

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie

El Harrach



Thèse

En vue de l'obtention du diplôme

Doctorat

En sciences agronomiques

THEME

*Caractérisation de la variabilité morphologique de 21 provenances algériennes de chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.), évaluation de leur adaptation écologique dans la région semi aride de Saïda.*

Présenté par : NASRALLAH Yahia.
Magister en Agronomie, Spécialité Foresterie

Soutenue publiquement le 07/04/2014
Devant le jury composé de:

ABDELKRIM Hacène
KHELIFI Lakhdar
DERRIDJ Arezki
NEDJAH Abdellah

Président : Professeur (ENSA)
Directeur de thèse : Professeur (ENSA)
Examineur : Professeur (UMMTO)
Examineur : Directeur de Recherche (INRF)

Remerciements

Au terme de ce travail, il m'est agréable de remercier vivement tous ceux qui ont contribué à sa réalisation. Je dois remercier particulièrement :

Monsieur KHELIFI Lakhdar, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach-Alger, pour avoir accepté de diriger cette thèse et qui par sa compétence et sa patience a orienté mon travail, son aide a été aussi précieuse qu'utile. Je lui adresse mes vifs remerciements et ma reconnaissance.

Monsieur ABDELKRIM Hacene, professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach-Alger. Je le remercie beaucoup pour avoir accepté de présider ce jury.

Messieurs AREZKI Derridj et NEDJAH Abdellah respectivement professeur à l'Université de Tizi Ouzou et Directeur Général à l'INRF, d'avoir bien voulu me faire l'honneur de juger ce travail.

Je dois exprimer ma gratitude aussi au Dr MORSLI et LELLOUCHI Med du département de foresterie de l'ENSA, au Dr DUCCOSSO A et au Pr GERBER.S de l'INRA de Bordeaux, au Dr I CHUINE et Dr F. MOUILLOT du CEFÉ de Montpellier, au Pr KSONTINI et Mr ABDSELEM de l'INRGREF de Tunis qui m'ont aidé à un moment où un autre de ce travail.

Je tiens à adresser mes remerciements à NASRALLAH Oussama et Morad qui m'ont efficacement aidé, je leurs dois toute ma gratitude.

Je ne pourrais oublier tous les amis forestiers de Saïda , en particulier Damou, Shibi , Dahmene et Bettir, ainsi que les forestiers des autres conservations qui m'ont aidé dans les différentes phases de récolte de graines et de suivi de la plantation comparative, je les remercie tous pour m'avoir apporter aide et conseil.

Je tiens à remercier mes amis : TOUIL A, BENKHALED M, HADAD A, SEBTI M, BOUZIANE. A ,GURROUDJ N, ZAIR M, BOULFRED A, HASNAOUI O, AMMAM M, CHOIRA A, CHIKHAOUI B , REMMAS M, KEFIFA A, NOREDINE A, TEGAR L, FETATI R, BENYEKDES A, TAIBI A, et NAIMI.

Tous ceux et celles qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici ma haute considération et ma reconnaissance.

Il m'est très agréable enfin de dédier ce modeste travail à :

- mes très chers parents.***
- mes frères et sœurs et leurs enfants.***
- ma femme, ma fille et mon fils.***

Liste des tableaux

N°	Titre	page
1	Envasement de quelques barrages en exploitations en Algérie (Boudjadja et <i>al.</i> , 2003).....	17
2	Groupes de provenances retenus et étages bioclimatiques correspondants.....	44
3	Localisation et description des coordonnées géographiques des provenances.....	42
4	Description écologique des 21 provenances retenues.....	46
5	Récapitulatif du nombre de glands mis initialement en pépinière.....	47
6	Principales caractéristiques stationnelles de la pépinière d'El Ogbène (Saida).....	49
7	Description des deux sites expérimentaux situés dans la chênaie des monts de Saida.....	54
8	Récapitulatif du nombre de plants installés dans chacun des deux sites.....	56
9	Comparaison des données climatiques de la station de Rebahia.....	57
10	Régime saisonnier des pluies (1980-2011).....	58
11	Analyse de la variance des caractères liés à la qualité des glands et des jeunes semis de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.....	64
12	Tests de la PPDS et groupes homogènes des caractères liés à la qualité des glands et des jeunes semis de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.....	65
13	Evolution des taux de levée (TL) des plants des 21 provenances de chêne vert en pépinière.....	66
14	Evolution des Hauteurs des plants (HP) des 21 provenances de Chêne vert en pépinière.....	66
15	Evolution des diamètres au collet (DP) des plants des 21 provenances de Chêne vert en pépinière.....	67

16	Analyse de la variance des caractères liés à la morphologie de la feuille et du plant de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.....	67
17	Tests de la PPDS et groupes homogènes des caractères liés à la qualité des glands et des jeunes semis de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.....	69
18	Analyse de la variance des caractères liés à la biomasse plants de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.	70
19	Tests PPDS et groupes homogènes des caractères liés à la qualité des glands et des jeunes semis de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.....	72
20	Analyse de la variance de la survie (SJ8) des plants de Chêne vert des 21 provenances plantées dans deux sites différents.....	77
21	Analyse de la variance de la survie (SS11) des plants de Chêne vert des 21provenances en plein champ.....	77
22	Tests PPDS et groupes homogènes de survie (SS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances des blocs dans les deux sites.	78
23	Tests de la PPDS et groupes homogènes de la survie (SS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.	79
24	Analyse de la variance de la hauteur (HJ8) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.	80
25	Test de la PPDS et groupes homogènes de la hauteur (<i>HJ8</i>) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.	81
26	Analyse de la variance de la hauteur (HS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances en champ.	82
27	Test de la PPDS et groupes homogènes de la hauteur (<i>HS11</i>) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.	83
28	Analyse de la variance du diamètre au collet (DJ8) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.	84
29	Test de la PPDS et groupes homogènes de survie (DJ8 en cm) des blocs des plants de Chêne vert dans les deux sites.	84
30	Test de la PPDS et groupes homogènes de la hauteur (<i>DJ8</i>) des plants de Chêne vert des 21 provenances en champ.....	85
31	Analyse de la variance du Diamètre au collet (DS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances en champ.	86
32	Test de la PPDS et groupes homogènes de diamètre au collet (DS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances des blocs dans les deux sites.	87
33	Tests PPDS et groupes homogènes de la hauteur (<i>DS11</i>) des plants de Chêne vert des 21 provenances en champ.	88

34	Analyse de la variance des caractères liés à la qualité des glands et des jeunes semis de Chêne vert des 4 groupes familles en pépinière.	96
35	Tests PPDS et groupes homogènes des poids des glands des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	97
36	Tests PPDS et groupes homogènes des taux de flottaison des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	97
37	Tests PPDS et groupes homogènes des taux de germination des glands des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	98
38	Evolution de la hauteur totale moyenne des quatre provenances, en pépinière.....	98
39	Tests PPDS et groupes homogènes de la hauteur des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	99
40	Evolution du diamètre moyen des quatre provenances.	99
41	Tests PPDS et groupes homogènes du Diamètre au collet des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	100
42	Analyse de la variance des caractères liés à la morphologie de la feuille et du plant de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière.	101
43	Tests PPDS et groupes homogènes de la longueur de la feuille des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	102
44	Tests PPDS et groupes homogènes de la largeur de la feuille des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	102
45	Tests PPDS et groupes homogènes du nombre de ramification par plant des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	103
46	Tests PPDS et groupes homogènes de la surface foliaire par plant des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	103
47	Tests PPDS et groupes homogènes du nombre de feuilles par plant des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	104
48	Tests PPDS et groupes homogènes de la surface foliaire par plant des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	104
49	Analyse de la variance des caractères liés à la biomasse des plants de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière.	105
50	Tests PPDS et groupes homogènes du poids aérien frais des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	106
51	Tests PPDS et groupes homogènes du poids racinaire frais des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	106

52	Tests PPDS et groupes homogènes du poids frais total des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	107
53	Tests PPDS et groupes homogènes du poids aérien sec des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	108
54	Tests PPDS et groupes homogènes du poids racinaire sec des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	109
55	Tests PPDS et groupes homogènes du poids total sec des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	110
56	Tests PPDS et groupes homogènes du rapport (PAF/PRF) des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	110
57	Tests PPDS et groupes homogènes du rapport (PAS/PRS) des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	111
58	Tests PPDS et groupes homogènes du rapport (PRF/PRS) des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.	111
59	Analyse de la variance des taux de survie des plants (SJ8) de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière, dans les sites 1 et 2.	115
60	Analyse de la variance des taux de survie des plants (SS11) de Chêne vert des 4 groupes de familles, dans les 2 sites.	116
61	Tests PPDS et groupes homogènes du taux de survie des 4 groupes de familles de Chêne vert sur le site 2.	116
62	Analyse de la variance des taux de survie des plants (HJ8) de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière et dans les 2 sites.	117
63	Tests PPDS et groupes homogènes de la hauteur totale des 15 familles BAM de Chêne vert sur le site 2.	117
64	Analyse de la variance des taux de survie des plants (HS11) de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière et dans les 2 sites.	118
65	Analyse de la variance des diamètres aux collets des plants (DJ8) de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière et dans les 2 sites.	118
66	Tableau 66: Tests PPDS et groupes homogènes du diamètre au collet(DJ8) des 15 familles BAM de Chêne vert sur le site 2.	119
67	Analyse de la variance des diamètres aux collets des plants (DS11) de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière et dans les 2 sites.	119

Liste des figures

N°	Titre	page
1	Aire géographique du chêne vert en méditerranée (Barbero et Loisel, 1980, modifiée)	08
2	Répartition du chêne vert (<i>Quercus ilex</i> .L) dans le climagramme d'Emberger (d'après Seigue, 1985)	09
3	Les bassins versants en Algérie: (d'après Boudjadja et al., 2003, modifiée)	15
4	Position de l'aire du chêne vert par rapport au Barrage vert en Algérie.....	18
5	Position de l'aire du chêne vert dans la carte de sensibilité à la désertification de l'Algérie septentrionale d'après D.G.F (2001, modifiée).....	19
6	Répartition du chêne vert en Algérie d'après D.G.F (2007, modifiée).....	22
7	Localisation des 21 provenances dans les différents secteurs phytogéographiques (carte établie par Quezel et Santa (1962-1963).....	42
8	Localisation des provenances sur la carte des étages bioclimatiques en Algérie.	43
9	Dispositif installé en pépinière pour l'élevage des plants et le suivi de la variabilité intra et interprovenance.....	48
10	Position géographique de la pépinière du vieux Saida sur une image google earth 2012.....	49
11	Positionnement géographique des deux sites de plantations comparatives.....	54
12	Schéma des deux dispositifs expérimentaux de terrain et des plantations réalisées.....	55
13	Plan et position des arbres du groupe de famille OTM.....	59
14	Plan et position des arbres du groupe de famille BBT.....	60
15	Plan et position des arbres du groupe de famille DLS.....	60
16	Plan et position des arbres du groupe de famille BAM.....	61

17	Représentation des caractères des plants sur le plan factoriel :1X2 en pépinière.....	73
18	Représentation des caractères des plants sur le plan factoriel : 4X5 en pépinière.....	74
19	Représentation des individus (provenances) sur les plans factoriels: (1X2) en pépinière.....	75
20	Représentation des individus (provenances) sur les plans factoriels: (4X5) en pépinière.....	76
21	Agrégats formés à partir des 21 provenances en pépinière	76
22	Evolution des taux de survie moyen des plants des 21 provenances de chêne vert dans les deux dispositifs, entre Janvier 2008 et Septembre 2011.....	78
23	Evolution de la hauteur moyenne des plants des 21 provenances dans les deux sites durant les 4 ans de suivi.....	82
24	Evolution du diamètre au collet des plants des 21 provenances de chêne vert dans les deux sites durant les 4 ans de suivi.....	86
25	Cercle des corrélations des caractères des plants sur le plan factoriel :1X2 du site 1.....	89
26	Cercle des corrélations des caractères des plants sur le plan factoriel: 3X4 du site 1.....	90
27	Projection des individus du premier site (les 21provenances) sur le plan 1X2.....	91
28	Projection des individus du premier site (les 21provenances) sur le plan 3X4...	91
29	Agrégats formés à partir des 21 provenances du site1.....	92
30	Cercle des corrélations des caractères des plants sur le plan factoriel : 1X2 du site 2.....	92
31	Projection des individus du deuxième site (les 21provenances) sur le plan 1X2	93
32	Agrégats formés à partir des 21 provenances du site 2.....	94
33	Représentation des caractères des plants sur le plan factoriel : 1X2 de la variabilité intra provenance au stade pépinière.....	112
34	Représentation des caractères des plants sur le plan factoriel : 3X4 de la variabilité intra provenance au stade pépinière.....	113

35	Représentation des individus sur le plan factoriel (1X2) en pépinière.....	114
36	Représentation des individus sur le plan factoriel (3X4) en pépinière.....	114
37	Représentation des caractères des plants de la variabilité intra provenance (site 1) sur le plan factoriel (1X2) B- sur le plan factoriel (3X4).....	120
38	Représentation des caractères des plants de la variabilité intra provenance (site1) sur le plan factoriel (3X4).....	121
39	Représentation des individus (familles) sur le plan factoriel(1X2),dans le site 1.	122
40	Représentation des individus (familles)sur le plan factoriel (3X4),dans le site 1.	122
41	Agrégats formés à partir des 60 familles du site1	124
42	Représentation des caractères des plants de la variabilité intra provenance (site 2) sur le plan factoriel (1X2).....	125
43	Représentation des caractères des plants de la variabilité intra provenance (site 2) sur le plan factoriel (3X4).	126
44	Représentation des individus (familles) sur le plan factoriel (1X2) dans le site 2.	127
45	Représentation des individus (familles) sur le plan factoriel (3X4),dans le site 2.	128
46	Agrégats formés à partir des 60 familles du site 2.....	129

Abréviations

* : effet significative
** : effet hautement significative
*** : effet très hautement significative
A .JC : Avant Jésus-Christ.
A : aride
A1: Sous-secteur littoral.
A2: Sous-secteur de l'Atlas Tellien.
ACP : Analyse en composantes principales
AFS : Association Française pour l'avancement des sciences.
ANRH : Agence Nationale des Ressources hydriques
AS1: Sous-secteur de l'Atlas Saharien oranais.
AS2: Sous-secteur de l'Atlas Saharien algérois.
AS3: Sous-secteur de l'Atlas Saharien constantinois.
ATS : provenance de Djebel Aissa, Ain Sefra
BAM : provenance de Boualem, El-Bayadh
BBT : provenance de Bordj-Bounaâma, Tissemsilt
BDM : provenance de El BORDJ, Mascara
BLD : provenance de Belezma, Batna
BNEF : Bureau National Des Etudes Forestières
BP : before present
C1: Secteur du Tell constantinois.
CLS : provenance de Chaabat, Lakhra, Sétif
CM : Carré Moyen
CSG : provenance de La Cascade, Sour El-Ghozlane
ddl : degré de liberté
DED : provenance de Dar Echyokh, Djelfa
DGF : Direction Générale des Forêts
DJ10 : Diamètre au collet en Janvier 2010
DJ11 : Diamètre au collet en Janvier 2011
DJ8 : diamètre au collet en janvier 2008
DJ9 : Diamètre au collet en Janvier 2009
DLS : Provenance de Djeghloul, Mont de Saïda
DP : Diamètre au collet des jeunes plants
DP : Diamètre au collet des jeunes plants
DS10 : Diamètre au collet en Septembre 2010
DS11 : diamètre au collet en Septembre 2011
DS8 : Diamètre au collet en Septembre 2008
DS9 : Diamètre au collet en Septembre 2009
E : Est
EUROFOR : Force d'intervention rapide européenne
FAMI : famille
FAO : Organisation Mondiale de l'Alimentation
Fobs : F. statistique
FRT : provenance de Frenda, Tiaret
G.H : Groupe homogène
GIEC : Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat
GLM : provenance de Guelma, Guelma
H1: Sous-secteur des Hauts-Plateaux algérois et oranais.
H2: Sous-secteur des Hauts-Plateaux constantinois.
Hd: Sous-secteur du Hodna.
HJ10 : Hauteur en Janvier 2010
HJ11 : Hauteur en Janvier 2011
HJ8 : hauteur des plants en Janvier 2008
HJ9 : Hauteur en Janvier 2009
HP : Hauteur des jeunes plants
HP : Hauteur des jeunes plants en pépinière

HS10 : Hauteur en Septembre 2010
HS11 : hauteur des plants en Septembre 2011
HS8 : Hauteur en Septembre 2008
HS9 : Hauteur en Septembre 2009
K1: Sous-secteur de la grande Kabylie.
K2: Sous-secteur de la petite Kabylie.
K3: Sous-secteur de la Numidie (de Philippeville à la frontière tunisienne).
LAF : Largeur de la feuille
LOF : Longueur de la feuille
M : moyenne
MG : Moyennes générales
MP : Moyennes par provenance
MSB: Provenance de Mezaouro, Télagh
N : Nord
n.s : effet non significative
NFP : Nombre de feuilles par jeune plant
NNF : Nombre de nervures par feuille
NSM : provenance de Nesmot, Mascara
O : Ouest
O1: Sous-secteur des Sahels littoraux.
O2: Sous-secteur de plaines littorales.
O3: Sous-secteur de l'Atlas Tellien.
OFEFP : Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage
OKS : provenance d'Ouled Kada, Saïda
ONF : office National des Forêts (France)
OTM : provenance d'Oued Yesser, Médéa
P : plus value
P.G : Poids de 100 glands
PAF : poids aérien frais
PAS : poids aérien sec
PG : Poids de 100 glands
PNLCD : Plan National de Lutte Contre la Désertification.
PNR : Plan national de reboisement.
PPDS : Plus Petite Différence Significative
PRF : Poids racinaire frais
PROV : Provenance.
PRS : Poids racinaire sec
PTF : Poids total frais
PTS : Poids total sec
PV : Pourcentage de variance
Si : Signification
S : Sud
s. g : sous groupe
S.A : semi aride
S.H : sub humide
SBA : provenance de Sidi Bouzid, Aflou
SBR : provenance de Sebt, Relizane
SCE : Somme des carrés des écarts
SET : provenance de Sebdou, Tlemcen
SFF : surface foliaire de la feuille
SFP : surface foliaire du plant
SJ10 : Survie en Janvier 2010
SJ8 : Survie Janvier 2008
SJ9 : Survie en Janvier 2009
SS10 : Survie en Septembre 2010
SS11 : Survie en Septembre 2011
SS8 : Survie en Septembre 2008
SS9 : Survie en Septembre 2009
SSJ11 : Survie en Janvier 2011
TF : Taux de flottaison des glands

TG : Taux de germination des glands
THT : provenance de Théniet El-Had, Tissemsilt
TL : Taux de levée des plants
URBT : Unité de Recherche des Biologies Terrestres
ZAM : provenance de Zaccar, Miliana
ZBA : provenance de Nador, Tiaret

TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Abréviations	
INTRODUCTION	01
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	06
I. Biogéographie et répartition du chêne vert sur le pourtour méditerranéen	07
1. Signification bioclimatique de l'aire du chêne vert.....	08
2. Signification géomorphologique et édaphique.....	10
3. Altitude.....	10
II. La chênaie verte algérienne	11
1. Historique.....	11
2. Importance de la chênaie dans la protection des sols.....	15
3. Valeur économique et pastorale de la chênaie.....	19
4. Intérêt écologique et paysager du chêne vert.....	21
5. Etat actuel et causes de dégradation.....	21
6. Nécessité de reconstitution.....	24
III. Diversité génétique chez le chêne vert	24
1. Définition de la diversité génétique.....	24
1.1. Intérêt de la diversité génétique.....	26
1.2. Origine, organisation et évolution de la diversité génétique.....	27
1.2.1. Mode de reproduction.....	27
1.2.2. Adaptation aux modifications environnementales et plasticité (sol, climat).....	29
1.2.3. Sélection naturelle.....	31
1.2.4. Facteurs influençant la variabilité des caractères phénotypiques.....	31
1.2.5. Evolution de la variabilité génétique et origine des populations.....	32
2. Diversité morphologique des les chênes.....	33
2.1. Diversité du chêne vert sur le pourtour méditerranéen.....	34
2.2. Diversité du chêne vert en Algérie	34
2.2.1. Explication de la diversité du chêne vert en Algérie.....	37
2.2.2. Organisation et structuration géographique (progressive et brutale).....	38
MATERIEL ET METHODES	40
I. Matériel végétal	41
II. Méthode et stratégie d'échantillonnage	43
1. Description des 21 provenances de chêne vert.....	43
2. Récolte, conservation et stratification des glands.....	46
III. Variabilité interprovenances	47
1. Dispositif expérimental en pépinière.....	47
1.1. Plan expérimental.....	47
1.2. Caractères mesurés.....	49
1.2.1. Taux de flottaison des glands.....	50
1.2.2. Taux de germination des glands.....	50
1.2.3. Taux de levée des plants.....	50

1.2.4. Hauteur des jeunes plants.....	50
1.2.5. Diamètre des jeunes plants.....	50
1.2.6. Nombre de nervures par feuille.....	51
1.2.7. Nombre de feuilles par jeune plant.....	51
1.3. Analyse de laboratoire et caractères mesurés.....	51
1.3.1. Poids des glands.....	51
1.3.2. Longueur de la feuille.....	51
1.3.3. Largeur de la feuille.....	51
1.3.4. Surface foliaire de la feuille et du plant.....	52
1.3.5. Poids frais des différentes parties du plant.....	52
1.3.6. Poids secs des différentes parties du plant.....	52
2. Dispositifs expérimentaux sur terrain.....	53
2.1. Plan expérimental.....	53
2.2. Caractérisation phytoécologique des deux sites.....	56
2.3. Caractères mesurés.....	57
2.3.1. Survie des plants.....	57
2.3.2. Hauteur des plants.....	57
2.3.3. Diamètre des plants.....	57
3. Conditions climatiques durant l'expérimentation.....	57
3.1. Régime pluviométrique.....	58
3.2. Les températures.....	58
3.3. La gelée.....	58
3.4. Les vents.....	58
IV. Variabilité intraprovenances.....	59
V. Analyse statistique et représentation graphique.....	61
1. Analyse univariée.....	61
2. Analyse multivariée.....	61
RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....	62
I. Analyse de la variabilité interprovenances.....	63
1. Stade pépinière.....	63
1.1. Analyse univariée.....	63
1.1.1. Qualité des glands et développement des plants.....	63
1.1.1.1. Qualités des glands.....	63
1.1.1.2. Développement des jeunes semis.....	64
1.1.2. Caractères morphologiques de la feuille et du jeune plant.....	67
1.1.3. Biomasse des plants.....	70
1.2. Analyse multivariée.....	73
...	
2. Stade champ.....	77
2.1. Analyse univariée.....	77
2.1.1. Evolution de la survie des plants.....	77
2.1.2. Evolution de la hauteur des plants.....	80
2.1.3. Evolution du diamètre au collet des plants.....	84
2.2. Analyse multivariée.....	89
II. Analyse de la variabilité intraprovenances.....	95
1. Stade pépinière.....	95
1.1. Analyse univariée.....	95
1.1.1. Qualité des glands et développement des plants.....	95
1.1.1.1. Qualités des glands.....	96
1.1.1.2. Développement des jeunes semis.....	98
1.1.2. Caractères morphologiques de la feuille et du jeune plant.....	100
1.1.3. Biomasse des plants.....	105

1.2. Analyse multivariée.....	112
2. Stade champ.....	115
2.1. Analyse univariée.....	115
2.1.1. Evolution de la survie des plants.....	115
2.1.2. Evolution de la hauteur des plants.....	116
2.1.3. Evolution du diamètre au collet des plants.....	118
2.2. Analyse multivariée.....	120
DISCUSSION DES RESULTATS.....	130
I. Variabilité inter provenances (analyse univariée)	131
1. En pépinière.....	131
1.1. Morphologie et aptitude des glands à la germination.....	131
1.2. Levée et vigueur des plants.....	132
1.3. Biomasse des plants.....	133
1.4. Morphologie de la feuille et du plant.....	133
2. En champ.....	134
2.1. Effet du milieu (sites).....	134
2.2. Effet du facteur- bloc.....	138
2.3. Comportement des provenances.....	139
II. Classement des provenances basé sur l'analyse multivariée.....	145
1. En pépinière.....	145
2. En champ.....	146
III. Variabilité intra provenance (analyse univariée).....	149
1. En pépinière.....	149
1.1. Morphologie et aptitude des glands à la germination.....	149
1.2. Levée et vigueur des plants.....	150
1.3. Morphologie de la feuille et du plant.....	151
1.4. Biomasse des plants	152
2. En champ.....	153
IV. Classement des quatre groupes de familles basé sur l'analyse multivariée.....	154
1. En pépinière.....	154
2. En champ.....	155
CONCLUSION.....	157
Conclusion.....	158
Références bibliographiques.....	161
Annexe 1	
Annexe 2	

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'homme a marqué la forêt de son empreinte dès l'Antiquité. En effet, la forêt originelle a connu d'importantes modifications sous l'action des défrichements et des surexploitations mais aussi par les reboisements et les différentes formes de gestion, en plus d'une foresterie orientée vers le rendement. D'autres modifications comme celles dues aux polluants divers ou au changement du climat sont venues s'ajouter aux interventions directes de l'homme (OFEFP, 2003). Selon Kemp (1994), la sécheresse, les changements climatiques et la déforestation sont à l'origine d'une diminution de la capacité de la terre à produire les biens et les services nécessaires à la survie de l'homme. Dans son rapport, la FAO (2001), note qu'en Afrique du Nord la désertification avance à un rythme de 200 000 ha par an et les pertes de capacité des barrages et retenues collinaires, suite à l'érosion des terrains des bassins versants sont de l'ordre de 50%, en Algérie (Boudjadja et al., 2003).

Dès son indépendance en 1962, l'Algérie, engagea, comme une reconnaissance au rôle joué par la forêt dans la libération du pays, un vaste programme de reboisement pour reconstituer les massifs forestiers détruits par les bombardements militaires et les incendies volontaires durant la guerre de libération nationale. Selon la DGF (1990), une superficie de 460 400 ha a été réalisée entre 1962 et 1987, avec une moyenne annuelle de 18 500 ha par an et une réussite de 65%. Bellaaz (2003), note que les résultats escomptés du projet «barrage vert» étaient satisfaisants, puisqu'on est arrivé à environ 75% du taux de réussite; et ceci après 10 ans d'expérience. L'analyse du bilan des reboisements (DGF, 2002 ; Benamirouche, 2006), fait ressortir que 378 962 ha ont été réalisés durant la période : 1988 – 2002, mais avec un taux de réussite ne dépassant guère les 35%. Le recours au reboisement comme un moyen de reconstitution de ces formations est devenue une préoccupation nationale (PNR, PNLCD). Cependant, les conditions écologiques, plus particulièrement climatiques des régions touchées, n'offrent pas aux reboiseurs un grand choix en matière d'espèces de reboisement.

Bensaid (1998) et Benamirouche (2006), notent que l'échec dans les reboisements dépasse les 60% en général et que 80% des plantations ont été réalisées à base de pin d'Alep et d'*Eucalyptus camaldulensis*. L'analyse des données de la DGF (Benamirouche, 2006), montre que les chênes ne figurent pas sur la liste des reboisements, malgré que la quasi-majorité des plantations ait été réalisée sur l'aire écologique de ces derniers. En outre, les plantations ont été souvent réalisées sans études préalables et sans prendre en charge les exigences écologiques des espèces et leurs comportements vis à vis des variations climatiques

d'une part, et les besoins réels des populations rurales d'autre part. Les exemples dans ce domaine ne manquent pas : le cas de la monoculture du pin d'Alep dans le « barrage vert » ; ou le cas de la généralisation des plantations d'*Eucalyptus camaldulensis*, sont très visibles jusqu'à ce jour.

Après une période « de repos » qui a permis aux gestionnaires forestiers de prendre le temps de capitaliser les expériences et d'en tirer les conclusions ; l'Algérie par le biais du secteur forestier a lancé un programme dit « Plan National de Reboisement : PNR » qui s'étendra sur une superficie de 2 700 000 hectares. Une première tranche d'un volume de 1 246 000 ha est en cours de réalisation durant la période : 2000- 2020 (PNR, 1999). Selon ses concepteurs, ce vaste programme visera cette fois-ci une occupation rationnelle du territoire et aura pour objectifs :

- La production de bois par des reboisements industriels dans les zones très favorables ;
- La protection des bassins versants pour lutter contre l'érosion des terres agricoles et limiter l'envasement des barrages dans le nord du pays ;
- La lutte contre la désertification et la protection des agglomérations et des infrastructures socio-économiques dans le sud du pays.

L'analyse de ce programme fait ressortir qu'il est conçu cette fois-ci sur une base écologique et qu'il prendra en charge certains aspects fondamentaux, tels que :

- Le choix du matériel végétal en fonction des zones écologiques; à cet effet, selon les concepteurs, ce plan prendra en charge la mise en place de réseaux de plantations d'espèces et de provenances qui doit constituer l'un de ses axes fondamentaux
- L'élaboration d'une typologie de station de fertilité qui intègre l'approche géomorphologique.
- L'amélioration des techniques de plantations et d'élevage des plants en pépinière.

Cette analyse permet aussi de comprendre que le chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) est l'une des principales essences de reboisement, compte tenu de son importance écologique, économique et sociale. Ainsi, le chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lamk.) est appelé à jouer un rôle dans la politique de reconstitution des forêts algériennes. Ses caractéristiques écologiques font de lui, une espèce qui s'adapte aussi bien, aux conditions

climatiques les plus rigoureuses, qu'aux variantes pédologiques les plus variées. Grâce à son système racinaire puissant et ses rejets de souche, le chêne vert valorise les sols et lutte efficacement contre leur érosion.

Le chêne vert constitue par sa superficie et sa répartition sur une bonne partie du réseau hydrographique le meilleur moyen pour la protection des barrages et la restauration des sols (équilibre hydrobiologique). Sa position géographique limitrophe de la steppe dégradée, lui confère un double rôle, pastoral fournissant une réserve fourragère importante pour le cheptel notamment en période de disette, et protecteur des sols (Letreuch belarouci, 1995 ; Ezzahari et Belghazi, 2002).

Cependant, en Algérie, la forêt de chêne vert se trouve menacée à plus d'un titre et par de multiples facteurs, tels que l'extension de l'agriculture, les infrastructures (Agglomérations et routes), le surpâturage, les incendies et le délaissement par manque d'intérêt.

L'état actuel des peuplements de chêne vert est inquiétant. Ces peuplements sont constitués en grande partie de vieux sujets et de taillis malvenants. C'est une combinaison de facteurs biotiques et abiotiques qui ne cesse de s'intensifier et qui est à la base de cette dégradation progressive. En plus, la chênaie soumise à une intense pression anthropique associée à une fluctuation des phénomènes écologiques ne cesse donc de se dégrader et de vieillir. L'équilibre qui existe entre la végétation, le sol et le climat y est profondément modifié par l'homme depuis plusieurs siècles. Les mises en défens strictes conditionnant de façon absolue le succès des travaux de rajeunissement de la forêt sont difficiles à accepter par la population qui ne respecte la mise en défens que si on lui assure un affouragement permanent du cheptel (Nsibi et *al.*, 2006).

Le problème du vieillissement des souches des taillis, qui occupent la quasi-totalité des peuplements de la chênaie, ne peut être réglé qu'à travers le recours à la régénération naturelle ou au reboisement. Or, la régénération naturelle par graines est pratiquement absente du moment que les glands sont consommés d'abord par l'homme puis par son troupeau et par la faune sauvage habitant ces milieux. Par ailleurs, le recours au reboisement sera confronté, de son côté, au choix des meilleures sources de glands, de leur bonne levée en pépinière, aux difficultés de germination et aux problèmes de transplantation des plants.

Cette étude a porté sur la caractérisation de 21 provenances (variabilité interprovenance) et 15 familles par provenance (variabilité intraprovenance) de chêne vert d'abord en

pépinière, ensuite en plein champ. Par ailleurs, l'étude vise aussi l'évaluation du niveau d'adaptation écologique des 21 provenances dans deux stations écologiques. Ainsi, un diagnostic précoce sera dressé quant aux possibilités de maîtriser la production de plants en pépinière d'une part, et d'apporter quelques éléments de réponses aux forestiers en matière de choix des provenances susceptibles d'être utilisées dans les programmes de reboisement.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

I. Biogéographie et répartition du chêne vert autour du bassin méditerranéen

L'aire de distribution du chêne vert se localise principalement dans la partie occidentale du bassin méditerranéen et voit son aire de distribution diminuée dans la partie centrale du bassin pour disparaître totalement dans la zone orientale. La limite septentrionale de cette aire de distribution semble résulter de la concurrence avec des espèces mieux adaptées, plutôt que d'une inadaptation aux conditions climatiques, car l'amplitude écologique du chêne vert est très importante tant du point de vue climatique (thermique et hydrique) qu'édaphique (Barbero et Romane, 1992). En effet, sa distribution est déterminée par des limites climatiques précises. Ainsi, cette espèce ne se retrouve pas au dessous de l'isotherme 15°C (Bellarosa et *al.*, 2004) et on ne la retrouve pas proche du littoral en Afrique du Nord.

Le chêne vert se rencontre souvent dans les stades de dégradation des formations à chêne pubescent, et plus particulièrement sur les sols pauvres (Pons et Vernet, 1971). Il présente alors un port arbustif dans des formations de type taillis. D'une façon générale, le chêne vert se rencontre surtout sur des sols filtrants et/ou à très faibles réserves hydriques. Ceci semble résulter de l'absence de compétition avec des espèces plus dynamiques, qui ne peuvent pousser sur ces milieux contraignants (Miglioretti, 1987).

Le chêne vert occupe une très vaste région, on le trouve depuis l'Himalaya jusqu'en Grande-Bretagne. Il est spontané et très commun dans le bassin méditerranéen (Boudy, 1952). L'aire de cette espèce est beaucoup plus importante que la superficie qu'elle couvre actuellement, la répartition est ainsi beaucoup plus tributaire des conditions climatiques qu'édaphiques (Maire, 1926 ; Achhal, 1979 ; Barbero et Loisel, 1980).

D'après Ducrey (1992), les écosystèmes forestiers à base de chêne vert sont en perpétuelle évolution dans la partie occidentale nord du bassin méditerranéen où il couvre plus de six millions d'hectares. L'inverse se passe dans la partie Sud où la pression démographique et le surpâturage ont largement contribué à une régression continue de ses écosystèmes

Le chêne vert est parmi les espèces qui occupent un large espace sur les deux rives du bassin méditerranéen (figure 1), avec une expansion plus importante en France, Italie, Grèce, Espagne, Portugal. Dans ces deux derniers pays, les forêts de chêne vert sont traitées en vue de la production de glands pour l'alimentation des troupeaux de porcs.

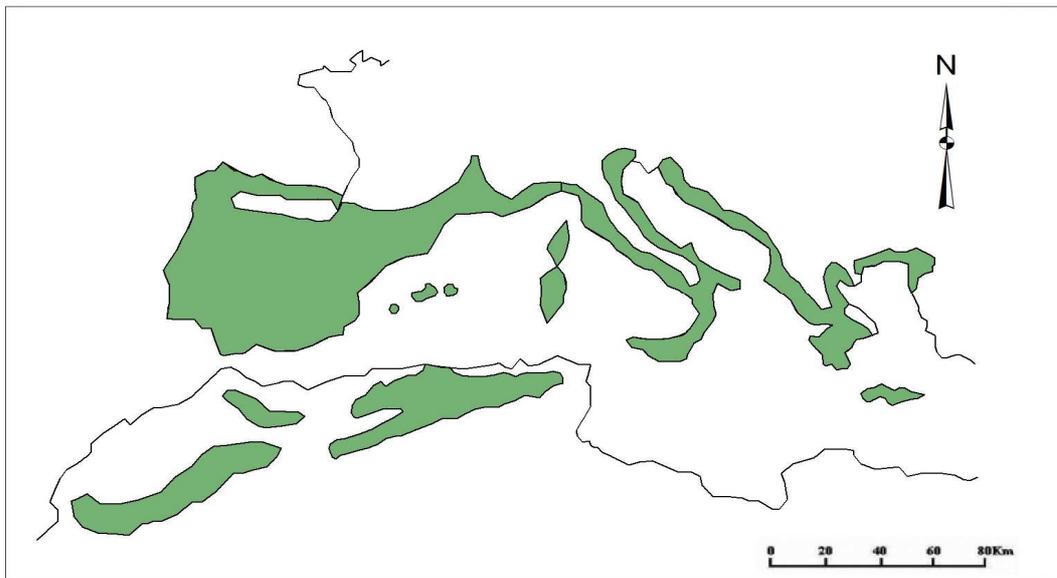


Figure 1 : Aire géographique du chêne vert en méditerranée (Barbero et Loisel, 1980).

L'importance du chêne vert au Maroc (1.500.000 ha) a été soulignée par Emberger (1942), Boudy (1950) et plus récemment par Achhal (1979). Il est par contre peu représenté

ha) en Tunisie où il semble représenter l'aire continentale de l'espèce (Gounot, 1969). En Algérie, le chêne vert, est l'une des plus importantes espèces avec environ 500.000 ha (Letreuch belarouci, 1995).

Cette espèce aurait deux origines distinctes : italienne à l'est du Rhône, et espagnole à son ouest (Rousselet et *al.*, 2003). De plus, les deux types morphologiques présents chez le chêne vert ne se retrouvent pas sous le même climat : L'espèce « *rotundifolia* », est cantonnée en Afrique du Nord tandis que l'espèce « *ilex* » se développe partout ailleurs.

1. Signification bioclimatique de l'aire du chêne vert

L'amplitude écologique de la chênaie verte est très large. Elle est tolérante à l'égard du froid, de la chaleur et de la sécheresse. Plusieurs auteurs (Gaussen, 1954 ; Letreuch belarouci, 1991 ; Louni ; 1994) s'accordent pour dire que l'espèce peut supporter un indice xérothermique de 0 à 15 unité. En effet le chêne vert supporte des températures minimales allant de 3°C à +7°C atteignant une valeur de -7°C au Maroc. Il résiste par contre à des températures maximales pouvant atteindre 42°C (Sauvage, 1961 ; Plaisance, 1978). Selon Lossaint (1967) et Lebreton et *al.* (1993) ce pouvoir de s'accommoder à des conditions climatiques variées permet à l'espèce de couvrir plusieurs étages bioclimatiques semi-aride,

sub-humide et humide dans les variantes froides, fraîches et tempérées et même très froides au Maroc (figure 2).

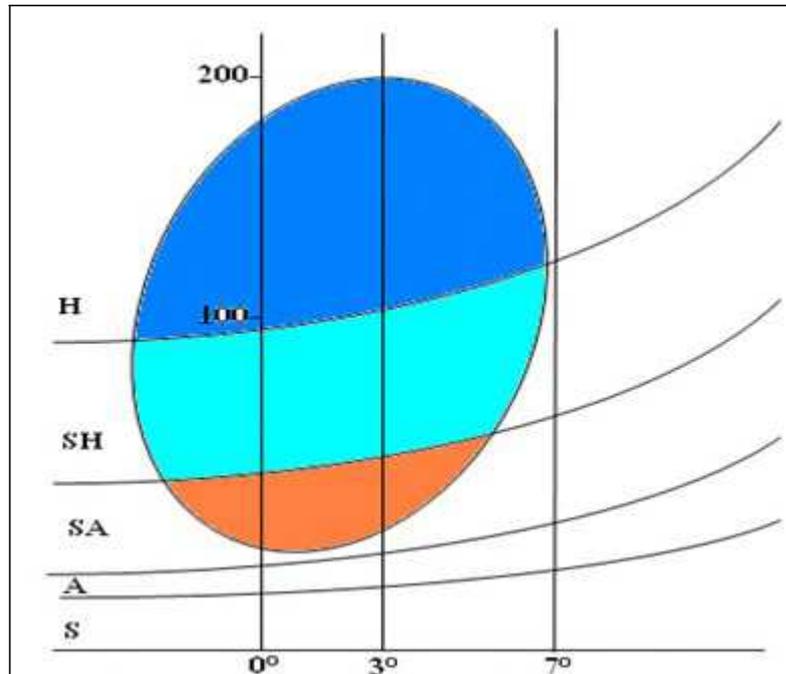


Figure 2 – Répartition du chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans le climagramme d'Emberger (d'après Seigue, 1985)

Selon Kummerow et *al.* (1981), le succès écologique du chêne vert en méditerranée réside dans sa remarquable résistance aux contraintes écologiques, en particulier hydriques. En effet, si on exclue les fluctuations des températures saisonnières qui sont généralement prédictibles dans la région méditerranéenne, ce sont les ressources hydriques qui constituent le facteur limitant le plus important pour la croissance des végétaux dans cette région. Cependant, le chêne vert a adapté sa croissance et sa reproduction au rythme des saisons. C'est ainsi que les phases de débourrement et la mise en place des nouveaux rameaux, des feuilles et de la floraison se déroulent tous au printemps avant l'installation du déficit hydrique. Cette espèce présente un certain nombre de traits biologiques lui permettant de survivre et de continuer à fonctionner pendant les périodes de sécheresse. Ainsi, en plus d'un enracinement profond, cette espèce peut réguler l'ouverture de ses stomates et résister ainsi à des potentiels hydriques très négatifs lui permettant le maintien d'un flux de transpiration correct et par conséquent une activité photosynthétique acceptable. L'ensemble de ces mécanismes autorisent le chêne vert à conserver un bilan carbonaté positif, malgré les conditions climatiques défavorables en période de sécheresse, ce qui lui permet de maintenir une certaine croissance, même faible (Achrar et *al.*, 1991 ; De Lillis et Fontanella, 1992).

