/N variable et traduisant un bon état d'évolution de la MO. Les sols du Djurdjura sont aussi qualifiés de limoneux, avec les horizons organiques A0 de couleur assez foncé, A1 et C constitués par l'altération de la roche mère composée de calcaires dolomitiques.

Tableau 03: Principales caractéristiques physiques des substrats utilisés (granulométrie) (SMAIL & MEDDOUR 2015)

| Station | Texture (% de sol fin) | | |
|-----------|------------------------|------------------|---------------------|
| | Argiles (< 2 µm) | Limons (2-50 µm) | Sables (50-2000 µm) |
| Tikjda | 8.7 | 54.5 | 36.8 |
| Tala rana | 10.5 | 68.6 | 20.9 |

Tableau 04: Principales caractéristiques chimiques des substrats. (SMAIL & MEDDOUR.2015)

| Stations | pH (eau) | MO % | N (g.kg-1) (Kjeldhal) | C (g.kg-1) (méthode Anne) | C/N | Ca % (échangeable) | CaCO3 % total |
|-----------|----------|------|--------------------------|---------------------------------|-----|-----------------------|------------------|
| Tikjda | 8,2 | 3,05 | 0,11 | 2,97 | 27 | 3,2 | 27,9 |
| Tala-Rana | 7,4 | 2,92 | 0,09 | 2,34 | 26 | 9 | 15,5 |

I-3- Caractéristiques Climatiques :

I-3-1- Pluviométrie :

Le Djurdjura est l'une des régions les plus arrosées d'Algérie, avec une pluviométrie annuelle allant de 1000 à 1500 mm en altitude, jusqu'à 2000 mm (certaines années). Les précipitations ont lieu principalement sous forme de pluie et de neige. Les principales périodes de précipitation sont comprises entre novembre et mai, avec des maxima en décembre et mars-avril.

Vu le manque de stations météorologiques d'altitude au niveau des zones d'étude, nous avons utilisé les données de (HEDJAM, (2019), où les moyennes mensuelles des pluies des stations : Tikjda, Tala-Rana sont corrigées selon la méthode de Seltzer (1946). Cette méthode consiste à déterminer l'augmentation de la pluie selon l'altitude qui est de 80 mm par élévation de 100 m.

Tableau 05 : Précipitations moyennes mensuelles pour les stations de Tikjda et Tala-Rana (1996-2016) (HEDJAM, 2019).

| Station | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Total |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|------|------|-------|-------|--------|
| Tikjda | 169.3 | 146.2 | 121.2 | 125.5 | 103.0 | 34.8 | 7.3 | 25.8 | 77.4 | 93.1 | 148.1 | 165.9 | 1217.6 |
| Tala-Rana | 148.3 | 128.0 | 106.5 | 110.4 | 90.1 | 30.4 | 6.4 | 22.7 | 67.8 | 81.5 | 129.9 | 146.6 | 1068.6 |

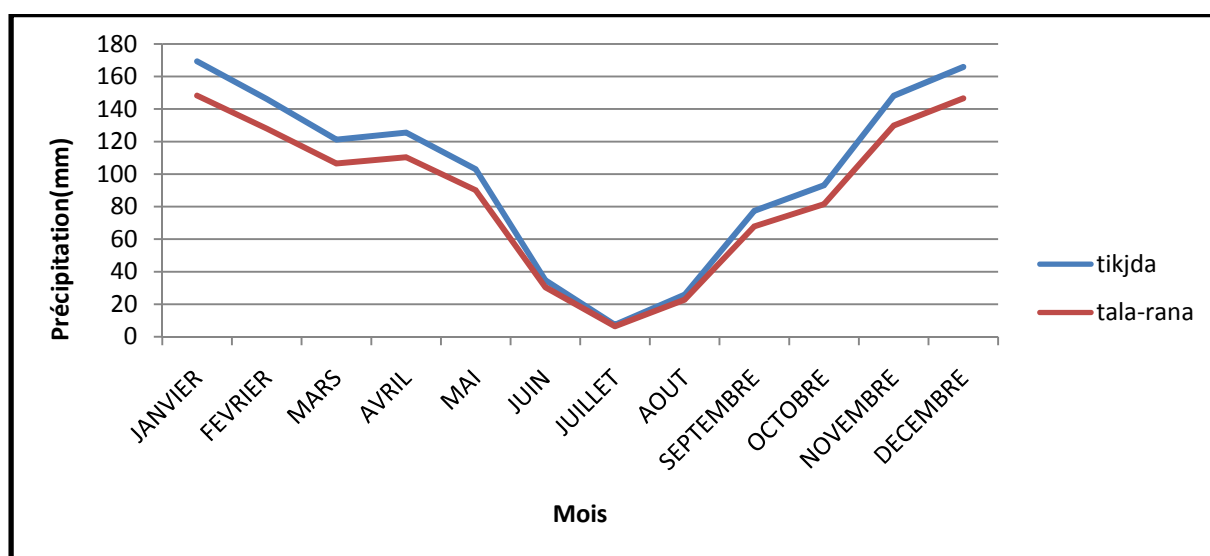


Figure 13 : Représentation graphique des précipitations mensuelles pour les stations Tikjda et Tala-Rana.

I-3-2-Régime pluviométrique saisonnier :

La station de Tikjda reçoit **1217.6 mm** de pluie par an. Le régime saisonnier est de type **HPAE** ou l'hiver présente une concentration des pluies avec une valeur de **481.4 mm** tandis que l'été est la saison la plus sèche avec **67.9mm**.

La station de Tala-Rana reçoit **1068.6mm** de précipitation par an et elle est caractérisé par le régime saisonnier de type **HPAE** avec des précipitations hivernales concentrées de l'ordre de **422.9mm** et l'été est la saison la plus sèche avec **59.5mm**.

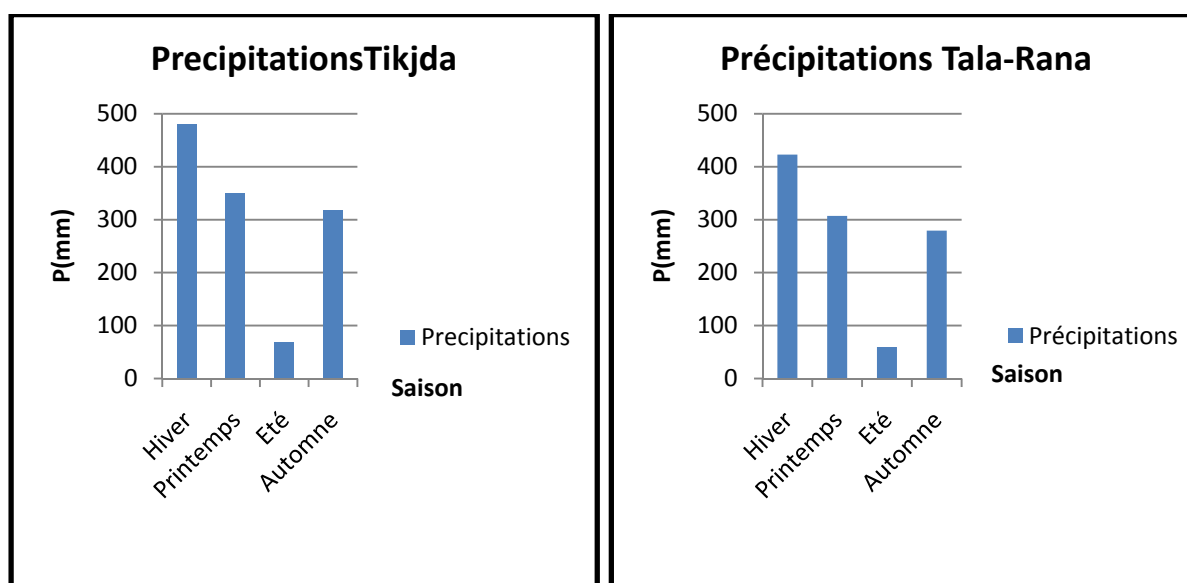


Figure 14 : Régime pluviométrique saisonnier des stations de Tikjda et Tala-Rana.

I-3-3-Températures :

La température est un facteur écologique limitant et régule les phénomènes métaboliques, de ce fait, elle conditionne la répartition des végétaux (Derridj ,1990).

L'examen des tableaux n °06 et n°07 et des figures n° 15 et 16 montrent que les mois les plus froids sont Décembre, Janvier et Février avec des températures minimales inférieures à 2 °C à Tikjda et 4°C a Tala-Rana. Les mois les plus chauds sont Juillet, Août et Septembre avec des températures maximales allant de 20 à 25°C à la station de Tikjda et de 25°C à 29°C a la station de Tala-Rana.

Il ressort dans la station de Tikjda, pendant 06 mois (Novembre à Avril), la température moyenne mensuelle est inférieure à la température moyenne annuelle (18.46 °C). Pendant qu'a la station de Tala-Rana, la température moyenne mensuelle est inférieure à la température moyenne annuelle (21.21°C) pendant 07 mois (de Novembre à Avril ainsi que le mois de Juin).

Ceci divise l'année en deux saisons distinctes : une saison froide et une saison chaude.

Tableau 06 : Températures moyennes mensuelles de Tikjda (Meddour.2010)

| Station | Tikjda | | | | | | | | | | | | Moy |
|---------|------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|------|------|-------|-----|--------------|
| | jan | fev | mar | avrl | mai | juin | juil | aout | sep | oct | nov | dec | |
| M | 3,9 | 6,5 | 8,4 | 8,4 | 14,3 | 19,2 | 23,7 | 24,6 | 20,8 | 15,4 | 9,1 | 7 | 13.44 |
| m | 1,8 | 3,8 | 5,1 | 5,3 | 10,5 | 15,1 | 19,7 | 20,6 | 16,6 | 11,6 | 6,9 | 3,6 | 10.05 |
| M+m/2 | 4,8 | 8,4 | 10,95 | 11,05 | 19,55 | 26,75 | 33,55 | 34,9 | 29,1 | 21,2 | 12,55 | 8,8 | 18.46 |
| M-m | 2,1 | 2,7 | 3,3 | 3,1 | 3,8 | 4,1 | 4 | 4 | 4,2 | 3,8 | 2,2 | 3,4 | 3.39 |

