

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de 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 Science Agronomie
Spécialité : foresterie

Option **Science Forestière**

Thème

**Contribution à l'étude du comportement des
jeunes plants du chêne-afares
(*Quercus afares pomel*)
Soumis à un arrosage contrôlé**

Soutenu le : 25/09/2018

Présenté par :
Devant le jury :

M^{elle} GUERRI HANIFA

Président : M^r CHENOUNE .K.
Promotrice : D^r KADI-BENNANE. S
Co-promoteur : DJEMA ARESKI
Examineur : D^r HARCHAOUL.C

MCA (U.M.M.T.O)
MCB (U.M.M.T.O)
CHERCHEUR(I.N.R.F)
MCB(U.M.M.T.O)

Année 2017/2018

Dédicace

Je dédie ce modeste travail.

A mes très chers grands parents

A mon très cher frère Azzedine et ma sœur

A mes toute ma familles

A toute promotion de Foresterie

A toute mes amis.

Remerciements

Avant d'entamer la présentation de mon travail, il nous est particulièrement agréable d'adresser mon vif remerciements et d'exprimer mon très grande reconnaissance a ma promotrice **M^{me} kadi** maitre conférencier (catégorie B) chargé de cours au département des sciences agronomiques de l'U .M.M.T.O ainsi que mon co_promoteur **M^r DJEMA** chercheur à l'institut de recherche forestière pour son aide précieuse , et pour le temps qu'il a consacré et surtout pour l'intérêt particulière qu'il a toujours manifesté pour mon travail.

Mon remerciements les plus sincères vont a **M^r CHENOUNE .k** maitre assistant (groupe A) pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ce mémoire et de juger mon travail.

A **M^{me} HARCHAOUI** examinatrice de ce travail trouve ici l'expression de mon profond respect maitre de conférencier (catégorie B) .C'est pour moi un grand plaisir de la siéger dans le jury de ce travail.

En fin, que toute personne ayant contribué de prés ou de loin a la réalisation de ce mémoire trouvent ici ma sincère gratitude.

Liste des figure

Figure n°1 : représentation schématique et photographique de la feuille et du gland du chêne Afares.....	06
Figure n°2 : Carte de répartition de chêne afares (<i>Q.afares</i>) de la région Méditerranéen (Quezel et Médail (2003)).....	08
Figure n°3 : les plants de chênes afares avec arrosage (a) et sans arrosage (b)	11
Figure n°4 : mesure le diamètre et la hauteur avec le pied à coulis (c)et peser de la biomasse aérienne (feuille +tige) de plants (d), les feuilles séchées à l'étuve pendant 72h à 80°C (e), feuilles terminales saturées au réfrigérateur séchées délicatement avec du papier (f) et feuilles terminales saturées (h)	12
Figure n° 5 : Distribution des hauteurs , diametres et ratio de robustesse des plants de la premiere période	15
Figure 6 : repretation de la production moyenne en biomasse aérienne, feuille,tige,matiere sèche aérienne , tige et feuille.	16
Figure 7 :ventilation des poids de la biomasse aérienne, feuille, tige, matiere sèche aérienne , tige et feuille.	16
Figure 8 :humidité pondérale moyenne des échantillons soumis aux deux régimes	18
Figure 9 : Humidité pondérale moyenne des plants issus de la premiere et deuxieme périodes.	18
Figure 10 : Distribution des hauteurs , diametres et du ratio de robustesse des plants de la deuxième période avec et sans arrosage.	19
Figure 11 : Distribution des hauteurs et diamètres individuels des plants de la deuxième période sans arrosage.	20
Figure 12 : Distribution des hauteurs et des diamètres individuels des plants de la deuxième période avec arrosage.	21
Figure 13 : comparaison des rythmes de croissance moyen mensuel des plants des deux périodes et des deux régimes d'arrosage.....	22

Figure 14 : repretation de la production moyenne en biomasse aérienne, feuille, tige, matiere sèche aérienne , tige et feuille des plants arrosés et non arrosés de la deuxieme période.....23

Liste du tableau

Tableau 1 : résultats de l'analyse descriptive pour les plants de chêne afares arrosé et non arrosé14

Tableau 2 : résultats de l'analyse descriptive pour la deuxième période17

Liste des abréviations

D : Diamètre au collet

H : Hauteur des tiges

BMA : Biomasse Aérienne BMA

BMF : Biomasse Foliaire

BMT : Biomasse caulinaire

MS : Matière Sèche

MSA : Matière Sèche Aérienne (MSA)

MSF : matière sèche feuille

MST : matière sèche tige

BMFTS : la biomasse de la feuille terminale fraîche saturée

MSFT : Matière Séchée de la Feuille Terminale

RWC : la teneur relative en eau

Hp : Humidité pondérale

Sommaire

Dédicace

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction Générale01

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

Introduction.....04

I-Présentation de l'espèce de chêne afares.....04

I_1 Taxonomie.....04

I-2Classification.....04

I-3Aspect général04

I-5. Ecologie de l'espèce.....06

I-6 Répartition de chêne afares.....07

1-7 Régénération naturel de chêne afares.....08

I-8- Conclusion.....09

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1-Origine de plantation.....10

II.2-Laboratoire.....10

II.3.Analyses et statistique.....13

Chapitre III : Résultats et Discussion

1- Première période14

1-1Humidité pondérale14

1-2	Caractéristiques physiques des plants	15
1-3	Production en biomasse aérienne	15
2	Deuxième période	17
2-1	Humidité pondérale des plants.....	17
2-2	La teneur en eau relative	19
2-3	Caractéristiques physiques des plants	19
2-4	Rythme de croissance moyen mensuel des plants des deux périodes.....	21
2-5	Production en biomasse aérienne	22

Conclusion

Bibliographie

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Introduction Générale

Le bassin Méditerranéen est un important réservoir de biodiversité au carrefour entre les régions biogéographiques européennes, sahariennes et irano-touranienne. Cette position géographique combinée à la complexité des processus historiques et à l'hétérogénéité des conditions environnementales locales a conduit à faire de cette région l'un des plus grands centres mondiaux et d'endémisme et de biodiversité (Medail et Quezel, 1997 ; Thompson, 2005, Medail et Diadema, 2009).

Les chênaies méditerranéennes se caractérisent par la présence de chênes à feuillage caduque dans les étages bioclimatiques humides et de chênes à feuillage persistant dans les bioclimats humides, subhumide et même semi-aride (Hasnaoui, 1992). La chênaie procure des revenus forestiers très importants et renferme une diversité génétique très élevée. Malgré cette importance économique et écologique, certains chênes restent des espèces peu connues ou menacées, particulièrement les chênes hybrides, rares et endémiques. Les forêts d'Afrique du Nord ont été modifiées au cours des derniers millénaires par l'activité humaine, notamment du fait des guerres (Népal) et des coupes et des incendies.

En Algérie et en Tunisie, le genre *Quercus* est représenté par cinq espèces dont deux sont caducifoliées, il s'agit des chênes zeen (*Quercus canariensis* Willd) et afares (*Quercus afares* Pomel) et trois sont sclérophylles, les chênes liège (*Quercus suber*. L), kermès (*Quercus coccifera* L) et vert (*Quercus ilex* L) (Cuenod *et al*, 1954; Pottier et Petit, 1981 et Hasnaoui, 1992)

Quercus afares Pomel, un endémique Tuniso-algérien (Quezel et Medail, 2003). Il est défini qu'un organisme (animal et végétal) est endémique lorsqu'il est confiné à une région particulière impliquant une limitation spatiale. Les endémiques se retrouvent sur toutes les masses terrestres du monde, tant sur les continents que sur les îles et dans tous les biotopes majeurs (Babinot *et al*.1997).

De ce fait, les espèces rares, par exemple celles vivant en petites populations ou ayant des distributions géographiques restreintes, occupent une place centrale en biologie de la conservation car elles courent un grand risque d'extinction à l'échelle spatiale où elles sont rares (Pimm *et al.* 1988; Gaston, 1994). Cependant, le manque de connaissances générales sur la biologie des espèces rares, en particulier végétales, a été fréquemment souligné (Kunin and Gaston 1993; Murray *et al.*, 2002a).

Selon Médail et Verlaque (1997), trois facteurs principaux décrivent la distribution des espèces endémiques: l'aire géographique, l'amplitude écologique et l'isolement. L'amplitude écologique d'une espèce est mesurée souvent par le nombre d'habitats dans lequel cette espèce est présente.

Le chêne afares semble présenter des problèmes de conservation et son extension passée était supérieure à celle d'aujourd'hui (Hasnaoui, 1992). Son aire de répartition est très limitée tant en Algérie qu'en Tunisie, dans l'un des points chauds (hot spots) de la biodiversité qui reste mal reconnu. De ce fait, les espèces rares, telle que celles vivant en petites populations ou ayant des distributions géographiques restreintes, occupent une place centrale en biologie de la conservation car elles courent un grand risque d'extinction (Pimm *et al.*, 1988; Gaston, 1994). Le manque de connaissances générales sur la biologie des espèces rares a été fréquemment souligné (Kunin et Gaston 1993; Murray *et al.*, 2002a). Parfois ces espèces peuvent contribuer de manière significative à la biodiversité des hotspots et des aires protégées (Myers *et al.*, 2000; Zurlini *et al.*, 2002) et c'est le cas du chêne afares.