2. Signification géomorphologique et édaphique

Selon Letreuch belarouci (1991) et Lebreton et *al.* (1993), le chêne vert est une espèce de plaine et de colline sur la partie Nord de la Méditerranée. Par contre cette espèce se trouve concurrencée par des groupements plus thermophiles le long du littoral Sud méditerranéen à basse altitude, où elle apparaît plutôt comme une espèce montagnarde et monte jusqu'à 1500 m en Algérie et au Maroc.

Si l'on considère à présent les exigences géopédologiques de cette essence sur l'ensemble de son aire de répartition, on doit conclure à sa très large plasticité édaphique. Les caractéristiques chimiques des sols, en particulier, ne constituent pas un obstacle à sa répartition. Le chêne vert se rencontre en outre, aussi bien sur les sols superficiels que profonds où il est alors, là où la pression humaine s'atténue, en passe d'être sérieusement concurrencé par les feuillus caducifoliés (Barbero et Loisel, 1980). Il s'adapte à tous les types de sol (Quezel, 1976, 1979). Il est peu exigeant à la fertilité du sol et accepte les sols les plus secs, surtout calcaires (Guinier, 1971). Achhal (1979) note que le chêne vert fuit les substrats mobiles et les sols hydromorphes (sol pseudo-gley à gley), comme la plupart des essences arborescentes méditerranéennes.

Ainsi, en plus d'un enracinement profond, le chêne vert peut répondre à une forte sécheresse par le développement d'une surface évapo-transpirante limitée qui est en relation avec la faible réserve hydrique des sols sur lequel il pousse (Barbero et *al.*, 1992).

3. Altitude

Selon Barbero et Loisel (1980), la répartition altitudinale du Chêne vert sur l'ensemble de son aire, conduit à une double constatation suivant que l'on se réfère aux données de la latitude ou à celles de la longitude.

Il est facile de mettre en évidence une nette variation des limites altitudinales supérieures de la répartition du Chêne vert en fonction de la latitude. En France, il occupe les zones côtières et ne dépasse pas 200-300 m au lac de Gard, et atteint 500-600 m dans la Drôme, 1 000 m sur l'Adret du Lubéron ; en Basse-Provence française, il est très fréquent et très abondant depuis le littoral jusqu'à 800- 900 m en moyenne, voire 1 200 m localement, dans les zones thermiques les plus favorables. Dans les parties les plus méridionales de son aire et notamment sur le Grand Atlas Marocain, le chêne vert peut constituer des peuplements continus jusqu'à 2 400-2 500 m d'altitude.

On peut également mettre en évidence une franche variation altitudinale en fonction de la longitude. Ainsi, pour une même latitude, le chêne vert atteint 1 200 à 1 300 m dans la région de Valencia en Espagne, alors que ses peuplements continus se limitent à 700 m au Sansum dâg en Turquie. Il en est de même pour les colonies de Sansum, sur le littoral de la Mer Noire, et les Massifs pyrénéens orientaux où, bien que la latitude soit identique, le chêne vert atteint respectivement 700 et 1 100 - 1 200 m. La position latitudinale permet donc d'expliquer le décalage altitudinal qui existe entre les peuplements de chêne vert dans la partie occidentale du bassin méditerranéen, mais ne convient plus lorsqu'on compare entre elles les régions occidentale et orientale.

Ozenda (1966) a pu évaluer ce décalage altitudinal en ce qui concerne les peuplements méso-méditerranéens du bassin méditerranéen occidental où ils se localisent en moyenne entre 400 et 800 m dans les Alpes-Maritimes et entre 600 et 1 200 m dans le Haut Atlas.

Des conclusions identiques ont été émises quant aux chênaies méso-méditerranéennes du Grand Atlas (Ozenda, 1966 ; Barbero et *al.*, 1981) mais il est évident que dans ce cas précis, le chêne vert constitue aussi de beaux peuplements appartenant à d'autres structures de végétation, au-dessus de l'étage méso-méditerranéen. En région méditerranéenne les classifications les plus récentes sont celles de Quezel (1974) et d'Ozenda (1975b) qui diffèrent (entre elles) assez sensiblement pour les pointes culminales.

II. La chênaie verte algérienne

Les nombreuses fonctions assurées par les formations à chêne vert à savoir: la production de bois, de glands et de fourrage, la protection contre l'érosion, la désertification et les incendies, ainsi que son comportement sur le plan physiologique (mode de régénération) qu'écologique (répartition et adaptation), doivent être prises en considération dans les méthodes de gestion pratiquées pour garantir la pérennité de l'écosystème.

1. Historique

L'histoire de la végétation au cours des derniers millénaires, reconstituée à partir des pollens stratifiés dans les tourbes et sédiments récents, apporte des informations intéressantes concernant le chêne vert. Selon Panaiotis et *al.* (1998), l'apparition du chêne vert remonte à -13.000 à -10.000 ans A .JC. A cette époque, il était confiné dans des zones dites « refuges » en attendant une période plus favorable (réchauffement du climat). Selon Quezel (1976), la place qu'occupe le chêne vert sur le terrain depuis la dernière glaciation commence à être bien

connue, son histoire rend compte de l'hétérogénéité des populations actuelles à la suite de processus multiples d'hybridation et d'introgession.

Les grains de pollen du chêne vert sont apparus de manière homogène et continue à partir de - 8200 ans en synchronisation avec la disparition des pollens de *Juniperus*, d'*Ephedra* et d'autres espèces steppiques. Ce sont les hommes néolithiques qui ont permis à la forêt de chêne vert de prendre la place des pins par leurs techniques de brûlage pour le pacage des animaux (Panaiotis et *al.*, 1995). Quezel et Bonin (1980), rapportent que l'action humaine constante depuis plusieurs millénaires, constitue le facteur écologique le plus déterminant dans la répartition, et la structuration des formations à chêne vert.

Reille (1975), Carcaillet et *al.* (1996) ont montré que l'établissement de la forêt de chêne vert actuelle ne date que de 1500 ans. A partir de cette date, l'Homme a profité des produits de la forêt (glands, feuillage, litière, bois, charbon, etc.). Ses fruits ont tenu une grande place dans la nourriture des peuples préhistoriques (pain de glands).

Selon Benchetrit, (1966), l'époque préromaine a été marquée, par l'exploitation de nos forêts, pour le développement de l'agriculture, tout particulièrement durant l'époque carthaginoise. À l'époque romaine, l'augmentation de la population a encouragé le défrichage au détriment des espaces boisés, comme l'écrivait Tertullien (in Trollard, 1893) : «Les champs cultivés ont dompté les forêts». Par ailleurs, la population autochtone, pour être à l'abri des attaques et pillages liés aux diverses invasions qu'a connu l'Algérie, devait sans cesse se réfugier dans les forêts qui, à l'époque semble-t-il, étaient luxuriantes.

À cela il faut ajouter les défrichements pour l'extension de l'agriculture et des pâturages. L'exploitation concernait probablement toutes les essences. En témoigne le bas relief du temple de Saturne à Tébessa (Est algérien) où un personnage présente des offrandes de cônes de pin d'Alep ou encore du liège qui servait à la fabrication de bouées de sauvetage, de flotteurs pour filets de pêche et de chaussures d'hiver pour les femmes (Boudy, 1955). Selon Elie de la Primaudie (1860), les environs de la ville de Collo portaient de luxuriantes forêts de chêne vert qui fournissaient d'excellents bois de construction. Selon Nawarie cité par El kairaouani, in Bensaid (2006), l'Afrique du Nord offrait un ombrage continu de Tripoli jusqu'à Tanger. Selon Boudy (1955), avant le XI^e siècle, l'Afrique du nord était dès cette époque, un déferlement, par vagues successives, des tribus arabes (les Hilaliens et les Souleim) et de leurs troupeaux, les forêts furent ruinées, pour des siècles, du fait des

incendies et du surpâturage. Selon Lapie (1909), la surface forestière, dans le Djurdjura, régressa de 76 % durant les invasions vandales, arabe et hilalienne.

Beaucoup d'auteurs s'accordent à dire que durant l'Empire Ottoman, les forêts étaient, surtout, exploitées à des fins de constructions navales. Cela concerne, notamment, les forêts du Nord-Est algérien: Bougie, Collo, Djidjelli (Mercier, 1868 ; Shaw, 1830; in Bensaid, 2006), et des environs de Cherchell.

L'exploitation était organisée selon le principe du jardinage (coupe au diamètre): une personnalité turque qualifiée appelée « Ouzir el Karasta » signifiant littéralement « Ministre de la Karasta » ou (selon nos concepts) "Ingénieur forestier", parcourait la forêt en compagnie de son « Khodja » (signifiant secrétaire ou "pointeur"), et le chef de la « Karasta » martelait lui-même les arbres à délivrer. La coupe se faisait hors sève, suite à un ordre écrit de l'Oukil (Chargé d'affaires ou « gestionnaire ») de la « Karasta » (Feraud, 1868).

La DGF (2000), estime que l'exploitation, durant cette période, a détruit près de 30 % des massifs forestiers. En plus des exploitations pour la construction navale et les édifices, la fabrication de charbon de bois était fort répandue et servait à alimenter les villes. Selon Boudy (1955), à la veille de la colonisation française, la forêt ne comptait plus que 5 millions d'hectares.

Pellissier (1836), un militaire français disait : «Partout où nous nous établissons en Afrique, les hommes fuient et les arbres disparaissent». Tassy (in Trollard, 1893), chargé d'une mission d'étude des forêts de l'Algérie en 1871, écrivait : « Il faut prendre des mesures énergiques pour arrêter le déboisement de l'Algérie sinon les sables du Sahara envahiront les hauts- plateaux et les pluies torrentielles dépouilleront les pentes de leur terre végétale ». Selon Trollard (1893), d'immenses forêts ont disparu d'une manière irrémédiable, la situation est grave et fait prévoir la ruine de la colonie à brève échéance.

L'association française pour l'avancement des sciences (AFS), lors de sa 17^{ème} session à Oran, en 1888, lance un cri de détresse chez les congressistes que le gouvernement de la métropole sera, ainsi, forcé d'entendre. En 1930, Marc (1930), à l'occasion du centenaire de la colonisation, réaffirme qu'en 1830, existait un domaine forestier assez beau, estimé à 5 millions d'hectares et que la sauvegarde de ce patrimoine est indispensable: « Il y va de notre avenir dans ce pays ».

L'état de la végétation n'a été abordé en Oranie que vers les années 1888 par Clary dans sa publication intitulée : Le catalogue des plantes observées à Dhaya. Sur ce document Alcaraz (1982) note que : "L'auteur situe très approximativement les diverses essences forestières dont le pin d'Alep, le chêne vert, le genévrier oxycèdre et le thuya, les unes par rapport aux autres." En 1900, Flahaut in Alcaraz (1982) en analysant ses travaux d'herborisation sur l'Oranie souligne " J'ai quelques peines à me faire à l'idée que c'est bien le pays où, il y a 22 ans, on ne me permette d'herboriser qu'armé et que les panthères hantent encore les montagnes voisines". L'évolution de la forêt est quant à elle appréhendée en 1909 par Mathey in Alcaraz (1982) dans sa publication : " Un coin de l'Oranie maquis, broussailles et forêts." il donna une physionomie de la forêt de pin d'Alep et il y distingua déjà trois étages de végétation superposés " la forêt se présente sous l'aspect jardiné, et le massif plus ou moins dense offre trois étages de végétation superposés. Le premier est constitué par les pins; le second par le thuya, le chêne vert, l'oxycèdre et la variété de chêne kermès désignée sous le nom de faux kermès; le troisième enfin, par les formes buissonnantes des espèces précédentes, auxquelles s'ajoute l'arbousier, le lentisque, la filaire, le nerprun faux, l'olivier, le calycotome épineux, le baguenaudier, le genet tricuspide, l'anagyre fétide, le cytise arborescent, la coronille de Valence, le ciste polymorphe et le ciste de Montpellier. " Puis il aborda un aspect évolutif ayant trait à la dynamique forestière, en disant "nous avons toujours vu la régénération du pin s'opérer sûrement, exclusivement parmi les lentisques, arbousiers, filaires et autres végétaux de sous-bois. En détruisant ce dernier, en détruira forcément la forêt ". Sur la notion de dégradation, à cette époque l'auteur remarqua que l'extension des futaies de pin d'Alep et le retrait des futaies de chêne vert marque une dégradation lente et sûre du climat montagnard, si la dégradation du climat favorise la propagation du pin d'Alep elle ne suffit cependant point à expliquer la disparition de ces vieilles futaies de chêne vert. La remarque de Trabut (1849) à ce sujet est intéressante: " Ces massifs de chêne vert s'éclaircissent tous les ans et aucun rejet ne part des souches qui périssent de vieillesse, si bien que ces arbres séculaires parfois très beaux, sont les derniers que doit nourrir un sol brouté à outrance". Pour Mathey les causes de la disparition de la forêt sont résumées dans cette citation : " les chèvres et les moutons ne se contentent pas de ronger les flancs de l'Oranie et d'envoyer son sol à la mer, ils creusent aussi le gouffre sans fond où s'engloutiront ses revenus et ses ressources. Contre ce fléau un seul remède: substituer, dans le Tell, le gros au petit bétail. "

Selon Bensaid (2006), suivant la loi musulmane, les forêts étaient la propriété de l'État, et c'est en vertu de cette disposition que le "Senatus Consulte" du 22 avril 1863, intégra celles-ci dans le domaine de l'État. Pour sa part, Boudy (1955) estime que les superficies parcourues par le feu entre 1863 et 1865, sont d'environ 200.000 hectares.

Combe (1889) rappelle que le 17 juillet 1874 fut promulguée une loi relative à la prévention des incendies dans les régions boisées de l'Algérie. Le déboisement progressif des montagnes inquiéta tant l'opinion publique que la question fut mise à l'étude par le Gouvernement Général en 1884, et la conclusion fut, sans conteste, l'urgence des travaux de reboisement. En 1888, la superficie forestière de l'Algérie était de 3.247.692 hectares, soit une perte de 35 % en 40 ans.

Enfin, Sari (1972), considère que les incendies, n'expliquent pas, à eux seuls, cette forte destruction, les coupes rases et les extractions massives pour alimenter les deux guerres mondiales ont une grande part.

2. Importance de la chênaie dans la protection des sols

Le chêne vert participe à la conservation de l'eau par sa mobilisation et son stockage surtout dans les bassins versants et les milieux fragiles. La régulation du débit d'eau se fait d'une part à travers la réduction du ruissellement et l'augmentation du temps de concentration des bassins versants et d'autre part en favorisant l'infiltration des précipitations excédentaires (Ouelmouhoub, 2005). Sur le plan édaphique, ces forêts permettent le maintien des sols, elles assurent une protection physique et une stabilisation du sol en diminuant le risque d'érosion lors des crues torrentielles et les chutes de pierres. En interceptant les pluies, la partie aérienne des arbres brise la force vive de cette eau et en retient une partie qu'elle relâche progressivement. L'impact de la goutte atténuée est que le tassement du sol sera réduit et l'infiltration sera réalisée de façon aisée (Abdelghafour, 1974).

En Algérie, l'eau est une denrée rare, et ce, compte tenue que son cycle irrégulier et perturbé. Cette situation est aggravée par la concentration de la population algérienne dans la frange septentrionale qui ne représente que le dixième de la superficie du pays.

Arrus (1985), estime que l'apport pluviométrique annuel dans le nord du pays (Atlas saharien, Hautes plaines, Atlas tellien) est de 65.10^9 m³. Cette quantité se décompose comme suit :

- ruissellement : 23,1%
- infiltration : 4,6%
- évaporation : 72,3%

Ces chiffres montrent que le ruissellement est très élevé au détriment d'une très faible infiltration. Selon Boudjadja (1995), le ruissellement est inversement lié à la densité du couvert végétal et aux travaux du sol. Les incendies des forêts et la déforestation sont derrière la diminution de plus de 10% du couvert végétal sur l'ensemble des piémonts du tell.

Selon l'ANRH, (1993), une diminution de 20% dans la quantité de la pluviométrie est notée durant les dernières décennies. En un demi-siècle le couvert forestier est passé de 25% à 10% et seule une surface de 6% des bassins versants est boisée. Cela entraîne un taux très importants d'érosion spécifique dans les bassins versants, en particuliers les bassins versants côtiers. A cet effet, les pertes de capacité des barrages et retenues sont de l'ordre de 50%, d'où la nécessité de faire un effort considérable pour minimiser ces déperditions (figure 3).

Boudjadja et *al.* (2003), note que la lutte contre l'envasement est très coûteux et pose de gros problèmes, aussi bien pour la sécurité des ouvrages que pour l'évacuation des vases. L'envasement rapide des barrages et la faiblesse de la pluviométrie ont considérablement influencé les prévisions de mobilisations de l'eau. Ainsi d'importants barrages ont été mis en arrêt provisoire d'exploitation en 2001 et 2002, il s'agit des barrages suivants : Kaddara, Fergoug, Oued fouda, Ghrib, Beni Omrane, Ksob, Fom El Gherza, Fom El Gueiss, Ain Dalia et Hammam Grouz. Le tableau 1 donne la capacité de déperditions de quelques importants barrages en Algérie.

Les forêts de chêne vert interviennent aussi dans la lutte contre la désertification. C'est une espèce de reboisement utilisée dans le barrage vert qui vise la mise en place d'un programme de développement intégré (agro-sylvo-pastoral). Ce grand projet comprend la reconstitution des massifs forestiers dégradés de l'Atlas saharien par des espèces adaptées à ces zones, l'amélioration des réserves fourragères au profit des populations concernées et de leur cheptel.

Le chêne vert s'étend sur une grande partie de ces zones, il joue ainsi un grand rôle dans la protection et le maintien des sols sur les bassins versants de l'Atlas tellien et Saharien (figure 4).

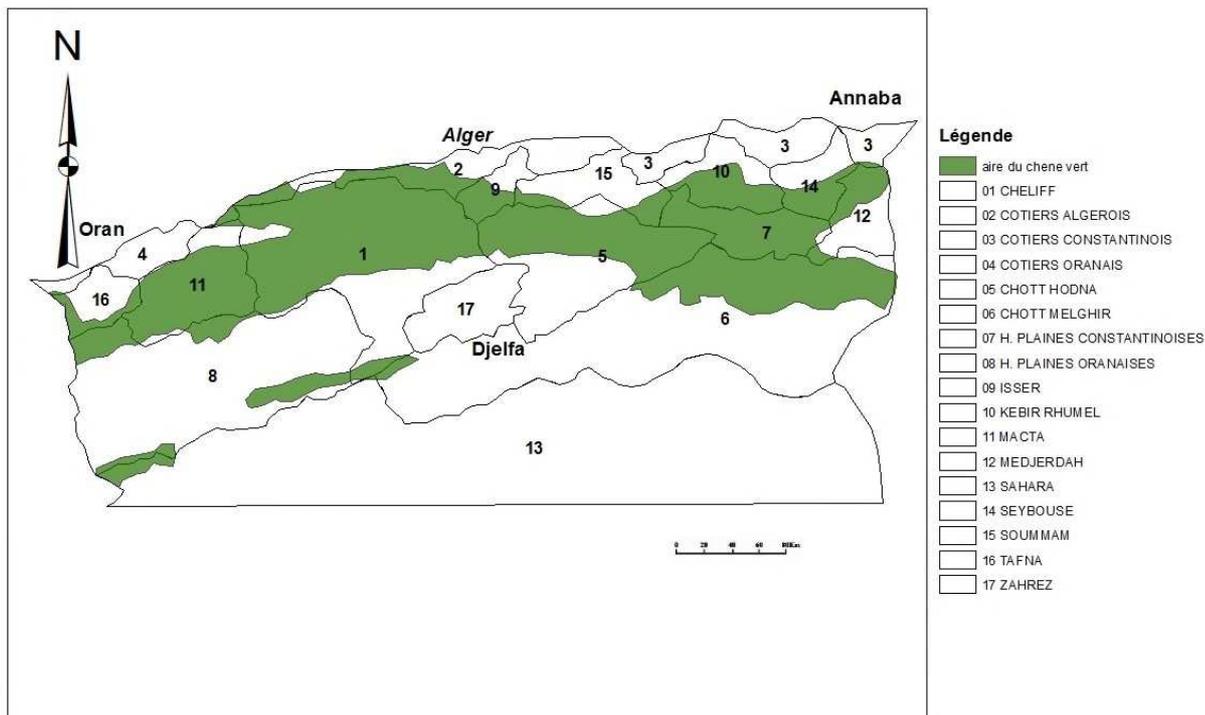


Figure 3 - Les bassins versants en Algérie : 1- Chlef, 2- Côtier Algérois, 3- Côtier Constantinois, 4- Côtier Oranais, 5- Chott Hodna, 6- Chott Melhrir, 7- Hauts Plateaux Constantinois, 8- Hauts Plateaux Oranais, 9- Isser, 10- Kebir Rhumel, 11- Macta, 12- Medjerdah, 13- Sahara, 14- Seybouse, 15- Soummam, 16- Tafna, 17- Zahrez (d'après Boudjadja *et al.*, 2003, modifiée).

Tableau 1 : Envasement de quelques barrages en exploitations en Algérie (Boudjadja *et al.*, 2003)

Barrages	Mise en exploitation	Capacité totale initiale	Capacité en 1996	Capacité perdue 1997
Fodda	1932	228	128	100
Bougezoul	1934	55	16,6	38,4
Ksob	1939/1975 *	37	25	12
Zardezas	1948/1975 *	31	18,8	12,2
Ighil Amda	1954	155	69,7	85,3
Djorf Tolba	1969	360	299	61
Fergoug	1970	18	8	10
Sly	1985	285	275,7	9,3
Bouroumi	1986	220	215,5	4,5
AinZebda	1986	125	122,6	2,4
Gargar	1988	450	440	10

* barrage dont les digues ont été surélevées. Les capacités sont exprimées en millions de m³.

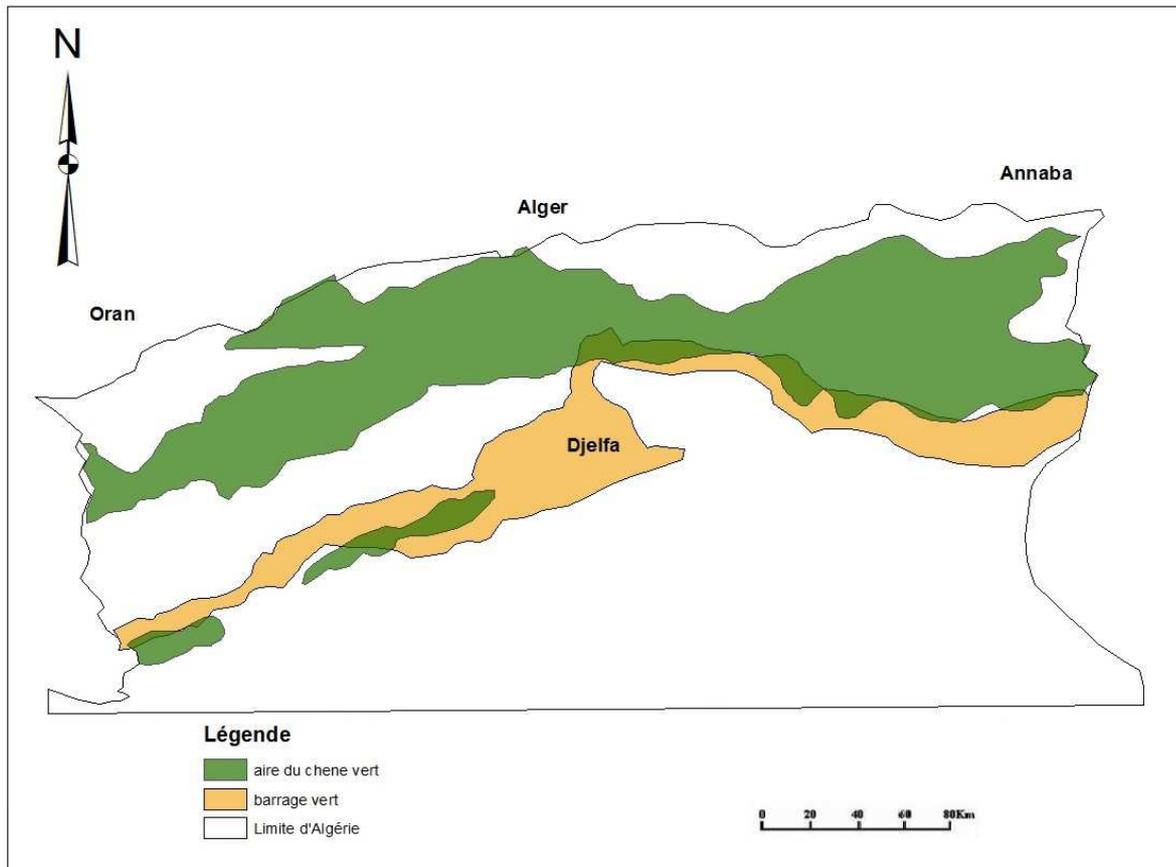


Figure 4 - Position de l'aire du chêne vert par rapport au Barrage vert en Algérie.

A cet effet, dans le cadre de la surveillance continue des écosystèmes arides et semi- arides et pour lutter contre le phénomène de désertification, la Direction Générale des Forêts (2001) a réalisé une carte de sensibilité à la désertification en Algérie qui divise les régions steppiques en cinq zones: la zone désertifiée couvrant 487 902 ha, la zone très sensible avec 2 215 035 ha, la zone sensible d'une superficie de 5 061 388 ha, une zone moyennement sensible de 3 677 680 ha et une zone peu ou pas sensible avec 2 379 170 ha.

La forêt de chêne vert s'étend sur une grande partie de ces zones. Elle joue ainsi un grand rôle dans la protection et le maintien des sols sur les bassins versants de l'Atlas tellien et saharien. La chênaie constitue la zone limitrophe du côté Nord de la steppe et subit de ce fait les conséquences de la dégradation de celle-ci (figure 5).

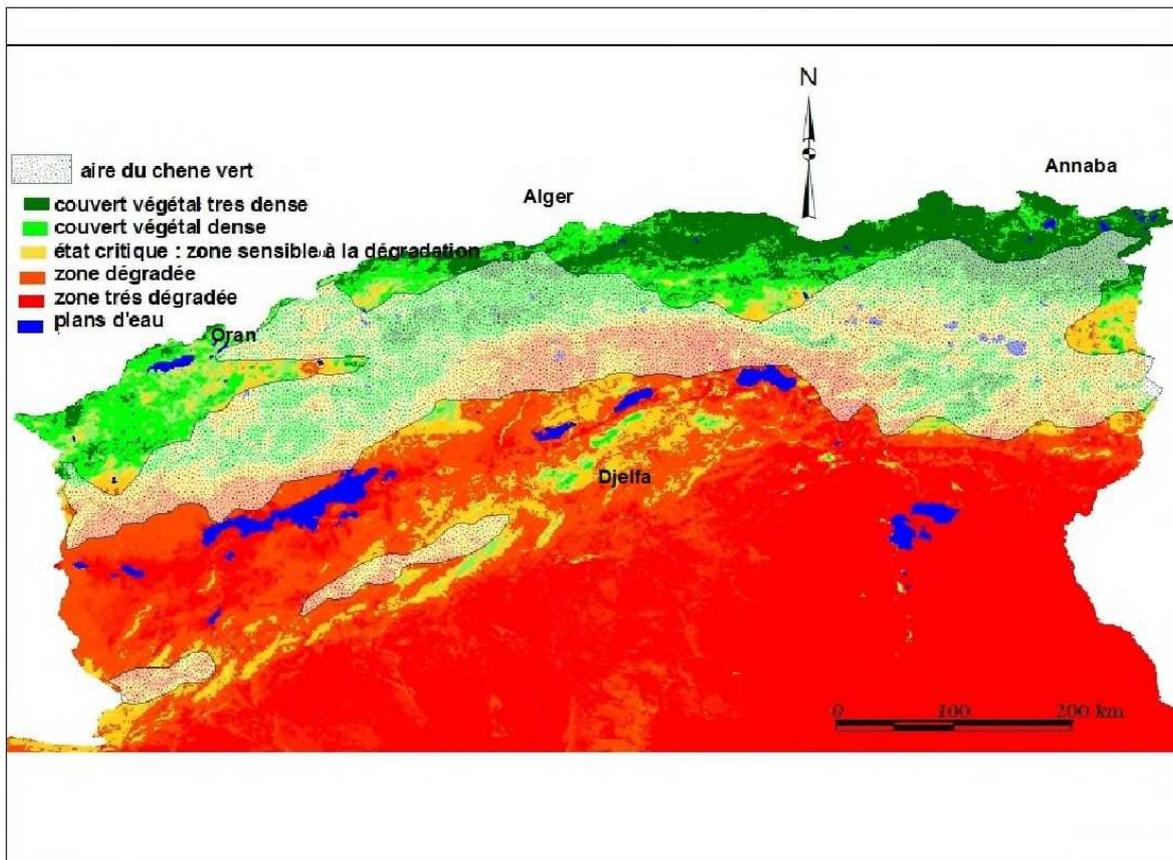


Figure 5 - Position de l'aire du chêne vert dans la carte de sensibilité à la désertification de l'Algérie septentrionale d'après D.G.F (2001, modifiée).

3. Valeur économique et pastorale de la chênaie

Le chêne vert révèle un grand intérêt économique par son bois, ses glands et son écorce. Bien que le bois de chêne vert soit utilisé localement et marginalement, à un niveau artisanal, pour la fabrication de petits objets, ustensiles agricoles, manches d'outils, et en tableterie, ce bois a de multiples usages. Il est le bois-roi de la tonnellerie, c'est un bois dur, imputrescible qui se travaille bien et qui se patine dans le temps. On peut fabriquer des meubles massifs, lambris, des parquets de portes et fenêtres, des poutres de charpente. Les arbres de bonne qualité peuvent servir à faire des bois de mine et de la charpente. Par contre, les arbres médiocres produisent un bois de chauffage, un excellent charbon de bois, ainsi que des fibres pour panneaux de particules et pour pâte à papier (Roda., 2009). Les fruits sont également utiles et présentent des glands doux consommés par l'homme, surtout les populations rurales.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à la productivité des formations à chêne vert : Quezel (1976) et Ducrey (1992) estiment que sa productivité ne semble pas dépasser

1m³/ha/an en Afrique du Nord, alors qu'elle est de l'ordre de 2 à 3 m³/ha/an dans le midi de la France (Ducrey, 1992). Le chêne vert constitue un bon fourrage pour les animaux : fruits et feuilles des arbres. La production fourragère, plus particulièrement du taillis clairs n'est plus à négliger. Aussi, l'effet de pâturage quant à l'entretien des structures dans le cadre de la prévention des incendies de forêts ou dans les premiers stades de conservation des taillis en futaies est considéré (Loisel, 1967). L'offre pastorale d'une forêt est plus diverse que celle des surfaces fourragères. Elle se présente de façon plus complexe avec différentes strates : herbe, broussailles du sous-étage, feuilles et bruns d'arbres. Le tapis herbacé se préserve bien sous l'effet "parasol" : des arbres qui assurent l'allongement de la période de disponibilité des pâturages. La production de l'année s'exprime au printemps et reste sans dégradation marquée jusqu'en automne et en hiver. La distribution saisonnière de la disponibilité pastorale d'un bois varie selon l'importance relative et la composition de chaque strate, mais aussi selon la fertilité de la station et l'ouverture du peuplement arboré (Guerin et Bellon, 1990).

La disponibilité totale d'un bois résulte de l'ensemble des trois strates de végétation. Ces strates assurent généralement une offre fourragère minimale, quelle que soit la période de l'année. Ainsi, le pâturage peut être effectué à tout moment (Guérin et Hubert., 1995). Il importe donc de considérer l'utilisation réelle de ces espaces par des exploitants qui, soucieux du renouvellement des végétations qu'ils font pâturer par leurs troupeaux, peuvent également participer à la gestion sylvicole de ces mêmes espaces.

Les mesures des biomasses des rejets effectuées dans des taillis cinq ans après le dépressage, montrent que la masse totale des rejets produits est de 3,0 à 6,0 tonnes par hectare pour le chêne vert dont 35% de feuilles et un total, y compris les autres espèces arbustives, de 5,0 à 8,5 tonnes de matière sèche à l'hectare (Ducrey, 1992). En se basant sur des études effectuées durant la période allant de 1939 à 1946 dans les forêts mégatlasiques marocaines, Achhal (1979), situe leurs productions ligneuses entre 0,73 et 1,04m³/ha/an. De son côté, Touam (1995), en étudiant la biomasse d'un taillis dégradé de chêne vert (Massif d'El-Hassasna, Saïda, Algérie) avance une moyenne de 3,26 tonnes de matière sèche par hectare et indique que cette valeur varie en fonction de la nature du substrat. Dans le même massif, une équipe du Centre de Recherche des Biologies Terrestres (ALGER) a effectué une série de mesures sur les possibilités d'utilisation du chêne vert et de sa croissance et qu'elle a qualifiée de peu importantes dans l'état actuel.

Lossaint et Rapp (1978), ayant effectué des mesures de biomasse sur le chêne vert de la station de Rouquet (Montpellier, France) ont obtenu une biomasse aérienne de l'ordre de 269 tonnes par hectare de matière végétale sèche et 400 à 500 tonnes par hectare pour la biomasse racinaire. Des mesures analogues ont été effectuées par Castellan (1970) sur de jeunes peuplements (30 ans) en Italie où la production primaire nette a été estimée à 3 m³ par hectare et par an, et plus de 2 m³ par hectare pour un maquis de chêne vert.

4. Intérêt écologique et paysager du chêne vert

Le chêne vert est un arbre typiquement méditerranéen. La plus part des auteurs soulignent l'excellent pouvoir d'adaptation du chêne vert dans les conditions écologiques les plus variées et les plus vigoureuses (Toth, 1987 ; Barbero et *al.*, 1992 ; Manes et *al.*, 2006 ; Perez et *al.*, 2007).

La forêt de chêne vert a un rôle marqué dans la richesse de la biodiversité, la protection des dunes et la fertilisation des sols. Elle est une composante essentielle dans les équilibres écologiques, et ce, par son intervention dans les fluctuations de nombreux facteurs de l'environnement global et la protection du sol contre les agressions déstabilisantes (EUROFOR et ONF, 1994).

L'action des forêts de chêne vert sur le climat général ne peut guère être mise en doute. Elle atténue l'évapotranspiration, modère la vitesse des vents et favorise les précipitations (Ouelmouhoub, 2005). Cette forêt intervient sur la qualité de l'air car elle joue un rôle de filtre retenant ainsi les éléments gazeux et les suspensions solides, et entre dans les actions de la lutte contre les pollutions (absorption du CO₂), et l'effet tampon contre les nuisances. Elle présente l'avantage d'être naturellement bien adaptée aux conditions climatiques et pédologiques difficiles (climax). Ainsi qu'elle est de plus en plus appréciée par le grand public (glands de chênes) (Alexandrian, 1979).

5. Etat actuel et causes de dégradation

Si on s'accorde à dire que le chêne vert constitue, par rapport à sa superficie, l'essence la plus importante de l'Afrique du Nord (2.200.000 ha). On peut, cependant aisément constater l'évolution régressive de l'espace occupé par cette espèce, tout en considérant que l'étendue forestière algérienne a toujours été mal appréciée. Puisque la superficie du chêne vert estimée de 680.000 ha par Boudy (1950), passe à 354.000 ha (Kadik, 1987) ou 500.000 ha (Letreuch Belarouci, 1991). Ces forêts présentent souvent des faciès de dégradation

importants, surtout lorsqu'elles sont situées aux limites du semi-aride (figure 6). Le stade ultime de la dégradation de cet écosystème conduit à la disparition totale des espèces pérennes à l'exception du chêne vert (Quezel, 1976,1979 ; Ducrey, 1992,1993).

Malgré les investissements colossaux engagés, les tentatives de reconstitution du patrimoine forestier restent minimales. En effet, de 1962 à 2002, 972 517 hectares ont été plantés (toutes espèces confondues), avec un taux de réussite de 40 % en moyenne (Benamirouche, 2006). Ce dernier, en exploitant les données de la Direction Générale des Forêts par wilaya, fait remarquer qu'aucun projet de plantation à base de chênes n'a été réalisé durant la période précitée.

Bensaid (2006), note que les incendies et le surpâturage restent les premiers ennemis du patrimoine forestier qui se disloque au gré des situations conjoncturelles. L'analyse montre que les incendies de forêts ont ravagés un total de 489799 hectares de 1985 à 1994, soit 30 000 hectares par an en moyenne.

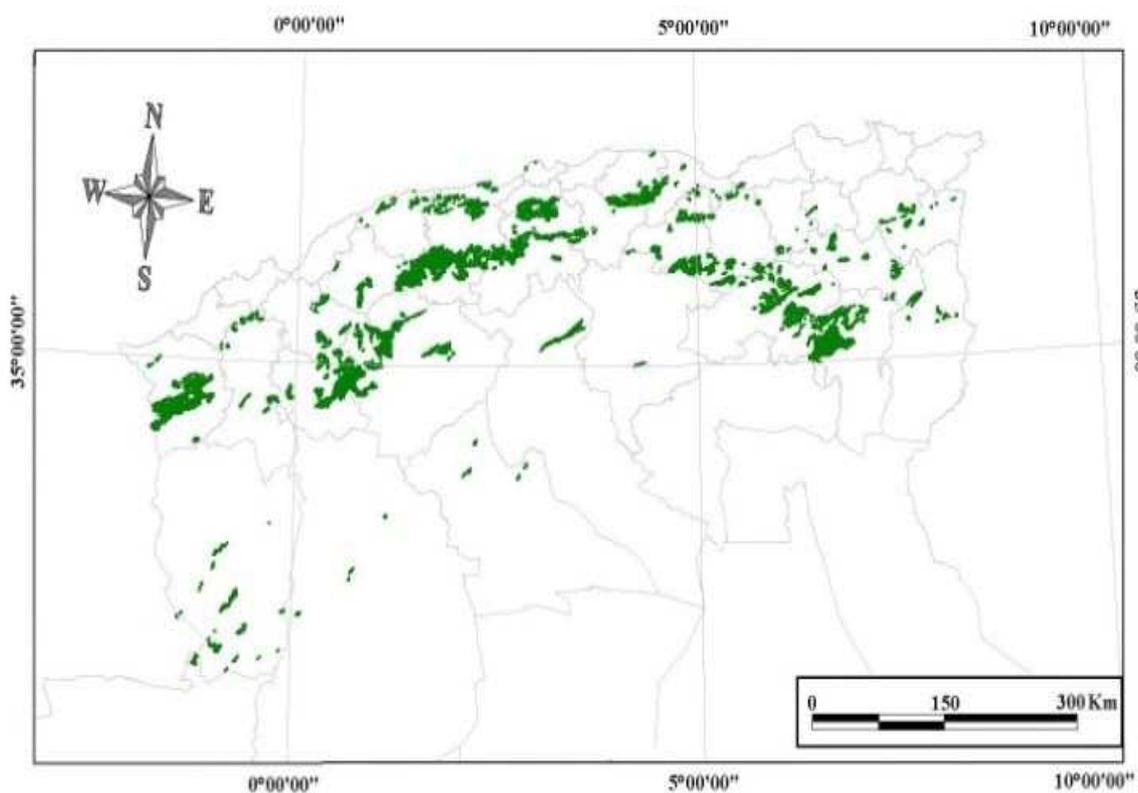


Figure 6 - Répartition du chêne vert en Algérie d'après D.G.F (2007, modifiée).