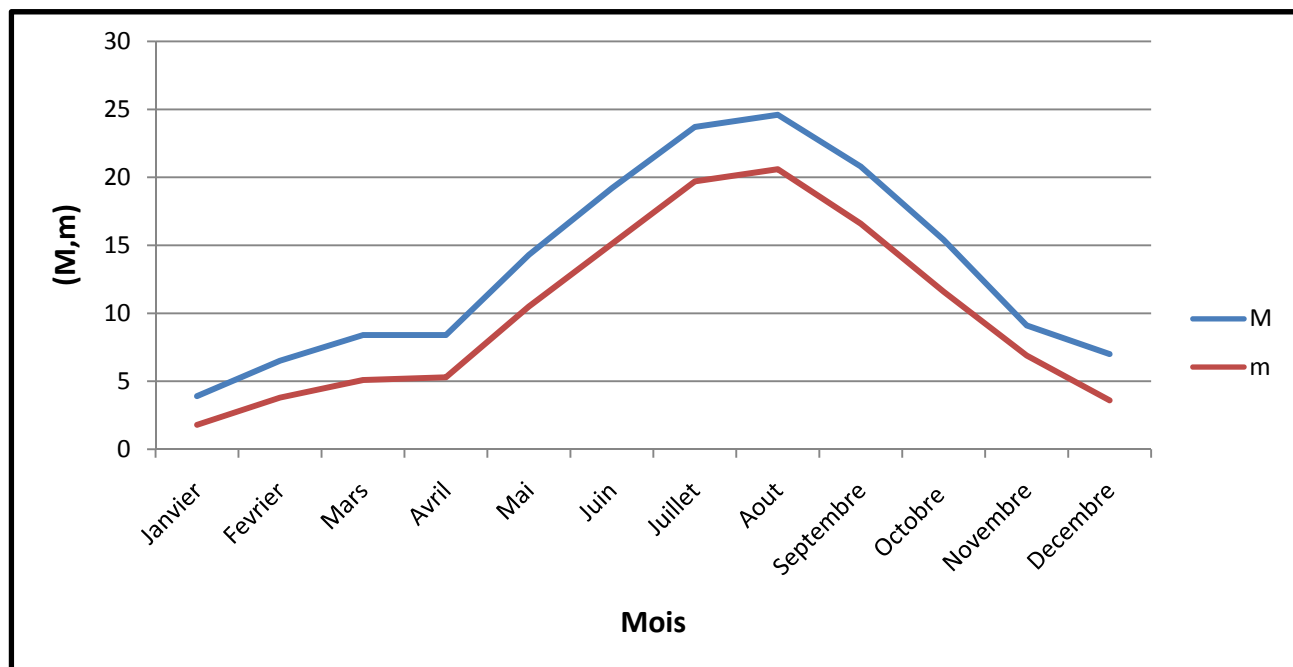
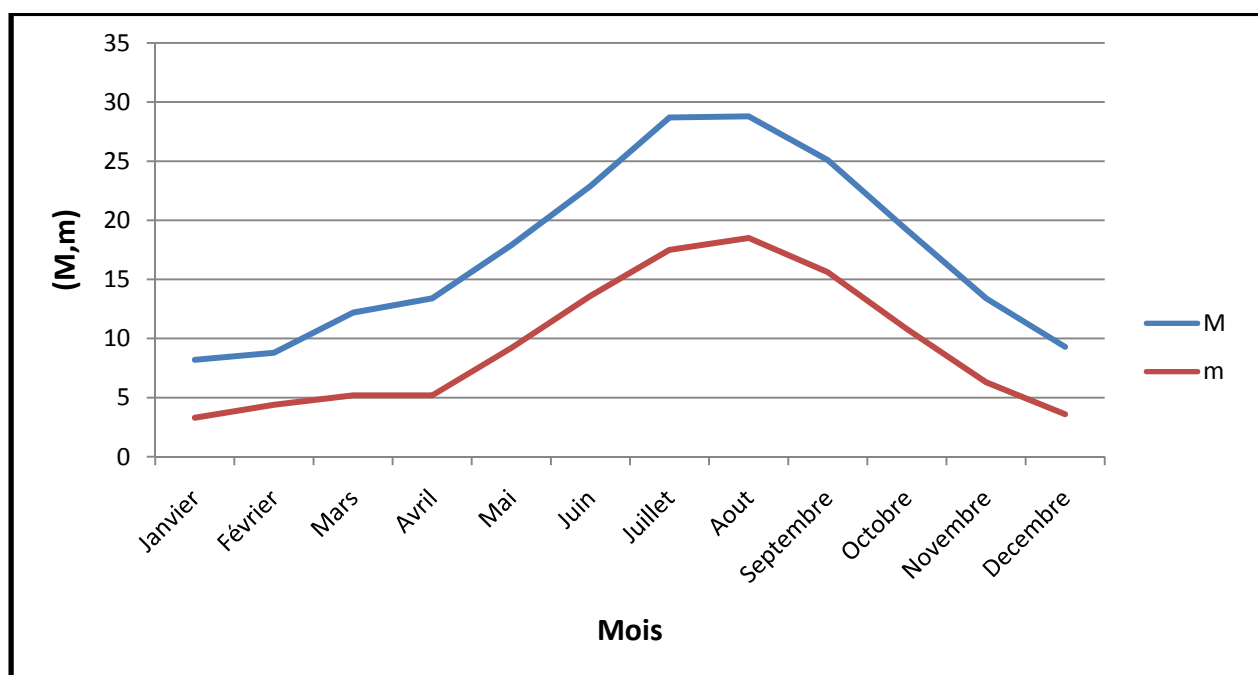


Figure 15 : Représentation graphique des températures moyennes mensuelles minima et maxima pour la station de Tikjda

Tableau 07: Températures moyennes mensuelles de Tala-Rana (Meddour.2010)

| Station | Tala rana | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|-----|------|------|------|------|-------|-------------|------|------|-------|------|--------------|
| mois | Jan | fév | mar | avrl | mai | juin | juil | aout | sept | oct | nov | dec | Moy |
| M | 8,2 | 8,8 | 12,2 | 13,4 | 17,9 | 22,9 | 28,7 | 28,8 | 25,1 | 19,2 | 13,4 | 9,3 | 17,33 |
| m | 3,3 | 4,4 | 5,2 | 5,2 | 9,2 | 13,6 | 17,5 | 18,5 | 15,6 | 10,8 | 6,3 | 3,6 | 9,43 |
| M+m/2 | 9,85 | 11 | 14,8 | 16 | 22,5 | 19,7 | 37,45 | 38,05 | 32,9 | 24,6 | 16,55 | 11,1 | 21,21 |
| M-m | 4,9 | 4,4 | 7 | 8,2 | 8,7 | 9,3 | 11,2 | 10,3 | 9,5 | 8,4 | 7,1 | 5,7 | 7,89 |

**Figure 16:** Représentation graphique des températures moyennes mensuelles minima et maxima pour la station de Tala-Rana.

I-3-4-Synthèse climatique :

La Synthèse climatique résulte des différentes combinaisons des données climatiques qui sont multiples. Dans le cas de cette étude, on ne prend en considération que les paramètres (précipitations et températures), pour établir une synthèse climatique afin de caractériser le climat de notre zone d'étude.

I-3-4-1-Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) :

BAGNOULS et GAUSSEN considèrent qu'un mois est sec lorsque le total des précipitations (P) en mm est inférieur ou égale au double de la température (T) en °C : $P \leq 2T$.

D'après les diagrammes ombrothermiques des stations d'études (Figure. 17), la période sèche est d'environ 03 mois, du 10 Juin au 10 Septembre pour la station de Tikjda et du 10 Juin au 15 Septembre pour la station de Tala-Rana, quant à la saison humide, elle est plus longue et s'étend sur le reste de l'année.

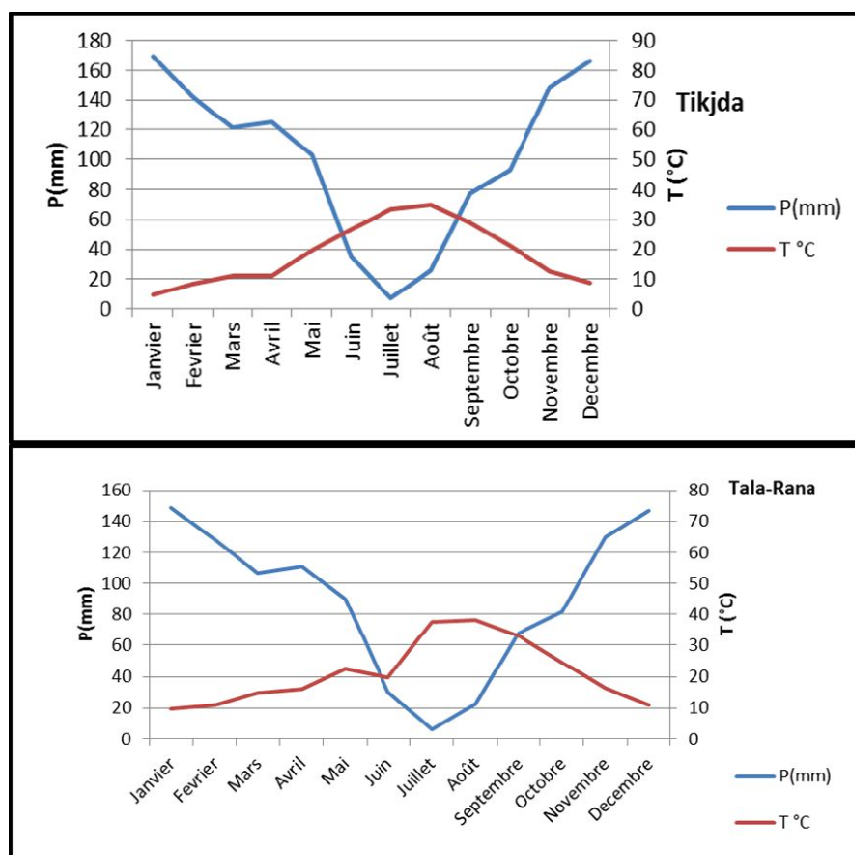


Figure 17 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls & Gausсен de la station de Tikjda et Tala-Rana

I-3-4-2-Quotient pluviothermiques et climagramme d'EMBERGER :

Le climagramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée. Il est déterminé à partir de la formule: $Q2=2000P/M2- m2$

Q2 : Quotient pluviométrique.

P : Précipitations moyennes annuelles exprimées en mm.

« M »: Températures moyennes des maxima du mois le plus chaud en (°K)

« m » : Températures moyennes des minima du mois le plus Froid en (°K)

(M-m): Amplitude thermique (°K)

K: degrés Kelvin

Tableau 08 : Le quotient pluviothermiques d'Emberger

| Station | Altitude(m) | P (mm) | M (°C) | m (°C) | M (°K) | m (°K) | Q2 | Etage bioclimatique |
|-----------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|---------------------------|
| Tikjda | 1432 | 1217.6 | 24,6 | 1.8 | 297.6 | 274.8 | 186.60 | Humide à hiver frais |
| Tala- Rana | 1230 | 1068.6 | 28,8 | 3.3 | 301.8 | 276.3 | 144.98 | Humide à hiver tempéré |

D'après les résultats des quotients pluviothermiques et après projection sur le climagramme d'Emberger (Figure. 18), la station Tikjda est située dans l'étage bioclimatique humide à hiver frais et Tala-Rana dans l'étage bioclimatique humide à hiver tempéré.

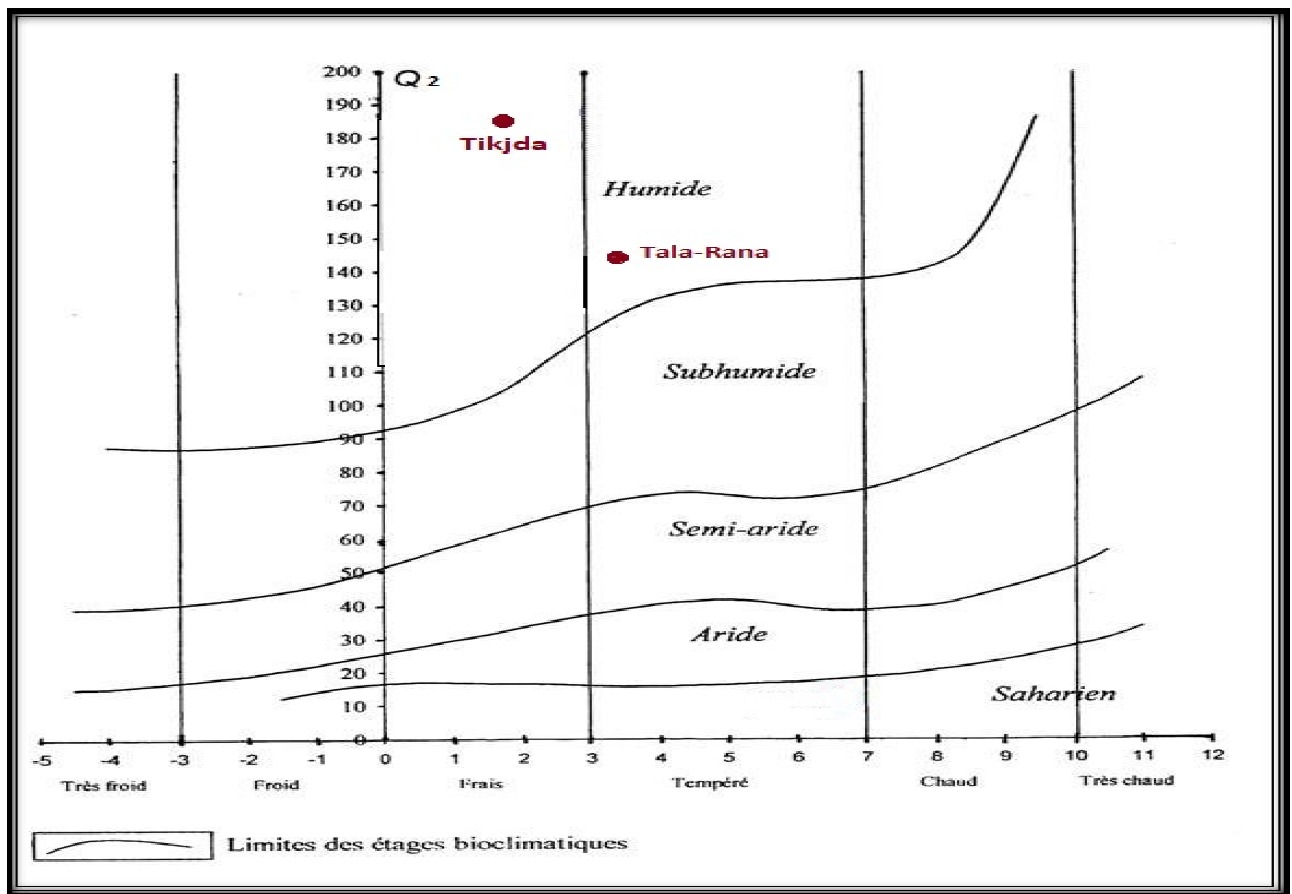


Figure 18: Situation des stations d'étude dans le climagramme d'Emberger.