En effet *Zen magloub* est une des espèces qui présente une aire biogéographique restreinte, dont on note une mauvaise régénération des vieilles futaies relictuelles et qui subit l'impact du changement climatique. Plusieurs auteurs suggèrent que face aux contraintes climatiques et à la sécheresse, les espèces végétales notamment forestières, développent des stratégies différentes

(Damesin et al. 1997, 1998, Monnier et al. 2012). Par conséquent, l'élévation de la température et les modifications attendues de la pluviométrie (module et répartition saisonnière) pourraient avoir des conséquences différentes sur la distribution et l'abondance des espèces à court et long terme (Thuiller et al, 2003, Benito Garzon et al, 2008).

Notre modeste contribution s'inscrit dans cet axe et répond partiellement la question de l'effet de deux régimes d'arrosage sur les caractéristiques physiques des plants de chêne afares en conditions contrôlées. Notre travail est scindé selon les trois chapitres suivants:

Chapitre1 : Synthèse bibliographique

Chapitre2 : Matériel et méthodes

Chapitre3 : Résultats et discussion

Introduction

En Algérie, les peuplements de chênes caducifoliés ne sont représentés que par deux espèces *Q. afares* et *Q. canariensis*. Ces espèces, comme toutes les autres du même genre, sont soumises aux mêmes facteurs de répartition. En effet, leur aire biogéographique était bien plus importante dans le passé (Lapie, 1909 ; Boudy, 1950). Actuellement, les peuplements de chêne caducifoliés ne comptent plus que 25% de la surface total boisée (Messaoudene, 1989), ce qui est dû essentiellement à la surexploitation et aux techniques sylvicoles qui leur ont été appliquées (Quezel et Bonin, 1980 ; Messaoudene, 1989).

I-Présentation de l'espèce de chêne afares

1- Taxonomie

Quercus afares du nom latin est appelé Zen magloub en arabe et chêne afares en Français. Il a été assigné à la section Cerris du sous-genre *Quercus* à cause de sa ressemblance morphologique avec deux autres espèces de cette section : *Q. cerris* L. (Sud de l'Europe) et *Q. castaneifolia* Mayer (Caucase et Iran) (Boudy, 1959; Maire, 1961).

2- Classification :

Selon Camus (1936-1954), le chêne afares appartient au:

- Règne : Planteae
- Embranchement : Angiosperme
- Sous embranchement : Eudicotylédones
- Famille : fagacées
- Genre : *Quercus*
- Espèce : *afares*

3- Aspect général :

Selon la description le Hardy de Beaulieu et Lamant (2006)

Arbre pouvant atteindre de 25 à 35m de haut, au feuillage tardivement caduc (chute en fin d'hiver). Port juvénile pyramidal ou fastigié qui s'étale à maturité.

Ecorce : Epaisse, très rugueuse, grisâtre avec des fissures liégeuses colorées comparables à celle observables sur *Quercus cerris*

Rameaux : Au départ, fortement couverts d'un tomenteux blanchâtre, deviennent glabres avec apparition de lenticelles saillantes.

Bourgeons : Ovoïdes et tomenteux .Les terminaux sont accompagnés de stipules allongées et subulées persistantes.

Feuilles : Limbe oblongue lancéolé , ovale oblong ou ovale lancéolé, long de 6 à 12 cm pour 4 à 8 cm de large. Base arrondie ou généralement cordiforme avec un apex insensiblement atténué. Les bords dotés de dents (lobes) triangulaire aigués (non épineuses) et courtement mucronées, séparées par des sinus arrondis .Au débourrement, feuilles couvertes d'un tomenteux velouté blanchâtre sur les deux faces.

Faces supérieure verte, luisante, porte quelques poils étoilés épars. Revers tapissé d'un court et dense tomenteux blanchâtre. On dénombre de 9 à 15 paires de nervures secondaires très saillantes (comme la principale) au revers, se prolongeant toutes dans une dent sans se ramifier avant. Pas de nervures intercalaires. Pétiole très velu et non cannelé, long de 0,5 à 1 cm, accompagné de stipules linéaires blanchâtres et velues dont la supérieure le dépasse en longueur.

Cupules : presque hémisphériques, hautes de 1,5 à 2 cm pour 1,8 à 3,5 cm de large, recouvrant environ un tiers du gland. Formées d'écailles allongées, étalées, dressées et réfléchies (suivant leur position), longues de 0,6 à 0,9 cm pour environ 0,1 cm de large (cupule « chevelue »). Écailles anguleuses portant un tomenteux blanchâtre .Intérieur soyeux.

Glands : Oblongs, ovoïdes ou presque cylindriques, brunâtres, plus ou moins striés longs de 3,5 à 4,5 cm pour 1,7 à 2,8 cm de large. Légèrement renflés à la base et atténués au sommet .Glabres sauf au niveau du mucron. Portés par un court pédoncule fructifère (1 cm maximum) groupant généralement 2 glands (parfois davantage). Maturation en deux ans (floraison en juin et fructification en octobre/ novembre de l'année suivante)



Figure 1: représentation schématique et photographique de la feuille et du gland du chêne afares

I-4 Aspect biologique

Le chêne afares est considéré comme un hybride entre le chêne zeen (*Quercus mirbeckii*) et le chêne liège (*Quercus suber*). *Quercus afares* Pomel ; ce Chêne est souvent désigné sous le nom de *Q. Castaneæ folia* et ne peut cependant pas être complètement assimilé à cette espèce dont il est au moins une variété. Il s'en distingue facilement par ses étamines glabres et surtout par ses 4 à 5 fruits en grappe serrée portée sur un court et épais pédoncule. Ce bel arbre, croît avec vigueur. Trabut (1891) estime qu'il mériterait d'être introduit dans les parcs de l'Europe tempérée.

I-5. Ecologie de l'espèce :

Quercus afares est une espèce qui occupe les montagnes humides (800 à 1500 mm/an), supporte la chaleur et le froid. Elle est une espèce calcifuge. Son étage optimum se situe entre 600 et 1500 m d'altitude (Quezel Et Santa, 1962).

Le chêne afares est un arbre pouvant atteindre vingt-cinq mètres de hauteur, à cime fastigiée. Il est fréquemment mélangé au chêne zeen dont il se distingue par son écorce épaisse et profondément sillonnée et par ses feuilles plus étroites. Il est à feuilles caduques ; ces dernières tombent plus vite et plus abondamment que celles du chêne zeen (BOUDY, 1948).

Le chêne afares participe, tout comme le chêne zeen, à la constitution du groupement forestier climacique dans la zone moyenne de l'étage méditerranéen humide dans le secteur numidien (Quezel, 1956). Il a une xérophile et une résistance aux vents plus

élevées que celle du chêne zeen qu'il domine sur les versants secs et sur les sols peu profonds. Il est préférentiellement calcifuge (Boudy, 1948; Quezel, 1956).

Le chêne afares est en mélange avec le chêne zeen à limite supérieure de l'aire de ce dernier. Il forme des peuplements purs dès que les conditions écologiques (altitude et /ou sécheresse du sol) sont moins favorables au chêne zeen. Le chêne afares est mieux adapté aux altitudes dépassant mille deux cent (1200) mètres.

Il manifeste un tempérament d'essence héliophile beaucoup plus marqué que le chêne zeen. Il n'a pas de tendances envahissantes, il se régénère bien par rejets de souches, par drageons et par semis. Il fructifie une fois tous les deux ans (Boudy, 1948).

I-6 Répartition de chêne afares :

C'est un arbre montagnard localisé dans des habitats restreints, avec seulement quelques centaines d'individus reproducteurs, repartis en une population tunisienne au Nord-Ouest Tunisien et en quelques populations aux Nord Est Algérien: en grande et petite Kabylie (Beni Ghobri, Akfadou, Beni Foughal, etc.). Il est de ce fait un endémique algéro-tunisien (Quezel et Santa, 1962-1963) ou numidien (Lapie, 1990; Quezel, 1956). Dans ce secteur, il prospère essentiellement en voisinage du chêne zeen dans des conditions écologiques comparables, en peuplements purs ou mélangés, d'où la difficulté de les séparer l'un de l'autre quant aux superficies respectivement occupées par chacun d'eux. Toutefois, les peuplements d'afares cantonnés sur la moyenne montagne de Kabylie pour l'essentiel, couvriraient le quart de la forêt caducifoliée numidienne (Boudy, 1955; Lapie, 1990).

Ce chêne est plutôt sporadique dans les forêts de chêne-liège et de chêne zeen du Nord-constantinois depuis Skikda jusqu'en Kroumirie (Lapie, 1909; Shoenenberger *et al.*, 1967 in Aimé *et al.*, 1986) (Figure 2).