En plus des causes anthropiques directes, les experts considèrent que les maladies liées au dépérissement des arbres sont les conséquences d'un stress. Leur déclenchement dépend de

l'environnement, mais leur sévérité dépend de la durée, de la fréquence et de l'intensité du stress. Lorsque l'arbre entre en dépérissement, une attaque de ravageurs opportunistes peut conduire à sa mort.

Selon Quezel (2004), en Méditerranée, les effets des changements climatiques commencent à être visibles, ils se caractérisent principalement par une augmentation des températures et une diminution des précipitations, tout comme une modification de leur répartition (été secs et chauds, accentuant la sécheresse, et hivers pluvieux augmentant la fréquence des événements climatiques extrêmes). Ce phénomène est derrière les changements de la couverture et de la structure végétale. Les projections actuelles prévoient une probable réduction ou déplacement de l'aire naturelle des chênes. Les mécanismes physiologiques à l'origine de ces symptômes sont:

- Du moment qu'une quantité de carbone (glucides) annuelle minimale est nécessaire pour maintenir le système végétal à l'identique, le niveau de production de carbone par la photosynthèse est lié au niveau des précipitations. Selon Gracia (2006), en climat méditerranéen la croissance de l'arbre est limitée par la quantité d'eau disponible. A cet effet, une pluviométrie de 355 mm/an est nécessaire pour maintenir la quantité de carbone liée à la respiration des feuilles des chênes verts. En dessous de cette quantité de pluviométrie, l'arbre utilise ses réserves. Les travaux de Gracia (2006), en Catalogne, sur les chênes verts montrent que 200 mm de précipitations annuelles sont nécessaires pour la formation des tissus vivants représentant 1/3 de la consommation totale en carbone, les 2/3 restants ont besoin de 400 mm de précipitations annuelles pour leur entretien.

- Les causes de la dégradation du sol peuvent être les feux, le surpâturage et les labours sur pentes. Ces phénomènes peuvent accélérer l'érosion, la compaction des sols, la baisse de la fertilité, la réduction de la matière organique et l'altération de l'activité biologique du sol. Les conséquences de la dégradation du sol sur les chênes se manifestent par une diminution de la production et une baisse de la qualité de glands, ainsi qu'une limitation de régénération de ces peuplements, une réduction de la biodiversité et une augmentation des risques phytopathogènes.

- L'interaction entre les mauvaises pratiques de gestion et les facteurs biotiques et abiotiques entraîne une diminution progressive de la vigueur de l'arbre, réduisant ainsi sa capacité à se défendre et créant alors des conditions favorables à l'installation des agents pathogènes.

6. Nécessité de reconstitution

La chênaie verte algérienne présente un fort intérêt pour ses fonctions écologiques, économiques et sociales, elle est menacée par de graves effets de dégradation et peut atteindre un stade irréversible. Cette essence constitue sur le plan écologique le ciment vert de la forêt Nord africaine (Emberger, 1939)

Des mesures strictes doivent être prises pour sa reconstitution et sa restauration.

Mortier et Rey (2002) ont donné quelques points fondamentaux dans la stratégie de reconstitution de cette forêt et qui consiste en la protection des sols par une régénération en place lors de l'exploitation forestière et une gestion extensive des rémanents :

- Conservation et gestion des peuplements sur pieds par la définition des objectifs et des moyens selon les enjeux.
- Protection des régénérations contre le cheptel et le gibier en donnant la priorité à la régénération naturelle.
- Plantation en respectant la bonne adéquation (stations - essences - provenances) et le suivi et l'évaluation des forêts de chêne vert dans les zones dégradées.

Pour préserver cette chênaie, il est nécessaire de mettre sur place de forts moyens de protection, de sauvegarde et de recherche et la mise au point des techniques permettant la régénération, et l'extension de la superficie actuelle de l'espèce.

III. Diversité génétique chez le chêne vert

1. Définition de la diversité génétique

La diversité génétique est la variation qui existe au niveau des gènes d'un individu, d'une population, d'une espèce ou d'une communauté. Elle est définie par le niveau de similarité ou de différence dans la composition génétique des individus, des populations et des espèces. Elle peut donc se mesurer à différents niveaux : de l'individu à la communauté. Cette diversité génétique est extrêmement importante car elle représente le matériel de base sur lequel peut porter la sélection (Duminil, 2006). Selon Petit (1999) la diversité génétique est le plus souvent définie comme la probabilité de tirer deux allèles différents quand on échantillonne deux gamètes dans une population. Les différences génétiques entre individus,

autrement dit le polymorphisme génétique des populations, sont alors conçues comme un patrimoine, un capital adaptatif, un gage de survie de l'espèce aux variations de l'environnement selon le principe darwinien de la « survie du plus apte » (Duminil, 2006 ; Serre, 2006).

Les caractéristiques phénotypiques d'un individu (morphologiques, physiologiques...), sont déterminées en partie par ses gènes et en partie par l'environnement, ensuite par l'interaction entre les deux. Cependant seule la partie génétique de la diversité intraspécifique est transmise au fil des générations ; une partie encore floue du déterminisme environnemental, dite épigénétique, pourrait également être transmise (Besnard *et al.*, 2008).

La diversité génétique peut représenter un avantage direct pour une population, la valeur adaptative d'un caractère étant généralement supérieure pour un gène présentant plusieurs états alléliques (hétérozygotie) ou pour une population formée d'individus différents et complémentaires. Elle peut de plus se concevoir comme une assurance permettant l'adaptation à de nouvelles conditions environnementales. Plus une population ou une espèce est diversifiée génétiquement, plus certains de ses membres arriveront à s'adapter aux modifications survenant dans l'environnement. Il est donc souhaitable de comprendre les mécanismes de création et de maintien des formes de diversité observées. Les études de diversité génétique ont le potentiel de contribuer à l'avancée de nos connaissances dans de nombreux domaines comme la biologie de la conservation, l'écologie des populations et des communautés et la biologie évolutive.

Selon Kemp (1994) les arbres forestiers possèdent une diversité génétique très élevée par rapport aux autres êtres vivants. Elle est deux fois plus importante que celle de la moyenne observée chez d'autres végétaux, et trois fois celle des vertébrés. Cette haute variabilité s'explique habituellement par la grande taille des populations surtout pour les espèces sociales. Elle exprime le régime de reproduction en majorité allogame, et l'absence quasi totale de l'autofécondation. Le patrimoine génétique diversifié de ces organismes leur procure un avantage adaptatif vis-à-vis des nombreux aléas climatiques et biotiques qu'ils rencontrent durant leur longue vie.

Les modes de transmission (uni- ou biparental) de ces différents génomes varient selon les espèces. Chez les feuillus, le génome chloroplastique est transmis de manière prépondérante par la mère. Chez les résineux c'est le plus souvent le père (via le pollen) qui assure cette transmission. Le génome mitochondrial est à transmission uniparentale par le

parent femelle chez la plupart des Angiospermes et des Gymnospermes sauf chez les Cupressacées (Prat *et al.*, 2006).

1.1. Intérêt de la diversité génétique

La diversité génétique, caractéristique fondamentale de la biodiversité, constitue la base essentielle de la capacité d'adaptation des forêts aux modifications de l'environnement. C'est la seule façon pour les forêts de répondre durablement aux exigences des sociétés, aussi bien écologiques, qu'économiques ou sociales. Nous avons donc un intérêt très profond et aussi une obligation éthique à concevoir la protection et l'utilisation durable des ressources génétiques comme composante primordiale des politiques forestières actuelles (OFEFP, 2003).

Cette diversité est au centre des préoccupations actuelles sur l'avenir des forêts car on prévoit, pour les espèces qui les composent, des pressions de sélection d'une ampleur et d'une rapidité inédites, en liaison avec les changements climatiques vraisemblablement induits par les activités humaines. Or, la génétique évolutive nous apprend que la capacité d'adaptation des espèces dépend de la diversité génétique que celles-ci recèlent. Les Chênes font partie des espèces forestières les plus polymorphes au plan génétique (Kremer et Petit, 1993).

L'évaluation de la diversité génétique chez les Chênes est nécessaire à plus d'un titre parce qu'elle présente un intérêt majeur au plan écologique et économique des forêts Algériennes et constituent des écosystèmes qui hébergent une importante flore et faune. Selon Kemp (1994) la grande variabilité des chênes s'explique habituellement par la grande taille des populations surtout pour les espèces sociales.

Le genre *Quercus* comprend plusieurs centaines d'espèces (entre 200 et 600) réparties dans l'hémisphère Nord depuis les régions tropicales jusqu'aux limites septentrionales des zones tempérées. En raison des nombreuses formes intermédiaires résultant de l'introgession entre espèces, leur nombre fait l'objet de polémiques entre les taxonomistes. En effet, la classification du genre *Quercus* faite par Camus (1934-1954) est sans doute la plus complète ; Elle subdivise ce genre sur le plan taxonomique en six grandes sections botaniques dont les plus importantes en nombre sont les Chênes blancs et les Chênes de la section *Cerris* (aux feuillages soit persistants soit caducifoliés). La richesse spécifique est plus importante dans les régions méditerranéennes que dans les zones tempérées. Selon Quezel et Bonin, (1980),

l'analyse taxinomique des espèces du genre *Quercus* est souvent fort délicate, et dégage environ 25 espèces caducifoliées de chênes dans le pourtour Méditerranéen.

1.2. Origine, organisation et évolution de la variabilité génétique

L'existence de variantes des gènes en divers emplacements du génome est à l'origine de la variabilité génétique. Elle est due en réalité à des remaniements chromosomiques tels que les délétions, les duplications et l'inversion de fragments chromosomiques (Baradat, 1986). Les phénomènes de polyploïdie peu courants chez les arbres forestiers peuvent en être à l'origine (Bahrman *et al.*, 1992). Plusieurs auteurs s'accordent à dire que durant la dernière glaciation, plusieurs populations génétiquement différentes d'une même espèce ont pu survivre dans des refuges sans communication entre elles. Il est possible que les descendants des anciennes populations se présentent actuellement sous forme d'écotypes différents, même si depuis, l'aire des espèces est redevenue continue. Cette situation semble être le cas des trois refuges balkanique, italien et ibérique des chênes (Barbero et Romane, 1992 ; Kremer et Ducouso, 1996). Cependant, l'organisation spatiale des ressources génétiques résulte des forces évolutives à l'origine de leur évolution (Ducouso et Jarret, 2001)

1.2.1. Mode de reproduction

L'importance du régime de reproduction sur la structure génétique des populations et l'influence des flux géniques sur la création de la consanguinité et la subdivision des populations a été soulignée par Wright (1946,1965). Des études expérimentales menées par Hamrick *et al.* (1979) ont confirmé les théories avancées par Wright et montrent à partir de 110 espèces végétales, que celles à large répartition, à longues générations, allogames et anémophiles présentent la plus grande variabilité génétique intrapopulation.

Peu d'arbres forestiers ont été étudiés du point de vue de leurs structures génétiques. Le plus grand nombre est représenté par les gymnospermes compte tenu de leur intérêt économique (Kremer, 2000). Les résultats portant sur les populations anémophiles montrent qu'ils ne peuvent plus être considérés comme des unités panmictiques, génétiquement homogènes, et qu'avec un taux d'allogamie important et des flux géniques élevés ; et les différenciations génétiques à l'intérieur des populations peuvent être parfois plus importantes que les différences entre celles-ci (Cuguen, 1986)

Les niveaux de diversité génétique les plus élevés et de différenciation populationnelle les plus faibles ont été observés chez les espèces à longue durée de vie, allogames et

anérophiles comme les chênes (Steinmetz, 1986 ; Ducouso et *al.*, 1993 ; Ledig, 1993). L'importance des flux géniques entre et dans les populations expliquent ce résultat. La disposition de ces flux (pollens et graines) est fonction du mode de pollinisation et du taux d'allogamie de l'espèce.

Des observations plus récentes, basées sur des recherches de parenté, montrent aussi que les chênes sont capables de disperser leurs gènes à de très grandes distances (Streiff *et al.*, 1999) et qu'ils ont développé des mécanismes leur permettant d'éviter l'autofécondation ainsi que les effets défavorables de la consanguinité.

Une vaste étude de la diversité génétique à travers un inventaire des chênes a été menée à l'échelle du continent européen durant dix ans. Elle a touché 2600 peuplements de chênes, avec en moyenne, une forêt tous les cinquante kilomètres (Kremer *et al.* ; 2002). Cette étude avait porté sur l'ADN nucléaire, chloroplastique et mitochondrial. L'analyse génétique a été complétée par l'exploitation de la banque européenne de données polliniques.

L'ADN nucléaire renferme la plus grande quantité d'ADN cellulaire et est transmis à la fois par la graine et le pollen. Les chloroplastes, tout comme les mitochondries, renferment des molécules d'ADN et ont la particularité d'être transmis exclusivement par la mère, autrement dit par l'arbre qui a porté le fruit et non par celui qui a fourni le pollen. La dispersion des arbres forestiers s'effectue cependant presque exclusivement par les graines.

Par ailleurs, l'analyse palynologique a été surprenante et montre que les chênes ont avancé de 380 m par an, avec des pointes de 500 m par an à certaines périodes (Kremer et Petit ; 2001). La vitesse de migration des chênes est quatre fois plus élevée que la vitesse estimée par les modèles numériques et a été qualifiée de « sauts de puce ». Selon Kremer *et al.* (2002) l'origine de ces « sauts de puce » est due aux agents de dispersion tels que les oiseaux comme le geai ou le corbeau freux capables de transporter les glands sur quelques dizaines de kilomètres sans nécessairement les consommer. Les cours d'eau, quand ils coulent dans la bonne direction, sont également d'excellents candidats, sans exclure l'homme, qui progressait vers le nord d'une façon assez parallèle à celle des chênes,

L'analyse de la répartition géographique actuelle des chênes sur la base de l'ADN chloroplastique témoigne des voies de migration empruntées depuis les zones refuges. L'étude de l'ADN nucléaire s'est révélée aussi instructive que celle de l'ADN chloroplastique. Ils s'attendent à trouver une grande diversité de génomes nucléaires puisque

les trois populations initiales, isolées les unes des autres depuis 100 000 ans, étaient très différentes et qu'elles avaient subi une dispersion composite conservant leur variabilité initiale. Or ils ont, au contraire, constaté une extraordinaire homogénéité génétique des forêts depuis l'Espagne jusqu'à la Russie du moins pour les gènes dits neutres, c'est-à-dire sans rôle adaptatif particulier. Cette homogénéité s'explique par les très grandes surfaces qu'occupaient les chênaies, de façon continue ou discontinue et surtout la grande quantité de pollen que produit un chêne qui émet plusieurs millions de grains de pollen chaque année et qui sont dispersées par le vent dans un rayon de plusieurs kilomètres à cause de leur petite taille. L'étude de l'ADN a aussi révélé une remarquable stratégie utilisée par les chênes pour favoriser leur dissémination par hybridation. Tout se passe comme si certaines espèces pouvaient se mettre à « coopérer » pour conquérir de nouveaux milieux : il y a, en effet, une sorte de « travail d'équipe ».

1.2.2. Adaptation aux modifications environnementales et plasticité (sol, climat)

Selon Rhoné (2008) l'adaptation est le processus qui permet à une population d'accroître sa survie et son succès reproducteur dans un environnement donné par l'action de la sélection naturelle. Elle s'exprime lorsque les individus de la population ne sont pas tous identiques et qu'une part de la variabilité concerne des caractères affectant ainsi la valeur sélective qui n'est rien d'autres que le nombre de descendants viables (produit de la survie et du succès reproducteur).

Selon GIEC (2007) l'adaptation est la capacité d'ajustement d'un système face aux changements climatiques (y compris à la variabilité climatique et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer les dommages potentiels, d'exploiter les opportunités, ou de faire face aux conséquences. Elle se révèle sous forme de réajustements opérés ou auto-opérés à l'intérieur des systèmes naturels, en réponse curative ou préventive aux stimuli climatiques actuels ou futurs ou à leurs effets en vue d'atténuer leurs nuisances ou d'en tirer opportunément profit (Issa, 1995).

L'étude réalisée sur des traits adaptatifs chez beaucoup d'espèces en tests de provenances a montré que les populations avaient été soumises à des pressions environnementales locales depuis leur établissement (Kremer *et al.* 2002). Ces pressions sélectives ont entraîné une différenciation génétique pour les traits adaptatifs indépendamment de l'histoire évolutive des populations (et donc indépendante des lignées chloroplastiques). La sélection naturelle au cours de l'holocène semble donc avoir totalement

redistribué la composition génétique pour ces traits en fonction des facteurs sélectifs qui les gouvernent.

L'étude réalisée par Ducouso et *al.* (1996) montre que chez le chêne sessile, le débourrement est contrôlé génétiquement et qu'il présente une différenciation génétique le long d'un gradient latitudinal. Ainsi, dans les tests de provenances, les populations méridionales débourrent plus tôt que celles du nord de l'aire de répartition.

Les chênes méditerranéens ne sont pas des espèces au sens biologique du terme (Mayr, 1963) car ils s'hybrident facilement. L'hybridation est asymétrique, les fleurs mâles du chêne liège fertilisant le chêne vert, l'inverse étant plus rare (Bacilieri et *al.*, 1993 ; Belabib et *al.*, 2004). Ce mécanisme a un rôle évolutif majeur dans le maintien d'une diversité génétique élevée. Cet ensemble de taxons s'appelle un complexe d'espèces (Pernès, 1984).

Deux stratégies non exclusives sont adoptées par les arbres forestiers pour répondre aux variations naturelles : l'adaptation écotypique aux conditions climatiques locales (Jump et Peñuelas, 2005 ; Savolainen *et al.*, 2007) et la plasticité phénotypique, qui n'est rien d'autre que la capacité du génotype à exprimer différents phénotypes en réponse aux conditions environnementales (Bradshaw, 1965 ; Valladares et *al.*, 2007).

La séparation des deux stratégies est d'une grande importance écologique dans le contexte des changements climatiques actuels (Magnani, 2009). Selon la menace pressentie, la réponse est un ajustement plastique, si l'individu est capable de s'accommoder à des changements. Au contraire, si la réponse aux variations est codée génétiquement, il est possible qu'une bonne adaptation locale actuelle ne soit plus valable dans le futur.

Les études réalisées sur les chênes verts le long de gradients de précipitations ont montré plusieurs niveaux d'ajustements morphologiques à la sécheresse. Ces différents ajustements correspondent à une diminution de la surface foliaire (Villar-Salvador *et al.*, 1997 ; Bussotti et *al.*, 2003), une augmentation de la masse surfacique et de l'épaisseur des feuilles (Castro-Diez et *al.*, 1997 ; Damesin et *al.*, 1997), une augmentation de la durée de vie des feuilles (Bussotti *et al.*, 2003), et une diminution du diamètre moyen des vaisseaux du xylème (Villar-Salvador et *al.*, 1997).

1.2.3. Sélection naturelle

La variabilité géographique des arbres forestiers se voit beaucoup plus influencée par la variation des conditions du milieu, surtout pour les espèces à vaste aire de répartition comme c'est le cas des chênes. Tous les gènes porteurs de caractères ne réagissent pas de la même façon. Certains gènes dits « neutres ou constitutifs » restent sans effets quant à la variabilité des conditions du milieu. Ils sont, de ce fait, très importants pour la description de la variabilité géographique. D'autres caractères sont sensibles aux pressions de sélection exercées par le milieu. C'est ainsi que les gènes contrôlant le mécanisme de résistance au froid (phénologie et pression osmotique de la cellule), dépendront de la variation altitudinale ; Par contre, la régulation photopériodique de la croissance est influencée par la latitude (Baradat, 1986 ; Trabaud et Methy, 1992, 1994 ; Michaud et *al*, 1995).

Selon Kremer (2000) la diversité génétique constitue un "réservoir de gènes" au sein duquel l'espèce peut s'approvisionner pour s'adapter à des conditions écologiques nouvelles. Cette diversité est générée par des mécanismes évolutifs extrêmement efficaces.

Les arbres bénéficient en effet de caractéristiques biologiques contribuant à enrichir la diversité. La sélection agit sur la part héritable des caractères dits adaptatifs, c'est-à-dire corrélés avec le succès reproducteur, pour produire des changements adaptatifs.

Les marqueurs quantitatifs tels que la phénologie, la vigueur, l'architecture sont soumis à la sélection naturelle et montrent une forte différenciation entre les populations (Ducouso et *al*. (1996). Ducouso et *al*. (2001)) ont constaté que les populations du Sud, chez le Chêne sessile, font preuve d'une plus grande précocité dans le débourrement que celles du Nord. De tels gradients s'observent aussi pour la marcescence et le polycyclisme. Une différenciation régionale existe aussi pour la vigueur. L'origine de la mortalité dépend du site d'évaluation des populations. En milieux fertiles, la mortalité est corrélée avec la distance de transfert, alors qu'en site extrême (podzol), elle est liée aux conditions climatiques du milieu d'origine de la population.

1.2.4. Facteurs influençant la variabilité des caractères phénotypiques

La diversité génétique est influencée selon deux approches différentes, mais qui se complètent : le déterminisme qui caractérise la diversité phénotypique et le neutralisme caractérisant la diversité neutre.

La première approche développée par Darwin parle de l'existence de facteurs déterministes qui exercent un contrôle sur les processus écologiques. La théorie de la niche écologique et la théorie de la sélection naturelle sont des théories déterministes. Dans ce cas on pense qu'un tri « filtre » des espèces à partir d'un pool global se fait dans la nature et élimine les espèces incapables de se disperser. Les contraintes environnementales filtrent les espèces non adaptées aux contraintes abiotiques, et les contraintes biotiques réalisent un tri des espèces selon leurs interactions biotiques : compétition, prédation, parasitisme, facilitation, mutualisme etc.

Selon Ducouso et *al.* (1996) et Stephan et *al.* (1996) les caractères adaptatifs mesurés en tests de provenances chez les chênes manifestent des différences plus élevées entre forêts. Par comparaison aux marqueurs "neutres", plus de 40 % de la variabilité totale pour la croissance ou la date de débourrement sont attribuables aux différences entre forêts. Ces dernières suivent un gradient géographique très différent de celui qui caractérisait les marqueurs "neutres".

L'approche neutraliste prônée par Kumura considère que l'évolution et la distribution des espèces n'est pas adaptative mais neutre, et que la distribution observée est due au hasard. Dans ce cas la diversité génétique observée ne résulte pas de l'action de la sélection naturelle mais de l'action des facteurs ou forces évolutives telles que : la mutation (aléatoire), la dérive génétique (aléatoire), la migration (liée à la structuration d'une espèce en sous-populations), la consanguinité, les événements démographiques passés...).

Les travaux de Zanetto et *al.* (1994) et Zanetto et Kremer (1995), ont prouvé que les marqueurs neutres se caractérisent par une faible différenciation entre populations ; les fréquences de gènes varient très peu d'un peuplement à un autre. Seulement moins de 3 % de la diversité totale sur l'ensemble de l'aire des chênes en Europe résident dans les différences entre forêts. Des forêts situées aux deux extrémités de l'aire renferment souvent les mêmes allèles, avec des différences de fréquence ne variant pas de plus de 10 ou 20 %.

1.2.5. Evolution de la variabilité génétique et origine des populations

L'exploitation des restes fossiles, nous renseigne que les premières traces de Chênes ont été identifiées en Amérique du Nord, il y a 35 millions d'années (Oligocène). Vers la fin du Tertiaire, l'explosion du genre *Quercus* s'est faite littéralement. La différenciation de la plupart des espèces actuelles a commencé il y a 10 millions d'années (Pliocène). La zone de

diversification du genre se situe en Asie du Sud-Est ou en Amérique du Nord. Les changements climatiques de grande amplitude durant le Tertiaire ont fait apparaître, les nouvelles espèces qui restèrent confinées à des latitudes méridionales jusqu'à la fin de l'ère tertiaire (Axelrod, 1983 ; Manos et Stanford, 2001). Les alternances climatiques périodiques du Quaternaire, il y a 2 millions d'années (17 alternances de périodes glaciaires d'une durée variant entre 50 à 100 000 ans) sont à l'origine de la distribution actuelle des chênes (Kremer et *al.*, 2002). Lors de la dernière glaciation, l'aire de répartition des chênes se limitait à la péninsule Ibérique, le Sud de l'Italie, les Balkans et peut-être le Caucase. La dernière glaciation a atteint son apogée il y a 18 000 ans et, à cette époque, le climat des régions non couvertes par les glaciers se caractérisait par des conditions très fraîches et sèches (Birks, 1991). La température en région méditerranéenne était de 15 °C inférieure à la température actuelle (Peyron et *al.*, 1998).

La recolonisation vers le Nord et le Sud a commencé vers 13000 ans BP ("before present", c'est-à-dire avant 1950) et s'est terminée vers 8000 ans BP. Cette recolonisation a laissé son empreinte génétique et a pu être reconstituée avec les marqueurs moléculaires en particulier en étudiant l'ADN chloroplastique (Dumolin-Lapègue et *al.*, 1997).

Chez les chênes, les chloroplastes ont la particularité de n'être transmis que par les graines. Les principales voies de colonisation empruntées par les chênes suite au dernier épisode de glaciation ont été reconstituées par l'analyse de la diversité spatiale du génome chloroplastique (Petit et *al.* 2002a, b). La distribution spatiale de ces lignées témoigne ainsi de la recolonisation par les chênes à partir de zones appelées refuges glaciaires. Au sein même des espèces qui ont persisté, cette diversité a pu être réduite ou au contraire augmentée, du fait de la fragmentation des aires. Les conséquences sur la diversité génétique future des changements climatiques annoncés soulèvent de nombreuses interrogations. Le réchauffement futur se réalisera à une vitesse de 10 à 100 fois plus élevée que le réchauffement naturel depuis la dernière glaciation (Briggs et Walters, 1997). Certains prédisent que celle-ci sera mise à rude épreuve, d'autres sont moins inquiets et fondent leur jugement sur l'adaptation des chênes à ces changements en réponse aux alternances climatiques du passé, notamment depuis les dernières glaciations (Kremer et *al.*, 2002).

2. Diversité morphologique des chênes

Les chênes forment des écosystèmes majeurs en Algérie tant par leur importance économique que par leur capacité d'accueil de la biodiversité. En effet, la part de ces essences

dans la surface forestière est de 40 % par rapport à la superficie forestière totale (superficie du maquis non incluse). Elle est de 21 % pour le Chêne liège, 16 % pour le Chêne vert et 3 % pour le Chêne zéen et afarès (BNEF, 1984).

2.1. Diversité du chêne vert sur le pourtour méditerranéen

Les écosystèmes forestiers méditerranéens sont constitués pour l'essentiel par des végétaux dont les organes foliaires persistants sont adaptés de différentes manières (cuticule épaisse, feuilles vernissées, tomenteuses) à la sécheresse estivale et que l'on qualifie de sclérophylles (Barbero, 1988). Ils sont, par ailleurs, caractérisés, dans la distribution de leurs constituants principaux, par une forte hétérogénéité dont l'étude a nécessité la mise au point de stratégies d'échantillonnages spécifiques. C'est le cas en particulier pour les chênaies sclérophylles (Miglioretti, 1983, 1987).

Le chêne vert est considéré comme l'essence forestière la plus importante du point de vue occupation du sol et caractérisation de la région méditerranéenne. C'est surtout sa morphologie et sa variabilité qui ont suscité un grand intérêt et de nombreux travaux. Tutin (1993) et Saenz de Rivas (1967,1970) différencient deux sous-espèces : le type « *ilex* » avec des feuilles grandes et minces et le type « *rotundifolia* » avec des feuilles petites et épaisses. Ces deux types morphologiques ont également été différenciés par des études enzymatiques (Michaud *et al*, 1995).

Le chêne vert (*Quercus ilex* L.) est une angiosperme, à longue génération, monoïque, anémophile, et à répartition circumméditerranéenne. Il est diploïde ($2n=24$) et constitue souvent des peuplements denses et continus. La régénération par graines est faible, mais la capacité de rejeter de souches est forte. L'originalité de cette essence réside dans sa grande variabilité génétique (Du Merle, 1983 ; Yacine, 1987).

2.2. Diversité du chêne vert en Algérie

En Algérie, le Chêne vert se localise essentiellement au niveau des variantes tempérée et fraîche des étages subhumide, mais aussi humide et semi-aride. Il peut pénétrer assez largement dans la variante froide de ces étages (Quézel, 1996). Par ailleurs, grâce à son système racinaire puissant et ses capacités de drageonner (De Philippis, 1932 ; Bellefontaine *et al.*, 2000) même sous des conditions extrêmement difficiles (fortes pentes, falaises, fortes amplitudes thermiques, etc.), le chêne vert arrive à couvrir en taillis de grandes surfaces y compris celles où de nombreuses autres espèces sont exclues par la rigueur des conditions

écologiques. De ce fait, cette espèce prend une place prépondérante en matière de protection du sol et des ressources hydriques.

Peu de travaux de recherche sur la diversité génétique du chêne vert ont été réalisés, leur étendue n'explique pas suffisamment les mécanismes qui interviennent dans la caractérisation de cette diversité. Ce manque d'informations constitue un handicap pour évaluer correctement une espèce forestière (Nasrallah et Khélifi, 2010).

Dans ce vaste territoire qui représente son aire, le chêne vert constitue des formations assez variées allant des futaies sur souche délictuelles, aux taillis plus répandus dans l'Atlas tellien et l'Atlas saharien. Sa vaste amplitude écologique lui permet de constituer des formations mixtes avec la plupart des espèces forestières, des plus thermophiles (chêne liège) aux plus alticoles (cèdre) et des plus xérophiles (pin d'Alep) aux plus mésophiles comme le chêne zèen (Alcaraz, 1989 ; Dahmani, 1997).

En outre, la régénération naturelle par graines est pratiquement absente du fait que les glands sont consommés à la fois par l'homme et son troupeau, et par la faune sauvage habitant ces milieux (Nasrallah et Khélifi, 2010). Compte tenu de leurs vastes aires naturelles de répartition, les espèces forestières rencontrent des conditions de milieu très variées. L'adaptation à ces conditions est variable d'une espèce à l'autre (Ozenda, 1982).

La comparaison de la biomasse des plants de chêne vert élevés et mesurés par Nasrallah et Khélifi (2010) à ceux du *Q. suber*, *Q. coccifera* et *Q. faginea* produits par Ksontini *et al.* (1998), en Tunisie permettent de classer ces espèces de chênes selon leurs biomasses aériennes et racinaires comme suit :

- Biomasse aérienne : *Q. coccifera* < *Q. rotundifolia* < *Q. faginea* < *Q. suber*
- Biomasse racinaire : *Q. coccifera* < *Q. suber* < *Q. rotundifolia* < *Q. faginea*
- B. aérienne / B. racinaire : *Q. rotundifolia* = *Q. faginea* < *Q. suber* < *Q. coccifera*.

Ce classement confirme bien la position écologique et géographique occupée par l'aire du chêne vert en Afrique du Nord. Le développement de la partie racinaire est une réponse adaptative au climat thermo-méditerranéen sec. Le rapport de la biomasse aérienne sur la biomasse racinaire confirme cette équation adaptative en fonction toujours des facteurs climatiques (Alexandrian, 1979 ; Ducrey, 1981). Bien que considéré comme résistant au climat méditerranéen, le chêne vert montre une diversité de réactions au froid et à la

sécheresse (Nasrallah et Khélifi, 2010). Ainsi, la régénération naturelle du chêne vert ne peut être envisagée que dans le cadre d'une conservation *in-situ* de l'espèce avec la diminution de la prédation des glands (Nasrallah et Khélifi, 2010). Cette étude a conduit à élaborer de nouveaux concepts pour caractériser la chênaie verte dont l'hétérogénéité est telle que plusieurs modèles dynamiques ont dû être définis dans l'espace et dans le temps.

L'étude de ces modèles complexes couplée avec celle des paramètres dendrométriques, eux-mêmes reliés aux caractéristiques abiotiques, débouche sur la notion de typologie synthétique principalement axée sur la caractérisation de groupes écodendrométriques, centrés sur les interrelations floristique, dendrométrique et écologique. Parallèlement à l'analyse des structures, la caractérisation de modèles architecturaux est possible :

- en forêt pure pour l'essence dominante,
- en forêt mélangée pour les types forestiers codominants,
- pour l'écosystème lui-même aux différentes étapes de son évolution.
- Dans les systèmes de taillis comme l'ont montré Miglioretti et Barbero (1984), les fonctions de réponse des cépées sclérophylles dans l'espace sont directement reliées aux structures géopédologiques des stations. Plusieurs modèles peuvent être décrits sur la base de ces critères pour des taillis exploités à une même époque :
 - un modèle architectural progressif dans les stations où les densités de cépées sont faibles. Les brins sont nombreux et coexistent depuis les positions subhorizontales jusqu'aux positions verticales ;
 - un modèle architectural multi- strates avec des brins nettement dominants et des brins dominés qui seront rapidement éliminés dans les stations de bonnes potentialités ;
 - des modèles architecturaux de mosaïques où, en concurrence interspécifique, les feuillus sclérophylles et à feuillage caduc se partagent en densités de cépées à peu près équivalentes (le bio-volume). Les modèles d'évolution temporelle placent le Chêne vert en situation d'arbre dominé dans la sous-strate arborescente et quelquefois la strate arbustive. Il réagit en émettant des brins portant des feuilles à index de surface foliaire élevé pour compenser l'extinction du rayonnement lumineux (Baldy et *al.*, 1988).

Ainsi apparaît clairement la nécessité de la prise en compte de l'écogénétique pour la compréhension de la biologie des populations et des structures à chênes sclérophylles méditerranéens.

2.2.1. Explication de la diversité du chêne vert en Algérie

La métastabilité des espèces méditerranéennes tel que le chêne vert est fortement influencée par les conditions stationnelles, compte tenu des contraintes locales du milieu et des caractéristiques biologiques. Des paramètres biotiques et abiotiques sont à l'origine de l'organisation structurale et géographique de cette essence (Barbero, 1988). La très forte variation des conditions climatiques est une des caractéristiques fondamentales de la région méditerranéenne (Emberger, 1942). Cette variation s'ajoute aux caractéristiques édaphiques stationnelles pour déterminer une hétérogénéité des écosystèmes à l'échelle régionale

Les modèles de la yeuseraie qui en résulte sont donc constitués d'éléments dont les stratégies adaptatives au climat sont très fortes : résistance au stress hydrique, aptitude à s'adapter à des situations de lumière très contrastées. Les mécanismes écophysologiques de l'adaptation se répercutent au niveau du système foliaire (index de surface, épaisseur, teneur en eau variable suivant les expositions et les strates de l'arbre) (Madjidieh, 1987 ; Baldy *et al.*, 1987).

Les études engagées par Aubert (1984-1985) et poursuivies par Barbero (1988) ont montré une très forte variation spatiale des complexes édaphiques méditerranéens et ce compte tenu des fortes perturbations anthropozoogènes que les écosystèmes méditerranéens ont subies.

Les paramètres biologiques endogènes propres à chaque essence forestière conditionnent aussi et caractérisent le déterminisme et l'organisation des structures et architectures des peuplements et leur adaptation aux contraintes précédemment définies. Les paramètres biologiques exogènes, en particulier les vecteurs de la dissémination des espèces sous l'action du vent (anémochorie) et des animaux (zoochorie) s'ajoutent aux premiers et conditionnent fortement l'évolution et la croissance au cours des diverses étapes de la sylvigénèse. De ce fait, et depuis quelques décennies, l'évolution des peuplements sclérophylles dans les zones privées de perturbations est marquée par une importante montée des végétaux dont la dissémination des graines, des fruits ou des baies est faite par les oiseaux et pour lesquels les individus se sont adaptés aux conditions sciaphiles (Barbero, 1988).

Enfin, les données socio-historiques s'associent à différentes échelles de temps pour servir de support à l'explication des données de l'analyse pollinique (Pons et Vernet, 1971), et à la datation des microrestes de charbons contenus dans les horizons des sols (Thinon, 1979). A cela s'ajoute le mode de gestion de l'écosystème qui constitue une dimension capitale de sa structuration. La comparaison à l'échelle d'une région des différents systèmes de gestion tels que le domanial, le communal ou le privé permet de mieux appréhender l'effet du mode de gestion sur l'évolution des structures forestières et leurs diversités (Barbero, 1988 ; Nasrallah et Khélifi, 2010).

2.2.2. Organisation et structuration géographique (progressive et brutale)

La variabilité géographique des chênes se trouve beaucoup plus influencée par la variation des conditions du milieu, surtout pour les espèces à vaste aire de répartition comme, c'est le cas pour le chêne vert. En effet, les résultats de l'analyse de onze provenances de chêne vert, en Algérie permettent d'avancer une première constatation quant à l'organisation de la variabilité géographique sur l'ensemble des régions étudiées. Cette variabilité suit un gradient à tendance nord-sud en conformité avec les variables bioclimatiques, notamment la pluviométrie et la température (Nasrallah et Khélifi, 2010). Obéissant chaque fois à des paramètres différents. Selon Teissier Du gros (1980), Baradat (1986), Roman Amat (1995), Ducouso (1996), on distingue classiquement deux types de variations :

- **Variation progressive**

Variabilité continue ou clinale, généralement liée à des facteurs du milieu ou ne se modifiant qu'à longue distance. Dans ce cas, un caractère suivant le gradient d'altitude ou de latitude peut constituer un bon indice de variabilité. L'exemple du débourrement des provenances de chêne montre qu'elles sont plus précoces lorsqu'elles sont originaires d'une basse altitude que d'une altitude élevée (Dupouey et *al*, 1990 ; Ducouso, 1996).

- **Variation brutale**

A courte distance cette variabilité peut être de type écotypique si le facteur de variation est déterminé, comme c'est le cas du sol par exemple. Elle est dite en «Mosaïque », si aucune variable extérieure n'est identifiée. Des espèces comme le pin noir ou le pin maritime, qui ont une aire de répartition très morcelée autour du bassin méditerranéen obéissent à un schéma de variation brutale.

Néanmoins, une espèce peut exprimer une variabilité du premier type pour certains caractères, et une autre du deuxième type pour d'autres caractères. Ce type de variabilité n'obéit en réalité à aucune loi et peut être considéré comme une variabilité anarchique liée à l'isolement des populations (chaînes de montagnes, décalage phénologique, etc.).

MATERIEL ET METHODES

I. Matériel végétal

Il existe un manque flagrant de données sur la reproduction et la répartition exacte du chêne vert en Algérie. Ceci a donc rendu très difficile l'orientation de l'échantillonnage des provenances. Notre premier souci a été d'obtenir un échantillon couvrant toute l'aire de répartition de l'espèce. Les principaux critères qui ont guidé l'échantillonnage des populations ont été la diversité des conditions climatiques et la répartition géographique de cette essence en Algérie.

En considérant les résultats obtenus sur les chênes blancs européens, nous avons retenu 21 provenances de l'aire algérienne de cette essence. Quinze (15) individus par provenance ont fait l'objet de récolte de graines. Ce choix a pour objectif de donner une description aussi précise que possible de la répartition géographique de la variabilité morphologique du chêne vert dans l'aire naturelle de l'essence en Algérie. Le choix de 15 individus par provenance se justifie par l'essai du test de descendance utilisé souvent comme synonyme du terme «test de familles». Une descendance est considérée biparentale lorsque l'ensemble des individus qui la composent ont leurs deux parents en commun; elle est obtenue par pollinisation dirigée. Une descendance est uniparentale lorsqu'un seul parent (habituellement le parent femelle) est commun à l'ensemble des individus. La descendance uniparentale est normalement obtenue par pollinisation libre.