I-3-5-Autres facteurs :

I-3-5-1-La neige :

Selon Abdesselam (1995) la neige tombe sur le massif du Djurdjura d'Octobre à Mai, avec une moyenne de 32 jours de chute par an et elle persiste sur les sommets durant quatre mois. Quezel (1957) note aussi que l'intensité des précipitations sur cette chaîne détermine souvent des épaisseurs de neige considérables, atteignant parfois 4 mètres, avec persistance de trous à neige durant toute l'année.

I-3-5-2-Le vent :

Le vent est particulièrement actif dans le Djurdjura. L'orientation Est-Ouest du Djurdjura l'expose aux vents chargés d'humidité du Nord et aux vents chauds du Sud. Le premier souffle en automne et en hiver, il est porteur d'humidité et de neige. Le second, appelé communément Sirocco, souffle dès la fin du printemps et durant l'été accentuant ainsi le dessèchement du sol et l'évapotranspiration des végétaux (Benmouffok, 1994).

La vitesse moyenne du vent sur le versant Nord-Ouest du Djurdjura (Tala-Guilef), est supérieure à celle des versants Sud et Nord-Est. Elle est de 1,5 m/s à 3 m/s, et peut dépasser 20 m/s au niveau des crêtes et des sommets (Anonyme, 1970 in Krouchi 2010).

I-3-5-3-Les gelées :

Les gelées et les grêles fréquentes sont néfastes pour la végétation, dont elle détruit les bourgeons et les fleurs, Selon (Boutemine, 1987) la période de gel à Tikejda est de 115 à 145 jours par an, Le nombre de jours de grêle au Djurdjura dépasse 06 jours/an (Abdesselam, 1995).

I-3-5-4-Humidité de l'air :

Généralement, dans la région du Djurdjura, à cause des basses températures, l'humidité relative est plus importante au niveau des hauteurs les plus élevées (Technoexportstroy, 1970 in Krouchi 2010).

Sur le versant Nord, l'atmosphère demeure en tout temps humide même en été, avec la remontée de l'air chaud dans les dépressions chargées de vapeur d'eau. L'humidité relative enregistrée sous abri en altitude est supérieure à 65 % et moins de 50 % en été, elle est rarement en dessous de 25 % (Abdesselam, 1995). Le Sud du Djurdjura reçoit des masses d'air froides ou chaudes mais souvent sèches, l'humidité relative de l'air est constamment inférieur à 50%.

Chapitre III :

Méthodologie

I-Matériel et méthode :

I-1 Description de la plantation :

Le reboisement de Pin Noir a été réalisé sur deux stations, Tikjda à 1432 m d'altitude et Tala-Rana à 1230 m d'altitude. La semence de Pin Noir a l'origine du reboisement a été récolté dans le peuplement de Tigounatine par les agents du Parc National du Djurdjura.

D'après les données de l'INRF d'azzazga (communication personnelle), le terreau utilisé pour semer les graines de Pin Noir est issu des premiers horizons d'une futaie de chêne zeen. Les graines sont suivies d'un arrosage jusqu'à la germination. Les semis ont séjournés en moyenne 01 année en pépinière (sauf pour ceux de la station de Tala-Rana (Dec 2012), qui ont passé seulement 09 mois en pépinière). Après germination, les plants sont acheminés sur leur lieu de plantation, et sont mis en terre dans des potets de 30x30 cm et espacés en moyenne de 150 cm (Djema. A et al ,2018).

Pour la superficie des parcelles, elle varie d'une station à une autre:

- Pour la station de Tikjda, 600m² réalisé en avril 2014.

Pour Tala-Rana, la station est divisée en trois parcelles, selon l'année et le mois de plantation :

- La station réalisée en février 2014 on a **800m²** (8 Ares).
- La station réalisée en mars 2012 on a **500m²** (5 Ares).
- La station réalisée en décembre 2012 on a **250m²** (2,5 Ares).



Figure 19 : stations d'études et exemple de plants étudiant (Begriche et Ouyed ,2020)

I-2-Méthode de travail :

Notre étude a concerné deux stations de reboisement de Pin Noir, situées dans le parc national du Djurdjura à savoir, la station de Tikjda qui est une plantation réalisée en (avril 2014) et la station de Tala-Rana, dont la réalisation a été effectuée en trois phases ; plantation de (Mars 2012), (Décembre 2012) et (Février 2014).

Notre travail est scindé en deux volets le premier consiste à la réalisation de l'inventaire exhaustif du nombre de plants, en utilisant la méthode d'échantillonnage pied par pied qui a concerné tous les plants des stations étudiées. Ainsi que le calcul du taux de réussite des reboisements réalisés, en comparant le nombre de plants réalisés à l'origine, et le nombre de plants restant, ou nous avons soustrait le nombre de plants inventorier (381 plants) au nombre de plants original (526 plants).

Le deuxième volet consiste en des mesures dendrométriques (diamètre, hauteur totale, hauteur de l'hypocotyle, hauteur du houppier, accroissement annuel stérile et feuillé, longueur et largeur des aiguilles), le prélèvement d'une dizaine d'échantillons d'aiguilles par arbres, par une méthode d'échantillonnage subjective, où on a prélevé les aiguilles sur différentes parties du plant (le bas, le milieu et le sommet des plants), et enfin on a effectué un relevé floristique des différentes espèces du sous-bois avoisinant les plants du pin noir et mesurer la distance les séparant, or on a relevé la présence de plusieurs espèces, d'arbre, arbuste, et buissons, à des distances variable des plants de Pin Noir, où nous avons calculé la distance moyenne par station ; à Tikjda (53.25cm), TR (dec 2012) (40.63cm), TR (mars 2014) (52.5 cm) et TR (fev 2014) (39.04cm), et ou nous avons noté la présences des espèces suivantes : Eglantier, inule, châtaignier, cognassier, ronce, figuier, vigne, merisier, cytise, genêt, orme, aubépine, chêne vert etc.

Nous avons aussi rapporté les facteurs stationnelles des différentes stations d'études par le moyen de recherches bibliographique, ou nous avons relevé le pH (8.2 pour Tikjda, 7.4 pour Tala-Rana) (Meddour et Smail 2015), et selon (Hedjam 2019), l'altitude (1400 a 1700m à Tikjda et 1280 a 1525m a Tala-Rana), exposition Sud, et la pente a était estimé a moins de 5% (or les sites choisi pour les reboisements son quasiment plats).

I-2-1-Travail sur le terrain :

Un relevé dendrométrique a été effectué, en mesurant le diamètre au collet, la hauteur total, la hauteur de l'hypocotyle, la hauteur du houppier, l'accroissement annuelle de la partie stérile et de la partie feuillée, sur l'ensemble des plans et dans les différentes stations, suivant un échantillonnage exhaustif (pied/pied) (Figure 20).

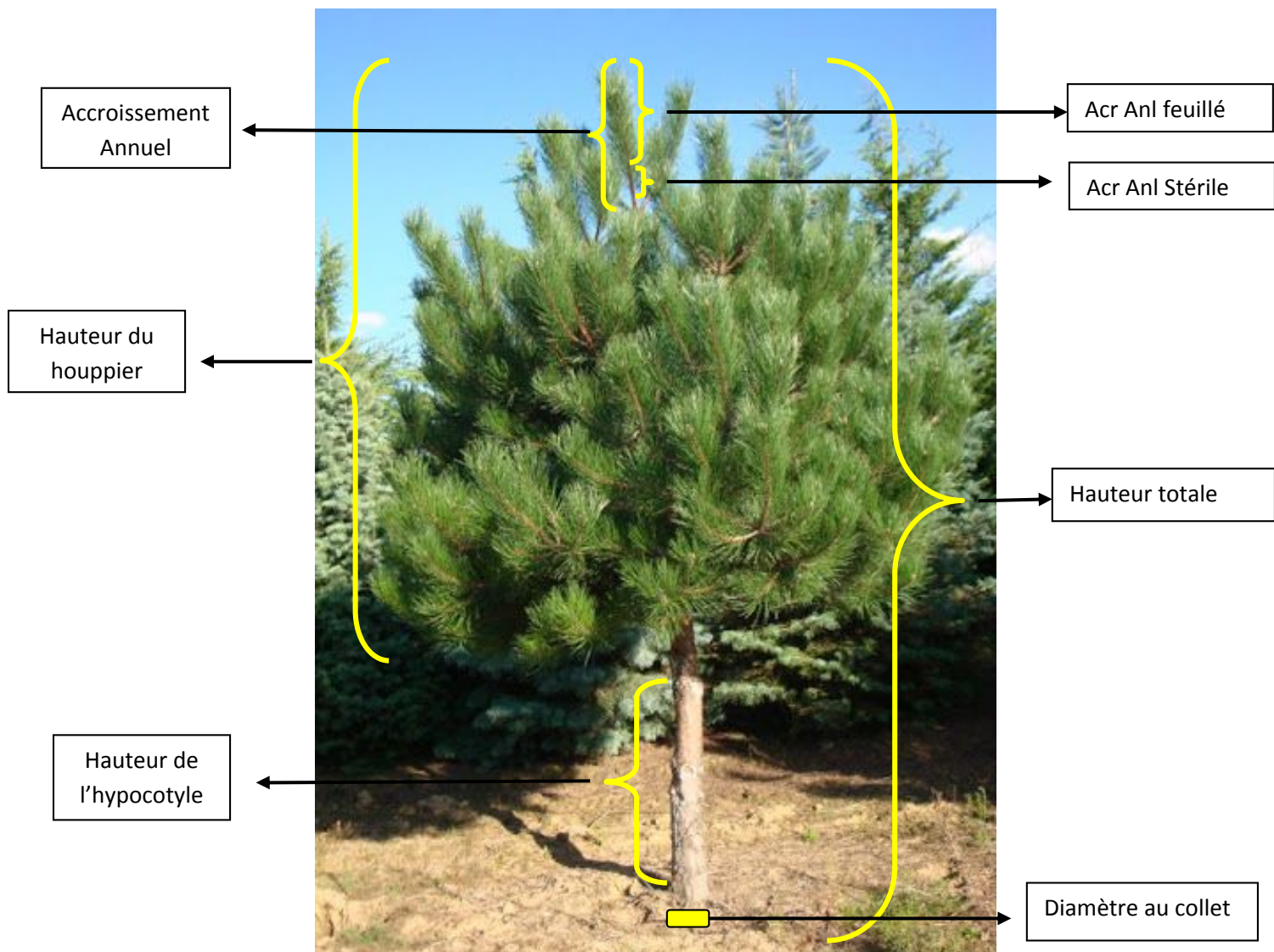


Figure 20 : Schéma représentant les mesures effectuées sur les plants du Pin noir (Begrliche et Ouyed,2020)

Pour effectuer les différentes mesures sur terrain nous avons utilisé le matériel suivant (Figure 21) :

- Pied à coulisse électronique pour mesurer les diamètres, et la dimension des aiguilles.
- Mètre ruban pour les hauteurs.
- Perche graduée pour les hauteurs dépassant les 02 mètres.
- Etiquettes pour marquer les plans mesurés.