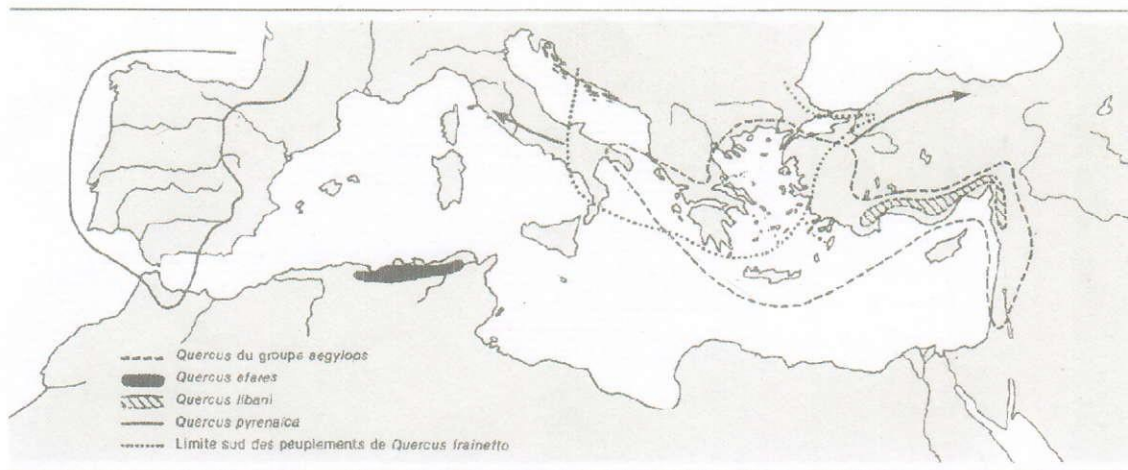


Figure2 : Carte de répartition de chêne afares (*Q. afares*) de la région Méditerranéen (Quezel et Médail (2003)) .

Quant à la limite extrême vers l'ouest de son aire, elle est matérialisée par deux colonies dont la première se trouverait aux environs de Lakhdaria et la seconde dans la forêt de Mizrana. Il ne commence à constituer de véritables peuplements que dans la forêt de Tamgout où il domine le chêne zeen sur le versant sud du dôme vers 1000-1100m d'altitude. Il devient plus abondant, à cette altitude, sur les revers aussi bien septentrionaux que méridionaux de la forêt d'Akfadou.

En petite Kabylie, le chêne afares semble aussi très répandu notamment dans la forêt de Kefrida, de Guerrouch et de Dar El Oued en peuplements mixtes avec le chêne zeen. Les revers méridionaux du Tamzguida sont occupés, sur d'assez vastes superficies, par des boisements mélangés d'afares et de chêne liège (Quezel, 1956). Il devient plus rare à EL KOLL où seul un modeste boisement est signalé de Djebel Gouffi (Khelifi, 1987).

Il est à signaler que le chêne afares est pratiquement absent des Babors pour des raisons édaphiques ; cette essence étant calcifuge (Quezel, 1956 et Gharzouli, 1989). C'est, sans doute, pour les mêmes raisons qu'il n'est pas signalé à Takoucht et Adrar Oumellal, en Petite Kabylie.

1-7 Régénération naturel de chêne afares

Messaoudene et Tessier, (1997) ont signalé une dynamique de croissance inférieure du chêne afares par rapport au chêne zeen dans les différentes populations de chênes caducifoliés. Cette dynamique s'est matérialisée par un accroissement annuel des cernes inférieurs chez *Q. afares*.

Au stade plantule, *Q. afares* a une forte sensibilité à la sécheresse édaphique comparé à *Q. suber*, *Q. faginea* et *Q. ilex* (Acherar *et al.*, 1991). Cette sensibilité est exprimée, selon Acherar *et al.*, (1991), par un flétrissement des feuilles et une décroissance de la conductance stomatique maximale plus rapide que chez les autres chênes, ce qui limite partiellement son aire de distribution dans les étages bioclimatiques humides et subhumides. La population de *Q. afares*, bien qu'elle ne soit pas dans un stade de déclin aigu, est néanmoins une population sous la forme d'une vieille futaie sans régénération marquée.

8- Conclusion

Au vue de l'importance écologique et historique du chêne afares, du manque de données quant au comportement de cette dernière face au aléas et réchauffement climatique, notre travail s'est inscrit dans l'axe de recherche du laboratoire de Production, Amélioration et Protection des végétaux(PAPV) et aux équipe de recherches de l'INRF qui s'intéressent à l'effet de la sécheresse édaphique sur les jeunes plants du chêne afares dans la perspective de prévenir le comportement de cette espèce face au changement climatique.

Chapitre II
Matériel et Méthode

Chapitre II : Matériel et méthodes

1-Origine des plants

Les plants de chêne afares concernés par l'étude structurale et physique sont élevés en pépinière au niveau de l'INRF (Institut National de Recherche Forestière). La plantation a été réalisée par Monsieur DJEMA arezki de l'INRF AZAZGA au mois de décembre 2015. Les plants sont élevés dans un substrat de terreau forestier prélevé sous zénaie (10 premiers centimètres de profondeur). Le substrat est de texture limoneux-sableux non calcaire. Les plants sont installés en conteneur WM sans fond en caissette plastique ajourées sur châssis métallique (Communication personnelle).

Au niveau de la pépinière de l'INRF, les plants ont reçu des précipitations annuelles de 901,8mm lors de l'année 2016 et une quantité de pluie d'une valeur égale 925,9 mm pour l'année 2017. Lors des trois mois de 2018 (Janvier, Février, Mars) avant leur transfert vers notre laboratoire, les plants ont reçu 665,74 mm de pluie. Un total de 54 plants est acheminé vers le laboratoire de recherche PAPV.

2-Laboratoire

1^{ère} Période

Lors de la réception des plants au niveau du laboratoire le mois d'Avril, nous avons sacrifié 23 plants de chêne afares (Figure 3). Ces derniers ont fait l'objet de mesures des paramètres physiques à savoir la hauteur des tiges (H), diamètre au collet (D), biomasse aérienne (BMA), biomasse foliaire (BMF), biomasse caulinaires (BMT), la matière sèche aérienne (MSA) et matière sèche feuille et tiges séparément (MSF) et (MST).



Figure 3: les plants de chênes afares avec arrosage (a) et sans arrosage (b)

2^{ème} Période

Pendant 45 jours, les 31 plants restant sont répartis en deux blocs sous des conditions homogènes d'éclairage, d'humidité et d'aération au niveau du laboratoire. Nous avons alors soumis les plants à deux régimes d'arrosage. 17 plants sont arrosés à intervalle de 5 jours (régime1) et 17 plants sans arrosage (régime2) et cela pendant 45 jours. Les mesures des paramètres physiques la hauteur des tiges (H), diamètre au collet (D), biomasse aérienne (BMA), biomasse foliaire (BMF), biomasse caulinare (BMT), la matière sèche aérienne (MSA) et matière sèche feuille et tige séparément) sont réalisées. Afin de mettre en évidence le stress hydrique induit par l'absence de l'arrosage des 14 plants, nous avons pesé la biomasse de la feuille terminale fraîche (BMFT), saturé (BMFTS) (dans l'eau et réfrigérateur pendant 48 h) et séchée (MSFT) (à l'étuve à 80 °C pendant 72h).