La récolte des fruits (glands) a été faite sur l'ensemble du houppier. Une distance minimale de 300 m entre les semenciers a été respectée afin d'éviter de récolter sur des arbres ayant potentiellement les mêmes parents.

En Algérie, le chêne vert est localisé essentiellement entre les étages sub-humide à semi-aride, et déborde vers l'étage humide. Il est rare sur le littoral et à basse altitude où il est remplacé par des groupements plus thermophiles. Le chêne vert occupe une grande superficie dans l'ouest algérien (monts de Tiaret, Frenda, Saida, Mascara, Relizane et jusqu'à Tlemcen). Dans le centre du pays, il est répandu dans l'Ouarsenis, Médéa, Meliana, Djurdjura, Sour-El- Ghozlane et Chréa. Dans l'Est du pays, il est rencontré dans les hautes plaines Constantinoises, Sétif, Belezma (Batna), les Aurès et les monts du Hodna. On le rencontre aussi dans l'Atlas Saharien à Djelfa, Aflou et jusqu'à Laghouat, El-Bayadh et Ain Sefra.

La connaissance du terrain par les forestiers, nous a été d'un grand apport pour surmonter le problème du choix des provenances. Le travail a commencé par une prospection de tous les peuplements classés comme sources de graines par les services

forestiers. Les provenances géographiquement très proches et écologiquement identiques ont été éliminées de l'échantillonnage. Ainsi, 21 provenances représentatives de l'aire phytogéographique de *Quercus rotundifolia* en Algérie, appartenant à 4 étages bioclimatiques selon la carte des secteurs biogéographiques et bioclimatiques du Nord algérien de Quezel et Santa (1962-1963) ont été retenues (figures 7 et 8).

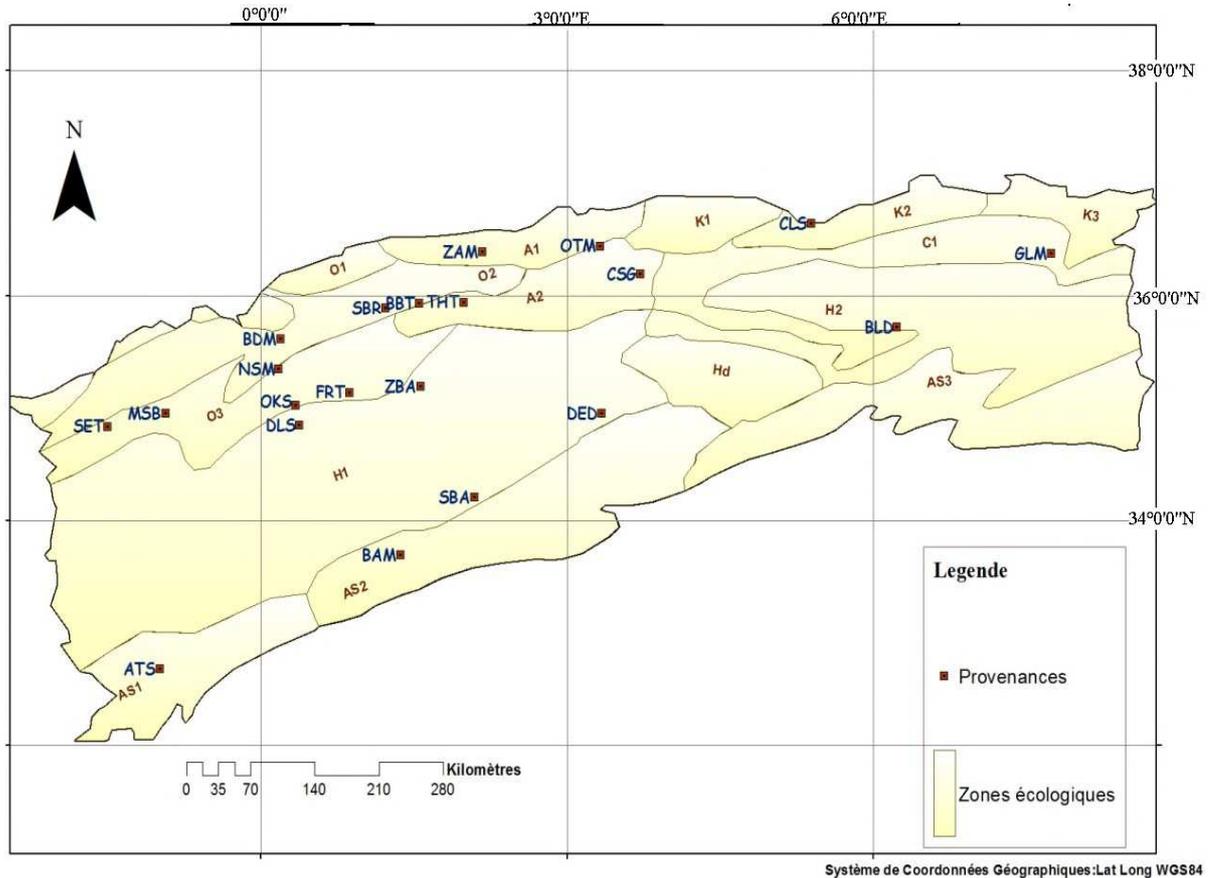


Figure 7 : Localisation des 21 provenances dans les différents secteurs phytogéographiques (carte établie par Quezel et Santa (1962-1963)): A1: Sous- secteur littoral ; A2: Sous-secteur de l'Atlas Tellien ; AS1: Sous-secteur de l'Atlas Saharien oranais ; AS2: Sous-secteur de l'Atlas Saharien algérois ; AS3: Sous-secteur de l'Atlas Saharien constantinois ; C1: Secteur du Tell constantinois ; H1: Sous-secteur des Hauts-Plateaux algérois et oranais ; H2: Sous-secteur des Hauts-Plateaux constantinois ; Hd: Sous-secteur du Hodna ; K1: Sous-secteur de la grande Kabylie ; K2: Sous-secteur de la petite Kabylie ; K3: Sous-secteur de la Numidie (de Philippeville à la frontière tunisienne) ; O1: Sous-secteur des Sahels littoraux ; O2: Sous-secteur des plaines littoraux ; O3: Sous-secteur de l'Atlas Tellien.

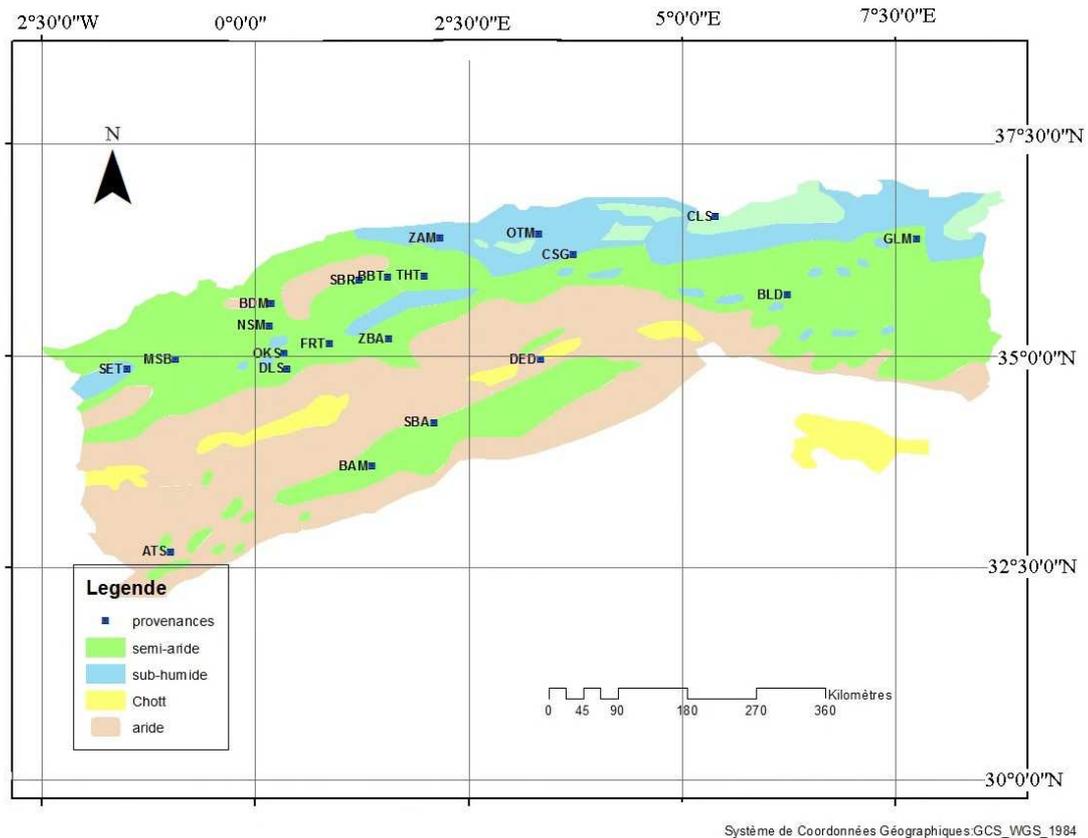


Figure 8 : Localisation des provenances sur la carte des étages bioclimatiques en Algérie.

Le positionnement des provenances sur la carte montre clairement l'étage bioclimatique correspondant à chaque provenance. La localisation des lieux de collectes est représentée sur le tableau 2.

II. Méthode et stratégie d'échantillonnage

1. Description des 21 provenances de chêne vert

Une description détaillée des coordonnées géographiques et des paramètres écologiques des provenances est donnée dans les tableaux 3 et 4.

Tableau 2: Groupes de provenances retenus et étages bioclimatiques correspondants

Groupe I	Représente les provenances, les plus favorisées sur le plan climatique de l'étage subhumide de l'Atlas tellien à savoir : 13 : Oued Yesser, Wilaya de Médéa (OTM). 12 : Zaccar, W. d'Ain Defla (ZAM). 20 : Chaâbat Lakhra, W. de Sétif (CLS)
Groupe II	Correspond à l'étage sub-humide avec ses variantes fraîches et froides de la région sud tellienne selon la carte de Quezel et Santa (1962). Les provenances retenues sont : 15 : Théniet El-Had W. de Tissemsilt (THT). 14 : Bordj-Bounaâma W. de Tissemsilt (BBT). 7 : Frenda W. de Tiaret (FRT). 17 : La Cascade W. de Bouira (CSG). 2 : El Bordj, W. de Mascara (BDM). 9 : Guelma, W. de Gulma (GLM). 6 : Nador, W. de Tiaret (ZBA). 5 : Sebt, W. de Relizane (SBR).
Groupe III	Regroupe les provenances des plaines et montagnes du semi aride, couvrant de grandes superficies à chêne vert à l'état de taillis clairs et dégradés. L'échantillonnage a porté sur les provenances Suivantes: 11 : Ouled Kada, W. de Saida (OKS). 1 : Oum Djerane W. de Saida (DLS). 10 : Nesmoth, W. de Mascara (MSN). 3 : Mezaouro, W. de Sidi Bel Abbes (MSB). 21 : Sebdou, W. de Tlemcen (SET).
Groupe IV	Représente les provenances de l'Atlas saharien. Dans ce groupe le chêne vert est moins abondant et pousse dans des conditions climatiques extrêmes. Les provenances retenues sont: 19 : Belezma, W. de Betna (BLD). 18 : Dar echioukh, W. de Djelfa (DED). 8 : Boualem, W. d'El Bayadh (BAM). 16 : Sidi Bouzid, W. de Laghouat (ZBA). 4 : Djebel Aissa, W. de Naâma (ATS).

Tableau 3 : Localisation et description des coordonnées géographiques des provenances.

Nom de la provenance	Code	N°	Region d'origine	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Observations
Djehgloul	DLS	1	Mont de Saïda	34°51'13 65''N	0°22'51 45''E	1040	Chênaie des Hassasna
El BORDJ	BDM	2	Mascara	35°32'542'' N	0°21'521''E	721	Ouest de l'Atlas tellien
Mezaouro	MSB	3	Télagh	34°52'11 61''N	0°40'05 19''O	890	Monts de Dhaya
Djebel Aïssa	ATS	4	Ain Sefra	32°39'956 N	0°36'732 O	1495	Monts El-Ksours
Sebt	SBR	5	Relizane	35°49'11 17''N	0°19'37 52''E	860	Atlas Tellien Ouest
Nador	ZBA	6	Tiaret	35°11'11 66''N	1°34'02 90''E	1065	La zone de Sougueur (Zaouyet Bel Abed)
Frenda	FRT	7	Tiaret	35°05'20 72''N	1°00'36 07''E	955	Le massif des Z'damas
Boualem	BAM	8	El-Bayadh	33°41'34 71''N	1°31'22 46''E	1377	Monts El-Ammours
Guelma	GLM	9	Guelma	36°16'24 45''N	7°32'01 19''E	1020	Versant Nord de de l'Atlas tellien
Nesmot	NSM	10	Mascara	35°15'22 24''N	0°22'50 30''E	907	Partie Nord des monts de Saïda
Ouled Kada	OKS	11	Saïda	34°57'671'' N	0°30'961''E	1050	Nord-Est du massif d'El-Hassasna
Zaccar	ZAM	12	Miliana	36°19'005'' N	2°12'752''E	1010	Monts du Zaccar
Oued Yesser	OTM	13	Médéa	36°26'053'' N	3°18'865''E	510	Versant Nord de l'oued Yesser (Tablat)
Bordj-Bounaâma	BBT	14	Tissemsilt	35°51'37 51''N	1°36'48 70''E	1090	Sud de l'Atlas Tellien
Théniet El-Had	THT	15	Tissemsilt	35°50'47 11''N	2°32'92 26''E	1080	Parc national de Théniet El-Had
Sidi Bouzid	SBA	16	Aflou	34°11'57 13''N	2°10'26 29''E	1420	Atlas Saharien Central
La Cascade	CSG	17	Sour El-Ghozlane	36°09'04 08''N	3°39'41 21''E	1060	Massif Sud de Sour El-Ghozlane
Dar Echyoukh	DED	18	Djelfa	35°54'17 20''N	3°30'29 59''E	1103	Atlas Saharien Central
Belezma	BLD	19	Batna	35°36'49 89''N	6°01'55 49''E	1300	Les Aurès
Chaabat Lakhra	CLS	20	Sétif	36°30'622'' N	5°16'329''E	600	Ouest des monts des Babors
Sebdou	SET	21	Tlemcen	34°43'25 31''N	1°11'47 07''O	1110	Partie sud des Monts de Tlemcen

Tableau 4 : Description écologique des 21 provenances retenues.

Provenance	Exposition	Pente %	Pluviosité (mm/an)	Température		Etage bioclimatique	Superficie (Ha)	Sol	Hauteur (m)	Age (an)
				(M)	(m)					
Djeghloul	N	5 - 10	330,60	35°20'	3°30'	S.A frais	08	Rouge fersialitique	12 - 15	200
El-Brdj	N-E	5 - 15	574	28°	2°	S.A doux	80	Marneux	15	150
Mezaouro	N-O	5 - 15	326	25°15'	-1°06'	S.A. froid	50	Marne	5 - 8	70
Djebel Aïssa	N-O	25	192	28° 40'	6° 05'	A. frais	90	Sable et limon	4 - 7	60
Sebt	N	10-15	325	28°70'	5°23'	S.A frais	45	Marne	12 - 15	120
Nador	N	15	622	26°	2°43'	S.H frais	50	Brun forestier	8 - 12	130
Frenda	N-E	10 - 15	630	26°	2°43'	S.H frais	35	Calcaire	6 - 10	100
Boualem	N	30	326	25°15'	-1°06'	S.A. froid	40	Calcaire	4 - 6	60
Guelma	N	20	677	26°55'	4°76'	S.H. tempéré	30	Marne	12 - 15	140
Nesmot	Sans	2 - 5	586	32°30'	2°70'	S.A doux	60	Marne	10 - 16	150
Ouled Kada	N-O	5 - 15	330,60	35°20'	3°30'	S.A froid	50	Rouge	6 - 12	120
Zaccar	S-O	25	950	10°40'	4°60'	S.H. tempéré	25	Calcaire et marneux	10 - 16	200
Oued Yesse	N	15	800	24°60'	9°10'	S.H. Tempéré	15	Marne	15 - 18	180
Bordj-Bounaâma	Sans	0 - 5	628	32°	0°20'	S.H froid	20	Calcaire	6 - 8	60
Théniet El- Had	E	25	816	26°55'	10°50'	S.H. tempéré	30	Calcaire	8 - 12	120
Sidi Bouzid	N	15 - 25	342	24°05'	-0°40'	S.A. froid	60	Calcaire	10 - 12	50
La Cascade	N	15	634	23°65'	2°33'	S.H frais	20	Marne	12 - 15	100
Dar Chyoukh	S-E	5 - 10	308	24°30'	-0°26'	S.A froid	25	Calcaire	4- 7	60
Belezma	N	15 - 20	348.7	28°10'	2°10'	S.A froid	30	Calcaire	10- 15	80
Chaaba I akhra	S	30	469	24°70'	0°93'	S.H froid	25	Brun calcair	8 - 14	150
Sebdou	S-E	15	534	26°	6°36'	S.H. frais	50	Marne	6 - 9	80

(N : Nord, E : Est, O : ouest, S : Sud, S.H : sub- humide, S.A : semi aride, A : aride)

2. Récolte, conservation et stratification des glands

Nous avons procédé à la récolte des glands dans les différents lieux durant le mois de Novembre 2006. Le ramassage a lieu lorsque les glands commencent à se détacher spontanément de leur cupule, lorsqu'ils ont atteint une couleur brune uniforme. Le stockage des glands pendant la récolte et le transport ont été faits dans des sacs en jute ajourés; les sacs plastiques qui favorisent l'échauffement des glands sont à prohiber.

La récolte a été faite sur des sujets adultes, sains, vigoureux, bien formés, au niveau des peuplements bien adaptés aux conditions écologiques. Les glands sont, soit cueillis sur les arbres, soit ramassés par terre sous leurs propres houppiers.

Du moment que le gland est une semence microbiontique (courte vie), la conservation des glands a été faite par l'étalement des glands dans la chambre de conservation des graines au niveau de la pépinière d'El Ogbène (Saida). C'est une chambre préparée à cet effet, caractérisée par une température comprise entre -1 et +4°C et une teneur en humidité élevée (autour de 48%). La période de stockage avait pour objectif uniquement le rassemblement de toutes les provenances. La totalité des glands a été stratifiée dans du sable traité avec un fongicide. Les glands sont établis uniformément, dans le sable humide couvert d'un sac en jute afin de favoriser leur germination.

III. Variabilité interprovenance

1. Dispositif expérimental en pépinière

1.1. Plan expérimental

Le matériel biologique (glands) étudié a été récolté sur 21 provenances. Chaque arbre est représenté par six répétitions de 15 glands, soit 1350 plants par provenance (tableau 5). Un dispositif en randomisation totale a été adopté pour la germination en pépinière (figure 9).

Tableau 5 : Récapitulatif du nombre de glands mis initialement en pépinière

Pépinière	Nombre de répétitions	Nombre de familles	Nombre de provenances	Nombre de plants
El Ogbène -Saida	6	315	21	39690

Après leur germination et dès que la racine est sortie, les glands sont directement semés dans le substrat retenu. Le semis a été étalé sur toute la période de germination. Les glands sont semés dans des sachets en plastique (25*10cm), sans fond, remplis d'un mélange contenant 2/5 de sable de rivière, 2/5 de terre limono-argileuse et 1/5 de litière (matière organique végétale). Les sachets sont placés sur des planches sur un fond constitué d'une couche de sable fin tapissant une couche de gravier dans la pépinière du vieux Saida.

Ce site est constitué par des sources d'eau donnant naissance à un Oued à l'origine d'un microclimat particulier (figure 10). Les caractéristiques stationnelles de la pépinière sont résumées dans le tableau 6. La quantité de glands restants représentant au moins le 1/3 des glands de chaque famille a été élevée dans les mêmes conditions pour servir au niveau des mesures destructives et pour compléter le dispositif expérimental sur le terrain.

10	6	21	12	2	19	3	11	6	13	13	5	14	7	16	2	10	17	3	6	4
5	7	14	4	16	8	19	9	1	14	2	17	11	3	18	12	20	10	15	9	16
18	12	15	7	1	4	16	2	20	3	10	17	9	13	6	19	5	14	11	21	8
17	2	19	16	10	9	13	5	15	6	11	8	4	14	12	7	18	1	20	3	21
11	18	4	5	8	21	1	9	3	6	10	7	16	20	12	17	13	19	2	15	14
7	1	19	10	6	21	9	4	15	13	8	5	2	17	20	14	12	18	11	16	3

Exemple de parcelle de chaque provenance
contenant 15 familles composées
chacune de 15 plants

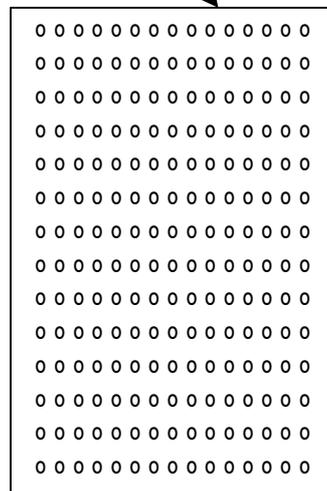


Figure 9 : Dispositif installé en pépinière pour l'élevage des plants et le suivi de la variabilité intra et interprovenance. (Les chiffres du tableau indiquent la distribution randomisée des 21 provenances dans l'essai.)

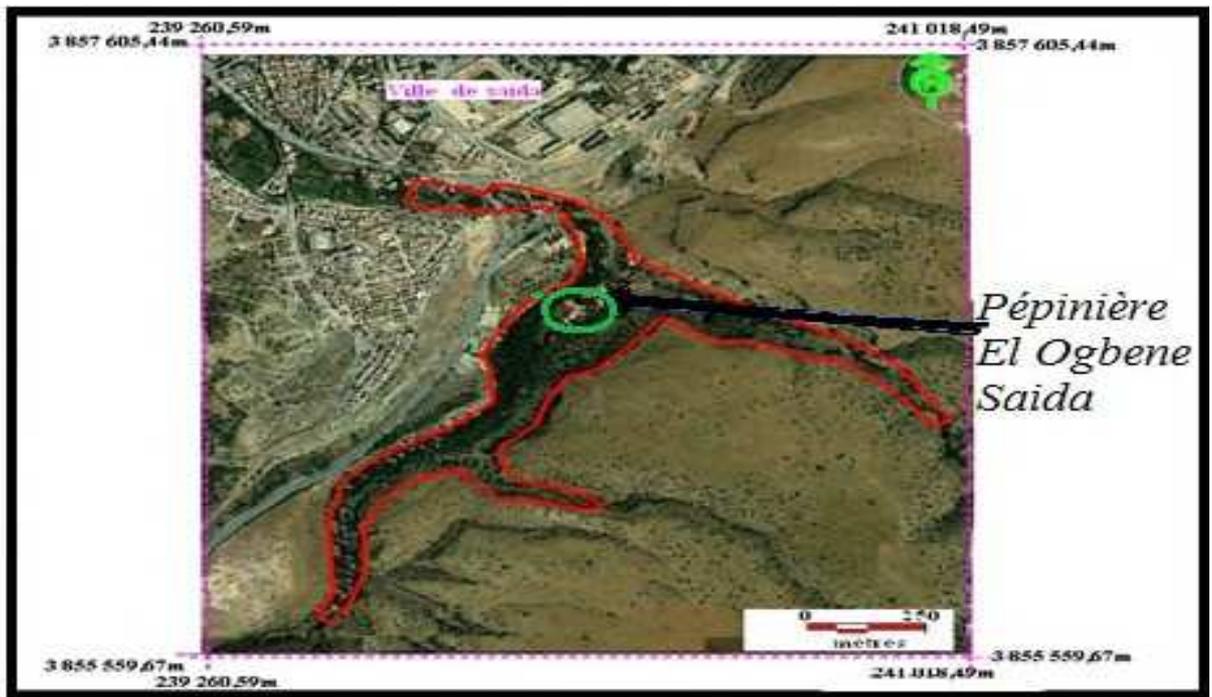


Figure 10 : Position géographique de la pépinière du vieux Saida sur une image Google Earth 2012. (La flèche indique le lieu de la pépinière située à la sortie Sud de la ville de Saida.)

Tableau 6 : Principales caractéristiques stationnelles de la pépinière d'El Ogbène (Saida)

Longitude	0°16' Est
Latitude	34°82' N
Altitude	928m
Exposition	Nord
Topographie	pente : 0-5 %
Pluviométrie moyenne annuelle	352 mm/an
Température Maximale annuelle	14,55 °C
Température Minimale annuelle	4,22 °C
Type de régime pluviométrique	HAPE
Type de climat	Semi aride frais
Type de sol	Lithosol et sols alluviaux de lits d'Oued
Végétations	Un mélange d'arbres et de plantes ripisylves naturels et introduits

HAPE : Hivers-Automne-Printemps-Eté

1.2. Caractères mesurés

Les glands provenant de chacun des 15 sujets d'une même provenance sont répartis en 6 lots de 30 glands chacun. Au total 7 caractères sont mesurés sur les jeunes plantules en pépinière.

1.2.1. Taux de flottaison des glands

L'ensemble des lots a d'abord subi un test de flottaison dans de l'eau tiède, pour déterminer le pourcentage de glands impropres à la mise en germination (TF). C'est un test classique, souvent utilisé par les pépiniéristes pour éliminer les glands vides et/ou attaqués par les insectes.

1.2.2. Taux de germination des glands

Les lots de glands sains sont ensuite placés dans un germoir en pépinière dans les conditions de germination à savoir : une température de 18°C, une aération permanente et une photopériode naturelle. La mise en germination a été initiée vers la fin du mois de novembre 2006. Le taux de germination (TG) est calculé par la détermination du nombre de glands germés dans un échantillon de 100 glands.

1.2.3. Taux de levée des plants

Les taux de levée (pourcentage de plants semés et qui arrivent à émettre les feuilles cotylédonaires) des plants en pépinière a fait l'objet de 4 mesures : le 15/03/2007, pour déterminer le taux de levée TL1, le 15/04/2007, pour déterminer TL2, le 15/07/2007, pour TL3 et le 15/10/2007, pour TL4. Ces mesures ont commencé depuis l'apparition des premières feuilles de chaque individu au mois de Mars jusqu'à l'arrêt de la croissance des plants au mois d'Octobre de la même année.

1.2.4. Hauteur des jeunes plants

C'est un paramètre retenu comme mode d'expression de la croissance. Il est mesuré depuis l'apparition et le développement de l'épicotyle. La mesure se fait à l'aide d'une réglette millimétrique. On évalue la hauteur (verticalement, à partir du sol jusqu'au point de végétation le plus haut) de quelques plants de la parcelle en adoptant un mode d'échantillonnage aléatoire. La hauteur des plants en pépinière a fait l'objet de 3 mesures : le 15/04/2007, le 15/07/2007 et le 15/10/2007 pour déterminer respectivement HP1, HP2, et HP3.

1.2.5. Diamètre des jeunes plants

Les mesures de diamètre sont faites au niveau du collet sur les mêmes plants ayant fait l'objet des mesures de la hauteur. Elles sont effectuées avec une réglette graduée en adoptant

un mode d'échantillonnage aléatoire. 3 mesures de diamètres au collet des plants en pépinière ont été fait: le 15/04/2007, le 15/07/2007 et le 15/10/2007, pour mesurer respectivement DP1, DP2 et DP3.

1.2.6. Nombre de nervures par feuille

Les nervures d'une feuille sont le prolongement du pétiole dans le limbe foliaire. On distingue la nervure principale et les nervures secondaires. C'est au niveau des nervures, que se situe l'essentiel des tissus conducteurs (xylème et phloème) de sève ; leur comptage se fait pour chaque feuille pour déterminer le nombre de nervures secondaires moyen par plant (NNF).

1.2.7. Nombre de feuilles par jeune plant

Le nombre de feuilles révèle la bonne croissance et l'état sanitaire et physiologique du plant. Le comptage des feuilles (NFP) à été réalisé sur un seul plant considéré comme le plus représentatif de la parcelle expérimentale unitaire, soit six plants par famille et 90 plants par provenance. Cette mesure a été faite vers la fin de la phase de développement en pépinière, c'est à dire, le premier Octobre 2007.

1.3. Analyse de laboratoire et caractères mesurés

1.3.1. Poids des glands

Les lots de glands ont fait séparément l'objet d'une pesée à l'aide d'une balance de précision pour déterminer le poids (P.G) de 100 glands pour chaque famille et provenance.

1.3.2. Longueur de la feuille

Dans le but de mesurer la longueur moyenne de la feuille (LOF), nous avons prélevés des feuilles situées à trois niveaux du plant: à la base, à mi-hauteur et au sommet. Cette opération est faite vers le début Octobre 2007. Une réglette graduée a été utilisé.

1.3.3. Largeur de la feuille

La mesure du largeur de la feuille (LAF), a été faite sur les feuilles de la même façon que pour la longueur.

1.3.4. Surface foliaire de la feuille et du plant

Les déficits hydriques longs se traduisent par des changements progressifs dans la structure de la plante, qui visent à réduire sa surface de transpiration (surface foliaire). Après les mesures de longueur et de largeur des feuilles prélevées; ces feuilles ont été collées sur du papier blanc, photocopiées, ensuite découpées et pesées. A partir de la surface occupée par la feuille et le poids d'une surface connue du papier (ex. un carré de 1 cm²) on peut déterminer la surface foliaire totale de la feuille (SF) en utilisant la méthode de calcul du facteur de conversion cm²/g. La multiplication du SF par le nombre de feuilles du plant permet de déterminer la surface foliaire moyenne du plant (SFP).

1.3.5. Poids frais des différentes parties du plant

Les plants ont été prélevés pour permettre l'analyse des caractéristiques morphologiques : biomasse des tiges, racines et rapports tiges /racines.

Pour chaque plante on prélève la partie aérienne (tige et feuilles) et la partie souterraine (racines), puis on réalise une pesée pour déterminer le poids frais des différentes parties du plant puis du plant total. Ainsi, les valeurs: PAF (poids aérien frais), PRF (Poids racinaire frais), PTF (Poids total frais) sont déterminées pour chaque famille.

1.3.6. Poids secs des différentes parties du plant

Après la mesure du poids frais des différentes parties du plant (tige, racine et plant total), les plants sont séchés dans une étuve à 65 C°, pendant 24 heures. La pesée des différentes parties du plant a été prise par une balance de précision. Ainsi, les valeurs: PAS : poids aérien sec, PRS : Poids racinaire sec, PTS : Poids total sec sont déterminées pour chaque famille.

2. Dispositifs expérimentaux sur terrain

2.1. Plan expérimental

Au début de l'expérimentation sur le terrain, trois sites ont été retenus, le premier dans l'Atlas saharien à El Bayadh, et les deux autres dans deux lieux différents dans la chênaie verte des monts de Saida.

Le premier site dit « Sidi Benkadour » est situé dans un micro climat sub- humide, le deuxième site dit « Sidi Moussa » est situé dans le climat semi aride frais.

Le site d'El Bayadh a connu un échec total, 5 mois après la plantation par manque d'arrosage des plants, et a été, de ce fait, abandonné.

Le même dispositif expérimental est adopté dans les deux sites restants. Les plants ont été mis en place au cours de l'hiver 2007-2008 (début Janvier 2008) après une année d'élevage en pépinière. La plantation est réalisée sur deux terrains préalablement préparés (tableau 7 et figure 11). Les deux protocoles sont installés selon un dispositif en bloc aléatoire complet. Ainsi trois blocs sont installés dans le sens perpendiculaire à la pente. Chaque bloc est constitué de 21 parcelles distribuées aléatoirement dans le bloc et contenant 15 descendances de la même famille, sur la base de 10 plants par descendance (figure 12 et tableau 8). Les mesures de survie, de croissance en hauteur et en diamètre sont réalisées au début et à la fin de la période d'activité des plants. La survie des plants, les hauteurs totales et les diamètres au collet sont collectées chaque fin de semestre dans l'ensemble du dispositif (début Mars pour le premier semestre et début Septembre pour le deuxième semestre). Le suivi sur le terrain s'est déroulé sur quatre années de végétation consécutives. Aucun regarni de plants morts n'a été réalisé.

Tableau 7 : Description des deux sites expérimentaux situés dans la chênaie des monts de Saïda

Caractéristiques écologiques	Site de Sidi Benkadour	Site de Sidi Moussa
Date de Plantation	Début Janvier 2007	Début Janvier 2007
Altitude	1260 m	1235 m
Longitude	34°45' 005 N	34°41' 54 43 N
Latitude	0° 26' 423 E	0° 18' 39 15 E
Exposition	N-N-O	Ouest
Pente	10 à 20%	5 à 15%
Pluviométrie	+600 mm	350- 400 mm
Type de Sol	Fersialitique, marne	Calcaire
Profondeur du sol	+ de 70 cm	20 à 30 cm
Nature du terrain	Domanial	Domanial
Surface	+ 30 ha	+20 ha
Profondeur du sol	Potêts	Potêts
Elevage des plants	Plants élevés en pépinière	Plants élevés en pépinière
Ecartement	3X3 m	3X3 m
Type de formation	Forêt de chêne vert et de genévrier oxycèdre	Forêt de chêne vert et de Pin d'Alep

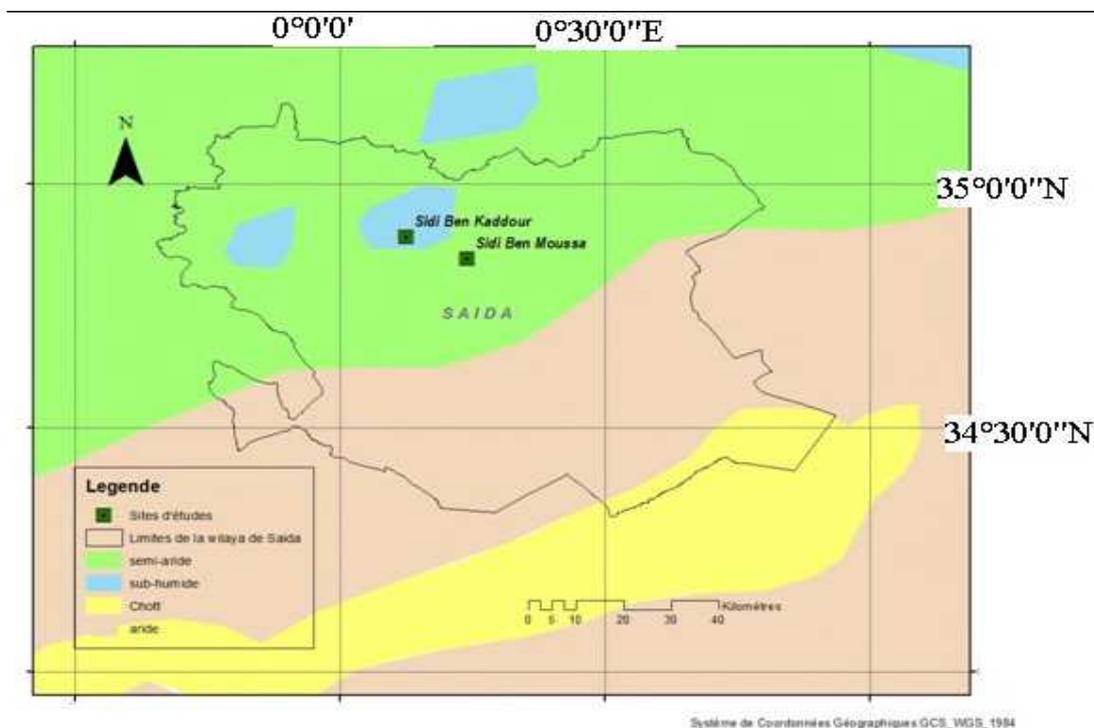


Figure 11 : Positionnement géographique des deux sites de plantations comparatives.

Site1

Bloc 3	4	6	19	14	3	20	18	13	5	17	11	16	10	2	7	15	9	8	12	1	21
Bloc 2	17	11	16	3	6	19	14	4	10	2	1	21	18	13	7	15	9	5	20	8	12
Bloc 1	12	8	19	20	18	13	17	2	1	21	16	10	7	15	5	11	3	4	6	9	14

Sens de la pente du terrain

Site 2

B l o c	4	6	19	14	3	20	18	13	5	17	11	16	10	2	7	15	9	8	12	1	21
B l o c	17	11	16	3	6	19	14	4	10	2	1	21	18	13	7	15	9	5	20	8	12
B l o c	12	8	19	20	18	13	17	2	1	21	16	10	7	15	5	11	3	4	6	9	14

Chaque ligne de la parcelle élémentaire représente une famille de 10 plants chacune et ce, pour chacune des 21 provenances

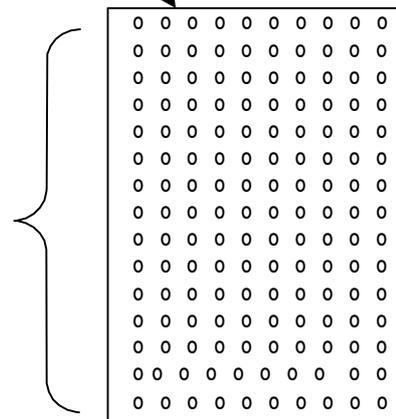


Figure 12 : Schéma des deux dispositifs expérimentaux de terrain et des plantations réalisées.

Tableau 8 : Récapitulatif du nombre de plants installés dans chacun des deux sites.

Sites expérimentaux	Nombres de blocs	Nombres de provenances	Nombres de familles	Nombres de plants
Sidi Benkadour	3	21	315	9450
Sidi Moussa	3	21	315	9450

2.2. Caractérisation phytoécologique des deux sites

- **Sidi benkadour (1)** : Site caractérisé par le stade phytodynamique de taillis élevé dense dominé par *Quercus rotundifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Ampelodesma mauritanicum* à potentialités dynamiques moyennes en bioclimats subhumide frais à pluviosité supérieure à 600 mm sur un sol fersialitique brun, limono- argilo- sableux, d'une profondeur de 21 à 40 cm à 0- 10/ 1000 de calcaire actif et bonne activité biologique (U.R.B.T, 1988).

- **Sidi Moussa (2)** : Site caractérisé par le stade phytodynamique de matorral élevé clair dominé par *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus* *Stipa tenacissima*, à potentialités dynamiques médiocres en bioclimats semi aride inférieur frais, à pluviosité supérieure 350 à 400 mm sur sol brun calcaire modal, texture limono- sableuse, profondeur 11 à 20 cm, calcaire actif à 0- 10/ 1000, activité biologique moyenne.

Le climat de la région d'étude (expérimentation en pépinière et en champ) est du type méditerranéen continental à été chaud et sec et à hiver froid et humide (U.R.B.T, 1988)

Le chêne vert est caractérisé par deux périodes de croissance, la première, printanière débutant de février jusqu'à son arrêt provoqué par les températures élevées de l'été ; et la deuxième est hivernale, débutant dès la baisse de température en fin Aout- début Septembre, jusqu'à l'arrêt de croissance imposé par la baisse de température vers la fin du mois d'Octobre- début Novembre. Les mesures de survie, de hauteurs et de diamètre en champ été effectuées au début de chaque période de croissance, soit le début Mars pour la première et le début Septembre pour la deuxième.

2.3. Caractères mesurés

2.3.1. Survie des plants

C'est un rapport entre le nombre de plants survivants et le nombre de plants plantés à l'origine. Il est calculé au niveau de chaque site expérimental et pour chaque famille et provenance.

2.3.2. Hauteur des plants

La hauteur de chaque plant est mesurée à partir du sol jusqu'au point de végétation le plus haut. Pour ce faire, un mètre ruban graduée a été utilisé. Les mesures sont effectuées au centimètre près.

2.3.3. Diamètre des plants

Les mesures de diamètre suivent les mesures des hauteurs. Elles sont effectuées au collet de chaque plant à l'aide d'un pied-à-coulisse.

3. Conditions climatiques durant l'expérimentation

Compte tenu, des lacunes liées à la disponibilité des données climatiques fiables, nous allons comparer les données climatiques de SELTZER (1913-1946) et celles de l'Office National de la Météorologie (1980-2011) relatives à la station de Rebahia dans la wilaya de Saida (tableau 9). La station de Rebahia se trouve à environ 5 km de la pépinière (lieu de l'expérimentation). Elle se trouve par contre à 40 et 30 km respectivement au Nord –Ouest du lieu des deux sites de l'expérimentation en champ. L'altitude de la station de Rebahia est de 750 m, soit une différence d'environ 500 m par rapport aux sites expérimentaux.