Figure 21 : Matériel utilisé pour effectuer notre travail (Begrache et Ouyed ,2020)

I-3-Mesures dendrométriques :

L'ensemble des arbres a été numéroté à l'aide des étiquettes pour éviter le recomptage et pour une meilleure organisation du travail sur le terrain.

I-3-1-Mesure de la hauteur :**I-3-1-1-Hauteur totale :**

La hauteur totale de l'arbre est définie comme étant la distance comprise entre le pied et le sommet de l'arbre (son bourgeon terminal). Lors de notre travail, nous avons utilisé le mètre ruban pour les plants qui ne dépassent pas les 02 mètres de hauteurs, et les grands plants ont été mesurés à l'aide d'une perche graduée.

I-3-1-2-Hauteur de l'hypocotyle :

La hauteur de l'hypocotyle de l'arbre est définie comme étant la distance entre la base (le collet) de l'arbre jusqu'aux premières branches ou cicatrices des premières branches. Cette hauteur a été mesurée pour tous les plants à l'aide du mètre ruban.

I-3-1-3-Hauteur du houppier :

La hauteur du houppier est la hauteur qui s'étend du premier verticille jusqu'au bourgeon terminal, cette hauteur a été mesurée avec un mètre ruban pour les plants de moins de deux mètres et avec la perche graduée pour les plants dépassants 02 mètres.

I-3-1-4-L'accroissement total annuel de la hauteur :

La partie stérile : La partie stérile est l'une des parties de l'accroissement total annuel, c'est une partie qui est caractérisée par des écailles stériles, la hauteur de cette partie a été mesurée à l'aide du mètre ruban pour tous les plants à l'exception des plants dépassants les deux mètres.

La partie feuillée : Cette partie est divisée en deux (pseudophylles et brachyblaste) contrairement à la partie stérile, les écailles de cette partie portent des aiguilles. La mesure de la hauteur de cette partie a été effectuée à l'aide du mètre ruban.

I-3-2-Diamètre au collet :

Le diamètre des plants est la variable mesurée à l'aide d'un pied à coulisse électronique pour chaque plant de toutes les stations. Les mesures de diamètre ont été prises au collet des plants, qui est la partie séparant la tige et les racines. Il s'agit de la zone de transition entre le système racinaire et la tige feuillée.

I-3-3-Longueur et largeur des aiguilles :

La longueur et la largeur des aiguilles ont été mesurées à l'aide du pied à coulisse électronique.

I-3-4- Ratio de robustesse :

Il est calculé par le rapport diamètre (mm)/ hauteur totale (cm), il nous renseigne sur la robustesse du plant.

I-4 Traitement statistique des paramètres :

L'analyse des mesures dendrométriques effectuées sur les plants s'est faite à l'aide des logiciels suivant : STATE BOX, Programme R et MICROSOFT OFFICE EXCEL ;

- **Microsoft Excel et Excel stat :** est un logiciel tableur. Le logiciel Excel intègre des fonctions de calcul numérique, de représentation graphique, d'analyse de données et de programmation, avec lequel on a effectué les statistiques descriptives pour l'analyse des paramètres dendrométriques.
- **State Box :** est un logiciel d'analyse et de traitement statistique qui enrichit les capacités analytiques d'Excel. Il facilite le traitement des données. Il permet d'analyser un nombre important de dispositifs expérimentaux. Ce logiciel nous a permis de réaliser l'ACP dans l'objectif de séparer les différents groupes de plant.
- **Programme R :** est à la fois un logiciel de statistique et un langage de programmation, le R est un logiciel de traitement statistique des données. Il fonctionne sous la forme d'un interpréteur de commandes. Avec lequel on a calculé l'ANOVA pour pouvoir comparer les paramètres dendrométriques entre les différentes stations et de faire ressortir les groupes homogènes.

Chapitre IV :

Résultats et discussions

I- résultats :

I-1-Effectif des plants et taux de réussite:

Le comptage exhaustif des plants de pin noire qui se sont maintenus après 8 et 6 ans après plantation, a permis de constater un gain d'effectif du patrimoine du PND en plants de *Pinus nigra* sbsp *mauritanica* de **381** arbustes. Au niveau du reboisement de Tala-Rana réalisé en (Décembre 2012), nous avons enregistré le plus grand nombre de plants réussi avec un effectif de **48/56** sujets, la plantation de Tala-Rana (Mars 2012) a présenté **69/120** sujets, Tala-Rana (Février 2014) a enregistré **171/200** sujets après une durée de 6 ans et la station de Tikjda de(2014) avec **93/150** plants (figure22).

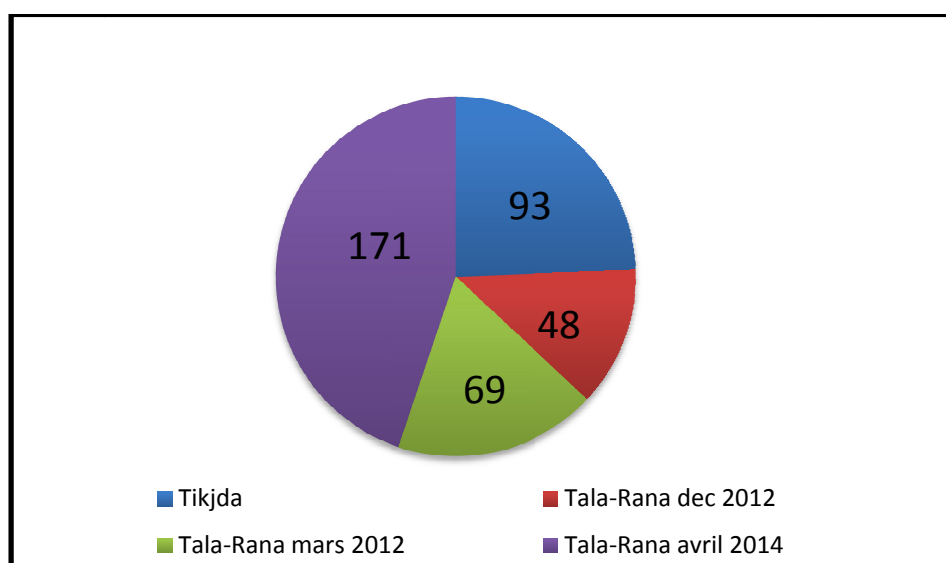


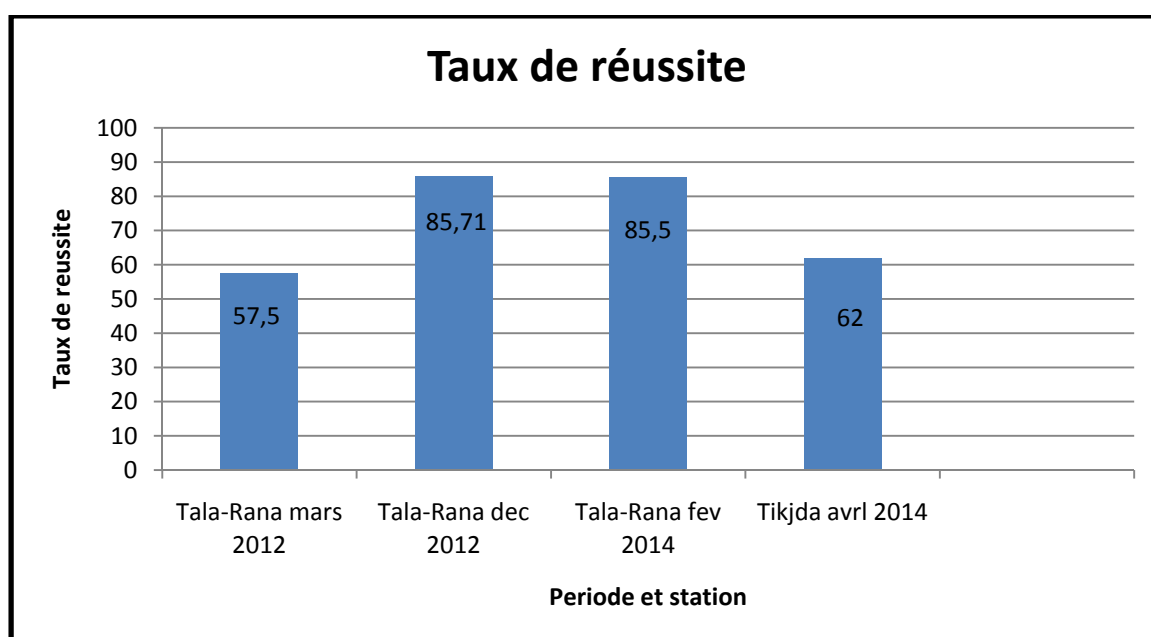
Figure22: Effectifs des plants vivants de pin noir par reboisement

Selon le tableau 09 qui synthétise les différents inventaires réalisés sur les mêmes stations par différents auteurs à savoir l'inventaire effectué en 2017 par l'INRF d'Azazga, (Responsables et initiateurs des plantations et de leur suivie), et celui de Lekadir(2018) et en comparaison au chiffres enregistrés lors de notre inventaire effectué en 2020 pour les différentes stations.

D'après les résultats du tableau n°09 et de l'histogramme figure 23, on constate que la station de Tala-Rana (décembre 2012) présente le taux de réussite le plus élevé avec un taux de **85.71%**, suivi par la plantation de la station de Tala-Rana réalisée en (février 2014) avec **85.5%**. Par ailleurs, nous avons relevé le taux de réussite le plus faible avec **57.5%** que la station de Tala-Rana (mars 2012) possède, qui n'est pas loin de celui de la station de Tikjda (Avril 2014) qui est de **62%**.

Tableau 09 : Tableau comparatif des inventaires de plantation de Pin noir dans la Parc National du Djurdjura.

| Date de plantation | Nombre de plants d'origine | Inv.mars 2017 (INRF) | Inv.2018 (Lekadir) | Inv.2020 Begriche et Ouyed | Taux de réussite |
|--------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|----------------------------|------------------|
| Tikjda 2014 | 150 | 88 | 78 | 93 | 62 % |
| T.R dec 2012 | 56 | 48 | 27 | 48 | 85.71 % |
| T.R mars 2012 | 120 | 78 | 81 | 69 | 57.5 % |
| T.R fev 2014 | 200 | 179 | 165 | 171 | 85.5 % |

**Figure 23** : Taux de réussite des plantations de *Pinus nigra* dans la Parc national de Djurdjura.

D'après les données de notre inventaire pour l'année 2020, et en comparaison avec les inventaires de l'INRF 2017 et de Lekadir 2018 (Tableau 09), nous avons noté que :

Pour la plantation de la station de Tala-Rana (Décembre 2012), 100% des plants soit 48 sujets inventoriés en 2017 par les agents de l'INRF se sont maintenus.

Pour la plantation de Tala-Rana (Mars 2012), il semble que 69 plants ont survécu depuis l'inventaire de l'INRF 2017 qui a enregistré 78 sujets, une régression de 9 individus est à déplorer.

Dans la plantation de la station de Tikjda (Avril 2014), nous avons recensé 93 plants, contre 88 plants inventoriés par les agents de l'INRF en 2017.

Enfin pour la station de Tala-Rana (février 2014), 171 plants sur 179 se sont maintenus par rapport à l'inventaire de l'INRF 2017 soit une perte de 8 sujets en 3ans.

Les résultats rapportés par Lekadir (2018), sont inférieurs à ceux obtenus lors de notre inventaire pour les différentes plantations.

I-2-Analyse des paramètres dendrométriques :

L'analyse descriptive des variables dendrométriques mesurées du Pin noir (Diamètre au collet, hauteur totale, hauteur de l'hypocotyle, hauteur du houppier, accroissement annuelle stérile, accroissement annuelle feuillé), ainsi que le Ratio de robustesse et l'accroissement mensuel sont représentés dans les tableaux, 10, 11, 12 et 13.