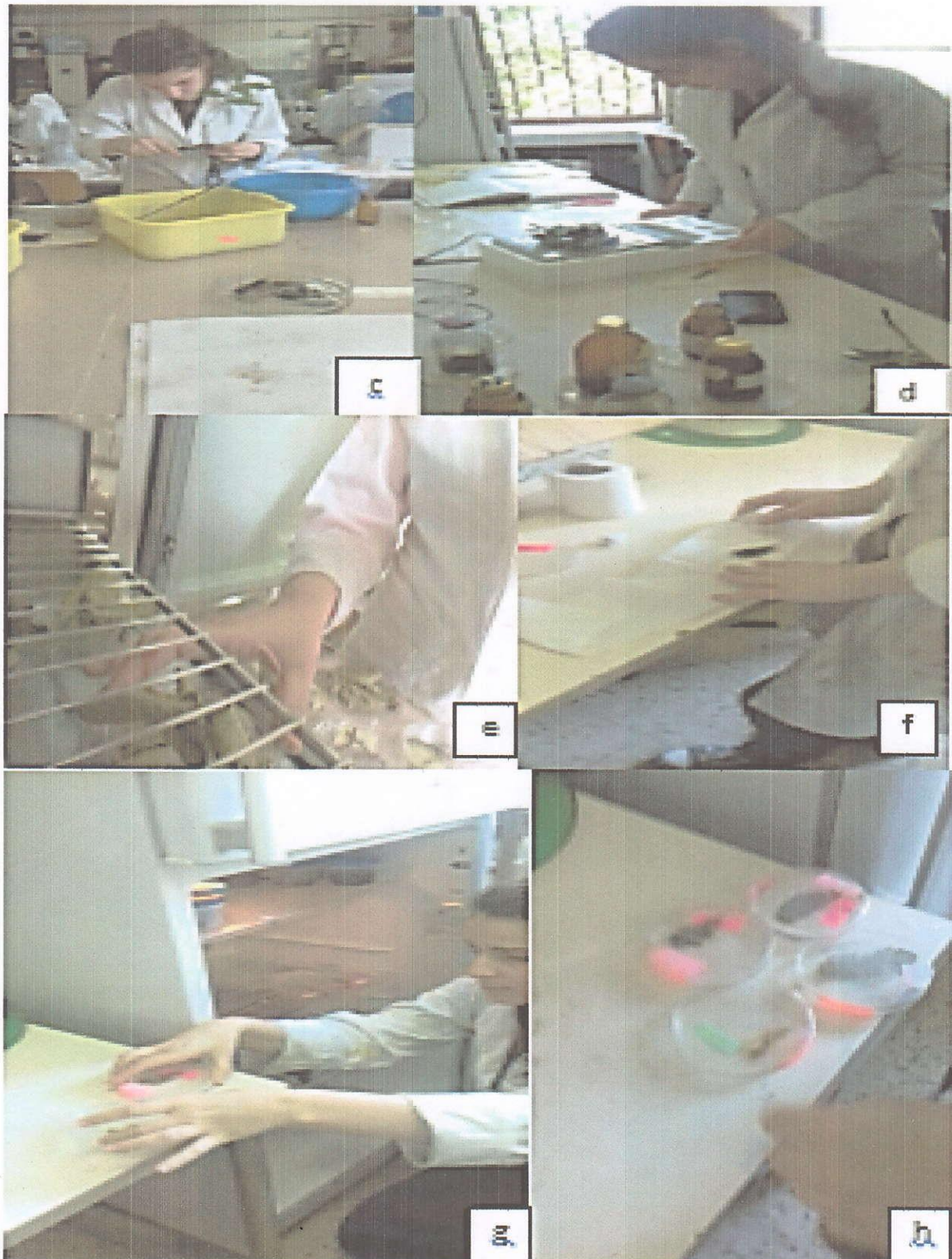


Figure 4: mesure le diamètre et la hauteur avec le pied à coulis (c) et peser de la biomasse aérienne (feuille + tige) de plants (d), les feuilles séchées à l'étuve pendant 72h à 80°C (e), feuilles terminales saturées au réfrigérateur séchées délicatement avec du papier (f) et feuilles terminales saturées (h)

3-Analyses et statistique

les tableaux obtenus de part les différentes mesures réalisées sont soumis à des statistiques descriptives, des corrélations et des analyses de la variance entre les différentes périodes et les différents régimes à l'aide du logiciel Biostat 9.

Le calcul de l'humidité pondérale de la partie aérienne des plants soumis aux deux régimes ainsi que la teneur relative en eau (RWC) sont obtenues selon respectivement les formules suivantes :

Mesure de l'Humidité pondérale :

$$H \text{ pondérale} = (BMA - MS / MS) * 100$$

Avec

BMA : biomasse aérienne,

MS : matière sèche

Mesure de la teneur relative en eau (RWC) (Cruiziat, 1978 :

$$RWC = \frac{BMFTF - MSFT}{BFTS - MSFT} * 100$$

Avec :

RWC : teneur relative en eau,

BMFTF : biomasse de la feuille terminale fraîche,

BMFTS : biomasse de la feuille terminale séchée,

MSFT : matière sèche de la feuille terminale

Chapitre III

Résultats et Discussions

III_ Resultats et discution

1-Première période.

Les mesures obtenus résultats obtenus par l'analyse descriptive (tableau) montre une homogénéité de distribution des variables (Tableau1) : d collet ,H,BMT,BMA (T+F),MST ,H pondérale ,avec des coefficients de variances(cv)inferieur 35% qui sont respectivement 14%, 21%, 31%,25%,30%,22% . Par contre, la biomasse des feuilles fraiches et séchées se sont présentées avec un coefficient de variation de 47% supérieur à30%. Ceci atteste d'une faible hétérogénéité de la variable poids de la feuille des plants réceptionnés de la pépinière de l'INRF.

Le coefficient de dissymétrie de Fisher caractérisant le degré d'asymétrie d'une distribution par apport à la moyenne .Un coefficient positif supérieur 3 indique une dissymétrie a droite alors qu'une asymétrie négative inférieur à 3 indique une distribution à gauche . L'analyse des statistiques descriptives rapportent l'homogénéité des variables structurales des plants concernés par notre étude.

Tableau 1 : résultats de l'analyse descriptive pour les plants de chêne afares arrosé et non arrosé

Mode	D collet	H	BM(F+T)	BMF	BMT	MSF	MS (F+T)	MST
moyen	5,08	22,11	4,21	2,17	2,02	1,06	2,008	0,9
Erreur type (moyenne)	0,17	1,16	0,36	0,24	0,15	0,12	0,12	0,067
Coefficient de dissymétrie	0,33	0,41	0,32	0,65	-0,18	0,22	0,47	-0,21
Coefficient d'aplatissement	2,56	2,12	2,40	3,34	1,78	0,87	2,16	2,23
Coefficient de variation	0,14	0,21	0,36	0,47	0,31	0,47	0,25	0,30

1-1Humidité pondérale

Le calcul de l'humidité des biomasses aeriennes des plants fraîchement récolté de la pepiniere de l'INRF soumis au régime à l'air libre de la station de Azazga a révélé une humidité moyenne de 107 % pour la première période.

III_ Resultats et discution

1-Première période.

Les mesures obtenus résultats obtenus par l'analyse descriptive (tableau) montre une homogénéité de distribution des variables (Tableau1) : d collet ,H,BMT,BMA (T+F),MST ,H pondérale ,avec des coefficients de variances(cv)inferieur 35% qui sont respectivement 14%, 21%, 31%,25%,30%,22% . Par contre, la biomasse des feuilles fraiches et séchées se sont présentées avec un coefficient de variation de 47% supérieur à30%. Ceci atteste d'une faible hétérogénéité de la variable poids de la feuille des plants réceptionnés de la pépinière de l'INRF.

Le coefficient de dissymétrie de Fisher caractérisant le degré d'asymétrie d'une distribution par rapport à la moyenne .Un coefficient positif supérieur 3 indique une dissymétrie a droite alors qu'une asymétrie négative inférieur à 3 indique une distribution à gauche . L'analyse des statistiques descriptives rapportent l'homogénéité des variables structurales des plants concernés par notre étude.

Tableau 1 : résultats de l'analyse descriptive pour les plants de chêne afares arrosé et non arrosé

Mode	D collet	H	BM(F+T)	BMF	BMT	MSF	MS (F+T)	MST
moyen	5,08	22,11	4,21	2,17	2,02	1,06	2,008	0,9
Erreur type (moyenne)	0,17	1,16	0,36	0,24	0,15	0,12	0,12	0,067
Coefficient de dissymétrie	0,33	0,41	0,32	0,65	-0,18	0,22	0,47	-0,21
Coefficient d'aplatissement	2,56	2,12	2,40	3,34	1,78	0,87	2,16	2,23
Coefficient de variation	0,14	0,21	0,36	0,47	0,31	0,47	0,25	0,30

1-1Humidité pondérale

Le calcul de l'humidité des biomasses aeriennes des plants fraîchement récolté de la pepiniere de l'INRF soumis au régime à l'air libre de la station de Azazga a révélé une humidité moyenne de 107 % pour la première période.

1-2 Caractéristiques physiques des plants

Dès la réception des plants, nous avons mesuré la hauteur et le diamètre des plants sacrifiés pour apprécier la qualité des plants obtenus en pépinière (figure 6). La hauteur moyenne et le diamètre moyen des plants d'une valeur respective de 22,11cm et 5,8mm ont permis de qualifier la vigueur des plants d'appréciables. En effet, le ratio de robustesse moyen d'une valeur de 3,87 atteste de la bonne qualité des plants obtenus. Selon Lamhamedi et al (1997), la qualité d'un plant forestier est définie par le ratio de robustesse : Hauteur/Diamètre (H/D) exprimé en (cm/mm) et qui devrait être inférieur à 7. D'après les résultats obtenus, les plants de chêne afares obtenus présentent des valeurs d'H/D à la norme citée précédemment.