Tableau 9 - Comparaison des données climatiques de la station de Rebahia.

Période	Données climatiques de:	Pluviométrie (mm)	Température moyenne	Gelée (jours)	Sirocco (jours)
1913-1948	SELTZER	436,00	15 °C	17,1	18,2
1980-2011	O.N.M	368,83	-	37	21
Ecart	-	-67,17	-	+20,1	+3,8

3.1. Régime pluviométrique

Le caractère saisonnier des pluies est déterminant dans cette région et joue un rôle important dans la compréhension du comportement de la végétation. Les précipitations ont un rapport direct avec les saisons et le cycle des espèces végétales. Le régime pluviométrique de type : Hivers-Printemps-Automne-Eté (HPAE) donne la répartition selon les saisons (tableau 10).

Tableau 10- Régime saisonnier des pluies (1980-2011).

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P (mm)												
Rebahia	24.07	44.72	40.72	39.69	41.73	39.37	42.15	36.91	30.70	11.77	5.77	11.23
Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
Pluviométrie/saison	109.51			120.79			109.76			28.77		
Régime saisonnier	A			H			P			E		

3.2. Les températures

Ce facteur est déterminant dans les différentes phases du cycle du chêne vert. La moyenne annuelle des températures dans la zone d'étude est de 15°C ; cependant les mois de janvier, février et décembre sont les plus froids et le mois d'août est le plus chaud (O.N.M, 2012).

3.3. La gelée

Selon les données de l'O.N.M (2012), la période de gelée s'étale entre octobre et avril sur une durée moyenne de 36 jours, ce qui peut avoir une influence directe sur la croissance et la survie des plants, surtout au stade de semis. Les gelées de mars et avril coïncident avec la floraison de la plus part des espèces et causent souvent d'importants dégâts.

3.4. Les vents

Durant la période estivale de chaque année, les vents chauds du Sud (sirocco) soufflent durant 12 à 30 jours sur la région et constituent un facteur limitant pour le bon développement des espèces végétales. Seules les espèces adultes présentant des capacités physiologiques et

physiologiques importantes peuvent résister. Ces données climatiques ont une influence directe sur les résultats de cette expérimentation, en particulier sur le terrain.

IV. Variabilité intraprovenance

Quatre provenances à savoir: OTM, BBT, DLS et BAM (figure 12, 13,14,15), appartenant chacune à l'un des groupes écologiques définis précédemment ont fait ensuite l'objet d'une analyse statistique inter-familles au sein de chaque provenance prise séparément. Au niveau expérimental (terrain) chaque famille est représentée par 10 individus. Les caractéristiques stationnelles des dispositifs expérimentaux et les mesures faites pour cette partie sont les mêmes que celles décrites précédemment pour la variabilité interprovenance. Les figures 13 à 16 représentent les 15 familles échantillonnées au sein de chaque provenance.

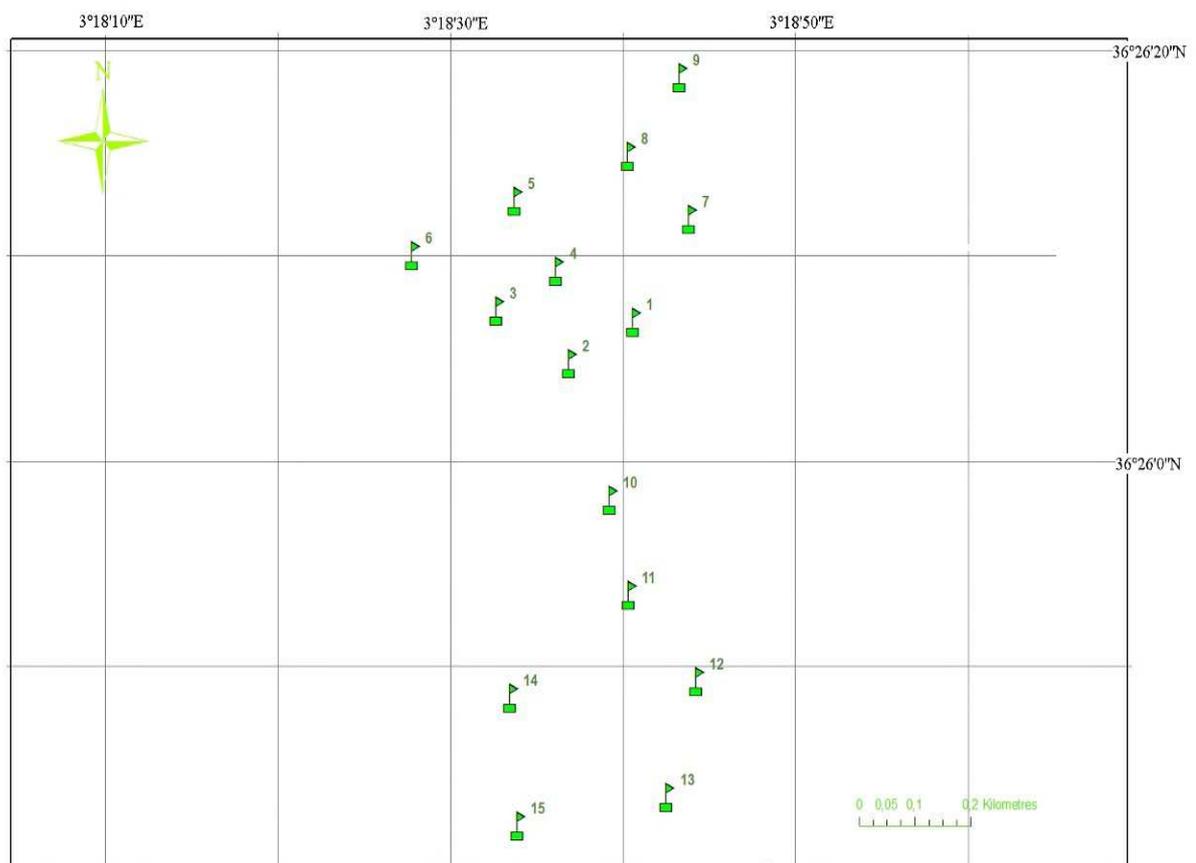


Figure 13 : Plan et position des arbres du groupe de famille OTM (Médea).

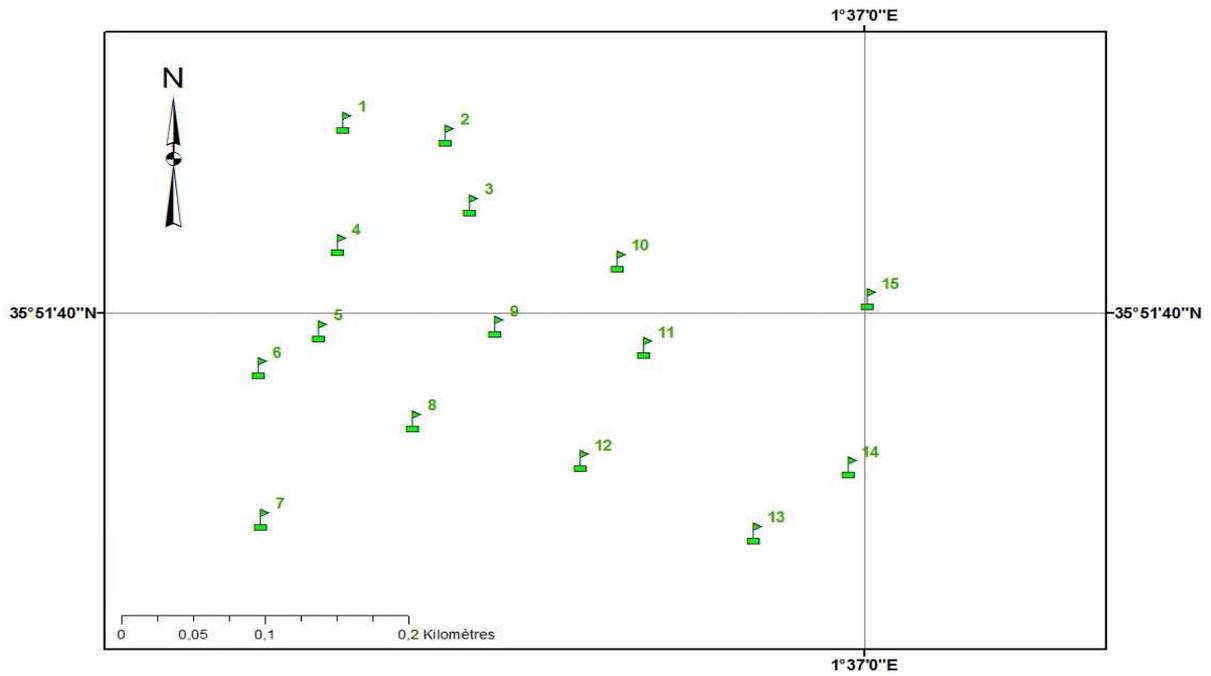


Figure 14 : Plan et position des arbres du groupe de famille BBT(Tissemsilt).

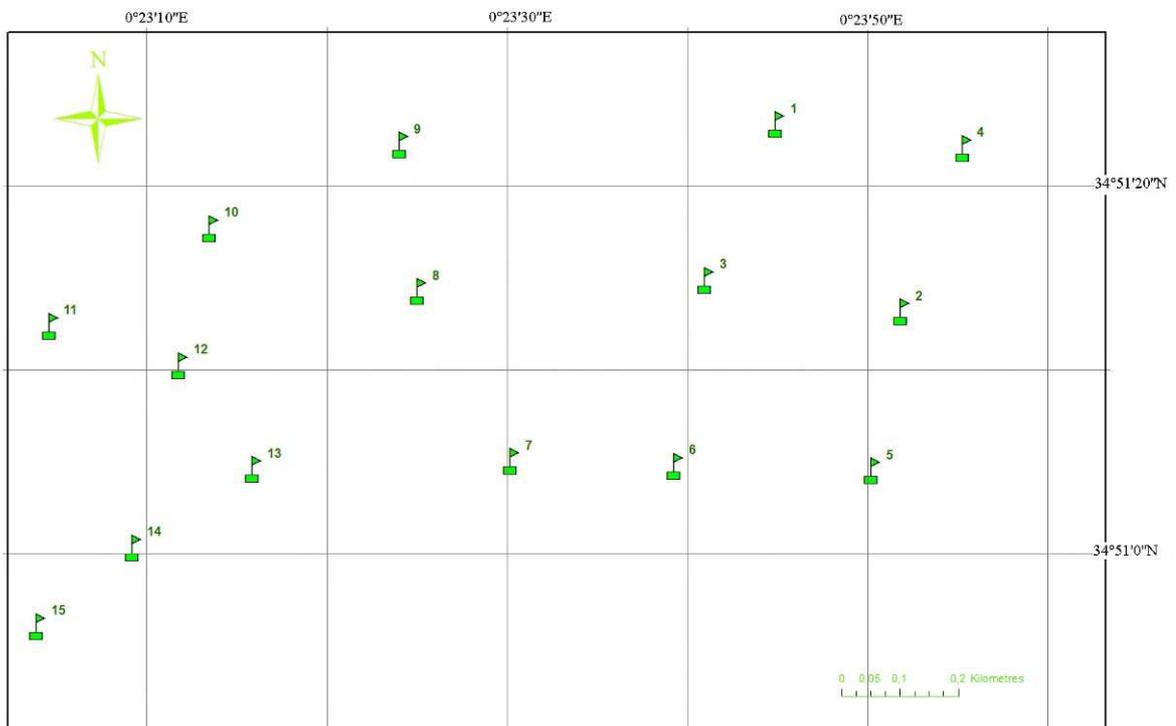


Figure 15 : Plan et position des arbres du groupe de famille DLS (Saida).

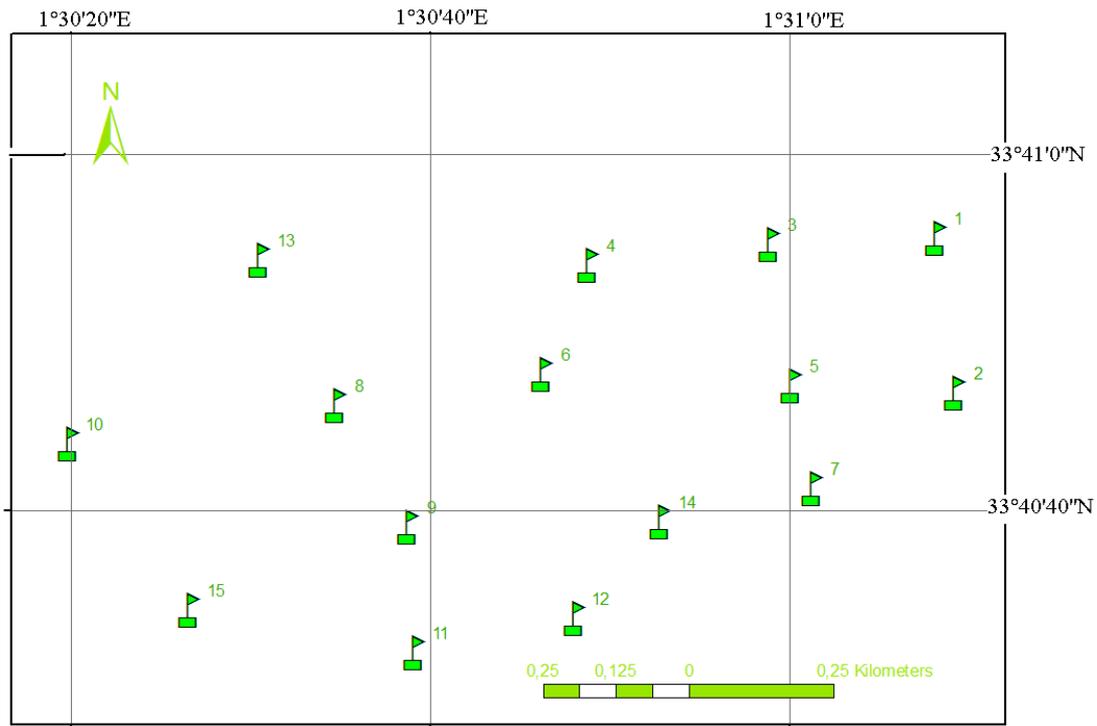


Figure 16 : Plan et position des arbres du groupe de famille BAM (El Bayadh).

V. Analyse statistique et représentation graphique

La représentation graphique a été réalisée grâce au logiciel Excel.2007 de Microsoft. Les calculs de la variance estimée au seuil de tolérance de 5 % ainsi que les tests de la variabilité des caractères mesurés ont été faits par l'ANOVA à l'aide du programme

«Statgraphics ver.10». L'analyse multivariée est réalisée à l'aide du logiciel «STATISTICA ver. 6 ».

1. Analyse univariée

L'objectif de l'analyse univariée des données est de rechercher les facteurs associés explicatifs de la variable mesurée ou observée. Cette analyse fait ressortir l'influence des variables pris isolément.

2. Analyse multivariée

Dans notre étude, l'analyse en composantes principales (ACP) et la classification hiérarchique permettent une meilleure description et un bon regroupement de la variabilité surtout lorsqu'il s'agit de valeurs numériques.

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

I. Analyse de la variabilité interprovenance

1. Stade pépinière

1.1. Analyse univariée

Nos interprétations sont basées essentiellement sur les données de l'analyse de la variance des caractères biométriques des 21 provenances et les résultats des tests de la PPDS (plus petite différence significative) réalisés sur les caractères révélés significatifs par l'ANOVA.

1.1.1. Qualité des glands et développement des plants

L'évaluation de la qualité des glands a porté sur le poids des glands, le taux de flottaison et le taux de germination. L'ANOVA a montré un effet provenance très hautement significatif pour l'ensemble de ces caractères. L'ANOVA a montré aussi un effet provenance hautement à très hautement significatif pour les 3 caractères liés au développement des jeunes semis (tableau 11). Le test de la PPDS a permis de classer les provenances en fonction des deux types de caractères (qualité des glands et développement des jeunes semis) en plusieurs groupes homogènes (Tableau 12). Les caractères liés à la qualité des glands montrent le plus grand nombre de groupes homogènes (8, 12 et 9 groupes). Les autres caractères liés au développement des jeunes semis présentent moins de groupes homogènes. Le nombre de groupes homogènes indique le niveau de différence entre les provenances. Plus il est grand, plus ce niveau est élevé.

1.1.1.1. Qualités des glands

- **Poids de 100 glands (PG) :** L'analyse dégage 8 groupes homogènes, les provenances OTM, CSG, DED et ZAM présentent les poids les plus élevés et les provenances BAM et BBT présentent les poids les plus faibles.
- **Taux de flottaison (TF) :** L'analyse des résultats dégage 8 groupes homogènes, avec une moyenne générale du pourcentage de glands flottants qui est de 0,74 %. Ce taux varie de 0,99 % à 0,35 %. Il ressort que 13 provenances sur 21, présentent un pourcentage de glands flottants inférieur au pourcentage moyen. Tous les glands contenant des galeries dues aux attaques d'insectes ou vides ont flotté et ont donc été éliminés de l'essai. Les provenances BLD et SET occupent le premier rang

respectivement (taux les plus faibles), par contre BDM, DLS, NSM et BBT enregistrent les taux de flottaison les plus élevés.

- **Taux de germination (TG) :** Le gland est considéré comme germé dès que la radicule perce les téguments. Dans notre cas un taux de germination de 94,5 % est atteint pour l'ensemble des provenances dès la huitième semaine. Cependant, les provenances manifestent des taux de germination plus ou moins différents. Les provenances ZAM, GLM, ATS et DLS présentent les meilleurs TG et les provenances CLS et SET, les TG les plus faibles.

Tableau 11 : Analyse de la variance des caractères liés à la qualité des glands et des jeunes semis de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.

Caractères	SCE	ddl	C.M	Fobs	P	S
PG	1,98E+07	20	987915	127,44	0,0000	***
TF	159,493	20	7,97465	168,21	0,0000	***
TG	7808,52	20	390,426	33,74	0,0000	***
LT4	0,907159	20	0,045358	7,14	0,0000	***
HP3	1411,34	20	70,5668	3,72	0,0000	***
DT3	799,881	20	39,994	1,84	0,0133	*

SCE : Somme des carrés des écarts, ddl : degré de liberté, CM : Carré moyen, Fobs : F. statistique, P : plus value, PG : Poids de 100 glands, S : Signification, TF : Taux de flottaison, TL : Taux de levée, HP : Hauteur des plants en pépinière, DP : Hauteur des plants en pépinière.

1.1.1.2. Développement des jeunes semis

- **Levée des plants (TL) :** Le taux moyen de plants levé est de 45 %. Le test de la PPDS permet de distinguer cinq groupes homogènes. La croissance pendant les premiers mois passe par deux phases : une phase de pleine croissance et une phase plateau correspondant à l'arrêt de la croissance (Tableau 13). Les provenances FRT, GLM, ATS, DLS, MSB, SBR, NSM, OKS, ZAM et OTM sont classées dans le premier groupe avec le pourcentage de levée le plus élevé ; CSG, SBA, CLS, BLD et SET présentent les pourcentages les plus faibles.

Tableau 12 : Tests de la PPDS et groupes homogènes des caractères liés à la qualité des glands et des jeunes semis de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.

Groupes homogènes des caractères de développement des glands et plants mesurés en pépinière						
Provenance	Poids100 glands (g)	TF	TG	TL4	HP3	DP3
ATS	599,867 fg	0,57 de	96,04 ghi	47% de	18,59 g	7,31 def
BAM	369,1 a	0,91 k	95,66 fgh	46% cde	14,28 a	6,24 abcde
BBT	415,578 b	0,98 l	93,96 de	46% cd	17,43 cdefg	5,96 abcd
BDM	487,6 de	0,99 l	95,64 fgh	44% bc	16,71 bcdef	7,04 bcdef
BLD	641,189 h	0,35 a	92,80 c	42% ab	17,37 cdefg	5,82 abc
CLS	456,478 c	0,67fgh	89,00 a	42% a	17,42 cdefg	6,24 abcde
CSG	730,133 i	0,44 c	95,31 fg	41% a	17,88 efg	6,05 abcd
DED	718,644 i	0,71 hi	95,59 fgh	45% cd	17,65 cdefg	6,09 abcd
DLS	478,97 cd	0,99 l	95,99 ghi	47% de	16,62 bcde	7,48 ef
FRT	535,589 d	0,92 k	95,59 fgh	48% e	16,97 bcdef	7,61 f
GLM	630,42 h	0,76 ij	96,50 hi	48% e	17,19 bcdef	7,09 cdef
MSB	521,21 d	0,65 fg	95,85 gh	47% de	17,34 cdefg	7,72 f
NSM	479,7 cd	0,98 l	95,93 ghi	46% de	16,83 bcdef	6,54 abcdef
OKS	624,8 gh	0,54 d	93,11 cd	46% cde	17,61 cdefg	6,02 abcd
OTM	733,4 i	0,61 ef	93,83 de	46% cde	17,94 fg	6,11 abcd
SBA	512,56 ed	0,54 d	94,25 e	41% a	17,72 defg	6,13 abcde
SBR	597,1 f	0,72 hi	95,5 fgh	46% de	16,57 bcd	6,73 abcdef
SET	568,78 e	0,36 b	89,44 b	42% ab	15,97 b	5,41 a
THT	626,1 h	0,68 gh	94,77 ef	45% cd	17,57 cdefg	6,06 abcd
ZAM	715,13 i	0,81 j	96,90 i	46% cde	16,45 bc	5,72 ab
ZBA	593,66 ef	0,95 kl	96,04 de	46% cd	16,62 bcde	6,78 bcdef
Nbre de GH	8	12	9	5	7	6

Les provenances ayant des lettres différentes sont statistiquement différentes à 5 %.

Tableau 13 : Evolution des taux de levée (TL) des plants des 21 provenances de Chêne vert en pépinière.

	DLS	BDM	MSB	ATS	SBR	ZBA	FRT	BAM	GLM	NSM	OKS
TL1	6%	9%	9%	6%	8%	6%	9%	8%	6%	3%	9%
TL2	43%	40%	44%	42%	41%	42%	45%	41%	44%	42%	43%
TL3	47%	44%	47%	47%	46%	46%	48%	46%	48%	46%	46%
TL4	47%	44%	47%	47%	46%	46%	48%	46%	48%	46%	46%
MP	36%	34%	37%	35%	36%	35%	37%	35%	37%	34%	36%
	ZAM	OST	BBT	THT	SBA	CSG	DED	BLD	CLS	SET	MG
TL1	8%	10%	8%	10%	7%	9%	8%	9%	6%	6%	8%
TL2	42%	43%	42%	42%	41%	42%	44%	43%	41%	43%	42%
TL3	46%	46%	46%	45%	41%	41%	45%	42%	42%	42%	45%
TL4	46%	46%	46%	45%	41%	41%	45%	42%	42%	42%	45%
MP	35%	36%	35%	36%	33%	33%	35%	34%	33%	33%	35%

(MP : indique les moyennes par provenance, MG : indique les moyennes générales).

- **Hauteur totale des plants** : La hauteur totale atteint 17,08 cm en pépinière. Le test de la PPDS dégage 7 groupes homogènes. La croissance en hauteur se caractérise par trois phases : une croissance rapide juste après la levée, suivie d'une phase de croissance ralentie, puis une reprise de la croissance active à partir du début de septembre (Tableau 14). La croissance la plus élevée est réalisée par le groupe (g) constitué de : ATS, OTM, CSG, SBA, DED, OKS, THT, BBT, CLS, BLD, MSB. Par contre BAM enregistre la plus faible croissance.

Tableau 14 : Evolution des Hauteurs des plants (HP) des 21 provenances de Chêne vert en pépinière.

	DLS	BDM	MSB	ATS	SBR	ZBA	FRT	BAM	GLM	NSM	OKS
HP1	5,37	5,5	5,79	5,7	5,5	5	4,5	4,2	5,3	5	5,4
HP2	10,8	11	12,6	12	10	10	9,5	9,1	10	9	9,4
HP3	16,6	16,7	17,3	19	17	17	17	14	17	17	18
MP	10,91	11,1	11,9	12,2	10,8	10,6	10,3	9,17	10,9	10,3	10,8
	ZAM	OST	BBT	THT	SBA	CSG	DED	BLD	CLS	SET	MG
HP1	5,68	5,99	5,34	5,6	5,3	5,7	5,5	5,6	6	5,9	5,41
HP2	10,6	11	9,96	11	11	11	11	11	10	10	10,4
HP3	16,5	17,9	17,4	18	18	18	18	17	17	16	17,08
MP	10,91	11,7	10,9	11,3	11,2	11,6	11,3	11,3	11,2	10,7	

- **Diamètre au collet des plants** : Le diamètre au collet des 21 provenances a atteint 6,96 mm en pépinière. Le test de la PPDS permet de distinguer 6 groupes homogènes. L'évolution des diamètres a la même allure que celles des hauteurs (Tableau 15).

Tableau 15 : Evolution des diamètres au collet (DP) des plants des 21 provenances de Chêne vert en pépinière.

	DLS	BDM	MSB	ATS	SBR	ZBA	FRT	BAM	GLM	NSM	OKS
DP1	2,54	2,7	2,82	2,8	2,7	2,5	4,4	2,1	2,6	2,5	2,7
DP2	5,36	5,45	5,69	5,7	5,6	5,1	4,5	4,1	5,3	5	5,4
DP3	7,48	7,04	7,72	7,3	6,7	6,8	7,6	6,2	7,1	6,5	6
MP	5,13	5,06	5,41	5,28	5,01	4,79	5,52	4,14	5,01	4,67	4,69
	ZAM	OST	BBT	THT	SBA	CSG	DED	BLD	CLS	SET	MG
DP1	2,84	2,91	2,66	2,8	2,6	2,8	2,7	2,8	3	2,9	2,76
DP2	5,66	5,89	5,48	5,6	5,3	5,6	5,4	5,8	6	5,9	5,19
DP3	5,72	6,11	5,96	6,1	6,1	6	6,1	5,8	6,2	5,4	6,96
MP	4,737	4,97	4,7	4,81	4,68	4,83	4,73	4,81	5,06	4,73	4,97

1.1.2. Caractères morphologiques des feuilles et des plants

L'évaluation des caractères morphologiques a porté sur la longueur, la largeur, la surface, le nombre de nervures de la feuille, la surface foliaire et le nombre de feuilles du plant. L'ANOVA a montré un effet provenance très hautement significatifs pour l'ensemble de ces caractères (tableau 16). Le test de la PPDS a permis de classer les provenances en fonction des caractères en plusieurs groupes homogènes (Tableau 17). Les caractères liés aux nombres de feuilles et la surface du plant enregistrent le plus grand nombre de groupes homogènes (10 et 12 groupes).

Tableau 16 : Analyse de la variance des caractères liés à la morphologie de la feuille et du plant de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.

Caractères	SCE	ddl	C.M	Fobs	P	S
LOF	52,0021	20	2,60011	10,65	0,0000	***
LAF	74,4653	20	3,72327	25,12	0,0000	***
SFF	206,491	20	10,3245	7,04	0,0000	***
SFP	249065,	20	12453,2	7,85	0,0000	***
NFP	24824,1	20	1241,21	35,47	0,0000	***
NNF	187,144	20	9,3572	8,45	0,0000	***

LOF : Longueur moyenne de la feuille, LAF: Largeur moyenne de la feuille, SFF: Surface foliaire moyenne par plant, NNF: Nombre moyen de nervures par feuille, NFP : Nombre de feuilles par plant, SFP : Surface foliaire totale du plant.

- **Longueur moyenne de la feuille (LOF) :** La longueur moyenne varie entre 1,88 et 2,46 cm. La PPDS dégage six groupes homogènes. Le groupe de tête est occupé par ATS, BDM, NSM, FRT, SBR et MSB et le dernier groupe par BBT, BLD et SBA.
- **Largeur moyenne de la feuille (LAF) :** La largeur moyenne des feuilles varie entre 1,37 et 2,35 cm. Le groupe de tête est occupé par CLS cette fois ci et le dernier groupe par ZAM.
- **Surface foliaire moyenne par plant (SFP):** La PPDS a dégagé sept groupes homogènes. La provenance ATS a enregistré la surface foliaire la plus élevée soit 3,95 cm². La provenance ZAM possède la surface foliaire la plus faible (2,32 cm²).
- **Nombre moyen de nervures par feuille (NNF):** La moyenne générale du nombre de nervures par feuille est de 5,70. Le test de la PPDS dégage 7 groupes homogènes. Le groupe des provenances présentant le moins de nervures est représenté par ZBA, DED, BLD, CSG, BDM, THT, SBA et OTM ; par contre le groupe des provenances ayant le plus de nervures est constitué de GLM, ZAM, MSB, BAM, ATS, OKS, FRT, SET et NSM.
- **Nombre de feuilles par plant (NFP):** L'ANOVA montre que la moyenne générale de feuille par plant est de 28,47. La PPDS dégage 12 groupes homogènes. Les provenances MSB et GLM ont le plus grand nombre de feuilles, par contre BAM et ATS ont le plus faible nombre de feuilles.
- **Surface foliaire totale du plant (SFP):** La moyenne générale des surfaces foliaires est de 88,81cm². La PPDS permet de distinguer 10 groupes homogènes. La comparaison des surfaces totales de chaque provenance exprime clairement la dominance du groupe constitué par ATS et DED et la faible surface de ZAM.

Tableau 17 : Tests de la PPDS et groupes homogènes des caractères liés à la qualité des glands et des jeunes semis de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.

Groupes homogènes des caractères morphologiques de la feuille et du plant mesurés au laboratoire									
Prov	LOF	LAF	NNF		SFF	NFP		SFP	
ATS	2,47 f	1,90 f	6,06	g	3,95 f	23,96	ab	93,76	efghi
BAM	2,31 cde	1,73 cd	6,07	g	3,09 bc	22,44	a	68,47	a
BBT	1,88 a	1,52 b	5,74	def	2,70 ab	32,33	ij	86,65	defg
BDM	2,44 ef	1,73 cd	5,40	abc	3,45 de	25,06	bcd	84,72	def
BLD	1,97 a	2,16 g	5,31	ab	3,44 de	27,41	fg	94,94	fghi
CLS	2,27 b	2,35 e	5,51	cd	3,46 de	25,3	bcde	87,85	defgh
CSG	2,19 b	1,74 cd	5,36	ab	3,01 abc	27,82	gh	83,31	bcdef
DED	2,3 cde	1,77 cd	5,28	ab	3,63 ef	25,7	cdef	93,35	efghi
DLS	2,55 f	1,72 cd	5,69	cde	3,15 bcd	31,34	i	98,15	ghi
FRT	2,43 ef	1,83 de	6,01	fg	3,28 cde	26,4d	efg	85,78	def
GLM	2,29 bc	1,68 c	6,09	g	3,17 bcd	34,37	kl	113,16	j
MSB	2,4 def	1,67 c	6,08	g	3,17 bcd	35,36	l	111,14	j
NSM	2,44 ef	1,67 c	5,93	efg	3,08 bc	26,79	efg	82,54	bcde
OKS	2,29 cd	1,77 d	6,03	fg	3,17 bcd	33,12	jk	103,33	ij
OTM	2,3 cde	1,71 c	5,48	bcd	2,94 abc	27,03	efg	81,10	bcd
SBA	1,98 a	1,70 c	5,47	abcd	3,15 bcd	27,16	fg	85,38	def
SBR	2,43 ef	1,67 c	5,54	bcd	2,94 abc	33,64	kl	99,44	hi
SET	2,31 cde	1,96 f	5,98	efg	2,96 abc	24,72	bc	72,98	abc
THT	2,22 b	1,72 cd	5,42	abc	2,90 ab	29,24	h	84,37	cdef
ZAM	2,28 bc	1,37 a	6,08	g	2,32 a	31,30	i	71,72	ab
ZBA	2,3 bcde	1,75 cd	5,19	a	3,03 abc	27,33	g	82,96	bcde
Nbre de GH	6	7	7		6	12		10	

Les provenances ayant des lettres différentes sont statistiquement différentes à 5 %.

1.1.3. Biomasse des plants

Les mesures et calculs de biomasse ont concerné 8 caractères à savoir : le poids aérien frais (PAF), le poids racinaire frais (PRF), le poids total frais (PTF), le poids aérien sec (PAS), le poids racinaire sec (PRS), le poids total sec (PTS), le rapport PAF/PRF et le rapport PAS/PRS. L'ANOVA a montré un effet provenance très hautement significatif pour l'ensemble de ces caractères (tableau 18). Le test de la PPDS a permis de classer les provenances en fonction des caractères en plusieurs groupes homogènes (Tableau 19). Le rapport PAS/PRS enregistre le plus grand nombre de groupes homogènes (14 groupes).

- **Le poids aérien frais des plants (PAF) :** La moyenne du poids aérien frais varie entre 1,15 g et 5,19 g. Cette variation dégage 11 groupes homogènes. Les poids les plus élevés sont enregistrés par le groupe : ZBA et DED et le plus faible poids par CLS
- **Le poids racinaire frais des plants (PRF) :** La moyenne des poids varie entre 2,80 g et 13,79 g. Le test PPDS de la biomasse décompose les provenances en 11 groupes homogènes. Le groupe des plus forts poids est constitué par DED et CSG ; par contre, les plus faibles poids sont réalisés par CLS et SET.
- **Le poids total frais des plants (PTF) :** La valeur moyenne du PTF est de 10,46 g. La PPDS permet de dégager 11 groupes homogènes. Les premiers rangs sont occupés par DED et CSG respectivement. Les plus faibles poids sont réservés au groupe constitué par CLS et SET. Les autres provenances occupent des rangs intermédiaires.

Tableau 18 : Analyse de la variance des caractères liés à la biomasse plants de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.

Caractères	SCE	ddl	C.M	Fobs	P	S
PAF	2237,47	20	111,873	175,16	0,0000	***
PRF	13178,4	20	658,918	164,95	0,0000	***
PTF	22852,8	20	1142,64	179,57	0,0000	***
PAS	1034,81	20	51,7407	71,07	0,0000	***
PRS	2749,74	20	137,487	88,94	0,0000	***
PTS	6390,71	20	319,536	109,01	0,0000	***
PAF/PRF	34,1152	20	1,70576	59,49	0,0000	***
PAS/PRS	35,549	20	1,77745	32,84	0,0000	***

(PAF : poids aérien frais des plant, PRF : poids racinaire frais des plants, PTF : poids total frais des plants, PAS : poids aérien sec des plants, PRS : poids racinaire sec des plants, PTS : poids total sec des plants.)

- **Le poids aérien sec des plants (PAS) :** La moyenne générale du poids est de 6,33 g. L'application du test de la PPDS sur les moyennes des provenances révèle la formation de 11 groupes homogènes. SBR, DLS, ZBA et DED occupent le groupe de tête ; CLS et SET constituent le groupe aux poids les plus faibles.
- **Le poids racinaire sec des plants (PRS) :** La moyenne générale du poids est de 4,08 g. Le test de la PPDS relève l'existence de 9 groupes identiques. Les moyennes les plus élevées à savoir : 5,91 g, 5,86 g sont celles du groupe constitué par CSG et NSM respectivement. Par contre, les plus faibles moyennes sont enregistrées par CLS (1,58 g) et SET (1,44 g).
- **Le poids total sec des plants (PTS) :** La valeur moyenne du PTF est de 6,06g. Le test de la PPDS dégage 11 groupes homogènes. Les moyennes les plus élevées (8,92 g, 8,60 g) sont celles du groupe constitué par CSG et MSN respectivement. Les plus faibles moyennes sont enregistrées par SET (2,29 g) et CLS (2,31 g).
- **Le rapport PAF/PRF :** Ce rapport est un bon indicateur des possibilités d'adaptation de la provenance. La valeur moyenne du rapport est de 0,50. La PPDS fournit 9 groupes homogènes. L'application de l'ANOVA sur la totalité des échantillons a été très hautement significative au seuil de 5%. Les provenances MSB et BDM ont les plus forts rapports soit respectivement 0,77 et 0,74, par contre THT et CSG ont les plus faibles valeurs, avec 0,28 et 0,29 respectivement.
- **Le rapport : PAS/PRS :** La valeur moyenne du rapport est de 0,59. L'application du test de la PPDS relève l'existence de 14 groupes homogènes. Les rapports les plus élevés sont réalisés par MSB (0,88), DLS (0,87) et BDM (0,80). Par contre THT (0,43) et BBT(0,38) ont les plus faibles rapports.

Tableau 19 : Tests PPDS et groupes homogènes des caractères liés à la qualité des glands et des jeunes semis de Chêne vert des 21 provenances en pépinière.

Groupes homogènes des caractères liés à la biomasse des plants mesurés en pépinière																
PROV	PAF		PRF		PTF		PAS		PAF/PRF		PRS	PTS	PAS/PRS			
ATS	3,51	efg	7,34	fgh	10,94	ef	2,94	ij	0,48	cdef	4,68	fg	7,70	ij	0,64	ijk
BAM	3,66	gh	7,73	ghi	11,43	fg	2,37	fg	0,50	ef	4,47	ef	6,82	fg	0,53	efgh
BBT	3,28	e	8,76	j	12,02	gh	1,97	d	0,39	b	5,29	i	7,16	gh	0,38	a
BDM	3,37	ef	4,79	c	8,19	c	2,38	fg	0,75	ij	3,13	c	5,49	c	0,80	m
BLD	1,74	abc	4,10	b	5,84	b	1,04	b	0,45	cde	2,76	b	3,80	b	0,49	bcde
CLS	1,15	a	2,81	a	4,04	a	0,66	a	0,47	cdef	1,58	a	2,30	a	0,49	bcde
CSG	3,75	h	13,27	k	17,16	j	2,90	ij	0,29	a	5,91	j	8,93	l	0,52	cdef
DED	5,11	k	13,80	k	18,94	k	3,09	jk	0,38	b	5,03	ghi	8,12	jk	0,63	ijk
DLS	4,07	i	7,16	efg	11,45	fg	3,14	jk	0,59	g	3,86	d	7,15	gh	0,87	n
FRT	3,54	fgh	6,99	ef	10,51	de	2,03	de	0,49	def	3,87	d	5,88	cde	0,52	defg
GLM	3,43	fgh	7,82	hi	11,22	ef	2,25	ef	0,44	c	4,83	gh	7,07	gh	0,46	bcd
MSB	3,55	fgh	5,63	d	9,20	d	2,59	gh	0,78	j	3,46	c	6,06	de	0,88	n
NSM	4,60	j	6,95	ef	11,56	fgh	2,73	hi	0,70	hi	5,86	j	8,60	hl	0,48	bcde
OKS	3,42	ef	6,67	e	9,82	cd	2,05	de	0,58	g	4,15	de	5,98	cde	0,60	hij
OTM	3,42	ef	6,87	ef	10,55	de	2,23	ef	0,50	f	3,93	d	6,33	ef	0,70	kl
SBA	2,40	d	5,31	cd	7,71	c	1,56	c	0,44	cd	2,69	b	4,23	b	0,59	ghij
SBR	4,42	j	7,92	hi	12,28	h	3,26	k	0,58	g	4,70	fg	7,97	j	0,73	lm
SET	1,55	b	3,20	a	4,74	a	0,86	ab	0,46	cdef	1,45	a	2,31	a	0,57	fghi
THT	2,43	d	8,69	j	11,02	ef	2,32	f	0,28	a	5,10	hi	7,37	hi	0,44	ab
ZAM	1,82	c	5,84	d	7,64	c	1,63	c	0,36	b	4,01	d	5,63	cd	0,45	abc
ZBA	5,20	k	8,28	ij	13,48	i	3,11	jk	0,67	h	5,02	ghi	8,14	jk	0,65	jk
Nbre GH	11		11		11		11		9		9		11		14	

1.2. Analyse multivariée

L'ACP (figure 17 et 18) montre que les caractères les plus significatifs se distinguent sur les plans : 1X2 et 4x5, fournissant au total 62,40 % de la variance totale :

- L'axe 1 explique 27,77 % de la variance totale et les caractères qui lui sont corrélés positivement sont : TG, TL3, TL4, PAF, PTF, PAS, PRS et PTS.
- L'axe 2 explique 16,44 % de la variance totale. La variable PG est bien représentée et corrélée négativement à cet axe.
- L'axe 4 donne 9,62 % de la variance totale et le caractère SFF se trouve corrélé négativement sur lui.
- L'axe 5 capte 8,57 % de la variance totale. Le caractère TL2 y est négativement corrélé.