D'après l'analyse des données du Tableau n° 10 de la station de Tala-Rana (mars 2012) on constate que cette station est homogène sur l'ensemble des paramètres dendrométriques, avec un coefficient de variation autour de **35%** à l'exemple des paramètres Diamètre au collet **25%** et Hauteur totale **43%**, avec une légère dominance des petites valeurs pour l'ensemble des paramètres. A l'exception des accroissements annuels stériles et feuillés qui présentent une légère hétérogénéité avec des coefficients de variation de **45%** et **49%**.

Tableau 10 : Statistiques descriptives de la station de Tala-Rana (mars 2012).

| Station Tala-Rana mars 2012 | | | | | |
|-----------------------------|--------|-------|-------|------|------|
| V | M | ET | CD | CA | CV |
| DC | 68,91 | 17,76 | -0,07 | 2,27 | 0,25 |
| HT | 156,12 | 52,34 | 0,42 | 3,10 | 0,33 |
| H Hypo | 38,61 | 16,92 | 0,13 | 2,72 | 0,43 |
| H Houpp | 115,98 | 41,35 | 0,56 | 3,20 | 0,35 |
| Acr Anl S | 8,42 | 3,87 | 1,34 | 5,78 | 0,45 |
| Acr Anl F | 24,06 | 11,88 | 0,21 | 1,81 | 0,49 |
| L Aig | 103,46 | 16,80 | -0,18 | 2,89 | 0,16 |
| l Aig | 1,06 | 0,11 | -0,04 | 4,57 | 0,10 |
| RR | 2,23 | 0,32 | 0,12 | 3,25 | 0,14 |
| Acr mens | 0,65 | 0,16 | -0,07 | 2,27 | 0,25 |

L'analyse des données du tableau n° 11 montre que la plantation de la station de Tala-Rana (décembre 2012) présentent des caractéristiques homogène pour la variable Diamètre au collet et , Hauteur totale, de l'hypocotyle et du Houppier, largeur des aiguilles ,Ratio de Robustesse et Accroissement mensuel avec des coefficients de variations **inférieur à 35%**

Pour les variables dendrométriques mesurées hétérogènes sont les accroissements annuels stériles et feuillés avec un coefficient de variation dépassent 50%, et des valeurs élevées importante pour les accroissements annuels stériles, ainsi que la longueur des aiguilles avec un coefficient de variation dépassant les 200% et les valeurs élevées plus sont fréquentes.

Tableau 11 : Statistiques descriptives de la station de Tala-Rana (décembre 2012)

| Station Tala-Rana Déc. 2012 | | | | | |
|-----------------------------|--------|--------|---------|-------|------|
| V | M | ET | CD | CA | CV |
| DC | 79.67 | 21.61 | -0.51 | 2.71 | 0.27 |
| HT | 190.3 | 72.77 | 0.31 | 3.06 | 0.38 |
| H Hypo | 27.55 | 9.43 | 0.17 | 2.80 | 0.34 |
| H Houpp | 163.31 | 66.82 | 0.46 | 3.35 | 0.40 |
| Acr Anl S | 7.52 | 5.21 | 3.63 | 22.74 | 0.69 |
| Acr Anl F | 22.21 | 11.66 | 0.38 | 2.23 | 0.52 |
| L Aig | 128.45 | 275.73 | 8.08 | 66.62 | 2.14 |
| l Aig | 1.02 | 0.02 | 2.31 | 15.22 | 0.16 |
| RR | 2.34 | 0.47 | -0.0019 | 2.44 | 0.20 |
| Acr mens | 0.73 | 0.20 | -0.51 | 2.71 | 0.27 |

A l'exception de l'accroissement annuel de la partie feuillé et la longueur des aiguilles qui sont hétérogènes avec un coefficient de variation dépassant les 50% et des valeurs élevées plus fréquentes. Les données du tableau n° 12 montrent que les plants du reboisement de Tala-Rana (février 2014) ont présentés des caractéristiques homogènes de croissance homogènes avec un coefficient de variation inférieur à 35% pour le Diamètre au collet, Hauteur totale, Hauteur du houppier, Accroissement annuel de la partie stérile, Largeur des aiguilles, Ratio de robustesse et Accroissement mensuel.

L'analyse des paramètres dendrométriques des différentes stations montre une homogénéité pour la plupart des paramètres et un coefficient de variation dépassant rarement 35%.

L'homogénéité des plants évoque des peuplements artificiels au niveau des quatre stations étudiées. Les plants utilisés pour les reboisements sont de provenance de Tigounatine (l'effet génétique éliminé) et sont élevés dans les mêmes conditions en pépinière de l'INRF d'Azazga.

Tableau 12 : Statistiques descriptives de la station de Tala-Rana (Février 2014)

| Station Tala-Rana Février 2014 | | | | | |
|--------------------------------|--------|-------|-------|--------|-------------|
| V | M | ET | CD | CA | CV |
| DC | 62,84 | 17,22 | -0,06 | 3,08 | 0,27 |
| HT | 160,58 | 42,76 | 0,05 | 3,64 | 0,26 |
| H Hypo | 10,56 | 6,53 | 1,99 | 9,33 | 0,61 |
| H Houpp | 150,91 | 44,41 | 0,36 | 3,66 | 0,29 |
| Acr Anl S | 8,32 | 2,62 | 0,13 | 2,69 | 0,31 |
| Acr Anl F | 17,63 | 9,76 | 1,18 | 4,74 | 0,55 |
| L Aig | 101,48 | 64,99 | 11,35 | 138,67 | 0,64 |
| l Aig | 1,17 | 0,10 | 0,07 | 2,72 | 0,09 |
| RR | 2,63 | 0,58 | 1,26 | 10,94 | 0,22 |
| Acr mens | 0,74 | 0,20 | -0,06 | 3,08 | 0,27 |

D'après les données du tableau n° 13 de la station de Tikjda, nous constatons que le peuplement artificiel est homogène pour les variables H Totale, H houppier, Ratio de robustesse avec un coefficient de variation $\leq 37\%$. L'Accroissements mensuel, pour la plupart des paramètres dendrométriques (**40%**), et un Diamètre au collet avec une variation de **40%**, et une Hauteur totale de **37%** de variation avec des valeurs élevées plus fréquente que les petites valeurs par rapport à la moyenne révélé par le coefficient de dissymétrie négatif de **-0.51**.

Pour le reste des paramètres dendrométriques (les accroissements annuels stériles et feuillés, la longueur et la largeur des aiguilles), ils sont hétérogène avec un coefficient de variation dépassant les **35%**, à l'exemple des accroissements stériles et feuillés qui sont proche de **50%**, avec des valeurs élevées plus fréquentes, et la longueur et la largeur des aiguilles où le coefficient de variation dépasse les **60%** avec une dominance des valeurs élevées pour le paramètre largeur des aiguilles avec un $Cd=8.7541$ et des petites valeurs par rapport à la moyenne 128.4527 avec un $Cd= -0.4662$ pour la longueur des aiguilles.

Tableau 13 : Statistiques descriptives des variables mesurées des plants de Pin noir de la station de (Tikjda avril 2014)

| Station Tikjda | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|------|
| V | M | ET | CD | CA | CV |
| DC | 30.78 | 12.56 | 0.34 | 3.03 | 0.40 |
| HT | 83.08 | 30.83 | 0.77 | 3.66 | 0.37 |
| H Hyp | 21.66 | 14.43 | 0.68 | 2.35 | 0.66 |
| H Houpp | 67.04 | 25.07 | 0.23 | 2.73 | 0.37 |
| Acr Anl S | 4.58 | 2.17 | 1.03 | 4.15 | 0.47 |
| Acr Anl F | 9.80 | 4.87 | 0.74 | 3.06 | 0.49 |
| L Aig | 90.42 | 19.07 | -0.46 | 3.55 | 0.65 |
| l Aig | 0.98 | 0.96 | 8.75 | 80.88 | 0.97 |
| RR | 2.83 | 0.59 | 1.21 | 5.42 | 0.21 |
| Acr mens | 0.36 | 0.14 | 0.34 | 3.03 | 0.40 |

Par ailleurs, les résultats de l'ANOVA (Tableau 14), réalisé pour les variables dendrométriques et de croissance permet d'attester de la présence de différence significative entre toute les variables de croissance mesurées entre les quatre stations sauf pour les caractéristiques Hauteur du houppier, Accroissement annuel de la partie stérile, Largeur des aiguilles, Ratio de robustesse des deux plantations de Tala-Rana qui n'ont pas présenté de différence significative.

Or concernant, les variables D collet, Hauteur totale et de l'hypocotyle, Accroissement mensuel, trois groupes homogènes sont distingués avec des différences très hautement significative ($p=0$) pour la majorité des paramètres des différentes plantations. Le groupe (a) représente les plants de la station de Tikjda réalisé en Avril 2014 dont les paramètres de croissance sont les plus faible, le groupe (b) avec des caractéristiques intermédiaires représentant la plantation de Tala-Rana (Décembre 2012), et enfin le groupe (c) englobant les plants de la station de Tala-Rana (Mars 2012) avec les caractéristiques les plus importantes.

Il est vrai que l'année de plantation (2012, 2014) a un effet sur les paramètres de croissance (diamètre au collet, hauteur totale et du houppier) liés à l'âge, mais n'explique nullement les différences des variables de croissance (L et l des aiguilles, Hauteur de l'hypocotyle, Accroissement annuel stérile et fertile et les accroissement mensuelle calculé) liées à l'année de la réalisation des mesures 2020. Par ailleurs, les différents facteurs stationnels sont également, ceux qui influencent positivement ou négativement sur le développement des plants dans les différentes stations.

Diamètre au collet : la station de Tala-Rana (Mars 2012) présente le diamètre moyen le plus élevé avec $D=79.67$ mm, et la station de Tala-Rana (décembre 2012) marque le diamètre moyen le plus faible avec $D= 30.78$ mm, et le diamètre moyen de la station de Tala-Rana (février 2014) d'une valeur de $D=62.84$ mm est supérieur à celui de la station de Tikjda (avril 2014) (**30.78mm**).

Hauteur totale : la station de Tala-Rana (mars 2012) présente la Hauteur totale moyenne la plus élevée avec une valeur de **190.30cm** alors que la station de Tala-Rana (décembre 2012) présente la hauteur totale moyenne la plus faible avec (**156,12cm**) et pour l'année 2014 la hauteur moyenne totale de la station de Tala-Rana (**160,58cm**) est plus importante que celle de Tikjda (**83,08cm**).

Hauteur de l'hypocotyle : la hauteur moyenne de l'hypocotyle de la station de Tala-Rana (mars 2012) (**26.69cm**) est plus importante que celle de Tala-Rana (décembre 2012) (**21.33cm**), alors que pour les plants de 2014, la moyenne de la station de Tikjda (**20.43cm**) est supérieure à celle de Tala-Rana (**10,56cm**).

Hauteur du houppier : la station Tala-Rana (mars 2012) présente la hauteur moyenne du houppier la plus importante avec (**Hhp=163.31cm**) que celle de Tala-Rana (décembre 2012) (**Hhp=115,98cm**) et la hauteur moyenne du houppier de la station de Tala-Rana (2014) (**Hhp=150.91cm**) est plus élevée que la moyenne de Tikjda (Avril 2014) (**Hhp=67.04cm**)

Accroissement annuel feuillé : la station de Tala-Rana (décembre 2012) présente la moyenne d'accroissement annuel feuillé la plus élevée avec (**Ac= 23.54 cm**), et la station de Tala-Rana (mars 2012) la moyenne d'accroissement annuel feuillé la plus faible avec (**Acr= 22.45 cm**) et pour la moyenne de l'accroissement annuel feuillé des stations de 2014, celle de Tala-Rana (**18.09cm**) est supérieur a celle de Tikjda (**9.80cm**)

Accroissement annuel stérile : la station de Tala-Rana (mars 2012) présente la moyenne d'accroissement annuel stérile la plus importante avec (**7.70 cm**), et la station de Tala-Rana (décembre 2012) la moyenne d'accroissement annuel stérile la moins importante avec (**Acr=7.34cm**), alors que la moyenne de la station de Tala-Rana (février 2014) (**8.31cm**) est plus élevée que celle de Tikjda (Avril 2014) (**4.58cm**)

Longueur des aiguilles : la moyenne de la longueur des aiguilles est plus importante dans la station de Tala-Rana (décembre 2012) avec **(102.58mm)** et la moins importante dans la station de Tala-Rana (mars 2012) avec **(96.25 mm)**. Tandis que celle de la station Tala-Rana (2014) **(101.66mm)** est plus élevée que celle de Tikjda (avril 2014) **(89.40mm)**

Largeur des aiguilles : la moyenne de la largeur des aiguilles est plus importante dans la station de Tala-Rana (décembre 2012) avec **(1.06 mm)**, et la moins importante dans la station de Tala-Rana (Mars 2012) avec **(1.01mm)** et celle de Tala-Rana (2014) **(1.16mm)** est plus élevée de celle de Tikjda (avril 2014) **(0.98mm)**

Ratio de robustesse : la station de Tala-Rana (mars 2012) présente le ratio de robustesse moyen le plus élevé avec **(2.34)** et la station de Tala-Rana (décembre 2012) le ratio de robustesse le plus bas avec **(2.23)** et le ratio de robustesse moyen de la station de Tikjda **(2.83)** est plus élevé que celui de Tala-Rana (février 2014) **(2.63)**

Accroissement mensuel : la moyenne des accroissements mensuels est plus élevée dans la station de Tala-Rana (Mars 2012) avec **(0.73)** et la plus faible dans la station de Tala-Rana (décembre 2012) avec **(0.65)** et la moyenne des accroissements mensuels de la station de Tala-Rana (Février 2014) **(0.74)** est supérieur a celle Tikjda (Avril 2014) **(0.36)**.