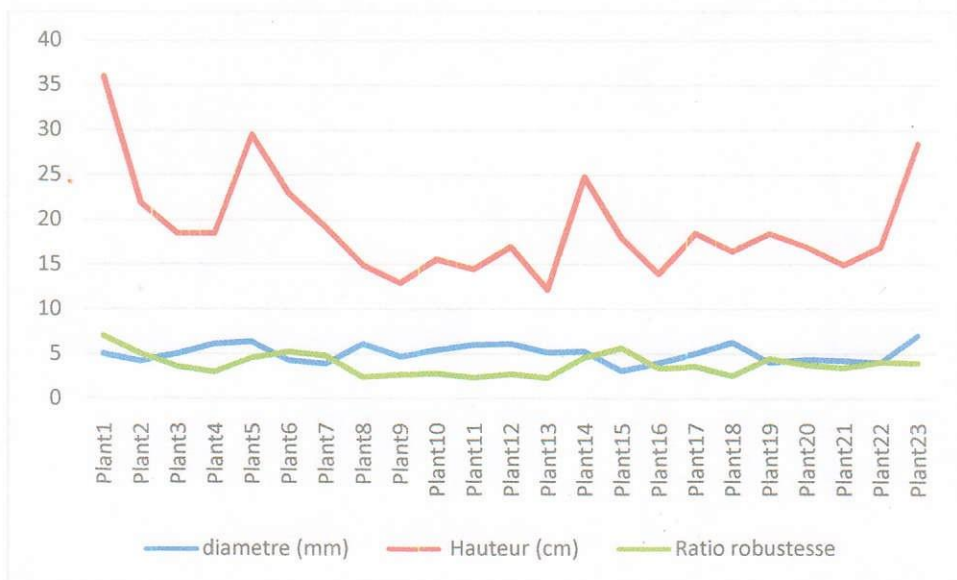


Figure 5 : Distribution des hauteurs , diametres et ratio de robustesse des plants de la premiere période

1-3 Production en biomasse aérienne

Les tiges et les feuilles des plants extraits des conteneurs ont été pesées avec une balance à deux chiffres. L'analyse globale des moyennes des variables Biomasses aérienne, foliaire, et caulinaires ainsi qu'en matière sèche (figure 7). Cependant, le détail des mesures présentées en figure 8, fait ressortir l'importance en production en biomasse de la partie foliaire en comparaison à la partie caulinaires chez les plants numéros 2, 6 ; 7 ; 11 ; 15 ; 18 ; 22 .

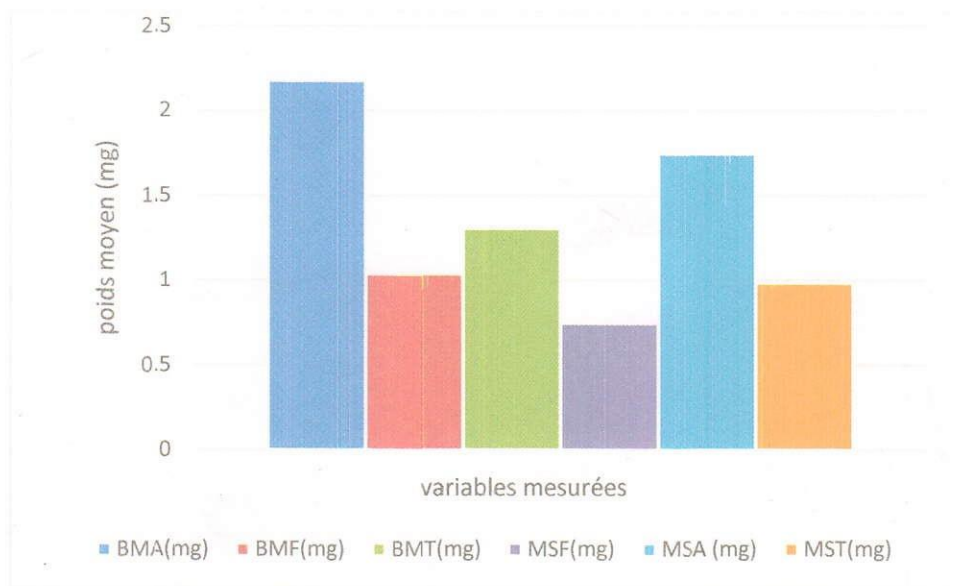


Figure 6 : representation de la production moyenne en biomasse aérienne, feuille,tige,matiere sèche aérienne , tige et feuille.

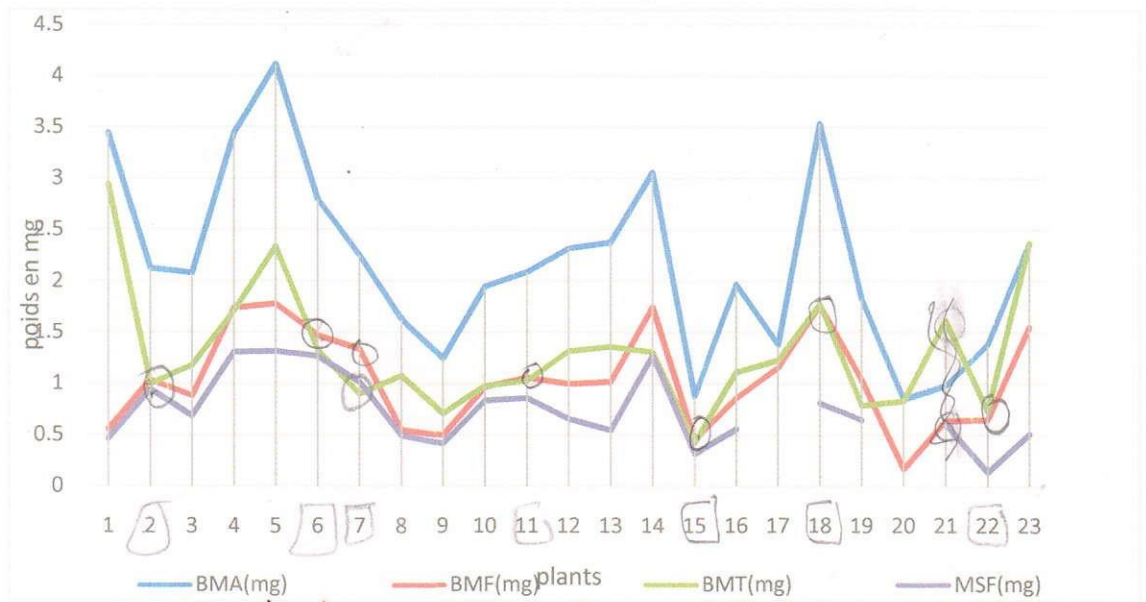


Figure 7 : ventilation des poids de la biomasse aérienne, feuille, tige, matiere sèche aérienne , tige et feuille.

2-Deuxième période

Les résultats obtenus par l'analyse descriptive (tableau) montre une homogénéité de distribution des variables pour tous les plants soumis au deux régimes : Diamètre au collet, H, BMT, MS(F+T), MST et H pondéral avec des coefficient de variance(cv)inferieur 35% qui sont respectivement 14% ,21%, 31% ,25%,30% ,22% par contre la biomasse feuille et la biomasse feuille sec des variable peu hétérogénéité avec CV de 47%

Tableau 2 : résultats de l'analyse descriptive pour la 2ième période

	D (mm)	H (cm)	BMF+T	BMF	BMT	MS F	MST
moyen	5,12	19,34	2,28	1,076	1,33	0,74	0,73
Erreur type (de la moyenne)	0,22	1,32	0,18	0,09	0,13	0,07	0,07
Coefficient de dissymétrie	0,055	1,27	0,37	0,30	1,06	0,35	1,27
Coefficient d'aplatissement	2,020	4,00	2,48	1,82	3,65	2,22	4,48
Coefficient de variation	0,20	0,31	0,38	0,41	0,46	0,45	0,46

2-1Humidité pondérale des plants

Les échantillons soumis aux deux régimes d'arrosage ont été soumis à des mesures de l'humidité pondérale des parties aériennes. L'analyse de la figure 9 permet de noter que les plants arrosés tous les 10 jours présentent une humidité pondérale de la partie aérienne plus importante que celle des plants soumis au régime d'arrêt d'arrosage pendant 45 jours de valeurs respectives de 59 % et de 41% (figure8).

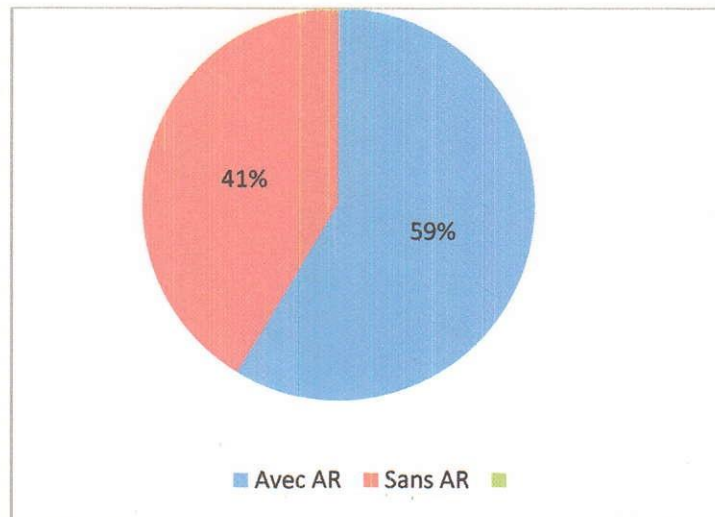


Figure 8 : humidité pondérale moyenne des échantillons soumis aux deux régimes

Les plantes sont essentiellement constituées d'eau, leur teneur en eau variant de 80 à 95 % de leur poids total. la comparaison des humidités pondérales des échantillons à la réception au mois d'avril et apres taritement au mois de juin, permet de noter la diminution de l'humidité pondérale des plants soumis au deux régimes respectivement de 59% et 41% par rapport au plants du mois d'avril qui presentaient une humidité de 107%. La disposition des plants au laboratoire à soumis les plants qui etaient bien arrosés dans la pépiniere à des conditions de restriction en eau avec un déficit plus important ressenti chez les plants avec arrêt d'arrosage (Figure 9).