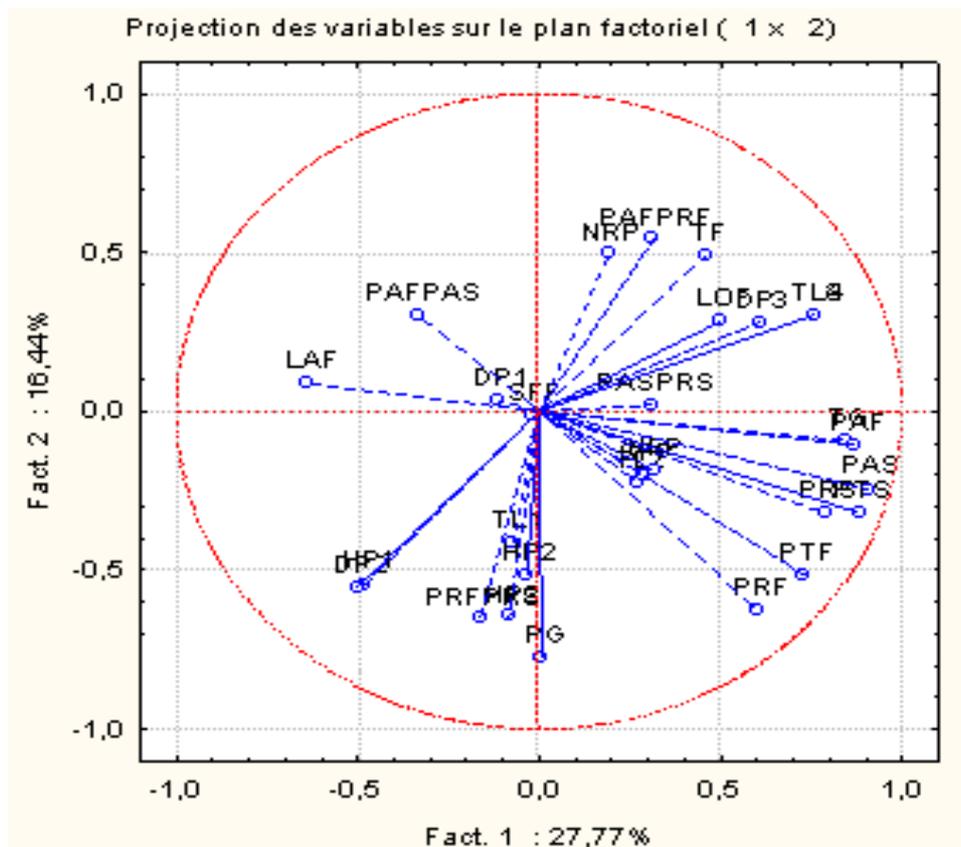


Figure 17 : Représentation des caractères des plants sur le plan factoriel :1X2 en pépinière.

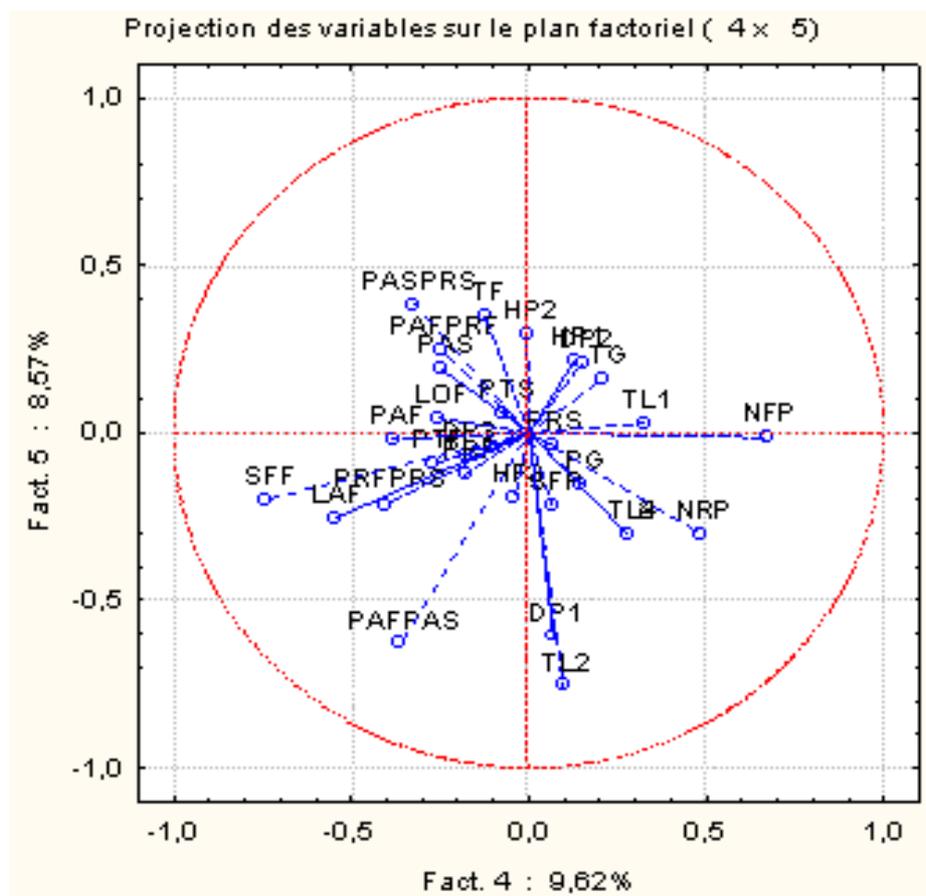


Figure 18 : Représentation des caractères des plants sur le plan factoriel : 4X5 en pépinière.

La représentation des individus (dans ce cas les provenances) montre une correspondance sur le plan opposé entre CLS, SET et BLD (figure 19) et les caractères : TG, TL3, TL4, PAF, PTF, PAS, PRS et PTS.

Sur le même plan se distingue une correspondance positive entre la variable PG et les deux provenances : CSG et DED, et négative entre PG et BAM.

Le plan factoriel 4X5 (figure 20) permet de distinguer 4 autres provenances :

- Sur l'axe 4, la variable SFF se trouve en correspondance positive avec la provenance DED d'un côté et en correspondance négative avec la provenance ZAM sur l'autre côté de l'axe.
- Sur l'axe 5, le caractère TL2 se trouve en correspondance positive avec la provenance FRT d'un côté et en correspondance négative avec la provenance BDM sur l'autre côté de l'axe.

La représentation des données relevées en pépinière sur un dendrogramme (figure 21) permet de distinguer le regroupement des provenances en groupes et sous groupes :

- Un groupe est constitué de : DED, CSG, OTM et ZAM, Un deuxième groupe est réservé à BAM, le troisième groupe de : BBT et le quatrième groupe est constitué de deux sous groupes (s.g): le premier s.g avec SET, BLD, THT, OKS, GLM, ZBA, SBR et ATS. Le deuxième regroupe : MSB, CLS, SBA, FRT, NSM, BDM et DLS

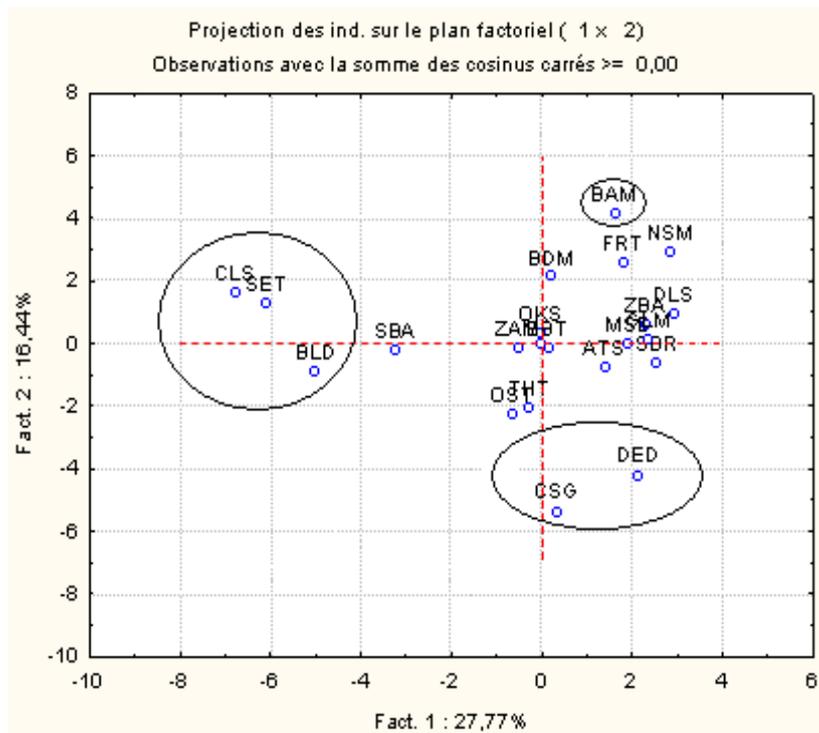


Figure 19 : Représentation des individus (provenances) sur les plans factoriels: (1X2) en pépinière.

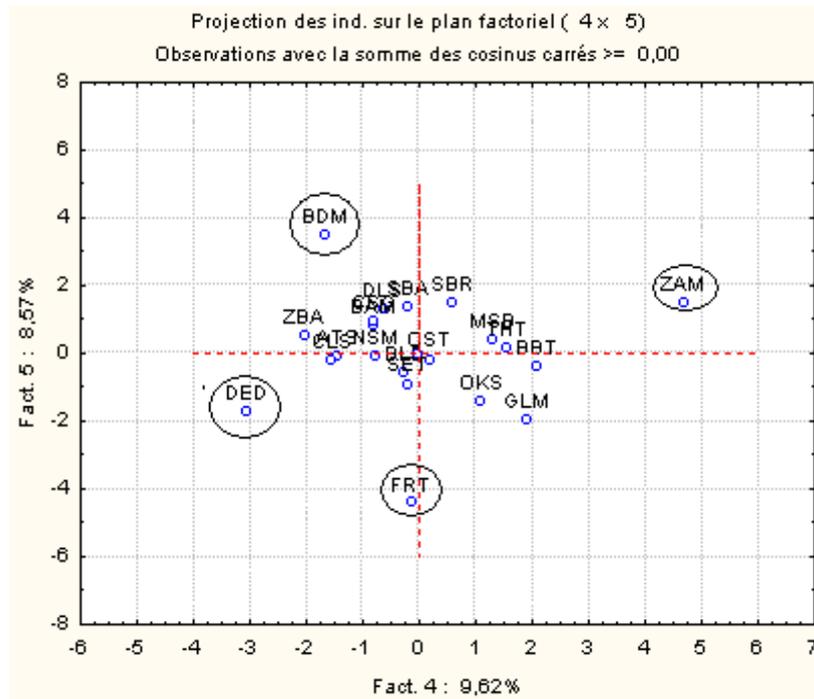


Figure 20 : Représentation des individus (provenances) sur les plans factoriels: (4X5) en pépinière.

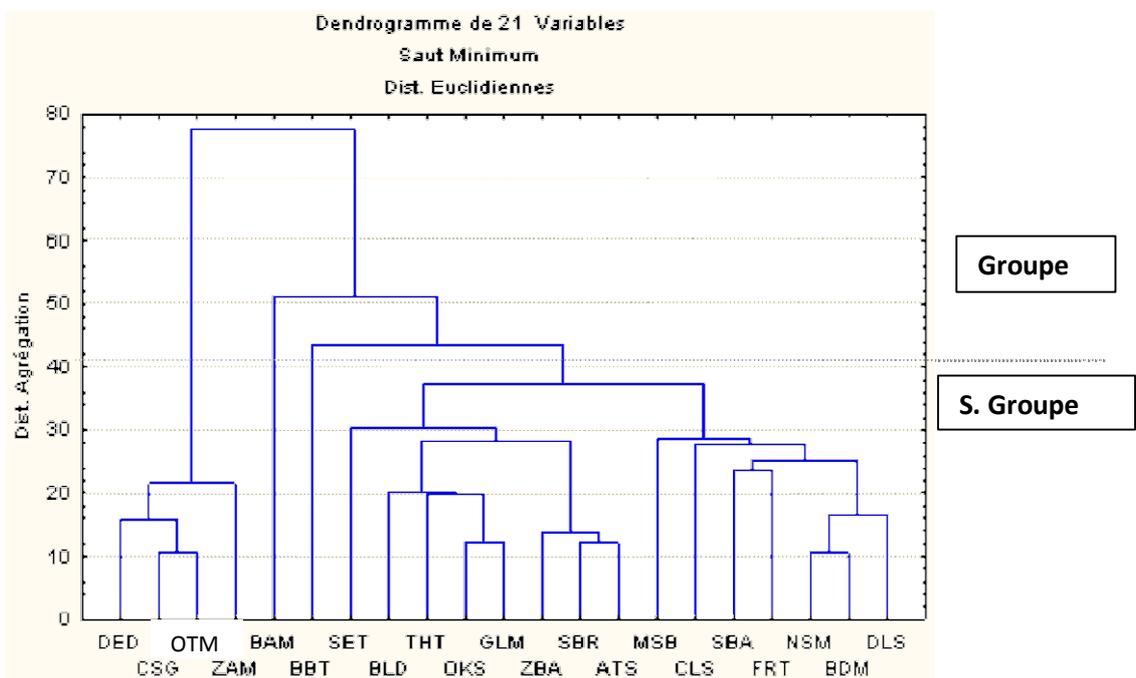


Figure 21 : Agrégats formés à partir des 21 provenances en pépinière.

2. Stade Champ

2.1. Analyse univariée

Le taux de survie, la hauteur totale et le diamètre au collet sont mesurés au début de la plantation et à la fin de la période d'essai (4 ans après plantation). Des mesures intermédiaires et régulières sur une période de 6 mois (Fin hiver et fin été de chaque année) ont été réalisées pour estimer l'évolution du taux de survie, la hauteur totale et le diamètre au collet des 21 provenances en fonction des conditions du milieu dans les deux sites.

2.1.1. Evolution de la survie des plants

L'analyse de la variance effectuée sur les mesures de survie dans les deux sites d'étude juste après plantation, ne montre pas d'effet significatif ni du site ni des blocs, ni de la provenance sur ce paramètre. Le premier site a enregistré une mortalité de 1,069 %, contre 1,070% dans le deuxième (tableau 20).

Tableau 20: Analyse de la variance de la survie (SJ8) des plants de Chêne vert des 21 provenances plantées dans deux sites différents.

Source	SCE	ddl	C.M	F	S
SITE	0,000021164	1	0,00002116	0,5	ns
BLOC	0,000042328	2	0,00002116	8,06	ns
PROV	0,000201058	20	1,00529E-05	0,65	ns

SJ8 : Survie en Janvier 2008, PROV : Provenance.

L'ANOVA appliquée sur les données de la dernière mesure de terrain (SS11) à la fin de l'hiver 2011, permet de constater que les 3 paramètres (site, bloc et provenance) présentent un effet hautement à très hautement significatif. Le tableau 21 montre que l'effet bloc représente 61% de la variance, contre 18% pour les sites et 20,8 % pour les provenances.

Tableau 21: Analyse de la variance de la survie (SS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.

Source	SCE	Ddl	C.M	F	PV	S
SITE	2,43382	1	2,43382	7,47	20.8%	**
BLOC	16,3771	2	8,18853	25,14	61%	***
PROV	55,9927	20	2,79963	8,6	18%	***

(SS11: Survie en Septembre 2011, PV : Pourcentage de variance)

Le taux de survie varie entre 50,48% dans le premier site à 48,20% dans le deuxième (figure 22). On constate cependant de très fortes interactions bloc-survie. Le classement semble s'opérer d'une manière constante et concerne les groupes des blocs voisins 1, 2 et 3 dans les deux sites (Tableau 22). La survie est plus élevée dans les blocs situés dans les parties hautes des dispositifs qui semblent profiter de l'augmentation des précipitations et de la diminution de la température.

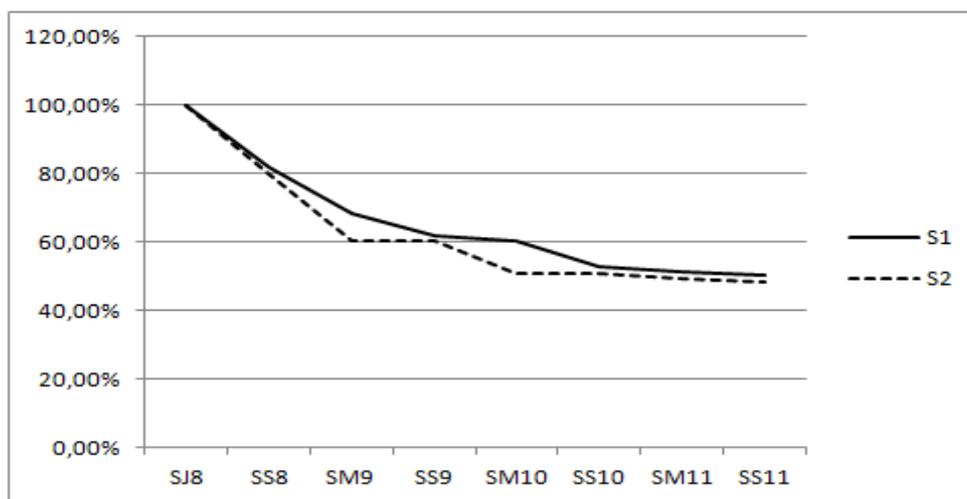


Figure 22 : Evolution des taux de survie moyen des plants des 21 provenances de chêne vert dans les deux dispositifs, entre Janvier 2008 et Septembre 2011.

Tableau 22: Tests PPDS et groupes homogènes de survie (SS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances des blocs dans les deux sites.

Blocs	Fobs, signification et Groupe homogène des blocs du Site 1	Fobs, signification et Groupe homogène des blocs du Site 2
	Fobs=10,3***	Fobs=8,38***
1	47,5873% a	44,98% a
2	52,3175% b	48,22% b
3	53,1111% b	51,42% c
	Nbre de GH 2	3

Les blocs ayant des lettres différentes sont statistiquement différents à 5 %. Fobs et signification donnés dans le tableau expriment la variance inter blocs par site.

Dans le cas des provenances, la PPDS dégage 11 groupes homogènes, dans le premier site. Les provenances NSM, DED, BBT et BLD se classent en tête et les provenances OKS, ZBA et ZAM occupent le bas du classement. La PPDS permet de distinguer 10 groupes homogènes dans le deuxième site. Les provenances BAM et GLM sont en tête du classement et les provenances OKS et ZAM occupent le bas du classement (tableau 23). Le suivi des plantations montrent que : (i) le choc de transplantation a été évité grâce aux bonnes conditions d'élevage et de mise en terre, (ii) les deux premiers semestres après plantation sont

caractérisés par une forte mortalité (25%) dans les deux sites, (iii) le comportement des deux plantations se stabilise à partir du troisième semestre.

Tableau 23 : Tests de la PPDS et groupes homogènes des taux de survie (SS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.

Fobs, signification et Groupe homogène des provenances du Site 1			Fobs, signification et Groupe homogène des provenances du Site 2	
Fobs=7,35***			Fobs=3,26***	
PROV	Moyenne	G. homogène	moyenne	Groupe homogène
ATS	0,51	ef	0,48	h
BAM	0,55	g	0,45	e
BBT	0,61	ij	0,49	h
BDM	0,47	cd	0,42	cd
BLD	0,60	ij	0,44	e
CLS	0,49	cde	0,48	efg
CSG	0,47	cd	0,46	e
DED	0,62	ij	0,42	d
DLS	0,56	gh	0,49	h
FRT	0,48	cd	0,49	hi
GLM	0,48	cde	0,51	j
MSB	0,51	ef	0,46	efg
NSM	0,63	k	0,51	i
OKS	0,37	a	0,36	a
OST	0,52	ef	0,46	e
SBA	0,51	ef	0,47	efg
SBR	0,45	c	0,40	c
SET	0,45	cd	0,41	cd
THT	0,59	i	0,46	efg
ZAM	0,44	b	0,39	b
ZBA	0,43	b	0,44	e
Nbre de GH		11	10	

Le Fobs et le degré de signification donnés dans le tableau expriment la variance inter provenance par site.

2.1.2. Evolution de la hauteur des plants

L'analyse de la variance n'a pas révélé d'effet significatif pour les sites et les blocs. Seul l'effet provenance a été significatif pour la hauteur des plants (tableau 24). Les hauteurs moyennes enregistrées dans les deux plantations sont de 17,20 et 17,17 cm, dans le premier et le deuxième site respectivement.

Tableau 24 : Analyse de la variance de la hauteur (HJ8) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.

Source	SCE	ddl	CM	F	PV	S
SITE	0,508466	1	0,508466	0,06	0%	ns
BLOC	34,9915	2	17,4958	1,91	0%	ns
PROV	1431,01	20	71,5503	7,82	100%	***

(HJ8 : hauteur des plants, Janvier 2008).

Le test de la PPDS montre que les provenances du premier site sont distribuées sur 7 groupes homogènes, contre 9 groupes pour le deuxième site (tableau 25). Dans le premier site, les hauteurs les plus élevées sont observées chez BLD, DLS, et BAM et les plus faibles hauteurs chez CLS, et THT. Dans le deuxième site les provenances de tête du classement sont celles de BAM, BLD, DED et BBT et les plus faibles hauteurs sont enregistrés par CSG, CLS et THT.

Le test ANOVA appliqué sur les données de la dernière mesure de terrain (HS11) à la fin de l'hiver 2011, permet de constater que le site le bloc et la provenance présentent un effet significatif à hautement significatif sur la hauteur des plants. Le tableau 26 montre que l'effet site est le plus fort avec 90,1%, l'effet bloc représente 0,2% et l'effet provenance 9,7% de la variance totale.

Tableau 25 : Test de la PPDS et groupes homogènes de la hauteur (HJ8) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.

Fobs, signification et Groupe homogène des provenances du Site 1			Fobs, signification et Groupe homogène des provenances du Site 2	
Fobs=3,94***			Fobs=4,62***	
<i>PROV</i>	Hauteurs (cm)	<i>Groupes homogènes</i>	Hauteurs (cm)	<i>Groupes homogènes</i>
ATS	17,17	bcdef	16,58	bcd
BAM	18,2	efg	18,82	i
BBT	17,51	cdefg	18,08	fghi
BDM	17,91	defg	17,57	defgh
BLD	18,78	g	18,7	hi
CLS	14,94	a	15,79	ab
CSG	15,94	ab	15,21	a
DED	18,31	fg	18,29	ghi
DLS	18,33	fg	17,41	defg
FRT	16,2	abc	16,58	bcd
GLM	17,97	defg	17,77	efghi
MSB	17,96	defg	17,72	defghi
NSM	16,76	bcd	17,3	defg
OKS	17,02	bcdef	17,14	cdefg
OTM	17,74	defg	17,21	defg
SBA	16,98	bcde	16,69	bcde
SBR	16,27	abc	17,28	defg
SET	17,17	bcdef	16,79	bcde
THT	16,16	ab	16	abc
ZAM	17,1	bcdef	16,63	bcde
ZBA	16,91	bcde	17,08	cdef
Nbre de G.H		7	9	

Tableau 26 : Analyse de la variance de la hauteur (HS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances en champ.

Source	SCE	ddl	CM	F	PV	S
SITE	358495	1	358495	545,71	90,1 %	***
BLOC	1575,11	2	787,555	1,2	0,2 %	*
PROV	772759	20	38637,9	58,82	9,7%	***

(HS11 : hauteur des plants en Septembre 2011).

Le calcul des moyennes des hauteurs par semestre, dans les deux plantations montre que les valeurs des hauteurs suivent deux courbes qui divergent au fûr et mesure. Le premier site réalise une croissance plus rapide que le second (figure 23). Cette croissance est en correspondance avec les données météorologiques et pédologiques plus favorables dans le premier site que dans le deuxième. La croissance durant le semestre: Printemps- Eté est toujours supérieure à celle du semestre : Automne- Hivers.

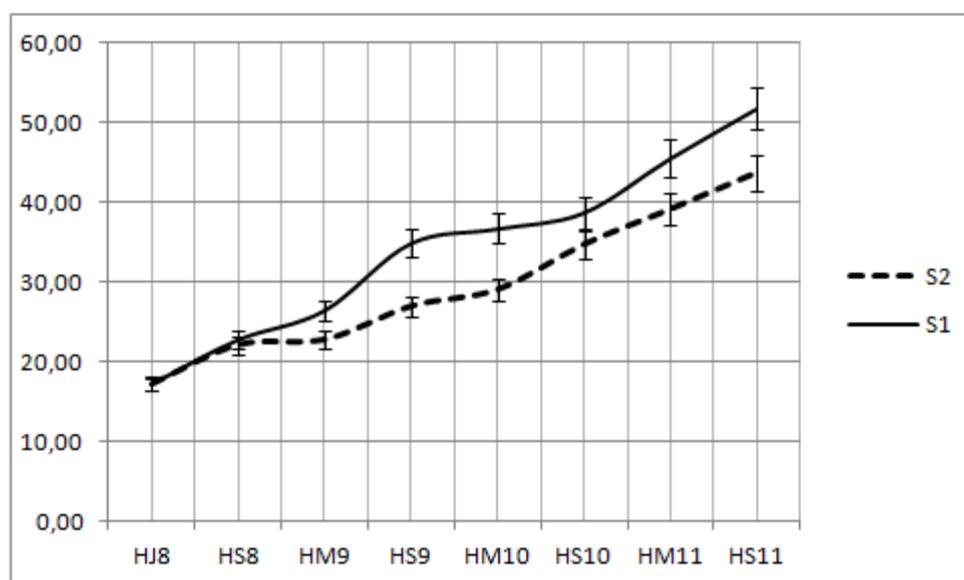


Figure 23: Evolution de la hauteur moyenne des plants des 21 provenances dans les deux sites durant les 4 ans de suivi.

Les mesures semestrielles des hauteurs, dans les deux plantations ont permis de constater un démarrage de la croissance de toutes les provenances dès la plantation. Ensuite, un regroupement et une croissance identique caractérisent les provenances du premier dispositif durant la première année. Les provenances du deuxième site sont caractérisées par une cinétique de croissance plus ou moins inférieure.

Le test de la PPDS dégage 6 groupes homogènes de provenances, dans le premier site et 10 dans le deuxième (tableau 27). Dans le premier site BLD, BAM et GLM constituent le groupe de tête de classement et OKS occupe le dernier rang. Dans le deuxième site la provenance BAM se classe en tête et CSG occupe le groupe de plus faible hauteur totale.

Tableau 27 : Test de la PPDS et groupes homogènes de la hauteur (HS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.

Fobs, signification et Groupes homogènes des provenances du Site 1			Fobs, signification et Groupes homogènes des provenances du Site 2	
Fobs=7,35***			Fobs=3,26***	
PROV	Moyenne	Groupe homogène	moyenne	Groupe homogène
ATS	52,83	bc	51,04	fg
BAM	58,21	f	57,64	i
BBT	56,64	de	43,38	de
BDM	54,91	d	49,66	f
BLD	59,12	f	54,10	h
CLS	49,11	b	44,31	de
CSG	48,34	b	32,88	a
DED	54,38	d	50,16	fg
DLS	51,8	bc	47,87	ef
FRT	51,14	bc	33,50	a
GLM	57,73	f	46,60	f
MSB	49,45	b	36,77	b
NSM	50,33	bc	34,94	ab
OKS	43,94	a	52,00	i
OST	50,4	bc	40,46	cd
SBA	49,8	bc	51,70	gh
SBR	48,88	b	37,61	b
SET	52,36	bc	39,25	c
THT	52,64	bc	37,33	b
ZAM	48,1	b	34,11	a
ZBA	47,75	b	42,52	d
Nbre de G.H		6	10	

2.1.3. Evolution du diamètre au collet des plants

L'analyse de la variance des mesures de Janvier 2008, a révélé des effets sites, blocs et provenances très hautement significatifs (tableau 28). Les diamètres moyens réalisés dans les deux plantations sont de 0,72 cm dans le premier site et 0,76 cm dans le deuxième. L'effet site représente 28,17% de la variance totale, l'effet bloc 61 % et l'effet provenance ne représente que 6,60 %.

Tableau 28 : Analyse de la variance du diamètre au collet (DJ8) des plants de Chêne vert des 21 provenances en plein champ.

Source de variation	SCE	ddl	CM	F	PV	S
SITE	1,05435	1	1,05435	18,25	28.17%	***
BLOC	3,97225	2	1,98612	34,37	61%	***
PROV	4,30732	20	0,215366	3,73	6.60%	***

(DJ8 : diamètre au collet en janvier 2008)

Le test de la PPDS de l'effet bloc permet de distinguer deux groupes homogènes dans les deux sites (tableau 29).

Tableau 29 : Test de la PPDS et groupes homogènes de survie (DJ8 en cm) des blocs des plants de Chêne vert dans les deux sites.

BLOC	Fobs, signification et Groupes homogènes du Site 1		Fobs, signification et Groupes homogènes du Site 2	
	Fobs=18,38 ***		Fobs=109,94***	
1	0,97	a	1,11	b
2	0,99	a	1,11	b
3	1,24	b	0,98	a
	Nbre de GH	2	2	

Le test de la PPDS répartit les provenances en 5 et 6 groupes homogènes dans le premier et le deuxième site successivement (tableau 30). Dans le premier site, la provenance OKS occupe la tête du classement, SBA et BAM se classent en dernier. Dans le deuxième site, GLM a le plus fort diamètre, par contre, BLD et SBA ont les diamètres les plus faibles.

Tableau 30 : Test de la PPDS et groupes homogènes du diamètre au collet (DJ8) des plants de Chêne vert des 21 provenances en champ.

Groupes homogènes des provenances du Site 1			Groupes homogènes des provenances du Site 2	
Fobs= 2,73***			Fobs= 3,08***	
PROV	Diamètre au collet moyen (cm)	Groupes homogènes	Diamètre au collet moyen (cm)	Groupes homogènes
ATS	0,70	abc	0,77	abc
BAM	0,65	a	0,75	abc
BBT	0,69	abc	0,73	abc
BDM	0,75	bcd	0,81	bcde
BLD	0,70	abc	0,68	a
CLS	0,71	abc	0,79	abc
CSG	0,74	bcd	0,73	abc
DED	0,69	abc	0,78	abcd
DLS	0,80	de	0,81	bcde
FRT	0,68	abc	0,74	abc
GLM	0,76	cde	0,97	f
MSB	0,69	abc	0,79	abcd
NSM	0,76	cde	0,71	ab
OKS	0,84	e	0,89	def
OTM	0,68	abc	0,72	ab
SBA	0,63	a	0,68	a
SBR	0,70	abc	0,79	abcd
SET	0,76	cde	0,84	cde
THT	0,67	ab	0,75	abc
ZAM	0,76	cde	0,91	ef
ZBA	0,71	abc	0,83	bcde
Nbre de G.H		5	6	

Le test de L'ANOVA des diamètres au collet en Septembre 2011 (DS11), montre un effet blocs et provenances significatif. Le tableau 31 montre que l'effet provenance est le plus fort avec 70,78 % de la variance contre 24,05 % pour les blocs.

Tableau 31 : Analyse de la variance du Diamètre au collet (DS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances en champ.

Source	SCE	ddl	CM	F	PV	S
SITE	6,97014	1	6,97014	3,41	4,54%	ns
BLOC	64,931	2	32,4655	15,89	24.05 %	***
PROV	1910,59	20	95,5295	46,76	%	***

(DS11 : diamètre au collet en Septembre 2011)

L'examen de l'évolution des moyennes des diamètres au collet permet de constater un léger écartement entre les deux courbes en fonction de l'âge des plants (figure 24). Les conditions pédoclimatiques plus favorables dans le premier site semblent expliquer cet écart. L'accroissement prend la même allure dans les deux dispositifs, avec une légère différenciation au profit du premier site.

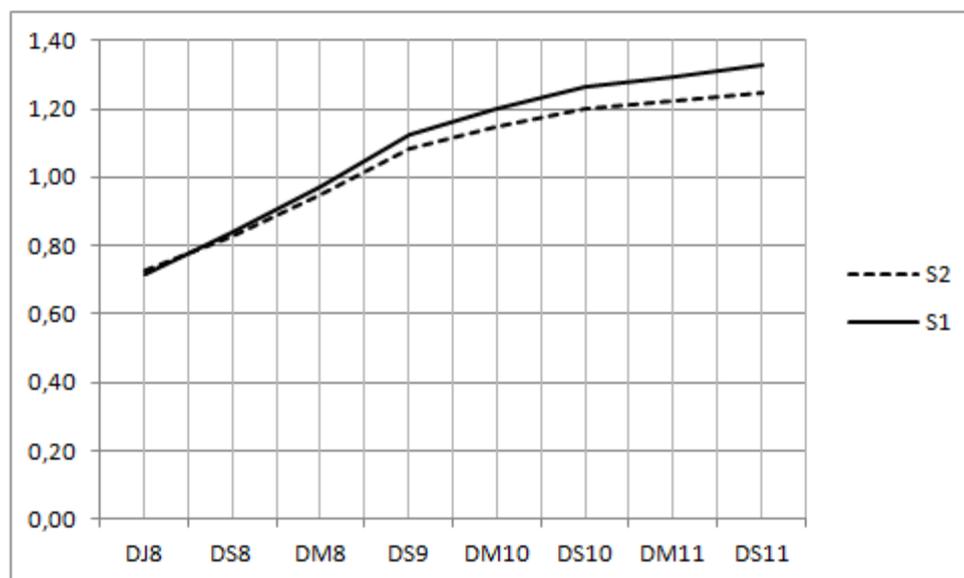


Figure 24: Evolution du diamètre au collet des plants des 21 provenances de chêne vert dans les deux sites durant les 4 ans de suivi.

L'ANOVA a été non significative dans les blocs du premier site et très hautement significative pour les blocs du deuxième. Le test de la PPDS permet de distinguer trois groupes dans le deuxième site (tableau 32).

Tableau 32 : Test de la PPDS et groupes homogènes de diamètre au collet (DS11) de l'effet blocs des 21 provenances de Chêne vert dans les deux sites.

BLOC	Fobs, signification et Groupes homogènes du Site 1	Fobs, signification et Groupes homogènes du Site 2
	Fobs= 10,24 ns	Fobs= 2,76 ***
1	0,72 a	0,52 a
2	0,71 a	0,33 b
3	0,72 a	0,25 c
	Nbre de GH 0	3

La comparaison de l'accroissement semestriel des diamètres au collet des deux dispositifs permet de constater une évolution presque identique de toutes les provenances durant les deux premiers semestres, ensuite des parcours différents sont entamés à partir de Septembre 2009. La rythmicité de la croissance constatée chez les hauteurs totales n'apparaît pas de la même façon chez les diamètres.

La PPDS dégage 9 groupes homogènes de provenances dans le premier site et 11 dans le deuxième. Les provenances : BAM et MSB occupent la tête du classement dans le premier site et la provenance CSG représente le groupe de plus faible diamètre (tableau 33). Dans le deuxième site, la provenance BAM se classe en tête et GLM constitue le groupe de plus faible diamètre.

Tableau 33 : Tests PPDS et groupes homogènes du diamètre au collet (DS11) des plants de Chêne vert des 21 provenances en champ.

Fobs, signification et Groupes homogènes des provenances du Site 1			Fobs, signification et Groupes homogènes des provenances du Site 2	
Fobs= 28,69***			Fobs= 26,10***	
PROV	Moyenne	Groupes homogènes	moyenne	Groupes homogènes
ATS	1,24	def	1,60	hi
BAM	2,11	i	1,97	k
BBT	1,79	h	1,45	gh
BDM	1,49	g	1,47	gh
BLD	1,81	h	1,55	hi
CLS	0,99	ab	1,35	fg
CSG	0,90	a	0,88	abc
DED	1,49	g	1,86	jk
DLS	1,21	def	1,18	def
FRT	1,20	def	1,31	efg
GLM	1,17	cdef	0,73	a
MSB	2,04	i	1,62	hi
NSM	1,11	bcd	0,82	ab
OKS	1,13	bcde	1,00	bcd
OST	1,00	abc	0,83	ab
SBA	1,29	ef	1,68	ij
SBR	1,17	cdef	1,06	cd
SET	1,15	bcde	1,33	fg
THT	1,28	def	1,44	gh
ZAM	0,97	ab	0,84	ab
ZBA	1,34	fg	1,13	de
Nbre de GH		9	11	

2.2. Analyse multivariée

L'analyse multivariée ayant porté sur les 21 provenances de la plantation comparative en plein champ fait le bilan de suivi des plantations réalisées dans les deux sites d'étude de la période allant de Janvier 2008 à Septembre 2011 :

- D'après la figure 25 représentant le premier site, l'axe (F1) explique 54,29 % de la variance totale, le second axe (F2) explique 15,17 %.
- L'axe 1, supporte la grande partie de l'inertie de l'ACP, les caractères : HS8, HM9, HM11, HS11, DS9, DM10, DS10, DM11, DS11 sont les plus projetés vers le bord du cercle, donc ils sont mieux représentés et corrélés négativement à cet axe.
- L'axe 2, n'est corrélé à aucun caractère.
- L'axe 3 (figure 26, site1) fournit 8,64% de la variance totale. Le caractère SJ8 est bien corrélé et représenté sur cet axe.

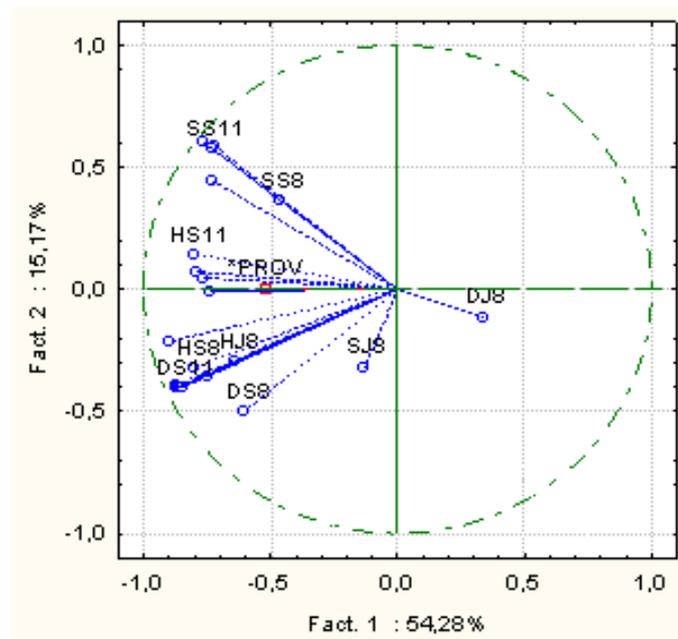


Figure 25 : Cercle des corrélations des caractères des plants sur le plan factoriel : 1X2 du site 1.

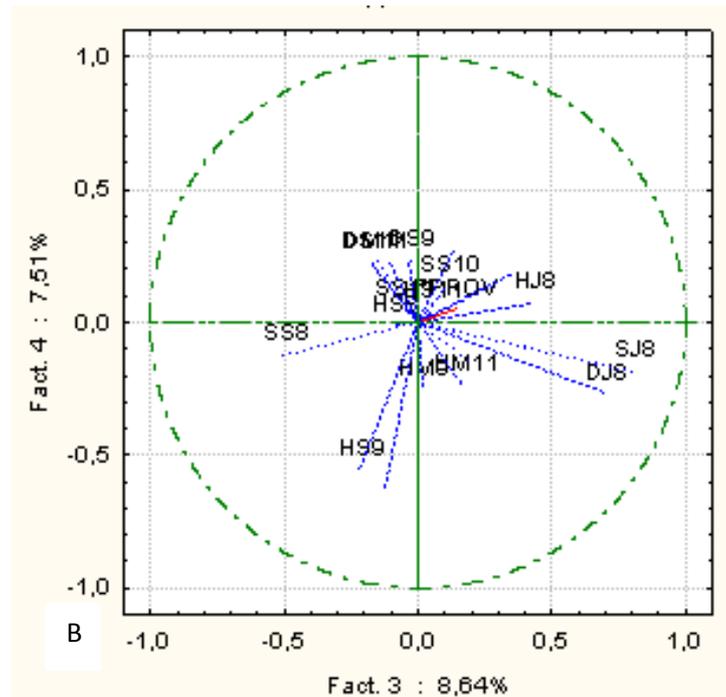


Figure 26 : Cercle des corrélations des caractères des plants sur le plan factoriel: 3X4 du

site 1. (SS8 :Survie en Septembre 2008, HS8 : Hauteur en Septembre 2008, DS8 : Diamètre en Septembre 2008, SJ9 : Survie en Janvier 2009, HJ9 : Hauteur en Janvier 2009, DJ9 : Diamètre en Janvier 2009, SS8 :Survie en Septembre 2009, HS8 : Hauteur en Septembre 2009, DS8 : Diamètre en Septembre 2009, SJ9 : Survie en Janvier 2010, HJ9 : Hauteur en Janvier 2010, DJ9 : Diamètre en Janvier 2010, SS8 :Survie en Septembre 2010, HS8 : Hauteur en Septembre 2010, DS8 : Diamètre en Septembre 2010, Survie en Janvier 2011, HJ9 : Hauteur en Janvier 2011, DJ9 : Diamètre en Janvier 2011).