Tableau 14: Résultat de l'analyse de la variance ANOVA des paramètres dendrométriques des plantations de pin noir au niveau des stations.

| | Tala-Rana Mars 2012 | Tala-Rana Décembre 2012 | Tala-Rana Février 2014 | Tikjda Avril 2014 | Probabilité |
|-----------|------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|-------------|
| DC | 79,67±21,61 c | 68,91±17,76 b | 62,84±17,22 b | 30,78±12,56 a | *** |
| HT | 190,30±72,77 c | 156,12±52,34 b | 160,58±42,76 b | 83,08±30,83 a | *** |
| H hypo | 26.69±8.62 c | 21.33±13.88 bc | 10,56±6,53 a | 20.43±13.73 b | *** |
| H houp | 163,31±66,82 c | 115,98±41,35 b | 150,91±44,41 c | 67,04±25,07 a | *** |
| Acr anl F | 22,45±11,16 c | 23,54±13,01 c | 18,09±9,86 b | 9,80±4,87 a | *** |
| Acr anl S | 7,70±5,60 b | 7,34±3,50 b | 8,51±2,79 b | 4,58±2,17 a | *** |
| l aig | 1,01±0,20 ab | 1,06±0,12 ab | 1,16±0,10 b | 0,98±1,00 a | * |
| L aig | 96,25±15,01 ab | 102.58±16.46 ab | 101,66±63,36 ab | 89,40±18,87 a | * |
| RR | 2,34±0,47 a | 2,23±0,32 a | 2,63±0,58 b | 2,83±0,59 c | *** |
| Acr Mens | 0,73±0,19 bc | 0,65±0,16 b | 0,74±0,20 c | 0,36±0,14 a | *** |

I-3- Analyse en composante principale(ACP) :

L'analyse en composantes principales (ACP) a porté sur la totalité des paramètres dendrométriques de l'ensemble des arbres des différentes stations, influencé par les facteurs écologiques situationnels.

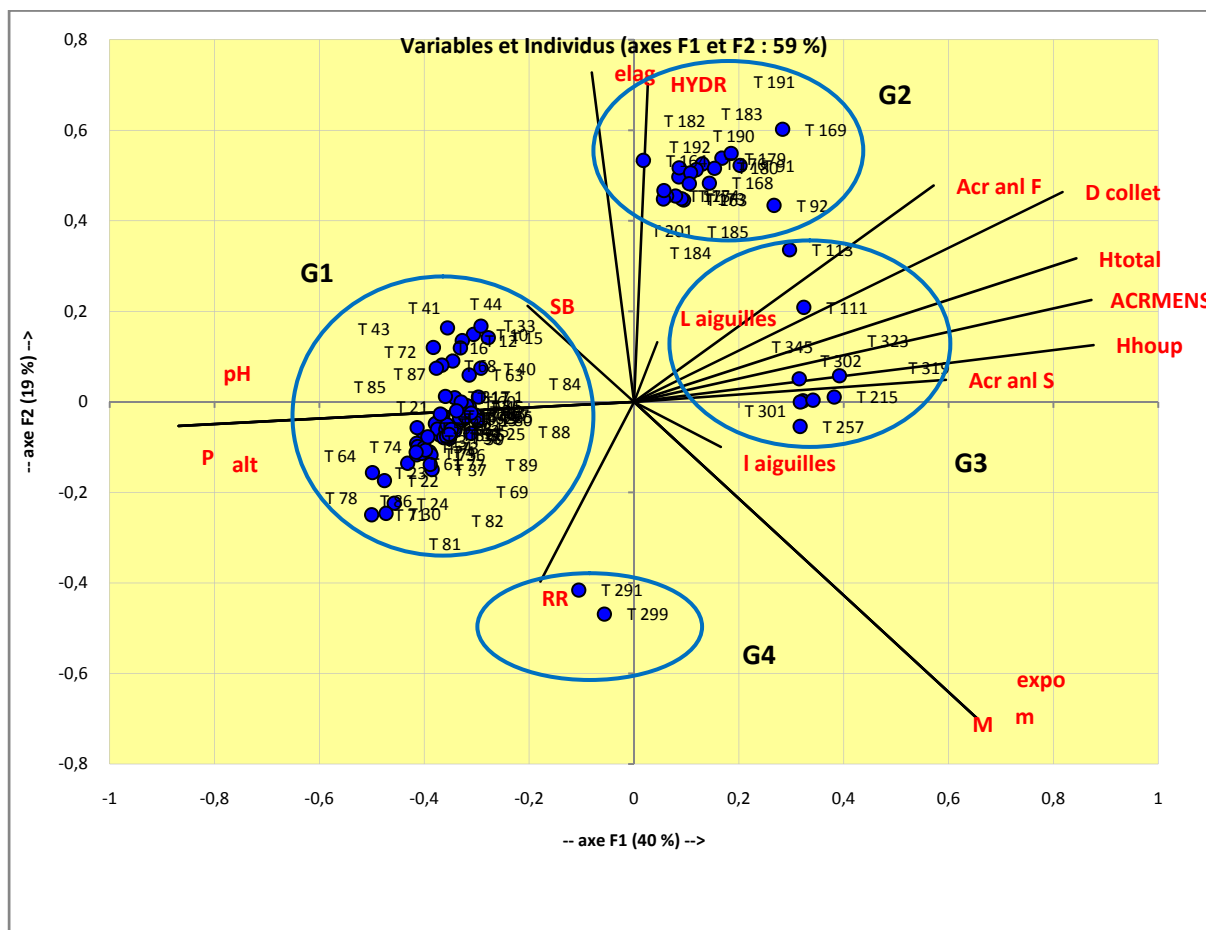


Figure 24 : Projection des variables et stations sur le cercle de corrélation.

Les résultats de cette analyse montrent d'une part, que le plan principal formé par les deux premiers axes, contribue pour 59% à l'inertie totale. Ainsi l'axe1 reproduit à lui seul 40% de cette variance, alors que l'axe2 participe avec 19%.

La dispersion des plants dans la matrice de corrélation nous a permis de distinguer 04 groupes (Figure 24) :

G1 : ce groupe est constitué de plants influencé par les facteurs écologiques et stationnels (altitude, précipitation et le pH du sol) a l'exemple des sujets T43, T85, T78, T 81, T69, T40...où la majorité de ces plants sont issus de la plantation de Tikjda.

G2 : est formé de sujets influencés par l'hydromorphie et les élagages, il est constitué principalement par les sujets de la station de Tala-Rana (décembre 2012), a l'exemple de T191, T169, T190, T168, T185, T192....

G3 : ce groupe est composé des meilleurs plants avec les paramètres dendrométriques (diamètre au collet, hauteur totale, hauteur du houppier, accroissement annuel de la partie stérile et feuillé, longueur et largeur des aiguilles) et les accroissements mensuels les plus appréciés, ils sont peu nombreux ; T111, T113, T215, T257, T301, T319, T323, T345, et on les trouve dans les stations de Tala-Rana (mars 2012) et (février 2014).

G4 : ce groupe est composé de deux plants qui s'isolent de la totalité des individus des plantations (T291, T299) et caractérisés par un Ratio de Robustesse très élevé indiquant la fragilité de ces derniers.

I-4- Corrélation entre les différentes variables :

Dans le but d'étudier la relation entre les variables et les facteurs stationnels et leurs effets sur le comportement des plants, nous avons initié le calcul d'une matrice de corrélation, des variables : D au collet, H totale, H houppier, Acr Anl F, Acr Anl S, L aiguilles, l aiguilles, RR et AcrMens. L'analyse de la matrice de corrélation (Tableau n°15 en annexe) nous a permis de faire ressortir :

- Une corrélation significative mais négative entre toutes les variables et l'altitude mis à part les deux variables (largeur des aiguilles et le ratio de robustesse).
- Une corrélation non significative négative entre toutes les variables et le sous-bois à l'exception de la hauteur du houppier et l'accroissement mensuel.
- Une corrélation significative négative entre toutes les variables et les précipitations et le pH sauf pour les facteurs longueur des aiguilles et le ratio de robustesse.

- Une corrélation significative positive entre toutes les variables et les Minima, les Maxima, l'exposition, à l'exception de l'accroissement annuel de la partie feuillée et la longueur des aiguilles.
- Une corrélation significative positive entre les variables (D au collet, accroissement annuel de la partie feuillée et longueur des aiguilles) et l'hydromorphie et une corrélation significative mais négative entre cette dernière et le ratio de robustesse.
- Une corrélation significative positive entre les variables (D au collet, hauteur totale accroissement annuel de la partie feuillée et longueur des aiguilles) et les élagages et une corrélation significative mais négative avec le ratio de robustesse.

II- Discussion des résultats :

Dans cette étude nous avons inventorié, au total, 378 (plus 03 inaccessible) plants de pin noir (*Pinus nigra Arnold sbsp mauretunica*), repartis sur les 04 stations Tikjda (avril 2014), Tala-Rana (décembre 2012), Tala-Rana (mars 2012), et Tala-Rana (février 2014) du Parc National du Djurdjura.

Après analyse des données récoltées sur le terrain, et en comparaison avec les données fournies par l'INRF Azazga nous avons obtenu un taux de réussite total du reboisement de Pin noir dans le Parc National du Djurdjura de **72.43%**, avec un maintien de 381 plants sur 526 plantés au départ. Cependant le taux de réussite diffère d'une station à une autre.

Nous avons constaté un écart considérable de taux de réussite entre les stations de Tala-Rana (décembre 2012) (**85.7%**) et Tala-Rana (mars 2012) (**57.5%**), et les stations de Tala-Rana (février 2014) (**85.5%**) et Tikjda (avril 2014) (**62%**).

Selon des auteurs, les plantations effectuées en hiver garantissent un maintien des plants, et un temps suffisant pour le développement et l'installation du système racinaire, ce qui contribue à une faible mortalité des plants durant la période sèche. En effet, les taux d'échecs les plus importants sont observés chez les plantations réalisées au printemps à savoir Tala-Rana (mars 2012) (**57.5%**) et Tikjda (avril 2014) (**62%**). Cet écart pourrait être expliqué par la période de plantation. Tandis que pour les reboisements effectués au printemps, nous avons observé un taux de mortalité relativement élevé. Ce constat est probablement dû à la durée plus courte qui sépare la date de plantation de la saison sèche de l'année.

Les plants sont soumis à la sécheresse précocement ne permettant point le développement d'un système racinaire résistant au stress hydrique. Selon (**Thanos et al. 1992 ; Pérez-García et al. 1995; Trabaud, 1995; Escudero et al. 1997**), les basses températures associées à des pluies d'hiver favorisent la germination de la plupart des espèces végétales au printemps, ce qui permet l'évitement de la sécheresse estivale.