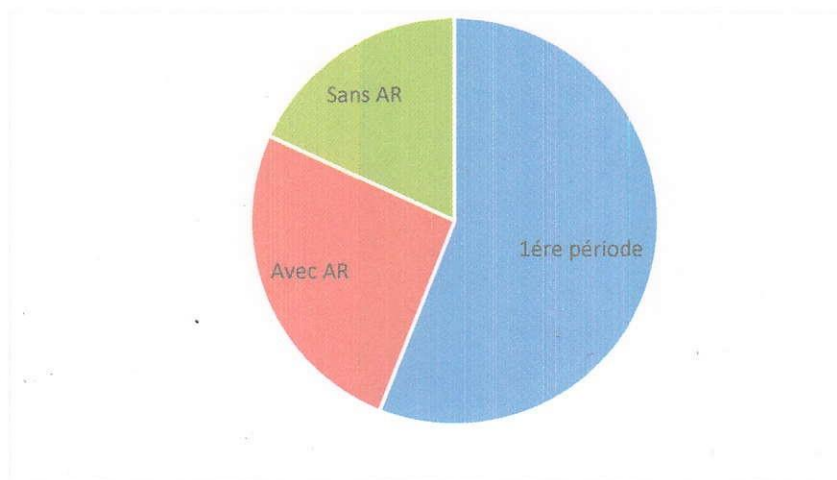


Figure 9 : Humidité pondérale moyenne des plants issus de la premiere et deuxieme périodes.

L'analyse de la variance réalisée pour la variable humidité pondérale des partie aérienne entre les plants des deux régimes de la deuxième période atteste de la présence d'une différence tres hautement significative à $p=0,000$.

2-2 La teneur en eau relative

L'analyse pour connaître le taux d'humidité qu'un organe renferme est possible par le calcul de la teneur relative de la feuille terminale de chaque plant soumis à un arrêt d'arrosage pendant 45 jours . le résultat a permis de confirmer l'états de stress édaphique du chêne afares avec la valeur de WRC moyen de $26 \pm 22.41\%$.

2-3 Caractéristiques physiques des plants

Les mesures des hauteurs et des diametre a révélé des moyennes en hauteur d'une valeur de 16.58 ± 5.66 cm et de diamètre 4.22 ± 0.98 mm pour les plants sans arrosage avec un ratio de robustesse de 4.02 ± 1.19 . Les plants soumis un arrosage à permis d'obtenir des plants de chêne afares avec une hauteur moyenne d'une valeur de 19.20 ± 5.26 cm et de diamètre 5.096 ± 0.90 mm pour les plants sans arrosage avec un ratio de robustesse de 3.87 ± 1.17 (Figure 10). Notant que si l'évaluation de la qualité des plants forestiers est estimée par le rapport Hauteur/Diamètre (H/D) qui doit être inférieur à 7 (Lamhamedi et al, 1997), nous pouvons donc considérer que les plants soumis au deux régimes répondent aux normes internationales de certification de qualité des plants.

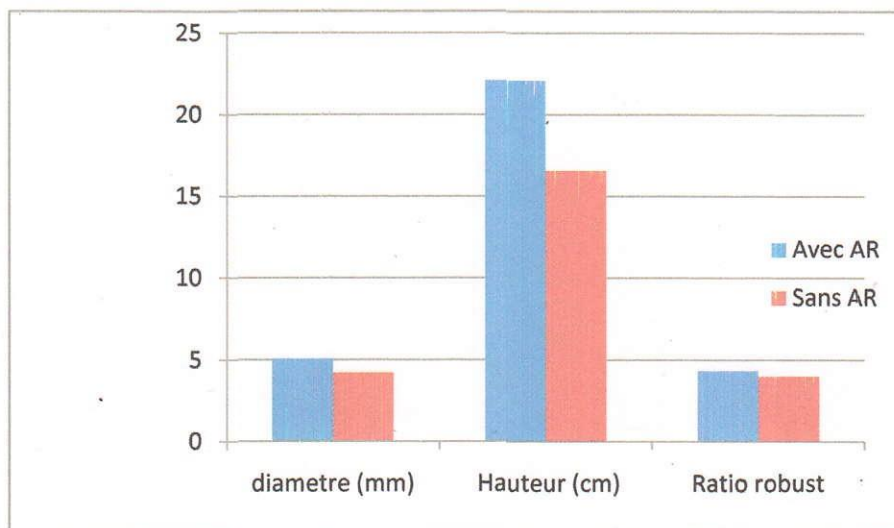


Figure 10 : Distribution des hauteurs , diametres et du ratio de robustesse des plants de la deuxième période avec et sans arrosage.

La croissance individuelle des plantules du chêne afares s'est présentée avec une allure sinusoidale pour la variable hauteur chez les plants avec arrosage et avec rupture d'arrosage de 45 jours (Figure 11 et 12). En effet, la réponse des plants au stress hydrique édaphique est d'abord une réponse individuelle et propre à chaque plant dépendant de son patrimoine génétique (héréditaire). Il est vrai qu'en peuplement, le développement des arbres résulte de la combinaison de plusieurs facteurs : des facteurs internes liés à la génétique (génotype), des facteurs externes liés aux potentialités des stations, et des conditions de concurrence entre les arbres voisins sous la dépendance du traitement sylvicole. L'architecture et la morphologie d'une plante déterminent sa capacité à exploiter les ressources du milieu. Elles sont fortement liées à sa production et à sa valeur (volume, biomasse, qualité du bois ou des fruits, valeur ornementale...). De plus, Elles varient en fonction du stade ontogénique, du patrimoine génétique eux sources de variation majeures de croissance peuvent être imaginées sur des sols de structure équivalente et de fertilité proche. Une des raisons citées par Oleksyn *et al.* (2001) est liée à la provenance génétique des individus et plusieurs études soulignent les différences non négligeables qu'elle peut entraîner sur la croissance de jeunes semis comme c'est le cas chez pins sylvestres. Il semble aussi être le cas du chêne afares lors de notre essai. Ceci probablement que la récolte des glands récoltés ne provenait pas entièrement d'arbre plus du peuplement de Bouchouled.

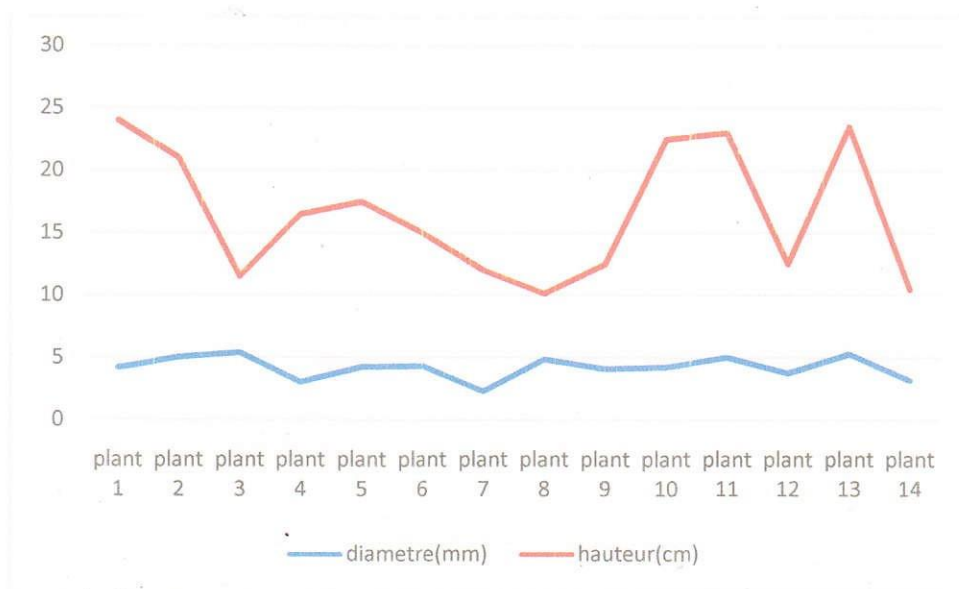


Figure 11 : Distribution des hauteurs et diamètres individuels des plants de la deuxième période sans arrosage.