La projection des individus (les provenances dans ce cas) sur les mêmes plans des caractères permet de distinguer une correspondance sur le coté négatif de l'axe 1 entre HS8, HM9, HM11, HS11, DS9, DM10, DS10, DM11, DS11 et les provenances BAM, BLD, DED et BBT et à degré moindre avec MSB et BDM. Cette correspondance se fait aussi sur le coté positif du même axe avec OKS, ZAM et CSG (figure 27)

L'axe 3 dégage une correspondance entre SJ8 sur la partie positif de l'axe et les provenances SBA et FRT sur sa partie négative (figure 28).

La classification hiérarchique (figure 29) permet de distinguer 3 grands groupes de provenances :

- Un premier groupe constitué de : NSM, OTM, DLS, THT, SBR, FRT, CSG, SBA, CLS, SET, BDM et BBT ;
- Un deuxième groupe englobant : GLM, BLD, MSB, DED et BAM ;
- Un troisième groupe regroupant : ZBA, ZAM, OKS et ATS ;

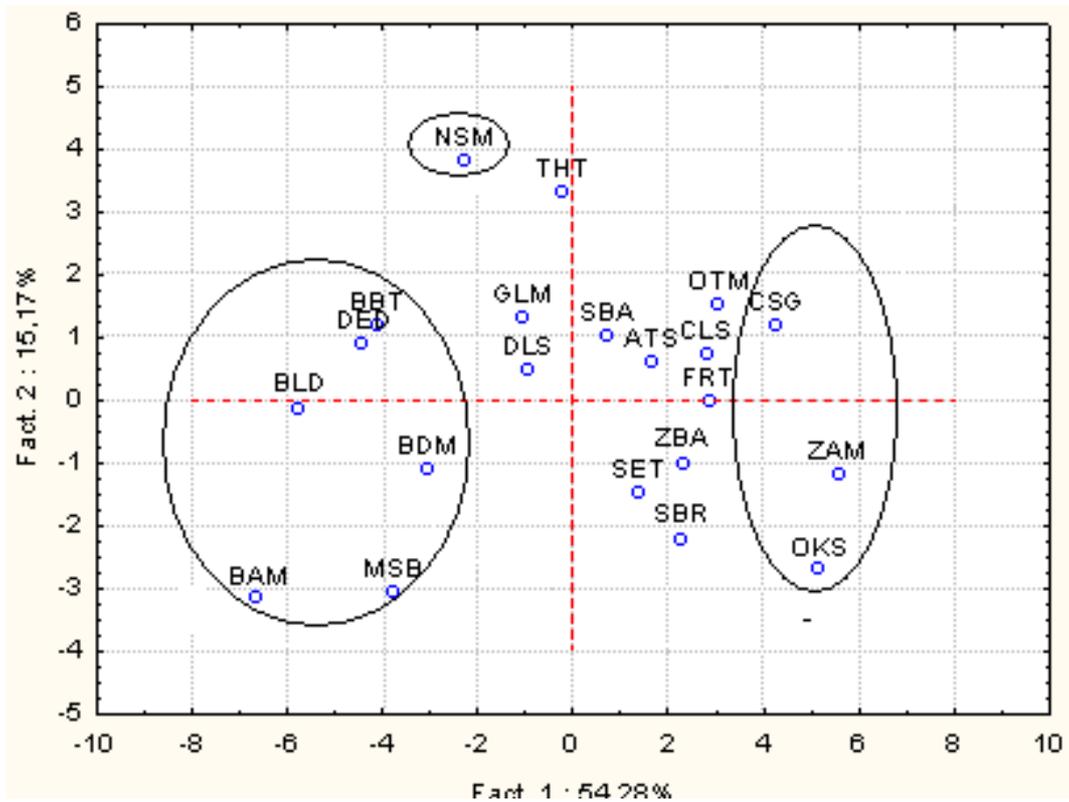


Figure 27 : Projection des provenances du premier site (les 21 provenances) sur le plan 1X2 (les cercles représentent les provenances les plus corrélées aux axes)

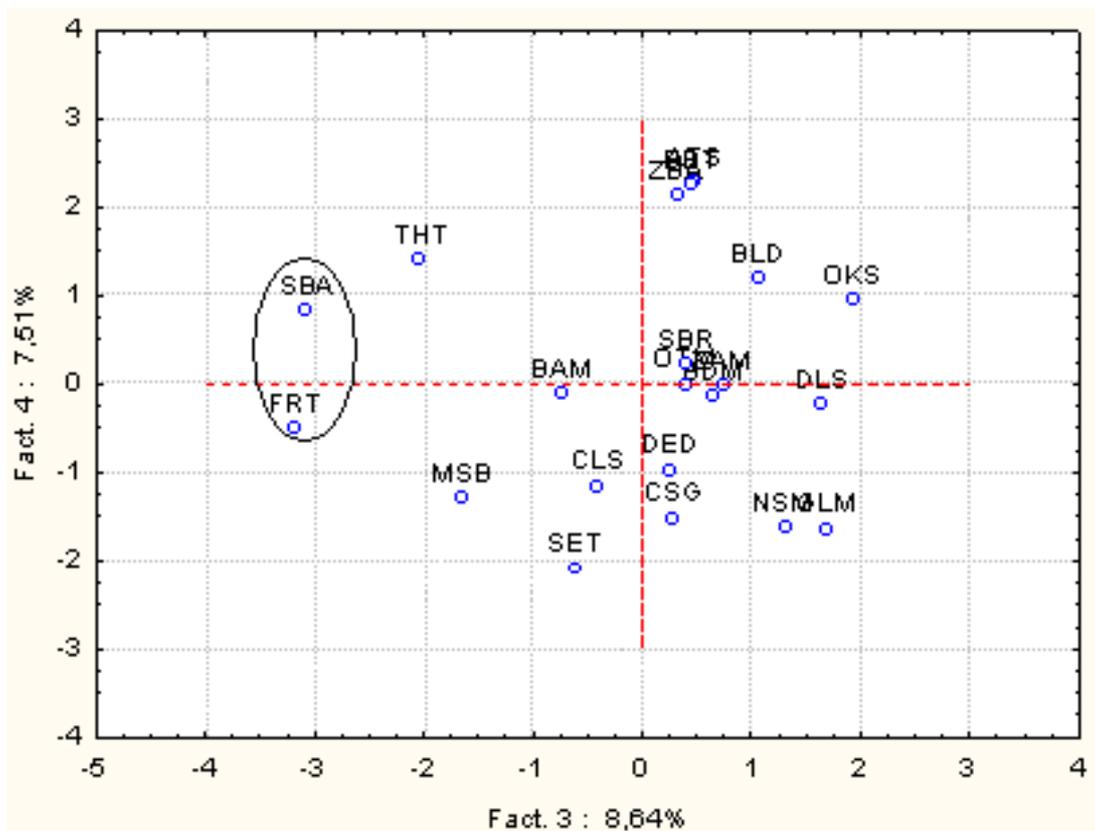


Figure 28 : Projection des provenances du premier site (les 21 provenances) sur le plan 3X4

Les variables (caractères) : SS8, SM9, SS9, SS10, SM11, HM9, HS9, HM10, HS10, DS9, DM10, DS10, DM11 et DS11 sont bien représentées et corrélées sur le coté négatif de cet axe.

La projection des valeurs moyennes des 21 provenances sur le même plan des caractères permet de distinguer la correspondance entre les caractères sus indiqués et la provenance BAM en premier lieu et DED et SBA dans un second lieu. Sur la partie opposée de l'axe les provenances : ZAM, CSG, OTM et NSM se font distinguées (figure 31).

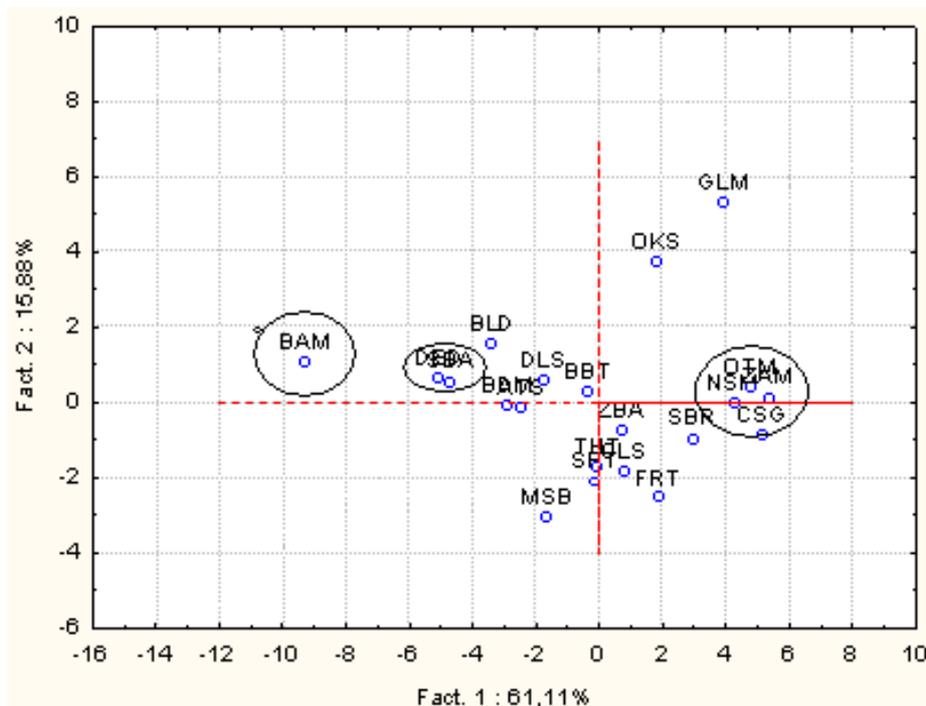


Figure 31 : Projection des provenances du deuxième site sur le plan 1X2

La classification hiérarchique (figure 32) des provenances (tous caractères confondus) permet de distinguer les groupes (gr) de provenances constitués :

- La provenance BAM se détachent des autres provenances par la formation d'un groupe à part.
- Les provenances : OTM, SET, THT, SBR, MSB, ZAM, NSM, FRT et CSG, constituent un autre groupe.
- Les provenances : CLS, ZBA, BB, GLM, BLD, SBA, DED, BDM, OKS et ATS se regroupent aussi dans un dernier groupe.

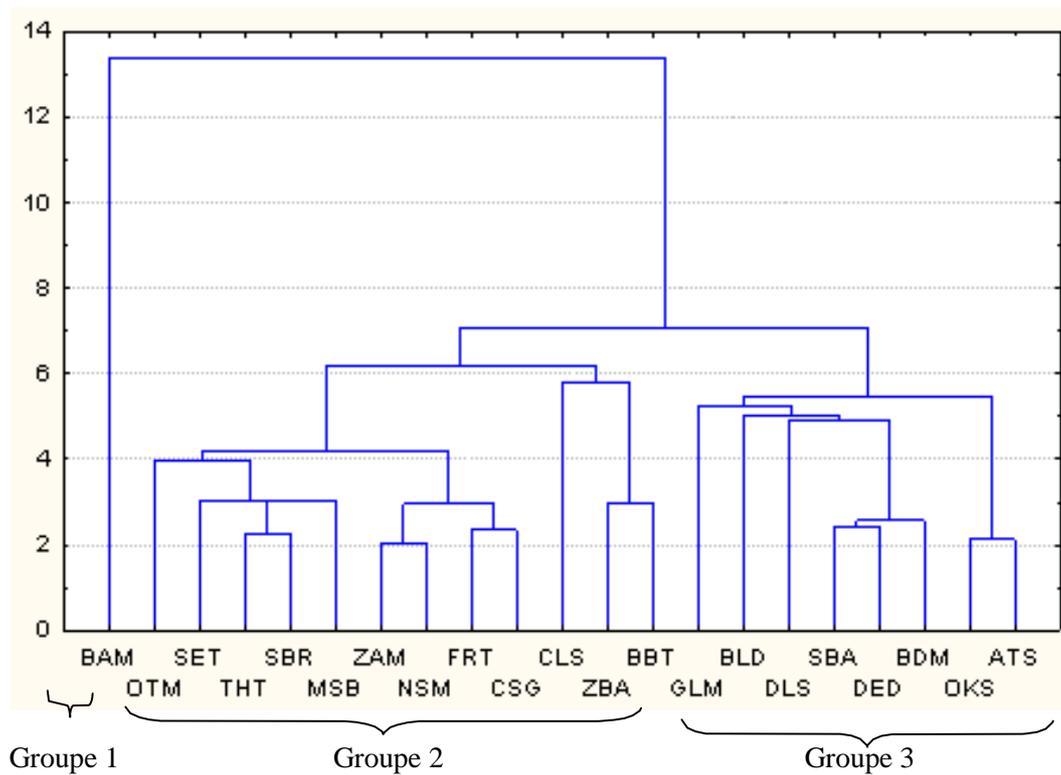


Figure 32 : Agrégats formés à partir des 21 provenances du site 2

II. Analyse de la variabilité intraprovenance

L'étude de la variabilité intraprovenance n'a concerné que les quatre groupes de familles : OTM, BBT, DLS et BAM, sélectionnés au sein des groupes de provenances retenues précédemment sur la base de leurs affinités écologiques. Ces groupes de familles appartiennent à des zones écologiques différentes.

1. Stade pépinière

1.1. Analyse univariée

De la même façon que pour la variabilité inter-provenance, l'analyse univariée a été appliquée aux résultats des quatre groupes de familles obtenus au laboratoire et en pépinière. Nos interprétations ont concernés les données de l'analyse de la variance des caractères biométriques des quatre groupes de familles et les résultats des tests de la PPDS réalisés sur les caractères révélés significatifs par l'ANOVA.

1.1.1. Qualité des glands et développement des plants

L'évaluation de la qualité des glands et le développement des plants a porté sur le poids des glands, le taux de flottaison, le taux de germination, le taux de levée, la croissance en hauteurs et en diamètres des plants. L'ANOVA a montré un effet intra-provenance non significatif à très hautement significatif pour ces caractères (tableau 34). Le test de la PPDS a permis de classer les provenances en fonction de ces deux types de caractères (qualité des glands et développement des jeunes semis) en plusieurs groupes homogènes. Les caractères liés à la qualité des glands montrent le plus grand nombre de groupes homogènes. Les autres caractères liés au développement des jeunes semis présentent moins de groupes homogènes.

Tableau 34 : Analyse de la variance des caractères liés à la qualité des glands et des jeunes semis de Chêne vert des 4 groupes familles en pépinière.

	Provenance	S.C.E	ddl	C.M	F	P	S
P.G	OTM	629865,	14	44990,4	44,22	0,0000	***
	BBT	192147,	14	13724,8	13,58	0,0000	***
	DLS	262644,	14	18760,3	5,01	0,0000	***
	BAM	638657,	14	45618,3	11,84	0,0000	***
T.F	OTM	0,555693	14	0,0396924	12,27	0,0000	***
	BBT	0,467489	14	0,0333921	13,27	0,0000	***
	DLS	0,835129	14	0,0596521	34,81	0,0000	***
	BAM	1,40418	14	0,100299	21,32	0,0000	***
T.G	OTM	2459,82	14	175,701	22,73	0,0000	***
	BBT	910,27	14	65,0193	22,71	0,0000	***
	DLS	96,8389	14	6,91706	13,88	0,0000	***
	BAM	399,055	14	28,5039	20,41	0,0000	***
T.L.4	OTM	250,0	14	17,8571	0,54	0,9041	ns
	BBT	597,222	14	42,6587	0,81	0,6577	ns
	DLS	190,972	14	13,6409	0,39	0,9742	ns
	BAM	243,056	14	17,3611	0,60	0,8606	ns
HP3	OTM	359,156	14	25,654	3,49	0,0002	***
	BBT	259,906	14	18,5647	2,47	0,0062	**
	DLS	83,0667	14	5,93333	1,94	0,0354	*
	BAM	63,8722	14	4,5623	1,54	0,1178	ns
DP3	OTM	1467,27	14	104,805	71,07	0,0000	***
	BBT	1385,25	14	98,9467	75,81	0,0000	***
	DLS	83,0667	14	5,93333	1,94	0,0354	*
	BAM	286,692	14	20,478	1,22	0,2783	ns

SC : Somme des carrés, ddl: degré de liberté, MC : Moyenne des carrés, Fobs : F. observé, P : plus value, S : signification, PG : Poids de 100 glands, TF : Taux de flottaison, TL :Taux de levée, HP : Hauteur des plants en pépinière, DP : Diamètre des plants en pépinière.

1.1.1.1. Qualités des glands

- **Poids des glands** : Le test PPDS dégage 5 groupes homogènes (G.H) pour OTM, avec en tête l'arbre 10 et en bas du classement l'arbre 4. Il dégage 6 groupes homogènes pour BBT, avec en tête l'arbre 9, et 14 et 15 en dernier. La PPDS décompose DLS en 4 G.H. avec en tête l'arbre 9, et 15 et 14 en dernier. Le test fourni 8 G.H. dans le cas de BAM, l'arbre 6 est en tête et 14 en dernier (tableau 35).

- **Le taux de flottaison** : Les tests PPDS réalisés sur les groupes de familles (OMT, BBT, DLS et BAM) permettent de distinguer qu'OTM se compose de 5 groupes homogènes, avec en tête les arbres 1, 2, 3 et en bas du classement l'arbre 10. BBT fournit 7 G.H, l'arbre 10 et 4 se classent en tête et l'arbre 9 en dernier. DLS est constituée de 7 G.H, les arbres 5 et 6

forment le groupe de tête et l'arbre 8 se classe en dernier. BAM est composée de 8 G.H, l'arbre 9 est en tête et 5 en dernier (tableau 36).

Tableau 35 : Tests PPDS et groupes homogènes des poids des glands des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM10	485,00	a	BBT9	350,00	a	DLS9	372,00	a	BAM5	250,00	a
OTM9	650,00	b	BBT5	370,00	ab	DLS13	411,83	ab	BAM4	280,00	ab
OTM15	652,83	b	BBT12	377,00	ab	DLS2	442,00	abc	BAM6	290,00	ab
OTM14	700,33	c	BBT1	380,00	ab	DLS11	453,50	bc	BAM1	300,00	ab
OTM12	722,50	c	BBT6	385,00	abc	DLS6	465,00	bc	BAM3	320,00	abc
OTM5	765,00	d	BBT13	388,33	bc	DLS1	470,00	bc	BAM11	336,66	bc
OTM13	769,16	d	BBT8	395,00	bc	DLS7	470,00	bc	BAM8	340,00	bc
OTM6	780,00	de	BBT11	400,00	bc	DLS12	474,83	bc	BAM12	342,16	bc
OTM7	785,00	de	BBT7	400,00	bc	DLS4	475,00	bc	BAM7	350,00	bcd
OTM2	785,00	de	BBT2	400,00	bc	DLS3	480,00	bc	BAM2	350,00	bcd
OTM11	787,66	de	BBT3	420,00	cd	DLS5	485,00	c	BAM10	380,00	cd
OTM1	790,00	de	BBT4	450,00	de	DLS8	489,00	c	BAM9	420,00	de
OTM8	795,00	de	BBT10	460,00	e	DLS10	504,00	c	BAM13	458,16	e
OTM3	795,00	de	BBT14	504,83	f	DLS15	583,33	d	BAM15	470,33	e
OTM4	807,00	e	BBT15	510,66	f	DLS14	596,33	d	BAM14	585,66	f
Nbre de	G.H	5			6			4			6

(M: moyenne, G.H: Groupe homogène, FAMI : famille)

Tableau 36 : Tests PPDS et groupes homogènes des taux de flottaison des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M (%)	G.H	FAMI	M (%)	G.H	FAMI	M (%)	G.H	FAMI	M (%)	G.H
OTM1	0,49	a	BBT10	0,87	a	DLS5	0,82	a	BAM9	0,70	a
OTM2	0,50	a	BBT4	0,88	a	DLS6	0,85	a	BAM10	0,78	ab
OTM6	0,50	a	BBT13	0,91	ab	DLS2	0,90	b	BAM14	0,79	b
OTM12	0,54	ab	BBT3	0,94	bc	DLS12	0,94	bc	BAM11	0,81	bc
OTM13	0,59	bc	BBT15	0,95	bc	DLS14	0,95	cd	BAM2	0,84	bcd
OTM9	0,60	bc	BBT14	0,98	cd	DLS15	0,97	cd	BAM7	0,85	bcd
OTM11	0,60	bc	BBT12	0,98	cd	DLS10	0,98	cd	BAM8	0,88	cde
OTM4	0,61	c	BBT8	0,99	cde	DLS4	0,99	de	BAM12	0,91	de
OTM14	0,62	cd	BBT2	0,99	cde	DLS1	0,10	de	BAM15	0,93	ef
OTM3	0,62	cd	BBT6	1,02	def	DLS13	0,10	de	BAM3	0,94	ef
OTM8	0,62	cd	BBT7	1,02	def	DLS11	1,02	ef	BAM1	0,99	fg
OTM7	0,62	cd	BBT1	1,05	ef	DLS3	1,03	ef	BAM6	1,02	g
OTM5	0,64	cd	BBT5	1,07	f	DLS7	1,06	f	BAM13	1,05	g
OTM15	0,68	d	BBT11	1,08	fg	DLS9	1,06	f	BAM4	1,06	g
OTM10	0,82	e	BBT9	1,13	g	DLS8	1,25	g	BAM5	1,19	h
Nbre de	G.H	5			7			7			8

- **Taux de germination des glands :** Le test PPDS permet de décomposer OTM en 5 groupes homogènes, avec en tête du classement les arbres 1, 2, 3 et en bas du classement

l'arbre 10. BBT se décompose en 7 groupes homogènes, l'arbre 10 et 4 en tête et l'arbre 9 en dernier. DLS est constituée de 8 G.H, les arbres 5 et 6 constituent le groupe de tête et l'arbre 8 se classe en dernier. BAM se décompose en 8 G.H, l'arbre 9 est en tête et 5 en dernier (Tableau 37).

Tableau 37 : Tests PPDS et groupes homogènes des taux de germination des glands des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M (%)	G.H	FAMI	M (%)	G.H	FAMI	M (%)	G.H	FAMI	M (%)	G.H
OTM1	78,70	a	BBT5	84,6	a	DLS5	93,70	a	BAM10	90,59	a
OTM6	85,60	b	BBT9	90,09	b	DLS6	94,89	b	BAM15	93,35	b
OTM13	91,01	b	BBT1	91,43	bc	DLS1	95,10	b	BAM8	93,49	b
OTM2	92,10	c	1	92,60	cd	2	95,49	bc	BAM5	93,70	b
OTM8	92,70	c	BBT2	92,80	cd	DLS9	95,56	bc	BAM12	95,07	c
OTM5	92,70	d	BBT1	94,10	de	DLS1	95,69	bcd	BAM14	95,26	cd
OTM12	95,46	d	3	94,49	def	5	95,95	cde	BAM13	95,72	cde
OTM11	95,49	de	BBT1	95,28	efg	DLS3	95,98	cde	BAM11	95,77	cde
OTM14	95,72	de	BBT4	95,50	efg	DLS1	96,10	cdef	BAM9	96,30	cdef
OTM15	96,39	de	BBT1	95,79	efg	1	96,20	cdef	BAM7	96,50	def
OTM4	96,40	de	4	96,01	efg	DLS1	96,38	def	BAM1	96,89	ef
OTM3	97,40	de	BBT7	96,29	fg	4	96,60	ef	BAM2	97,39	fg
OTM10	97,60	de	BBT1	96,40	fg	DLS4	96,90	fg	BAM4	97,50	fg
OTM7	98,20	de	0	96,69	g	DLS1	97,59	gh	BAM3	98,30	gh
OTM9	99,50	e	BBT1	96,89	g	DLS1	98,09	h	BAM6	98,89	h
Nbre de	G.H	5			7			8			8

1.1.1.2. Développement des jeunes semis

- **Taux de levée des plants** : Le suivi de la levée des 60 familles composant les quatre groupes retenus permet de constater que les quinze familles composant chaque groupe ont évolué de la même façon. La levée se fait principalement entre Mars et Mai et la période estivale est caractérisée par la mortalité de certains plants et la reprise d'autres.

- **Hauteur totale des plants** : Le suivi de la croissance en hauteur montre que la hauteur totale passe de 5,20 cm en mi – Mai 2008 à 10,17 cm en mi-juillet, elle continue sa croissance en période estivale, pour atteindre 16,55 cm en moyenne en mi-octobre (tableau 38).

Tableau 38: Evolution de la hauteur totale moyenne des quatre provenances, en pépinière.

Date de mesure	OTM	BBT	DLS	BAM	Moyenne (cm)
15/04/2008	5,97	5,34	5,36	4,13	5,20
15/07/2008	11,01	9,95	10,74	8,99	10,17
15/10/2008	17,92	17,44	16,63	14,22	16,55

Le test de la PPDS dégage 4 groupes homogènes pour OTM, avec en tête du classement, les arbres 7 et 10 et en bas du classement les arbres 11 et 2. La PPDS donne 4 ur BBT, la hauteur la plus élevée correspond à l'arbre 3 et la plus faible à l'arbre 2. Le test dégage 5 G.H. pour DLS. L'arbre 9 se classe en tête et les arbres 8 et 7 en dernier (tableau 39).

Tableau 39 : Tests PPDS et groupes homogènes de la hauteur des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM7	15,08	a	BBT3	15,08	a	DLS9	15,08	a	BAM7	12,83	a
OTM10	15,50	a	BBT5	16,00	ab	DLS11	15,33	ab	BAM1	12,83	a
OTM12	16,08	ab	BBT12	16,33	ab	DLS12	15,75	abc	BAM11	13,25	a
OTM14	16,41	ab	BBT6	16,58	abc	DLS4	15,83	abcd	BAM14	13,58	a
OTM4	17,08	abc	BBT1	16,58	abc	DLS3	15,91	abcd	BAM13	13,83	a
OTM8	17,33	abc	BBT10	16,58	abc	DLS1	16,00	abcd	BAM8	13,91	a
OTM15	17,50	abc	BBT14	16,75	abc	DLS2	16,25	abcde	BAM2	14,08	a
OTM5	17,50	abc	BBT9	17,00	abc	DLS10	16,50	abcde	BAM3	14,16	a
OTM1	17,75	abc	BBT13	17,00	abc	DLS6	16,83	abcde	BAM6	14,25	a
OTM3	17,83	abc	BBT4	17,50	abcd	DLS13	17,16	bcde	BAM9	14,75	a
OTM6	18,08	abc	BBT7	18,08	abcd	DLS5	17,25	bcde	BAM12	14,75	a
OTM13	18,83	bc	BBT11	18,58	bcd	DLS15	17,58	cde	BAM4	15,16	a
OTM9	19,75	cd	BBT15	19,00	bcd	DLS14	17,83	de	BAM15	15,25	a
OTM11	22,00	d	BBT8	19,91	cd	DLS8	18,08	e	BAM5	15,33	a
OTM2	22,16	d	BBT2	20,66	d	DLS7	18,08	e	BAM10	15,41	a
Nbre de	G.H	4			4			5			0

- **Diamètre au collet des plants** : L'accroissement du diamètre en pépinière suit l'évolution des hauteurs et passe de 0,24 mm en mi – Mai 2008 à 0,51 mm en mi-juillet, pour atteindre 0,73 mm en moyenne en mi-octobre (tableau 40).

Tableau 40 : Evolution du diamètre moyen des quatre provenances.

Date de mesure	OTM	BBT	DLS	BAM	Moyenne (mm)
15/04/2008	0,28	0,26	0,25	0,20	0,24
15/07/2008	0,58	0,54	0,53	0,41	0,51
15/10/2008	0,76	0,75	0,74	0,67	0,73

La PPDS dégage 5 groupes homogènes pour OTM. Les arbres 11, 12, 13, 14, 15 sont en tête du classement et l'arbre 2 en bas du classement. Elle donne 5 G.H. pour BBT ; le plus gros diamètre correspond aux arbres 11, 12, 13, 14 et 15 et le plus faible à l'arbre 2. Le test dégage 4 G.H. pour DLS. L'arbre 14 se classe en tête et l'arbre 12 en dernier (tableau 41).

Tableau 41 : Tests PPDS et groupes homogènes du Diamètre au collet des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM12	0,5	a	BBT15	0,5	a	DLS14	2,08	a	BAM12	1,041	a
OTM11	0,5	a	BBT14	0,5	a	DLS13	3,12	ab	BAM11	4,16	ab
OTM15	0,5	a	BBT12	0,5	a	DLS11	5,20	abc	BAM15	4,16	ab
OTM13	0,5	a	BBT13	0,5	a	DLS15	6,25	abc	BAM13	5,20	ab
OTM14	0,5	a	BBT11	0,5	a	DLS9	7,54	bcd	BAM7	6,41	b
OTM7	7,54	b	BBT3	7,54	b	DLS4	7,91	bcd	BAM1	6,41	b
OTM10	7,75	bc	BBT5	8,0	bc	DLS3	7,95	cd	BAM8	6,95	b
OTM4	8,54	bcd	BBT6	8,29	bc	DLS1	8,0	cd	BAM2	7,04	b
OTM8	8,66	bcd	BBT1	8,29	bc	DLS2	8,12	cd	BAM3	7,08	b
OTM5	8,75	bcd	BBT10	8,29	bc	DLS10	8,25	cd	BAM6	7,12	b
OTM1	8,87	bcd	BBT9	8,5	bc	DLS6	8,41	cd	BAM14	7,29	b
OTM3	8,917	bcd	BBT4	8,75	bcd	DLS5	8,62	cd	BAM9	7,37	b
OTM6	9,04	cd	BBT7	9,04	cde	DLS8	9,04	cd	BAM4	7,58	b
OTM9	9,87	de	BBT8	9,95	de	DLS7	9,04	cd	BAM5	7,66	b
OTM2	11,03	e	BBT2	10,33	e	DLS12	11,45	d	BAM10	7,70	b
Nbre de	G.H	5			5			4			0

1.1.2. Caractères Morphologiques

L'ANOVA pratiquée sur les caractères liés à la morphologie de la feuille et du plant a montré un effet intra provenance variable d'un caractère à l'autre et d'un groupe de familles à l'autre (tableau 42).

- **Longueur de la feuille (LOF) :** Les tests de la PPDS distribuent les 15 familles d'OTM sur 4 G.H. L'arbre 2 dispose de la feuille la plus longue et les arbres 9, 11 et 13 ont les feuilles les plus courtes. La PPDS dégage 6 G.H pour les familles de BBT, les arbres 9 et 5 occupent le premier rang et 13, 15, 11 et 12, le dernier rang (tableau 43).

- **La largeur de la feuille (LAF) :** La PPDS permet de distinguer 4 G.H au sein des quinze familles d'OTM. Les arbres 1 et 5 ont les feuilles les plus larges, les arbres 7, 6, 3 et 8 ont les feuilles les plus réduites. La PPDS dégage 4 G.H pour les familles de BAM ; les arbres 1 et 5 occupent le premier rang et 6 et 13, le dernier rang (tableau 44).

- **Le nombre de nervures par feuille (NNF) :** La PPDS permet de répartir les 15 familles OTM en 5 G.H., OTM4 et OTM1 ont le plus faible nombre de nervures, OTM8 et OTM10 ont le plus grand nombre de nervures. Le test de la PPDS dégage 6 GH. pour BBT : BBT10 possède le plus grand nombre de nervures, BBT12, BBT2 ont le nombre de nervures le plus faible. La PPDS répartie DLS en 4 G.H., DLS13 a le plus de nervures, par contre DLS5 a le plus faible nombre de nervures par feuille. Le test PPDS dégage 6 G.H pour BAM, l'arbre 11 occupe le premier rang, les arbres 2 et 9 occupent le dernier rang (tableau 45).

Tableau 42 : Analyse de la variance des caractères liés à la morphologie de la feuille et du plant de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière.

Caractère	Provenance	S.C.E	DDL	C.M	F	P	
LOF	OST	6,57289	14	0,469492	2,46	0,0066	**
	BBT	15,4489	14	1,10349	7,43	0,0000	***
	DLS	2,71706	14	0,194075	1,23	0,2717	ns
	BAM	5,43489	14	0,388206	1,27	0,2467	ns
LAF	OST	2,61	14	0,186429	3,09	0,0008	***
	BBT	1,90289	14	0,135921	1,37	0,1900	ns
	DLS	1,57872	14	0,112766	0,92	0,5433	ns
	BAM	4,39822	14	0,314159	2,99	0,0011	**
NFP	OST	18,6222	14	1,33016	1,47	0,1434	ns
	BBT	14,9333	14	1,06667	1,64	0,0869	ns
	DLS	1,57872	14	0,112766	0,92	0,5433	ns
	BAM	4,39822	14	0,314159	2,99	0,0011	**
SFF	OST	31,3184	14	2,23703	2,56	0,0046	**
	BBT	23,4492	14	1,67494	2,75	0,0025	**
	DLS	14,196	14	1,014	1,11	0,3655	ns
	BAM	39,029	14	2,78778	1,69	0,0758	ns
NNF	OST	798,289	14	57,0206	3,41	0,0003	***
	BBT	477,556	14	34,1111	0,84	0,6240	ns
	DLS	1011,66	14	72,2615	4,57	0,0000	***
	BAM	229,556	14	16,3968	1,50	0,1326	ns
SFP	OST	41790,4	14	2985,03	2,74	0,0026	**
	BBT	30660,1	14	2190,0	2,28	0,0118	*
	DLS	21609,7	14	1543,55	1,70	0,0732	ns
	BAM	17912,2	14	1279,44	1,41	0,1718	ns

- **La surface foliaire (SFF) :** Le test PPDS dégage 5 G.H au sein des 15 familles de BAM. L'arbre 11 occupe le premier rang et l'arbre 7 se positionne en dernier. Pour les 3 autres provenances, il ne semble y avoir de différence importante (2 groupes homogènes) en terme de surface foliaire entre les groupes de familles (tableau 46).

Tableau 43 : Tests PPDS et groupes homogènes de la longueur de la feuille des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM2	1,71	a	BBT8	1,18	a	DLS9	2,21	a	BAM10	1,85	a
OTM1	1,88	ab	BBT6	1,41	ab	DLS5	2,25	a	BAM7	2,06	ab
OTM6	2,01	abc	BBT15	1,41	ab	DLS10	2,41	ab	BAM4	2,08	ab
OTM8	2,13	abc	BBT12	1,41	ab	DLS6	2,41	ab	BAM6	2,13	abc
OTM14	2,20	abcd	BBT5	1,48	abc	DLS1	2,47	ab	BAM3	2,15	abc
OTM10	2,21	abcd	BBT4	1,85	bcd	DLS4	2,51	ab	BAM1	2,18	abc
OTM15	2,31	bcd	BBT14	1,86	cd	DLS2	2,56	ab	BAM2	2,18	abc
OTM12	2,33	bcd	BBT7	1,95	de	DLS14	2,56	ab	BAM9	2,31	abc
OTM7	2,41	cd	BBT9	2,01	de	DLS7	2,58	ab	BAM5	2,41	abc
OTM5	2,41	cd	BBT11	2,01	de	DLS8	2,61	ab	BAM15	2,43	abc
OTM3	2,41	cd	BBT13	2,16	de	DLS3	2,65	ab	BAM12	2,43	abc
OTM4	2,51	cd	BBT2	2,18	de	DLS13	2,73	b	BAM13	2,45	abc
OTM9	2,65	d	BBT3	2,33	ef	DLS12	2,75	b	BAM8	2,65	bc
OTM13	2,65	d	BBT10	2,35	ef	DLS15	2,75	b	BAM11	2,68	bc
OTM11	2,65	d	BBT1	2,68	f	DLS11	2,80	b	BAM14	2,73	c
Nbre	G.H	4			6			0			0

Tableau 44 : Tests PPDS et groupes homogènes de la largeur de la feuille des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM1	1,35	a	BBT13	1,23	a	DLS13	1,43	a	BAM5	1,35	a
OTM5	1,38	a	BBT14	1,30	ab	DLS9	1,55	ab	BAM1	1,38	a
OTM12	1,48	ab	BBT6	1,40	abc	DLS1	1,58	ab	BAM11	1,56	ab
OTM2	1,56	abc	BBT7	1,43	abcd	DLS10	1,61	ab	BAM14	1,60	abc
OTM4	1,61	abcd	BBT4	1,43	abcd	DLS12	1,64	ab	BAM2	1,60	abc
OTM11	1,73	bcd	BBT9	1,45	abcd	DLS6	1,68	ab	BAM15	1,61	abc
OTM13	1,73	bcd	BBT11	1,53	abcd	DLS15	1,70	ab	BAM3	1,63	abc
OTM14	1,78	cd	BBT5	1,55	abcd	DLS14	1,70	ab	BAM12	1,65	abc
OTM15	1,80	cd	BBT12	1,56	abcd	DLS5	1,70	ab	BAM10	1,70	abc
OTM9	1,81	cd	BBT2	1,56	abcd	DLS8	1,75	ab	BAM9	1,78	bcd
OTM10	1,83	cd	BBT3	1,61	bcd	DLS3	1,75	ab	BAM8	1,83	bcd
OTM7	1,85	d	BBT1	1,65	bcd	DLS4	1,80	ab	BAM4	1,95	cd
OTM6	1,85	d	BBT8	1,66	cd	DLS11	1,88	b	BAM7	1,96	cd
OTM3	1,85	d	BBT10	1,71	cd	DLS2	1,88	b	BAM6	2,08	d
OTM8	1,85	d	BBT15	1,76	d	DLS7	1,95	b	BAM13	2,10	d
Nbre de	G.H	4			0			0			4

Tableau 45 : Tests PPDS et groupes homogènes du nombre de feuilles par plant des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM4	4,667	a	BBT12	5,0	a	DLS5	4,83	a	BAM2	5,16	a
OTM1	4,83	a	BBT2	5,0	a	DLS11	5,0	ab	BAM9	5,16	a
OTM6	5,0	ab	BBT9	5,33	ab	DLS1	5,0	ab	BAM10	5,66	ab
OTM5	5,0	ab	BBT3	5,33	ab	DLS6	5,16	abc	BAM13	5,66	ab
OTM3	5,16	abc	BBT5	5,66	abc	DLS2	5,16	abc	BAM4	5,83	abc
OTM7	5,33	abc	BBT11	5,66	abc	DLS10	5,66	abcd	BAM6	6,0	abc
OTM11	5,33	abc	BBT15	5,66	abc	DLS3	5,66	abcd	BAM12	6,0	abc
OTM15	5,66	abc	BBT14	5,66	abc	DLS14	5,66	abcd	BAM7	6,16	abc
OTM14	5,66	abc	BBT6	5,83	abc	DLS8	5,83	abcd	BAM1	6,16	abc
OTM9	5,66	abc	BBT7	6,0	bc	DLS7	5,83	abcd	BAM15	6,33	bc
OTM13	5,83	bc	BBT4	6,0	bc	DLS15	6,0	abcd	BAM8	6,5	bc
OTM2	5,83	bc	BBT8	6,16	bc	DLS12	6,0	abcd	BAM14	6,5	bc
OTM12	5,83	bc	BBT13	6,16	bc	DLS4	6,33	bcd	BAM5	6,66	bc
OTM8	6,16	c	BBT1	6,16	bc	DLS9	6,5	cd	BAM3	6,66	bc
OTM10	6,16	c	BBT10	6,33	c	DLS13	6,83	d	BAM11	6,83	c
Nbre	G.H	5			6			4			6

Tableau 46 : Tests PPDS et groupes homogènes de la surface foliaire par plant des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM1	2,17	a	BBT8	1,80	a	DLS15	2,47	a	BAM11	1,90	a
OTM11	2,18	ab	BBT5	2,09	ab	DLS9	2,60	a	BAM13	2,14	ab
OTM5	2,21	b	BBT10	2,09	ab	DLS10	2,72	ab	BAM1	2,28	abc
OTM2	2,42	b	BBT6	2,30	ab	DLS13	2,84	ab	BAM2	2,51	abc
OTM10	2,61	b	BBT3	2,31	ab	DLS7	2,86	ab	BAM5	2,66	abcd
OTM15	2,65	b	BBT14	2,42	ab	DLS5	3,05	ab	BAM12	2,96	abcde
OTM4	2,80	b	BBT13	2,49	ab	DLS1	3,06	b	BAM3	3,08	abcde
OTM12	2,86	b	BBT7	2,56	b	DLS11	3,13	b	BAM14	3,20	abcde
OTM13	2,97	b	BBT4	2,76	b	DLS12	3,15	b	BAM15	3,36	abcde
OTM14	3,39	b	BBT12	2,81	b	DLS6	3,28	b	BAM4	3,39	bcde
OTM3	3,41	b	BBT9	2,93	b	DLS4	3,38	b	BAM8	3,50	bcde
OTM9	3,42	b	BBT15	3,13	b	DLS3	3,48	b	BAM6	3,52	bcde
OTM8	3,51	b	BBT1	3,28	b	DLS14	3,62	b	BAM9	3,72	cde
OTM6	3,71	b	BBT2	3,48	b	DLS2	3,72	b	BAM10	4,00	de
OTM7	4,15	b	BBT11	3,55	b	DLS8	3,86	b	BAM7	4,20	e
Nbre de	G.H	2			2			2			5

- **Nombre de feuilles par plant (NFP) :** La PPDS dégage 5 G.H. pour BAM, l'arbre 11 occupe le premier rang et l'arbre 7 se positionne en dernier. Pour les 3 autres provenances, il ne semble y avoir de différence importante (2 groupes homogènes) en terme de nombre de feuilles par plant entre les groupes de familles (tableau 47).