Par ailleurs, des attaques de la chenille processionnaire ont été notées au niveau de la station de Tala-Rana (Mars 2012). En effet, des cocons de la processionnaires sur plusieurs sujets ont été observé lors de nos sorties, qui serait à l'origine de la fragilité des plants, induisant leurs dépérissement, et enfin il faut préciser que la clôture installée à la station de Tikjda est défailante et laisse passer le bétail, ainsi que la présence du singe magot, ce qui conduit au broutage des jeunes plants, ainsi **Ortigosa-Izquierdo (1990)** note que dans un reboisement, au bout de quelques années, des arbres meurent, pour des causes très diverses, dues aussi bien à des caractères naturels qu'à la gestion humaine. Ainsi peut-on citer le rôle du bétail et des mammifères sauvages, de certains fléaux d'insectes.

II-1- Variabilité des paramètres dendrométriques intra-population et inter-population :

L'homogénéité constaté à l'intérieur de chaque station est dû à la provenance des graines de pin noir (Tigounatine), et la période de plantation qui a été la même pour chaque station déjà signalé précédemment. Les plants sont influencés par les facteurs stationnels de la même façon dans chaque station, ce qui conditionne leurs croissances.

Par contre les analyses ANOVA et ACP, nous ont permis de constater des différences significatives entre les stations, toujours en relation avec la période de plantation et les facteurs stationnels.

La plantation de la station de Tikjda en (avril 2014) semble être la plantation influencée négativement par les facteurs écologiques par rapport aux stations de Tala-Rana. Bien que la station de Tikjda soit située à une altitude plus élevée donc plus exposée à des précipitations importantes, cependant les faibles pentes favorise l'hydromorphie et ralentit la croissance des plants craintifs de ce phénomène.

Les stations de Tala-Rana, sont caractérisées par des facteurs écologiques favorables à l'implantation et aux exigences du Pin noir, cependant nous constatons également des différences de croissance entre les plantations.

La majorité des plants de la station de Tala-Rana (décembre 2012) ont subi un élagage artificiel précoce, ce qui semble freiner leurs croissances. À cela, il faut ajouter l'effet de l'hydromorphie que nous avons constaté *in situ*, causé par le déversement du réservoir d'eau qui coule directement dans la station selon les agents et gardes forestiers du secteur de Tala-Rana. Selon **Adili (2012)**, un excès d'eau est presque toujours dommageable du fait qu'il tend à remplacer l'air du sol qui à son tour limite la respiration ou encore cause des maladies fongiques.

La plantation de Tala-Rana (février 2014), est influencées favorablement aux facteurs stationnels, et comporte une dizaine de plants qui présente les meilleures paramètres dendrométriques, avec tous de même un problème d'un sous-bois très dense ce qui limite la croissance de certains plants où nous avons relevé la présence de plusieurs espèces (Chêne vert, de Ronce, Châtaignier, Genet, etc.) En effet selon ses caractéristiques développementales et morphologiques, la végétation herbacée et arbustive interagit différemment avec les semis ligneux lors du processus de régénération selon plusieurs auteurs, par la densité de leur feuillage, certains arbustes constituent des fourrés très denses qui privent de lumière les semis qu'ils recouvrent, et entraînent leur mort, ces végétaux sont de remarquables compétiteurs pour l'eau, ainsi que pour l'azote et les éléments nutritifs (**McDonald, 1986; Collet et al. 1999; Balandier et al. 2006, Coll et al. 2003, 2004**).

La station de Tala-Rana (mars 2012), comporte moins d'élagage que la station précédente, et un problème de chenilles processionnaire, mais c'est une station qui réagit favorablement aux facteurs stationnels, avec une bonne croissance pour la majorité des plants, d'ailleurs on a constaté sur place une fructification d'une dizaine de plants.

II-2-Corrélation des paramètres dendrométriques avec les facteurs écologiques :

Le pin noir comme toute essence forestière a ses exigences écologiques qui influencent sur sa croissance et son développement. Ces facteurs écologiques influencent positivement ou négativement sur l'espèce, ce qui est le résultat de notre matrice de corrélation entre les paramètres dendrométriques et ces facteurs écologiques.

La corrélation entre le pH du sol et les paramètres dendrométriques est significative mais négative, avec des pH de (8.2) pour Tikjda et (7.4) pour Tala-Rana ce qui permet de constater que les plants du pin noir favorisent les sols acides, les variations de pH (>6.5) affectent négativement la disponibilité des éléments minéraux dans la rhizosphère, les échanges

gazeux (photosynthèse, etc), et la croissance des racines et des parties aériennes des plants forestiers (**Lamhamedi et al 2011**).

La corrélation obtenus lors de notre étude entre les paramètres dendrométriques et les facteurs écologiques précipitation et altitude sont négativement significative. Or, selon **Timbal et al., (1985)**, les deux facteurs sont généralement favorables pour la croissance du Pin Noir, l'influence du climat méditerranéen est prépondérant sur la productivité du pin noir. **Guyon(1998)** note que la croissance en diamètre est intimement et positivement liée à la pluviométrie de la période supposée du fonctionnement cambial (avril à septembre).

La corrélation négative entre les variables mesurées dendrométriques et ces facteurs écologiques suscités, serait probablement dû à la combinaison des précipitations caractéristiques des hautes altitudes, et la faible pente des stations (< 5%) qui provoque la stagnation de l'eau au niveau des stations, impliquant l'effet de l'hydromorphie. La station de Tikjda montre clairement l'effet négatif de ces trois facteurs combinés (précipitations, altitude, pente), ces observations sont étayées par l'analyse en composante principale.

Des corrélations faiblement significatives ont été obtenues entre les températures (M, m), exposition et les variables de croissance des plants. Selon **Quezel (1980)**, le Pin noir fait preuve d'une plus grande plasticité écologique en Méditerranée orientale que dans la partie occidentale. Il supporte ainsi des températures minimales allant jusqu'à -8°C , alors qu'en méditerranée occidentale, il disparaît pour des valeurs minimales de l'ordre de -5°C . Dans le massif de Djurdjura la moyenne annuelle des températures avoisine les 15°C . Les minimums étant relevé en Décembre-Janvier (0° - 5°).

Conclusion :

Dans le cadre de notre étude sur le comportement de la croissance (dendrométrie) des reboisements de pin noir dans le Parc National du Djurdjura, dans les stations de Tikjda et de Tala-Rana selon la saison de reboisement, les facteurs écologiques, nous avons permis dans un premier temps de connaître l'effet de la saison de réalisation du reboisement sur le taux de réussite des plantations. La période hivernale étant la période donnant les meilleurs résultats.

L'inventaire exhaustif de 381 plants au total de pin noir réalisés sur le terrain ont été sujets à des mesures dendrométriques qui nous ont permis de constater un taux de maintien très satisfaisant de **72.43%**. La station de Tala-Rana (décembre 2012) a le plus de plants réussis avec 48/56, tandis que celle de Tala-Rana (mars 2012) est caractérisée par le plus faible nombre de plants réussis avec 69/120.

Ce taux diffère d'une station à une autre, d'une part, nous avons des reboisements réalisés en 2012 et d'autre en 2014, d'autre part nous avons des reboisements effectués pendant des saisons différentes ; hiver et printemps. Il en ressort que les plants installés en hiver se maintiennent mieux que les autres.

La structure des plantations s'est révélée homogène pour les différentes variables dendrométriques mesurées atteste de la provenance génétique identique des plants utilisés pour le reboisement.

L'hydromorphie causée par la faible pente (moins de 5 %) des parcelles dont les reboisements sont installés agit défavorablement sur le développement des plants, particulièrement dans les stations de Tikjda et de Tala-Rana décembre 2012. Un autre facteur ralentit la croissance des plants dans ces dernières stations, il s'agit des élagages précoces, or plusieurs sujets ont subi des élagages artificiels dans ces stations à un stade de développement précoce.

Nous avons également noté la présence de la chenille processionnaire sur plusieurs plants au niveau des reboisements. Ce phénomène accentué par la monoculture des plantations de Pin noir serait délétère pour le projet de conservation Ex situ.

La présence de pâturage dans la station de Tikjda suite au mauvais entretien de la clôture de protection provoque le broutage des plants.

Conclusion

Nos recommandation consistent à favoriser le reboisement en hiver et probablement en automne et d'éviter la réalisation des plantations en pin noir sur des terrains plat et à faible pente pour éviter l'effet de l'hydromorphie.

Il est strictement déconseillé d'effectuer l'élagage sur les jeunes plants pour éviter leurs dépérissement, en revanche des travaux d'entretiens (nettoisement, et débroussaillage) sont indispensable au sein des stations notamment celle de Tala-Rana (février 2014) pour une meilleure aération et assurer l'entrée de la lumière comme aussi à l'extérieur des stations pour prévenir les incendies.

Enfin la réparation de la clôture de la station de Tikjda est recommandée pour faire cesser le pâturage à l'intérieur de la station.

Références bibliographiques :

Abdesselam, M. 1995. Structure et fonctionnement d'un karst de montagne sous climat méditerranéen : exemple du Djurdjura occidental (Grande Kabylie-Algérie). Thèse doctorat de l'Univ. Franche-Comté. 232p.

Adjaoud D., 2005. Étude de la variabilité morphologique et physiologique du Pin noir du Djurdjura *Pinus nigra* Arnold ssp. *mauretanica*. Mém. Mag. Agr. U.M.M.T.O. (Algérie). 101p.

Adjaoud D. et Aidrous N., 1992. Contribution à l'étude bio systématique du *Pin* noir du Djurdjura (*Pinus nigra* Arn. Subsp. *mauretanica*). Mem. Ing. Agr. UMMTO. (Algérie) 121p.

AHMEDI, L et ARBAOUI, EHMS, 2018. Contribution au suivi de la régénération naturelle du Cèdre de l'atlas (*CEDRUS ATLANTICA MANNETI*). Dans la station de Tala Rana, massif de Lalla Khedidja (Djurdjura). Mémoire de master .Université USTHB.Algerie.p23,24.

ASMANI,A,2003. Plaidoyer pour le pin noir d'Algérie (*Pinus nigra* Arnold ssp. *mauretanica* maire et peyerimohff) - peuplements menaces. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). P01.

Asmani .A., 1993. "Exploration de la variabilité chez le Pin noir de la forêt de Tigountine (Djurdjura - Algérie) en comparaison avec quelques provenances de pins noirs méditerranéens. Thèse de Magister, UMMTO. Algérie. 156 p.

ASMANI. A., 1988 : Etude biosystématique du pin noir de Djurdjura (*Pinus nigra* Arnold subsp.*Clusiana* Clem.Var.*mauretanica* Maire & Peyer).thèse Ing .Agr. Inst. D'agronomie T.O. 105p.

Balandier, P., Sonohat, G., Sinoquet, H., Varlet-Grancher, C., Dumas, Y., 2006b. Characterization, prediction and relationships between different wavebands of solar radiation transmitted in the understory of even-aged oak (*Quercus petraea*, *Q. robur*) stands. *Trees* 20: 363-370.

Benmoufflok A., 1994. Approche éco pédologique dans les formations à *Cedrus atlantica* cas du massif du Djurdjura. Annales de la recherche forestière du Maroc. 27 : 205-217.

BOJOVIC 1995 : Analyse Biométrique et écologique du pin noir (*Pinus nigra* Arnold) en région méditerranéen.

BOUTAMINE R., 1987. Étude structurale et dynamique du peuplement de pin noir du Djurdjura. Mém. de D.E.S. Sciences de la nature, Univ. Sci. Tech. H. Boumedienne. BabEzouar - Alger. 64 P

Coll, L, Balandier, P., Picon-Cochard, C., Prévosto, B., Curt, T., 2003. Competition for water between beech seedlings and surrounding vegetation in different light and vegetation composition conditions. *Annals of Forest Science* 60: 593-600.

Références Bibliographiques

Coll, L., Balandier, P., Picon-Cochard, C., 2004. Morphological and physiological responses of beech seedlings to grass-induced belowground competition. *Tree Physiology* 24: 45–54.

Collet, C., Frochot, H., Ningre, F., 1999. Développement de jeunes chênes soumis à une compétition souterraine. *Revue forestière française* 51: 298-308.