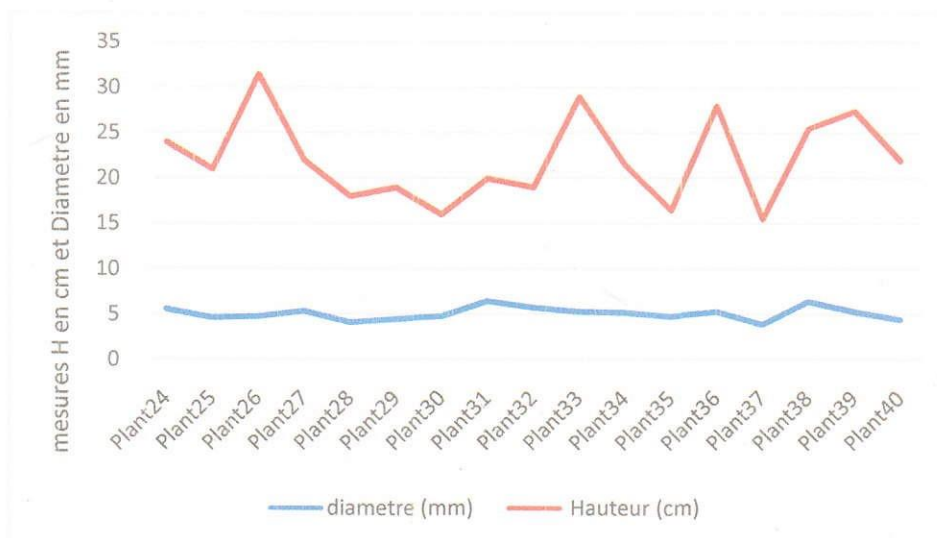


Figure 12 : Distribution des hauteurs et des diamètres individuels des plants de la deuxième période avec arrosage.

Bien que les valeurs moyennes semblent transcrire des différences entre les variables hauteur et diamètre des plants soumis aux deux différents régimes (Figure 10), sauf que l'analyse de la variance et le test de Bonferroni de différence entre les moyennes ne révèlent pas de différences très hautement significative que pour la variable diamètre avec $p=0.0073$. A contrario, la variable hauteur semble ne pas varier dans le cas des régimes avec $p=1$.

2-4 Rythme de croissance moyen mensuel des plants des deux périodes

La comparaison de la croissance radiale et en hauteur des plants de la première période et de la deuxième période a permis de noter que les plants de chêne afares ont un rythme de croissance en diamètre respectivement d'une valeur de 0.18mm/30Jours pour la première période, 0,15 mm/30Jours pour les plants sans arrosage pendant 45jours et 0.18 mm/30Jours avec arrosage, ceci concernant les plants issus de la deuxième période (Figure 13).

Nous avons cherché à voir s'il existait une corrélation entre la croissance en hauteur et le diamètre des plantules de chêne afares non arrosées et nous avons obtenu une équation de régression comme suit : $\text{diametre (mm)} = 3,9636 + 0,0509 * \text{Hauteur (cm)}$

avec $p= 0.178$. ceci révèle la non-significative de la corrélation positive entre les variables diamètre et hauteur dans le cas de notre expérience.

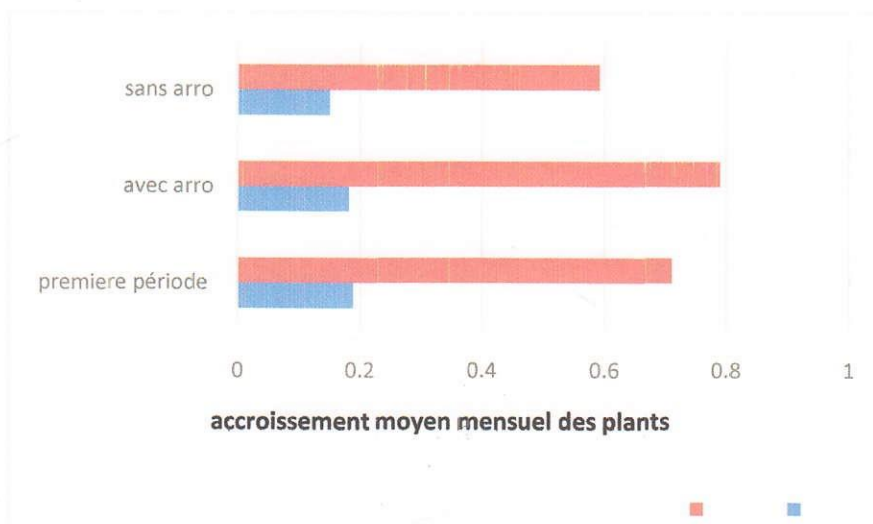


Figure 13 : comparaison des rythmes de croissance moyen mensuel des plants des deux périodes et des deux régimes d'arrosage .

Selon Tardie et Dreyer (1997), les déficits hydriques longs se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante, qui visent à réduire sa surface transpirante (surface foliaire), mais qui induisent également une baisse de sa production. Le lièvre (1999) précise que le stress hydrique est intégré sous la forme d'une fonction de réduction de la production journalière de biomasse (via celle de la photosynthèse) chez les plantes stressées. En effet, l'histogramme en figure 11 montre la chute de production chez les plants de chêne afares non arrosés.

Test de Bonferroni de différence entre les moyennes révèle des différences très hautement significative un seuil de $p=0$ pour la variables biomasses aériennes, hautement significative

2-5 Production en biomasse aérienne

Les tiges et les feuilles des plants extraits des conteneurs, après 45 jours de séjours au laboratoire, ont été pesées avec une balance à deux chiffres. l'analyse globale des moyenne des variables Biomasses aeriene , foliaire, et caulinaire ainssi qu'en matière sèche (figure 14).

Chez les jeunes plants stressés nous notons une sensibilité au stress induit par l'arrêt brutal pendant 45 jours de l'arrosage. La croissance enregistrée est plus basse que chez les plants non stressés concernant la majorité des variables à l'exception la

variable matière sèche caulinare. En effet, Acherar *et al.*,(1991) rapportent qu'au stade plantule, *Q. afares* a une forte sensibilité a la sècheresse édaphique .

Plusieurs auteurs rapportent que chez les espèces méditerranéennes, la durée de vie des feuilles joue un rôle important dans la réaction à différents stress tels que le gel et la sécheresse. Les espèces à feuilles caduques sont plus sensibles au froid et au gel que les espèces à feuilles persistantes (Sakai *et al.*, 1981; Adams *et al.*, 1995; Cavender-Bares *et al.*, 1999). Selon Hsiao et Acevedo (1974), Schulze (1986), Reichstein *et al.* (2002), les réponses éco physiologiques des chênes à la sécheresse passe d'abord par la croissance de la plante, de même que les flux d'eau et de CO₂ qui diminuent avec la sécheresse à des rythmes différents. Il semble que lorsque le flux hydrique est limité, les stomates se ferment et la faiblesse des conductances stomatiques et mésophylliennes réduisent l'assimilation du CO₂ (Chaves et al. 2002, Flexas *et al.* 2008, Medrano *et al.* 2009). Ceci serait donc probablement responsable de la diminution de production.

En effet, Reece (2012) explique que les plantes n'ont qu'une quantité limitée d'énergie à consacrer à la croissance des tiges. Si la majeure partie de cette énergie sert à la formation de ramifications, il reste moins d'énergie à consacrer à la croissance en hauteur, et il y a plus de risques que ces plantes soient ombragées par les plus grandes espèces compétitrices.

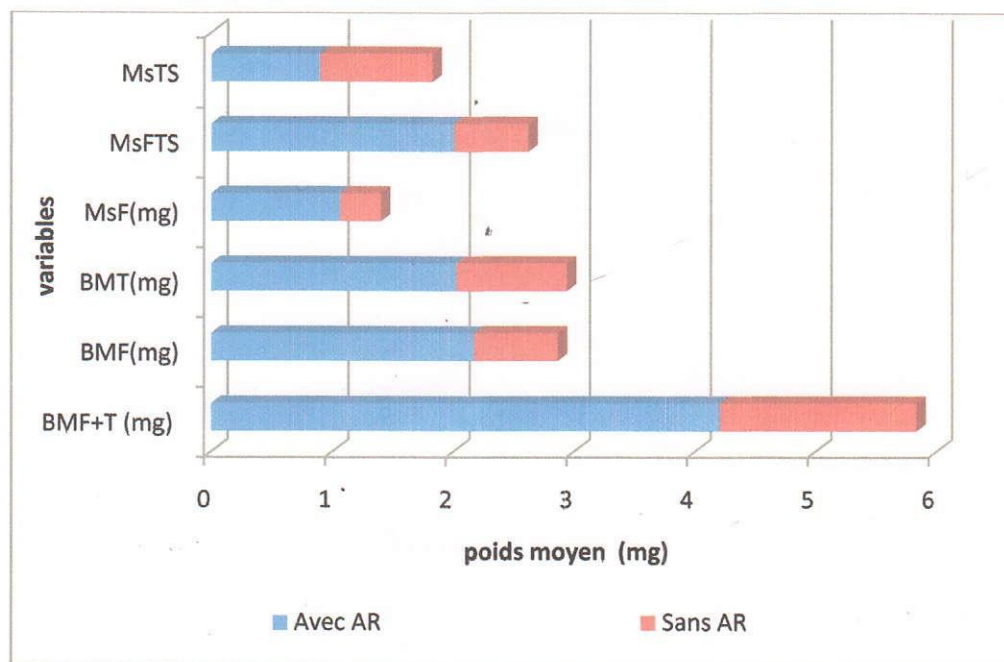


Figure 14 : repretation de la production moyenne en biomasse aérienne, feuille, tige, matiere sèche aérienne , tige et feuille des plants arrosés et non arrosés de la deuxieme période.

L'analyse des corrélations réalisées entre la variable diamètre au collet et la production en biomasse aérienne (tige, feuille) et matière sèche, ont révélé la présence de très forte corrélation négative entre la croissance radiale des plants stressés et la production en biomasse

Avec une formule : $BMA (mg) = -4,3018 + 1,6734 * \text{diamètre (mm)}$ avec $p = 0,0002$

Les plantules de chêne afares stressées semblent favoriser la croissance radiale au détriment de la production en feuille.

Les déficits hydriques longs se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante, qui visent à réduire sa surface transpirante (surface foliaire), mais qui induisent également une baisse de sa production. Au début

du cycle végétatif, la plante ajuste sa taille à l'eau disponible dans le milieu en réduisant la surface et/ou le nombre de ses feuilles, et le nombre de ses organes d'accumulation. Ainsi, ses besoins en eau sont plus faibles mais sa biomasse réduite ;

elle reste capable de produire des semences, mais moins nombreuses. Selon Le lièvre (1999), le stress hydrique est intégré sous la forme d'une fonction de réduction de la production journalière de biomasse (via celle de la photosynthèse). En effet, les plants de chêne afares stressés ont présenté une baisse de production en biomasse foliaire de 0,69 mg en comparaison à ceux avec arrosage qui ont enregistré une moyenne de 2,17mg. Ceci est considérable puisque l'analyse de la variance a fait ressortir des différences hautement significative à $p = 0,0002$. Nos résultats peuvent s'expliquer par les résultats de Garnier (2005) qui a démontré que la feuille réalise une «économie» afin d'ajuster sa durée de vie à ses capacités photosynthétiques, ainsi les espèces dont la vitesse de photosynthèse est élevée ont des feuilles dont la durée de vie est courte. De ce fait, la durée de vie des feuilles intervient dans les interactions entre l'arbre et le milieu local.

Conclusion

Les jeunes plants du chêne afares soumis au stress hydrique édaphique semblent être sensibles. La réponse de ces plantules s'est traduite par la chute de production de la biomasse foliaire en premier plan et en biomasse caulinaires en second plan. Bien que les chênes à feuilles caduques sont qualifiés de *Water saver* par les mécanismes d'adaptation (fermetures des stomates, sénescence des feuilles....etc), ils ne restent pas moins fragiles devant une sécheresse estivale intense et longue. Cette sécheresse serait plus fréquente à cause du réchauffement climatique (Alatou et al., 2012 ; Belair et al., 2007) Et exposerait les jeunes plants à des stress hydrique et thermique qui entraverait la régénération naturelle, et fragiliserait les arbres adultes face aux maladies parasitaires.

Références Bibliographiques

- Acherar M, Rambal S, Lepart J., 1991.** Evolution du potentiel hydrique foliaire et de la conductance stomatique de quatre chênes méditerranéens lors d'une période de dessèchement. *Annal of Forest Science* 54: 347-358.
- Babinot J F, Quezel P, Médial F et Verlaque R., 1997.** Endémisme végétale et Paléogéographique dans le bassin méditerranéen. *Geo Bios*, 21 :159-166
- Benito Garzón M, R. Sánchez de Dios, Sainz Ollero H. 2008.** Effets du changement climatique sur la répartition des espèces d'arbres ibériques . *Sciences de la végétation appliquées* 11, 169–178.
- Boudy P (1959).** Guide du forestier en Afrique du Nord. La Maison Rustique, Paris, pp 172–184.
- Boudy .P. 1948.** *Économie forestière nord-africaine. 1. Milieu physique et milieu humain.* Paris, Larose. 686 p.
- Boudy .P .1950.** Economie forestière Nord-Africaine .IL . Monographie et traitement des essences forestière Fasc.1.Ede. LAROSE Paris 575p
- Boudy P., 1955.** Economies forestière nord africaine. Tome (IV) : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie Larose, Paris 483p.
- Camus A., 1936-1954.** Les Chênes: monographie du genre *Quercus* [et *Litho carpus*]. Editions Paul Le chevalier (Paris)
- Cuenod A, Poittier-Alapetite G, Labbe A.1954.** Cryptogames vasculaires, gymnospermes et Monocotylédones. Flore analytique et synoptique de la Tunisie. Imprimerie Office de l'expérimentation et de la vulgarisation agricoles de Tunisie, S.E. F.A.T. Tunis
- Damesin . C ...,S Rambal and R Joffre .1997.** Between tree variations in leaf & ¹³ C of *Quercus pubescens* and *Quercus ilex* among Mediterranean habitats with different water availability, *oxalologia* 111 :26-35

Damesin . C ...,S Rambal and R Joffre .1998. Seasonal and annual changes in leaf &¹³ C in two co- occurring Mediterranean oaks : relations to kaf growth and drought progression.
Funct Ecol 12 :778-785

Garnier E. 2005. Un schéma universel de fonctionnement des végétaux. In: La Science au présent Une année d'actualité scientifique et technique (ed. Gautier Y.), pp. 76-77.
Encyclopedia Universalis

Hasnaoui, B. 1992. Chênaies du Nord de la Tunisie, Ecologie et Régénération. Doctorat d'Etat es-Sciences Naturelles, Université de Provence Aix Marseille I, 186 p.

Khelifi H., 1987. Contribution à l'étude phytoécologique et phytosociologique des formations à chêne liège dans le NE algérien, Thèse Magister, USTHB., 141p.

Kunin W.E. & Gaston K.J. 1993 The biology of rarity: Patterns, causes and consequences.
Trends in Ecology & Evolution, 8, 298–301.

Lapie (G), 1909 Etude phytoécologique de la Kabylie du Djurdjura. Thèse Faculté des Sciences de l'Université de Paris . Ed. Delagrave, 156p.

LAMHAMEDI, M. S., A. et GODIN, L. : Évaluation des composts, des substrats et de qualité des plants (*Pinus pinea*, *Pinus halepensis*, *Cupressus sempervirens* et *Quercus suber*) élevés en conteneurs. Projet Bird 3601. Rapport technique : Exécution des travaux d'aménagement de trois pépinières pilotes en Tunisie. Direction Générale des Forêts, Tunisie et Pampev Internationale Ltée, Canada, 1997. 121 p.

le Hardÿ de Beaulieu A et Lamant A, 2006 Guide Illustré des chênes

Maire R. 1961. Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Editions Paul Lechevalier: Paris .Vol 7, pp 117–120.

Médail, F. & Quézel, P. 1997 conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 84, 112-127.

Medail et Diadema, 2009. Glacial Refugia Influence Plant Diversity Patterns in the Mediterranean Basin

Messaoudène M, 1989 Dendroécologie et productivité de *Q. canariensis* Willd et de *Q. afares* Pomel dans les massifs de l'Akfadou et de Béni-Ghobri en Algérie. Thèse de Docteur en Sciences, Université d'Aix-Marseille III.

Myers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, da Fonseca GAB, Kent J.2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858. Monnier et al. 2012 Monnier J, S Lewen, O'Hara E, Huang K, Tu H, Boucherie EC, Zabel BA .Expression, régulation et fonction du récepteur CCRL2 atypique de la chimérine sur les cellules endohélioles . *J Immunol.* 2012;189 : 956 à 967.

Murray BR ., Thrall P H, Gill A M, Nicotra A B. 2002a. How plant life-history and ecological traits relate to species rarity and commonness at varying spatial scales. *Australian Ecology* 27, 291-310

Messaoudene M, Tessier L.1997. Relations cerne-climat dans des peuplements de *Quercus afares* Pomel et *Quercus canariensis* Willd. en Algérie. *Annals of Forest Science* 54: 347-358.

Pimm S, Jones H, Diamond J. 1988. On the risk of extinction. *American naturalist.* 132:757-785

Quezel P . 1956 Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques D'Algérie. Mémoire de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord, n°1 ,57p .

Quezel P. et Bonin G., 1980 – les forêts feuillus du pourtour méditerranéen : constitution, écologie, situation actuelle et perspective. *Revue forestière française*, tome 3, pp. 253-268.

Quezel P .et Santa S (1962-1963).Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (NRS.,Paris,2 tomes ,1170p).

Quezel P, Medail F. 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen .Paris. Elsevier.

Thompson, J.D. 2005 Plant evolution in the Mediterranean. Oxford University Press, Oxford

Thuiller, W. 2003 **Biomed** optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change. *Glob Change Biology*, 9, 1353–1362

Zurlini G, Grossi L, Rossi O. 2002. Spatial-accumulation pattern and extinction rates of Mediterranean flora as related to species confinement to habitats in preserves and larger areas. *Mediterranean Conservation Biologique* 16:948-963