DEBAZAC 1971 : Contribution à la connaissance de la répartition et l'écologie de *Pinus nigra* Arn. dans le Sud-Est de l'Europe. 50P.

DERRIDJ A., 1990 : Etude des populations de *Cedrus atlantica* Man. en Algérie. The. Doc. Univ. Paul Sabatier Toulouse III, 288P.

DJEMA, A et al ,2018. Premiers enseignements sur la conservation ex situ de pinus nigra dans le parc national du Djurdjura. Institut national de recherche forestière.

Escudero, A., Carnes, L. F., &Pérez-García, F. (1997). Seed germination of gypsophytes and gypsovags in semi-arid central Spain. *Journal of AridEnvironments*, 36(3), 487-497.

GAUSSEN, H., LEROY, J. F., & OZENDA, P ;1982. Précis de botanique. 2-Végétaux Supérieurs, 2 eme édition

Gerber S., 1989. Chimiotaxinomie et hybridation inter- raciale chez les Pins noirs. Mém. Ing. Agr. I.N.A. Paris-Grignon. 63 p.

Giovannelli G., 2017. Histoire évolutive et diversité adaptative du pin noir, *Pinus nigra* Arn., à l'échelle de son aire de répartition.Thèse.doctorat.Scs de l'environnement.Uni. d'AixMarseille. (France) 334p.

Hedjam H., 2010. "Diagnostic de la pollution par l'ozone par l'étude des symptômes foliaires sur le Pin noir du Djurdjura (*Pinus nigra* Arnold ssp mauretunica Maire et Peyer) et le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller) dans les forêts de : Bainem (Alger), Harouza (Tizi- Ouzou), Tikjda etTigounatine (Parc National du Djurdjura)." Mémoire de Magister, USTHB. Algérie. PP 137.

HEDJAM .H, 2019. Contribution à la caractérisation des décolorations des aiguilles du pin noir (*Pinus nigra* Arnold ssp. *Mauretunica* Maire et Peyer) dans le Parc National du Djurdjura (Algérie). These de Doctorat. UMMTO. PP 11-12.

Isajev V., Fady B., Semerci H. et Andonovski V., 2003. Pin noir (*Pinus nigra*). Fiche technique pour la conservation génétique. EUFORGEN. 1- 6. www.euforgen.org.

KROUCHI,F, 2010. Étude de la diversité de l'organisation reproductive et de la structure génétique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en peuplement naturel (Tala-guilef, Djurdjura nord – ouest, Algérie). These de Doctorat. UMMTO. PP 26- 27.

Lamhamedi, M.S., M.Renaud et L. Vellieux, 2011. Les effets de l'augmentation du pH des substrats sur la croissance des plants forestiers produit dans les pépinières forestières. Dans : Colas, F ; Lamhamedi, M.S. (eds), 2011. Production de plants forestiers au Québec : La culture de l'innovation. Colloque de transfert de connaissances et de savoir-faire. Carrefour Foret Innovation, 4-6 octobre 2011, Québec (Canada), 33P.

LEKADIR A., 2018. Etat des lieux et conservation du pin noir (*Pinus nigra subsp mauritanica*), dans le parc national du Djurdjura. Mem. Master. SNVSTU. Tlemcen (Algérie). PP 14-30.

McDonald, P.M., 1986. Grasses in young conifer plantations. Hindrance and help. *Northwest Sciences* 60: 271-278.

MULLER M. ,1986 : Contenu de l'étude bulgare sur le Parc National de Djurdjura. Rapport SEFMVT, 4p.

Ortigosa-Izquierdo L.M. Techniques de reboisement et croissance des masses forestières. In: Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, tome 61, fascicule 2, 1990. Montagnes espagnoles. P279

Parc National du Djurdjura, 2013. "Evaluation des plans de gestion I, II, III, Elaboration du Plan de Gestion IV." Direction Générale des Forêts : 115 p.

Pérez• García, F., Iriondo, J. M., &Martínez• Laborde, J. B. (1995). Germination behaviour in seeds of *Diploxiserucooides* and *D. virgata*. *Weed Research*, 35(6), 495-502.

Pesson P., 1980. La pollution des eaux continentales. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 345 p.

P.N.D., 2002. Rapport du Parc National de Dujurdjura "Données Générales sur le Parc National de DJurdjura". 68 p.

QUEZEL P, & MEDAIL F., 2003. : Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Editions Elsevier, Paris, 193 p.

QUEZEL P., 1980 : Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen Act d'écologie Forest-Edit-Pesson, Paris, 225p.

QUEZEL, P., (1957). Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord : essai de synthèse biogéographique et phytosociologique, pp463. P :Lechevalier,

SEIGUE A., 1985- La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Edi. Maisonneuve et Larose. Paris (Ve). 496 p.

SMAIL.A & MEDDOUR.R, 2015. Influence de quelques sols forestiers du Djurdjura (Algérie) sur le développement des ectomycorhizes de *Pinus nigra subsp. mauretanic* en pépinière. Article in Geo-Eco-Trop. www.geoecotrop.be 211P.

Références Bibliographiques

Thanos, C. A., Georghiou, K., Kadis, C., & Pantazi, C. (1992). Cistaceae: a plant family with hard seeds. *Israel Journal of Plant Sciences*, 41(4-6), 251-263.

TRABAUD, L. (1995). Modalités de germination des cistes et des pins méditerranéens et colonisation des sites perturbés. *Revue d'écologie*.

VAN HAVERBEKE, David F., 1990. *Pinus nigra* Arnold European black pine. Silvics of North America. (1), 395-404 p.

ZERAIA I, 1986. Etude phytosociologique des groupements végétaux forestiers du parc national de chréa Ann.rech.for : en Algérie .INRF .vol.1.23-52.

Annexe :

Tableau 15 : Matrice de corrélation.

| | D collet | Htotal | Hhoup | Acr anl S | Acr anl F | L aiguilles | l aiguilles | RR | ACRMENS |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| D collet | 1 | 0,89 | 0,84 | 0,48 | 0,67 | 0,03 | 0,08 | -0,44 | 0,95 |
| Htotal | 0,89 | 1 | 0,94 | 0,61 | 0,74 | 0,03 | 0,10 | -0,05 | 0,88 |
| Hhoup | 0,84 | 0,94 | 1 | 0,60 | 0,67 | 0,00 | 0,10 | -0,04 | 0,87 |
| Acr anl S | 0,48 | 0,61 | 0,60 | 1 | 0,31 | 0,03 | 0,10 | 0,08 | 0,51 |
| Acr anl F | 0,67 | 0,74 | 0,67 | 0,31 | 1 | 0,08 | 0,04 | -0,06 | 0,61 |
| L aiguilles | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,08 | 1 | 0,04 | -0,03 | 0,02 |
| l aiguilles | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,04 | 0,04 | 1 | -0,01 | 0,11 |
| RR | -0,44 | -0,05 | -0,04 | 0,08 | -0,06 | -0,03 | -0,01 | 1 | -0,38 |
| ACRMENS | 0,95 | 0,88 | 0,87 | 0,51 | 0,61 | 0,02 | 0,11 | -0,38 | 1 |
| alt | -0,64 | -0,60 | -0,61 | -0,40 | -0,39 | -0,06 | -0,12 | 0,24 | -0,61 |
| SB | -0,09 | -0,07 | -0,12 | -0,08 | -0,01 | -0,05 | -0,04 | 0,05 | -0,12 |
| m | 0,18 | 0,29 | 0,44 | 0,30 | 0,04 | -0,02 | 0,15 | 0,14 | 0,42 |
| M | 0,18 | 0,29 | 0,44 | 0,30 | 0,04 | -0,02 | 0,15 | 0,14 | 0,42 |
| P | -0,64 | -0,60 | -0,61 | -0,40 | -0,39 | -0,06 | -0,12 | 0,24 | -0,61 |
| pH | -0,64 | -0,60 | -0,61 | -0,40 | -0,39 | -0,06 | -0,12 | 0,24 | -0,61 |
| HYDR | 0,19 | 0,09 | -0,06 | 0,00 | 0,21 | 0,14 | -0,02 | -0,24 | 0,04 |
| expo | 0,18 | 0,29 | 0,44 | 0,30 | 0,04 | -0,02 | 0,15 | 0,14 | 0,42 |
| elag | 0,17 | 0,11 | -0,07 | -0,02 | 0,25 | 0,14 | -0,08 | -0,16 | 0,03 |

Résumé :

Le pin noir du Maghreb (*Pinus nigra* subsp. *mauretanica*) représente une essence forestière relique, endémique du Maghreb et très rare, présente au parc national du Djurdjura. La présente étude a été réalisée au sein du parc national du Djurdjura dans deux secteurs (Tikjda et Tala-Rana), elle consiste à déterminer le comportement et la croissance des plants de Pin Noir (*pinus nigra*) dans les reboisements réalisés par l'INRF d'Azazga en 2012 et 2014.

Un inventaire exhaustif de 381 plants de pin noir a été réalisé sur le terrain, ces derniers ont été sujets à des mesures dendrométrique qui nous ont permis de constater un taux de maintien très satisfaisant de **72.43%**. Ces mesures ont montrées une homogénéité élevée à l'intérieure des stations étudiées.

Notre étude nous a permis de constaté que les plants installé en hiver se maintiennent mieux que ceux installé au printemps, et le choix de la station et de la nature topographique du milieu intervient dans le développement des plants, ainsi une pente inférieure à 5% favorise le phénomène d'hydromorphie, ce qui conduit au ralentissement de la croissance voir le dépérissement des plants.

Mots clés : Pin Noir, Reboisement, Mesures dendrométriques, Tikjda, Tala-Rana.

ملخص:

يمثل الصنوبر الأسود في المغرب العربي (*Pinus nigra* subsp. *Mauretanica*) نوعاً من الغابات المتوطنة في المغرب العربي ونادراً جداً ، ويتواجد في منتزه جرجرة الوطني. أجريت الدراسة الحالية في منتزه جرجرة الوطني في قطاعين (تيكجدة تالا، تالة رنة) ، وتمثل في تحديد سلوك ونمو نباتات الصنوبر الأسود في إعادة التشجير التي نفذتها INRF d 'Azazga في عام 2012 و 2014.

تم إجراء جرد شامل لـ 381 من نباتات الصنوبر الأسود في الحقل ، وقد تم إخضاعهم لقياسات شجرية سمحت لنا بملاحظة معدل صيانة مرضٍ للغاية بنسبة **72.43%**. أظهرت هذه القياسات تجانساً عالياً داخل المحطات المدروسة.

سمحت لنا دراستنا بملاحظة أن النباتات التي يتم تركيبها في الشتاء تحافظ على أفضل من تلك التي تم تركيبها في الربيع ، وأن اختيار الموقع والطبيعة الطبوغرافية للبيئة يتدخل في تطوير النباتات ، لذلك يفضل منحدر أقل من 5% ظاهرة الشكل المائي ، والتي تؤدي إلى تباطؤ النمو أو حتى موت النباتات.

الكلمات المفتاحية: الصنوبر الأسود ، إعادة التشجير ، قياسات الشجرة ، تيكجدة ، تالة رنة.

Abstract:

The black pine of the Maghreb (*Pinus nigra* subsp. *Mauretanica*) represents a relict forest species, endemic to the Maghreb and very rare, present in the national park of Djurdjura. The present study was carried out within the Djurdjura National Park in two sectors (Tikjda and Tala-Rana), it consists in determining the behavior and growth of black pine plants (*pinus nigra*) in the reforestation carried out by the INRF d 'Azazga in 2012 and 2014.

An exhaustive inventory of 381 black pine plants was carried out in the field, they were subjected to dendrometric measurements which allowed us to observe a very satisfactory maintenance rate of 72.43%. These measurements showed high homogeneity within the stations studied.

Our study has allowed us to observe that plants installed in winter maintain better than those installed in spring, and the choice of the location and the topographic nature of the environment intervenes in the development of the plants, so a slope of less than 5% favors the phenomenon of hydromorphy, which leads to the slowing down of growth or even dieback of the plants.

Key words: Black pine, Reforestation, Dendrometric measurements, Tikjda, Tala-Rana