Tableau 47 : Tests PPDS et groupes homogènes du nombre de nervures par feuille des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM1	2,17	a	BBT8	1,80	a	DLS15	2,47	a	BAM11	1,90	a
OTM11	2,18	ab	BBT5	2,09	a	DLS9	2,60	ab	BAM13	2,14	ab
OTM5	2,21	ab	BBT10	2,09	a	DLS10	2,72	b	BAM1	2,20	abc
OTM2	2,42	ab	BBT6	2,30	a	DLS13	2,84	b	BAM2	2,51	abc
OTM10	2,61	ab	BBT3	2,31	a	DLS7	2,86	b	BAM5	2,66	abcd
OTM15	2,65	ab	BBT14	2,42	a	DLS5	3,05	b	BAM12	2,96	abcde
OTM4	2,8	ab	BBT13	2,49	a	DLS1	3,06	b	BAM3	3,08	abcde
OTM12	2,86	ab	BBT7	2,56	ab	DLS11	3,13	b	BAM14	3,20	abcde
OTM13	2,97	ab	BBT4	2,76	ab	DLS12	3,15	b	BAM15	3,36	abcde
OTM14	3,39	ab	BBT12	2,81	ab	DLS6	3,28	b	BAM4	3,39	bcde
OTM3	3,41	ab	BBT9	2,93	ab	DLS4	3,38	b	BAM8	3,50	bcde
OTM9	3,42	ab	BBT15	3,13	ab	DLS3	3,48	b	BAM6	3,52	bcde
OTM8	3,51	b	BBT1	3,28	b	DLS14	3,62	b	BAM9	3,72	cde
OTM6	3,71	b	BBT2	3,48	b	DLS2	3,72	b	BAM10	4,00	de
OTM7	4,15	b	BBT11	3,55	b	DLS8	3,86	b	BAM7	4,20	e
Nbre de	G.H	2			2			2			5

- **La surface foliaire par plant (SFP) :** La PPDS dégage 5 G.H pour les 15 familles d'OTM. Les arbres 5 et 1 ont les surfaces par plants les plus importantes. L'arbre 7 à la surface foliaire par plant la plus réduite. La PPDS dégage 5 G.H pour les familles de BBT ; l'arbre 11 se classe en tête et possède la plus grande surface par plant et l'arbre 11 occupe le dernier rang avec la surface foliaire la plus réduite. Pour les 2 autres provenances, il ne semble y avoir de différence importante (2 groupes homogènes) en termes de surface foliaire entre les groupes de familles (tableau 48).

Tableau 48: Tests PPDS et groupes homogènes de la surface foliaire par plant des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM5	48,69	a	BBT8	52,34	a	DLS7	76,19	a	BAM11	43,37	a
OTM1	48,74	a	BBT5	69,75	ab	DLS15	78,74	ab	BAM1	50,25	a
OTM11	59,74	ab	BBT10	70,24	ab	DLS13	83,06	ab	BAM13	51,62	a
OTM2	67,31	abc	BBT6	72,24	abc	DLS10	83,31	ab	BAM2	57,66	a
OTM4	69,04	abc	BBT14	75,09	abc	DLS5	85,55	ab	BAM5	57,80	a
OTM15	70,38	abcd	BBT9	79,08	abc	DLS9	86,90	ab	BAM12	68,64	ab
OTM13	72,99	abcd	BBT3	79,54	abc	DLS2	91,19	ab	BAM3	69,67	ab
OTM12	78,48	abcd	BBT13	81,21	abcd	DLS12	100,04	ab	BAM14	70,14	ab
OTM10	85,78	abcd	BBT7	87,52	abcd	DLS11	102,27	ab	BAM8	70,63	ab
OTM9	89,67	bcde	BBT12	88,09	bcd	DLS14	105,63	ab	BAM15	72,53	ab
OTM6	98,77	cde	BBT15	90,62	bcde	DLS3	106,09	ab	BAM6	77,61	ab
OTM14	100,43	cde	BBT4	93,67	bcde	DLS4	111,22	ab	BAM10	78,49	ab
OTM3	102,29	cde	BBT1	107,46	cde	DLS6	111,68	ab	BAM7	85,01	ab
OTM8	108,01	de	BBT2	116,11	de	DLS1	121,10	ab	BAM9	90,74	ab
OTM7	125,13	e	BBT11	125,88	e	DLS8	129,44	ab	BAM4	91,60	ab
Nbre de	G.H	5			5			2			2

1.1.3. Biomasse des plants

Le calcul de la biomasse a porté sur le poids des différentes parties sèches et humides du plant. L'ANOVA a montré un effet intra-provenance très hautement significatif pour l'ensemble des caractères et des groupes de provenance (tableau 49).

Tableau 49 : Analyse de la variance des caractères liés à la biomasse des plants de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière.

Caractère	Provenance	S.C.E	DDL	C.M	F	P	S
PAF	OST	74,9917	14	5,35655	10,31	0,0000	***
	BBT	34,8999	14	2,49285	5,52	0,0000	***
	DLS	70,8351	14	5,05965	16,28	0,0000	***
	BAM	5,32614	14	0,380439	2,40	0,0079	**
PRF	OST	387,291	14	27,6636	9,61	0,0000	***
	BBT	340,399	14	24,3142	5,57	0,0000	***
	DLS	402,936	14	28,7812	14,95	0,0000	***
	BAM	118,787	14	8,48477	5,25	0,0000	***
PTF	OST	764,085	14	54,5775	8,34	0,0000	***
	BBT	129,317	14	9,23694	4,98	0,0000	***
	DLS	890,346	14	63,5961	23,77	0,0000	***
	BAM	144,686	14	10,3347	5,02	0,0000	***
PAS	OST	49,1525	14	3,51089	7,85	0,0000	***
	BBT	7,20875	14	0,514911	4,26	0,0000	***
	DLS	44,2741	14	3,16244	17,73	0,0000	***
	BAM	144,686	14	10,3347	5,02	0,0000	***
PRS	OST	228,171	14	16,2979	5,27	0,0000	***
	BBT	80,0478	14	5,7177	4,09	0,0000	***
	DLS	88,3765	14	6,31261	12,05	0,0000	***
	BAM	2,95028	14	0,210734	3,93	0,0001	***
PTS	OST	441,409	14	31,5292	5,25	0,0000	***
	BBT	129,317	14	9,23694	4,98	0,0000	***
	DLS	187,228	14	13,3735	25,75	0,0000	***
	BAM	2,95028	14	0,210734	3,93	0,0001	***
PAF/PRF	OST	441,409	14	31,5292	5,25	0,0000	***
	BBT	129,317	14	9,23694	4,98	0,0000	***
	DLS	187,228	14	13,3735	25,75	0,0000	***
	BAM	2,95028	14	0,210734	3,93	0,0001	***
PRF/PRS	OST	28,4866	14	2,03476	1,92	0,0371	*
	BBT	13,7416	14	0,981544	8,65	0,0000	***
	DLS	11,6802	14	0,834298	7,58	0,0000	***
	BAM	7,04552	14	0,503251	5,77	0,0000	***
PAS/PRS	OST	4,01489	14	0,286778	3,24	0,0005	***
	BBT	0,170107	14	0,0121505	5,18	0,0000	***
	DLS	5,59422	14	0,399587	12,17	0,0000	***
	BAM	0,194382	14	0,0138844	2,70	0,0030	***

- **Le poids aérien frais des plants (PAF) :** La PPDS dégage 5 G.H pour les 15 familles d'OTM. Les arbres 1, 2 et 10 ont les poids aériens frais les plus élevés, les arbres 12, 8, 4 et 3 ont les poids aériens frais les plus faibles. Le test PPDS permet de distinguer 4 G.H pour les familles de BBT ; Les arbres 1 et 9 sont en tête et 6 en dernier. La PPDS dégage 5

pour DLS. Les arbres 8, 2, 7 et 10 occupent le premier rang, par contre 1, 4 et 5 se partagent le dernier rang. Pour BAM, 5 G.H. sont fournis par la PPDS et permettent de classer BAM6 en tête et BAM 10 et BAM 15 en dernier (tableau 50).

- **Le poids racinaire frais des plants (PRF) :** La PPDS dégage 3 G.H. dans le cas d'OTM. Les arbres 1 et 10 ont les poids aériens frais les moins élevés, les arbres 12, 8, 4 et 3 ont les poids aériens frais les plus élevés. Le test PPDS permet de diviser BBT en 6 G.H ; les arbres 2 et 6 sont en tête, l'arbre 1 constitue le dernier groupe. La PPDS dégage 3 G.H. pour DLS. Les arbres 1, 4, 9 et 5 sont en premier rang, par contre, 10, 8, 14, 2, 7, 6 et 3 se partagent le dernier rang. La PPDS dégage 4 G.H pour les familles de BAM avec BAM5 en tête et BAM6 en dernier (tableau 51).

Tableau 50: Tests PPDS et groupes homogènes du poids aérien frais des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM1	2,31	a	BBT1	2,36	a	DLS8	2,99	a	BAM6	3,19	a
OTM2	2,44	a	BBT9	2,43	a	DLS2	3,05	a	BAM3	3,28	ab
OTM10	2,46	a	BBT5	2,65	ab	DLS7	3,13	a	BAM12	3,39	abc
OTM11	2,55	ab	BBT15	2,95	abc	DLS10	3,26	a	BAM13	3,48	abcd
OTM6	2,56	ab	BBT11	2,99	abc	DLS14	3,30	a	BAM4	3,49	abcd
OTM15	2,90	abc	BBT13	3,21	bc	DLS6	3,39	ab	BAM7	3,59	abcde
OTM9	2,92	abc	BBT4	3,23	bc	DLS3	3,48	ab	BAM5	3,60	abcde
OTM7	3,30	bcd	BBT8	3,27	bc	DLS15	4,02	bc	BAM2	3,60	abcde
OTM13	3,33	bcd	BBT3	3,30	bc	DLS11	4,13	c	BAM14	3,66	bcde
OTM5	3,44	cd	BBT12	3,31	bc	DLS12	4,47	cd	BAM11	3,75	cde
OTM14	3,80	d	BBT10	3,40	bc	DLS9	4,93	de	BAM8	3,82	cde
OTM12	4,66	e	BBT2	3,44	c	DLS13	5,03	de	BAM9	3,86	de
OTM8	4,73	e	BBT14	3,63	c	DLS1	5,27	e	BAM1	3,90	de
OTM4	4,80	e	BBT7	3,64	c	DLS4	5,37	e	BAM10	4,00	e
OTM3	4,85	e	BBT6	5,11	d	DLS5	5,44	e	BAM15	4,02	e
Nbre de	G.H	5			4			5			5

Tableau 51: Tests PPDS et groupes homogènes du poids racinaire frais des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	GH	FAMI	M	GH	FAMI	M	GH	FAMI	M	GH
OTM10	4,49	a	BBT1	4,42	a	DLS10	4,30	a	BAM6	4,53	a
OTM1	5,05	a	BBT9	5,28	ab	DLS8	5,23	a	BAM14	6,67	b
OTM11	5,22	ab	BBT5	6,12	abc	DLS14	5,24	a	BAM7	6,69	b
OTM7	5,34	ab	BBT15	7,48	bcd	DLS2	5,27	a	BAM13	7,28	ab
OTM2	5,41	ab	BBT11	7,95	cde	DLS7	5,28	a	BAM1	7,29	ab
OTM6	5,41	ab	BBT13	8,20	cdef	DLS6	5,34	a	BAM8	7,38	ab
OTM15	5,93	ab	BBT4	9,67	def	DLS3	5,36	a	BAM10	7,61	abc
OTM13	6,10	ab	BBT10	9,83	def	DLS11	7,72	b	BAM11	7,93	abcd
OTM5	6,19	ab	BBT8	9,86	def	DLS12	7,74	b	BAM15	8,29	bcd
OTM9	6,25	ab	BBT12	10,0	ef	DLS15	7,82	b	BAM12	8,31	bcd
OTM14	7,07	b	BBT3	10,08	ef	DLS13	8,27	b	BAM3	8,33	bcd
OTM8	9,62	c	BBT14	10,2	ef	DLS4	10,03	c	BAM4	8,52	bcd
OTM12	10,0	c	BBT7	10,23	ef	DLS1	10,0	c	BAM2	8,88	cd
OTM3	10,4	c	BBT2	10,39	f	DLS5	10,26	c	BAM9	8,94	cd
OTM4	10,57	c	BBT6	10,49	f	DLS9	10,27	c	BAM5	9,26	d
Nbre de	G.H	3			6			4			6

- **Le poids frais total des plants (PTF) :** La PPDS dégage 5 G.H pour les 15 familles d'OTM : OTM12, OTM3 et OTM4 occupent le groupe de tête et OTM10, OTM 1 et OTM2 forment le dernier groupe. Le test PPDS divise BBT en 6 G.H; les arbres 6 et 10 sont en tête, l'arbre 1 constitue le dernier groupe. La PPDS dégage 3 G.H. pour DLS. Les arbres 1, 4, 9,11 et 5 occupent le premier rang, par contre, 10, 8, 7, 2, 14, 6 et 3 se partagent le dernier rang. La PPDS dégage 5 G.H pour les familles de BAM. BAM5 est en tête et BAM6 en dernier (tableau 52).

Tableau 52: Tests PPDS et groupes homogènes du poids frais total des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	GH	FAMI	M	GH	FAMI	M	GH	FAMI	M	GH
OTM10	6,96	a	BBT1	5,42	a	DLS10	7,57	a	BAM6	7,72	a
OTM1	7,36	a	BBT9	5,60	ab	DLS8	8,23	a	BAM7	10,28	b
OTM2	7,85	a	BBT5	5,7	abc	DLS2	8,33	a	BAM14	10,35	b
OTM6	7,98	ab	BBT12	6,09	abcd	DLS7	8,42	a	BAM13	10,64	bc
OTM7	8,65	ab	BBT4	6,40	abcd	DLS14	8,57	a	BAM1	11,2	bcd
OTM15	8,83	abc	BBT11	6,73	abcd	DLS6	8,73	a	BAM8	11,21	bcd
OTM9	9,17	abc	BBT8	6,97	abcd	DLS3	8,84	a	BAM3	11,61	bcde
OTM13	9,30	abc	BBT3	6,98	abcd	DLS15	11,86	b	BAM10	11,62	bcde
OTM5	9,64	abc	BBT15	7,16	bcd	DLS12	12,22	b	BAM12	11,77	bcde
OTM14	10,95	bc	BBT13	7,18	cd	DLS13	12,92	b	BAM4	12,01	cde
OTM11	11,73	cd	BBT14	7,34	de	DLS9	15,20	c	BAM15	12,31	de
OTM8	14,36	de	BBT7	7,43	de	DLS1	15,35	c	BAM11	12,32	de
OTM12	14,80	e	BBT2	8,90	ef	DLS4	15,43	c	BAM2	12,48	de
OTM3	15,24	e	BBT6	9,10	f	DLS11	15,48	c	BAM9	12,80	de
OTM4	15,39	e	BBT10	9,42	f	DLS5	15,66	c	BAM5	12,86	e
Nbre de	G.H	5			6			3			5

- **Le poids aérien sec des plants (PAS) :** La PPDS divise les 15 familles d'OTM en 5 G.H : OTM8 et OTM3, représentent le groupe de tête et OTM1 et OTM6 constituent le dernier groupe. Le test PPDS divise BBT en 6 G.H ; l'arbre 10 est en tête, l'arbre 1 représente le dernier groupe. La PPDS divise les 15 familles de DLS en 4 G.H. Les arbres 5 et 8 sont en premier rang, par contre, les arbres 6 et 2 se partagent le dernier rang. La PPDS dégage 5 G.H pour les familles de BAM avec BAM1 en tête et BAM3 en dernier (tableau 53).

Tableau 53: Tests PPDS et groupes homogènes du poids aérien sec des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	GH	FAMI	M	GH	FAMI	M	GH	FAMI	M	GH
OTM1	1,37	a	BBT1	1,42	a	DLS7	1,56	a	BAM3	2,01	a
OTM6	1,43	a	BBT5	1,45	ab	DLS2	1,64	a	BAM6	2,20	ab
OTM11	1,54	ab	BBT9	1,63	abc	DLS11	2,51	b	BAM2	2,21	ab
OTM7	1,72	abc	BBT4	1,83	bcd	DLS14	2,62	b	BAM13	2,24	abc
OTM5	1,73	abc	BBT13	1,84	bcd	DLS9	3,24	c	BAM12	2,25	abc
OTM13	1,74	abc	BBT15	1,9	cde	DLS1	3,41	cd	BAM5	2,26	abc
OTM2	1,76	abc	BBT12	1,94	cde	DLS10	3,42	cd	BAM4	2,26	abc
OTM10	1,91	abc	BBT11	1,97	cde	DLS15	3,43	cd	BAM9	2,35	bcd
OTM15	2,08	abc	BBT3	1,99	cdef	DLS5	3,45	cd	BAM15	2,37	bcd
OTM9	2,24	bc	BBT7	2,17	def	DLS4	3,47	cd	BAM11	2,48	cde
OTM14	2,45	cd	BBT2	2,19	def	DLS13	3,52	cd	BAM14	2,49	cde
OTM4	3,21	de	BBT14	2,2	def	DLS6	3,59	cd	BAM10	2,55	de
OTM12	3,21	de	BBT6	2,26	ef	DLS12	3,65	cd	BAM7	2,55	de
OTM8	3,48	e	BBT8	2,27	ef	DLS3	3,8	d	BAM8	2,61	de
OTM3	3,53	e	BBT10	2,37	f	DLS8	3,84	d	BAM1	2,69	e
Nbre de	G.H	5			6			4			5

- **Le poids racinaire sec des plants (PRS) :** La PPDS répartie les 15 familles de OTM en 2 G.H seulement : les arbres 12, 3, 8 et 4 représentent le groupe de tête et les arbres 2, 7, 5, 9, 11, 15, 10, 1, 13 forment le dernier groupe. La PPDS divise BBT en 5 G.H ; l'arbre 10 est en tête, l'arbre 9 est en dernier groupe. La PPDS divise les 15 familles de DLS en 5 G.H. Les arbres 1 et 5 constituent le premier rang, par contre, 6, 7,3, 14, 2, 8, 10 et 15 présentent le dernier rang. La PPDS permet de distinguer 4 G.H pour les familles de BAM avec BAM 1 en tête et BAM3 en dernier (tableau 54).

Tableau 54: Tests PPDS et groupes homogènes du poids racinaire sec des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	GH	FAMI	M	GH	FAMI	M	GH	FAMI	M	GH
OTM2	1,86	a	BBT9	3,97	a	DLS6	2,94	a	BAM10	4,23	a
OTM7	2,05	a	BBT1	4,01	ab	DLS7	2,98	a	BAM15	4,26	ab
OTM5	2,49	a	BBT5	4,25	ab	DLS3	3,02	a	BAM9	4,29	abc
OTM9	2,58	a	BBT4	4,57	abc	DLS14	3,04	a	BAM2	4,34	abcd
OTM11	2,96	a	BBT8	4,71	abc	DLS2	3,06	a	BAM4	4,36	abcd
OTM15	3,29	a	BBT12	4,84	abc	DLS8	3,12	a	BAM11	4,40	abcd
OTM10	3,30	a	BBT3	5,00	abc	DLS10	3,22	a	BAM1	4,46	abcd
OTM1	3,51	a	BBT14	5,15	abc	DLS15	3,27	a	BAM6	4,55	bcd
OTM13	3,72	a	BBT15	5,27	abc	DLS9	3,57	ab	BAM14	4,56	bcd
OTM6	3,79	a	BBT7	5,27	abc	DLS11	4,21	bc	BAM7	4,57	bcd
OTM14	3,86	a	BBT13	5,35	bc	DLS12	4,42	c	BAM5	4,58	bcd
OTM12	6,05	b	BBT11	5,67	cd	DLS13	4,64	cd	BAM13	4,59	cd
OTM3	6,15	b	BBT2	6,72	de	DLS4	5,38	de	BAM8	4,59	cd
OTM8	6,21	b	BBT6	6,85	de	DLS1	5,52	e	BAM12	4,62	d
OTM4	7,04	b	BBT10	7,06	e	DLS5	5,77	e	BAM3	4,65	d
Nbre	G.H	2			5			5			4

- **Le poids total sec des plants (PTS) :** La PPDS permet de distinguer 4 G.H dans les 15 familles d'OTM : l'arbre 4 se positionne en tête et les arbres 2, 7 et 5, représentent le dernier groupe. La PPDS répartie les 15 familles de BBT en 6 G.H ; les arbres 10 et 6 occupent le premier rang et l'arbre 1 le dernier rang. La PPDS divise les 15 familles de DLS en 6 G.H. L'arbre 5 occupe le premier rang et les arbres 2 et 7 le dernier rang. La PPDS répartie les familles de BAM en 5 G.H avec BAM 8 en tête, BAM2 et BAM11 en dernier (tableau 55).

- **Le rapport (PAF/PRF) :** Les tests PPDS montrent que les 15 familles d'OTM se composent de 6 G.H ; l'arbre 7 présente le premier rang et les arbres 1, 2, 3,4, 9 et 12 occupent le dernier rang. Ces tests réparties les 15 familles de BBT entre 7 G. H ; l'arbre 1 occupe la tête du classement et les arbres 2, 3, 4, 8 et 12 la dernière classe. La PPDS divise les 15 familles de DLS en 7 G.H. L'arbre 10 occupe le premier rang et l'arbre 9 constitue le dernier rang. La PPDS répartie les familles de BAM en 7 G.H avec BAM 6 en tête et BAM5 en dernier (tableau 56).

Tableau 55: Tests PPDS et groupes homogènes du poids total sec des plants des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	GH	FAMI	M	GH	FAMI	M	GH	FAMI	M	GH
OTM2	3,61	a	BBT1	5,42	a	DLS7	4,53	a	BAM11	6,50	a
OTM7	3,77	a	BBT9	5,60	ab	DLS2	4,70	a	BAM2	6,55	a
OTM5	4,22	a	BBT5	5,70	abc	DLS14	5,65	b	BAM4	6,62	ab
OTM9	4,81	ab	BBT12	6,10	abcd	DLS6	6,52	c	BAM15	6,62	ab
OTM1	4,88	ab	BBT4	6,40	abcd	DLS10	6,64	c	BAM9	6,64	abc
OTM10	5,22	ab	BBT11	6,74	abcd	DLS15	6,70	c	BAM3	6,65	abc
OTM6	5,22	ab	BBT8	6,98	abcd	DLS9	6,81	c	BAM6	6,76	abcde
OTM15	5,38	ab	BBT3	6,99	abcd	DLS3	6,82	c	BAM10	6,78	abcde
OTM13	5,46	ab	BBT15	7,17	bcd	DLS8	6,96	c	BAM13	6,83	abcde
OTM14	6,3	ab	BBT13	7,19	cd	DLS12	8,06	d	BAM5	6,83	abcde
OTM11	7,05	bc	BBT14	7,35	de	DLS13	8,16	de	BAM12	6,96	abcde
OTM12	9,19	cd	BBT7	7,43	de	DLS4	8,85	def	BAM14	7,05	bcde
OTM3	9,69	cd	BBT2	8,9	ef	DLS11	8,87	def	BAM7	7,12	cde
OTM8	9,69	cd	BBT6	9,11	f	DLS1	8,93	ef	BAM1	7,15	de
OTM4	10,25	d	BBT10	9,43	f	DLS5	9,22	f	BAM8	7,20	e
Nbre GH	4		6			6			5		

Tableau 56 : Tests PPDS et groupes homogènes du rapport (PAF/PRF) des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM2	0,44	a	BBT3	0,32	a	DLS9	0,47	a	BAM5	0,38	a
OTM4	0,44	a	BBT12	0,32	a	DLS1	0,51	ab	BAM3	0,40	ab
OTM1	0,45	a	BBT8	0,32	a	DLS4	0,52	ab	BAM12	0,40	ab
OTM12	0,45	a	BBT4	0,33	a	DLS5	0,53	ab	BAM4	0,40	ab
OTM3	0,45	a	BBT2	0,34	a	DLS15	0,53	ab	BAM2	0,40	abc
OTM9	0,46	a	BBT7	0,34	ab	DLS11	0,54	ab	BAM9	0,43	abc
OTM6	0,47	ab	BBT14	0,34	ab	DLS8	0,57	bc	BAM11	0,47	abcd
OTM11	0,48	abc	BBT10	0,35	abc	DLS13	0,57	bc	BAM15	0,48	abcd
OTM15	0,49	abc	BBT11	0,41	bcd	DLS2	0,57	bc	BAM8	0,51	bcd
OTM8	0,50	abcd	BBT15	0,42	cd	DLS12	0,59	bc	BAM13	0,52	bcd
OTM13	0,53	bcde	BBT5	0,43	d	DLS7	0,59	bc	BAM10	0,52	bcd
OTM10	0,54	cdef	BBT13	0,45	d	DLS6	0,63	c	BAM1	0,53	cd
OTM14	0,56	def	BBT6	0,48	de	DLS14	0,63	c	BAM7	0,56	d
OTM5	0,56	ef	BBT9	0,48	de	DLS3	0,64	c	BAM14	0,57	d
OTM7	0,61	f	BBT1	0,53	e	DLS10	0,78	d	BAM6	0,78	e
Nbre de G.H	6		5			4			5		

- **Le rapport (PAS/PRS) :** Le test PPDS dégage 6 G.H. pour les 15 familles d'OTM ; l'arbre 2 occupe le premier rang et les arbres 1 et 6 se partagent le dernier rang. Ce test répartit les 15 familles de BBT entre 6 G.H ; l'arbre 8 occupe le groupe de tête et 2, 6, 10 et 5 se distinguent dans le dernier groupe. La PPDS divise les 15 familles de DLS en 5 G.H. l'arbre 3 occupe le premier rang et les arbres 7, 2, 5 et 1 forment le dernier rang. La PPDS répartie les

familles de BAM en 4 G.H avec BAM 1 et BAM 10 dans le premier groupe et BAM3 dans le dernier (tableau 57).

Tableau 57: Tests PPDS et groupes homogènes du rapport (PAS/PRS) des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM6	0,39	a	BBT2	0,33	a	DLS7	0,52	a	BAM3	0,43	a
OTM1	0,39	a	BBT6	0,33	a	DLS2	0,53	a	BAM12	0,48	ab
OTM4	0,45	ab	BBT10	0,33	a	DLS5	0,59	a	BAM6	0,48	abc
OTM12	0,55	abc	BBT5	0,34	a	DLS1	0,62	a	BAM13	0,48	abc
OTM13	0,59	abcd	BBT13	0,35	ab	DLS11	0,66	ab	BAM5	0,49	abc
OTM11	0,59	abcd	BBT1	0,35	abc	DLS4	0,67	ab	BAM2	0,51	abc
OTM8	0,63	abcd	BBT11	0,35	abc	DLS13	0,85	bc	BAM4	0,54	bcd
OTM10	0,64	abcd	BBT15	0,37	abcd	DLS14	0,86	bc	BAM9	0,54	bcd
OTM3	0,74	bcde	BBT4	0,40	bcde	DLS12	0,92	c	BAM14	0,54	bcd
OTM14	0,77	bcdef	BBT3	0,40	cde	DLS9	0,94	c	BAM15	0,55	bcd
OTM15	0,78	bcdef	BBT12	0,40	cde	DLS15	1,04	cd	BAM7	0,56	bcd
OTM5	0,83	cdef	BBT9	0,41	cde	DLS10	1,06	cde	BAM11	0,56	cd
OTM7	0,90	def	BBT7	0,42	de	DLS6	1,22	de	BAM8	0,56	cd
OTM9	1,05	ef	BBT14	0,43	ef	DLS8	1,23	de	BAM10	0,60	d
OTM2	1,11	f	BBT8	0,48	f	DLS3	1,25	e	BAM1	0,60	d
Nbre	G.H	6			6			5			4

- **Le rapport (PRF/PRS) :** L'application de la PPDS sur les 15 familles d'OTM dégage 4 G.H ; les arbres 1, 6 et 10 constituent le dernier rang et l'arbre 2 se présente dans le premier rang. La PPDS répartie les 15 familles de BBT entre 4 G.H ; l'arbre 4 se distingue dans le groupe de tête et l'arbre 1 occupe le dernier groupe. Le test divise les 15 familles de DLS en 5 G.H. L'arbre 9 se classe dans le premier rang et l'arbre 10 occupe le dernier rang. La PPDS répartie les familles de BAM en 6 G.H, BAM 5, BAM 2 et BAM 9 sont dans le premier groupe et BAM6 est dans le dernier (tableau 58).

Tableau 58: Tests PPDS et groupes homogènes du rapport (PRF/PRS) des 4 groupes de familles de Chêne vert en pépinière.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM1	1,44	a	BBT1	1,10	a	DLS10	1,33	a	BAM6	0,99	a
OTM6	1,47	a	BBT9	1,30	ab	DLS8	1,68	ab	BAM14	1,45	b
OTM10	1,53	a	BBT11	1,33	ab	DLS2	1,72	c	BAM7	1,46	b
OTM8	1,77	ab	BBT10	1,37	ab	DLS14	1,73	c	BAM13	1,58	bc
OTM12	1,98	abc	BBT15	1,40	ab	DLS12	1,75	c	BAM8	1,61	bcd
OTM3	1,99	abc	BBT5	1,43	ab	DLS5	1,77	c	BAM1	1,63	bcde
OTM13	2,10	abc	BBT13	1,50	b	DLS3	1,77	c	BAM11	1,80	cdef
OTM11	2,11	abc	BBT6	1,51	b	DLS7	1,77	c	BAM10	1,80	cdef
OTM15	2,21	abcd	BBT2	1,51	b	DLS13	1,78	c	BAM3	1,80	cdef
OTM14	2,27	abcd	BBT7	1,98	c	DLS11	1,82	c	BAM12	1,80	cdef
OTM4	2,44	abcd	BBT14	2,02	c	DLS6	1,82	c	BAM4	1,94	def
OTM7	2,78	bcd	BBT3	2,06	c	DLS1	1,82	c	BAM15	1,95	ef
OTM9	2,98	cd	BBT8	2,09	c	DLS4	2,03	cd	BAM5	2,02	f
OTM5	3,03	cd	BBT12	2,13	cd	DLS15	2,39	d	BAM2	2,04	f
OTM2	3,30	d	BBT4	2,48	d	DLS9	2,98	e	BAM9	2,09	f
Nbre de	G.H	4			4			5			6

2. Stade champ

2.1. Analyse univariée

Une analyse de type ANOVA est faite sur les taux de survie, la hauteur totale et le diamètre au collet des plants dans les deux sites, à la plantation (Janvier 2008) et à la fin de la période d'essai (Septembre 2011). L'analyse est suivie d'un test PPDS dans le cas de significativité des résultats.

2.1.1. Evolution de la survie des plants

L'ANOVA n'a pas été significative pour les mesures de survie à la plantation (SJ8) pour les 4 groupes de familles et dans les deux sites (tableau 59).

Tableau 59 : Analyse de la variance des taux de survie des plants (SJ8) de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière, dans les sites 1 et 2.

Caractère	Provenance	Sites	S.C.E	DDL	C.M	F	P	S
SJ8	OTM	1	0,00578	14	0,00041	0,93	0,5412	ns
		2	0,00578	14	0,00041	0,93	0,5412	ns
	BBT	1	0,06311	14	0,00451	0,88	0,5844	ns
		2	0,00311	14	0,00022	1	0,4777	ns
	DLS	1	0,03778	14	0,0027	0,32	0,9863	ns
		2	0,00311	14	0,00022	1	0,4777	ns
	BAM	1	0,02978	14	0,00213	0,37	0,9744	ns
		2	0,00311	14	0,00022	1	0,4777	ns

L'ANOVA appliquée aux données intra provenance des taux de survie des 4 groupes de familles en Septembre 2011 (SS11), a été significative au sein du groupes de familles: OTM, BBT et DLS dans le deuxième site seulement (tableau 60).

La PPDS permet de distinguer 6 groupes homogènes au sein des 15 familles OTM. OTM15 occupe le premier rang et OTM3 occupe le dernier rang. La PPDS dégage 5 G.H au sein de BBT, avec BBT1 en tête du classement et BBT6 en dernier. La PPDS dégage 5 G.H au sein de DLS, avec DLS1 en premier rang et DLS10, DLS3, DLS6 et DLS12 en dernier rang (tableau 61).

Tableau 60: Analyse de la variance des taux de survie des plants (SS11) de Chêne vert des 4 groupes de familles, dans les 2 sites.

Caractère	Provenance	Site	S.C.E	DDL	C.M	F	P	S
SS11	OTM	1	3,45778	14	0,246984	1,01	0,4382	ns
		2	0,728231	14	0,0520165	2,96	0,0061	*
	BBT	1	4,11111	14	0,293651	1,22	0,2582	ns
		2	1,38546	14	0,0989613	3,65	0,0014	**
	DLS	1	4,85333	14	0,346667	1,40	0,1481	ns
		2	0,814098	14	0,0581498	4,47	0,0003	***
	BAM	1	2,44444	14	0,174603	0,75	0,7187	ns
		2	0,218653	14	0,0156181	1,30	0,2631	ns

Tableau 61: Tests PPDS et groupes homogènes du taux de survie des 4 groupes de familles de Chêne vert sur le site 2.

FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H	FAMI	M	G.H
OTM3	0,06	a	BBT6	0,03	a	DLS10	0,08	a	BAM 2	0,53	a
OTM4	0,13	ab	BBT11	0,10	ab	DLS3	0,10	a	BAM 3	0,53	a
OTM6	0,16	abc	BBT8	0,23	abc	DLS6	0,13	a	BAM 12	0,56	a
OTM10	0,18	abcd	BBT13	0,26	abcd	DLS12	0,13	a	BAM 13	0,56	a
OTM8	0,20	abcd	BBT14	0,30	abcd	DLS14	0,20	ab	BAM 11	0,60	a
OTM9	0,26	abcde	BBT2	0,33	bcd	DLS5	0,20	ab	BAM 5	0,60	a
OTM2	0,33	bcde	BBT12	0,33	bcd	DLS4	0,20	ab	BAM 7	0,63	a
OTM5	0,36	cdef	BBT10	0,39	cd	DLS9	0,23	abc	BAM 6	0,66	a
OTM13	0,40	def	BBT7	0,40	cd	DLS11	0,33	bcd	BAM 10	0,66	a
OTM11	0,40	def	BBT5	0,40	cd	DLS7	0,33	bcd	BAM 8	0,66	a
OTM7	0,40	def	BBT15	0,43	cd	DLS15	0,33	bcd	BAM 15	0,70	a
OTM12	0,40	def	BBT4	0,43	cd	DLS8	0,36	bcd	BAM 14	0,70	a
OTM14	0,43	ef	BBT9	0,50	cd	DLS13	0,40	cde	BAM 1	0,70	a
OTM1	0,43	ef	BBT3	0,53	de	DLS2	0,43	de	BAM 9	0,76	a
OTM15	0,50	f	BBT1	0,80	e	DLS1	0,56	e	BAM 4	0,76	a
Nbre de	G. H	6			5			5			1

2.1.2. Evolution de la hauteur des plants

L'application de l'ANOVA aux données des hauteurs totales des 4 groupes de familles, juste après plantation (HJ8), n'a pas été significative, sauf pour BAM dans le site 2 (tableau 62). La PPDS permet de distinguer 7 G.H (tableau 63). Les familles BAM2 et BAM12 ont les hauteurs les plus élevées (22,83 cm) et BAM4 à la hauteur la plus faible (13,5cm).

Tableau 62 : Analyse de la variance des hauteurs des plants (HJ8) de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière et dans les 2 sites.

Caractère	Provenance	Site	S.C.E	DDL	C.M	F	P	S
HJ8	OST	1	127,478	14	9,10556	0,86	0,6082	ns
		2	0,00577	14	0,00041	0,93	0,5412	ns
	BBT	1	148,033	14	10,5738	0,70	0,7525	ns
		2	254,688	14	18,192	1,82	0,0829	ns
	DLS	1	359,478	14	25,677	0,73	0,7323	ns
		2	385,144	14	27,5103	1,00	0,4795	ns
	BAM	1	191,911	14	13,7079	1,87	0,0738	ns
		2	386,744	14	27,6246	4,42	0,0003	***

Tableau 63 : Tests PPDS et groupes homogènes de la hauteur totale des 15 familles BAM de Chêne vert sur le site 2.

FAMI	M (hauteur (cm))	G.H
BAM15	13,50	a
BAM3	14,83	ab
BAM13	15,50	abc
BAM8	16,16	abcd
BAM1	16,83	abcde
BAM10	18,00	bcde
BAM6	18,33	bcdef
BAM5	18,83	bcdefg
BAM11	19,50	cdefg
BAM7	19,83	defg
BAM14	20,66	efg
BAM9	22,33	fg
BAM4	22,33	fg
BAM2	22,83	g
BAM12	22,83	g
Nbre de G.H.		7

L'ANOVA appliquée aux données des hauteurs (HS11) des 4 groupes de familles n'a pas été significative (tableau 64).

Tableau 64 : Analyse de la variance des hauteurs des plants (HS11) de Chêne vert des 4 groupes de familles dans les 2 sites.

Caractère	Provenance	Site	S.C.E	DDL	C.M	F	P	S
HS11	OST	1	10396,0	14	742,572	1,11	0,3457	ns
		2	7964,91	14	568,922	0,63	0,8198	ns
	BBT	1	21742,4	14	1553,03	1,70	0,0525	ns
		2	11454,1	14	818,153	1,51	0,1684	ns
	DLS	1	18377,1	14	1312,65	1,66	0,0605	ns
		2	8738,63	14	624,188	0,87	0,5940	ns
	BAM	1	11295,9	14	806,853	0,83	0,6314	ns
		2	17374,2	14	1241,02	1,76	0,0938	ns

2.1.3. Evolution du diamètre au collet des plants

L'analyse ANOVA des diamètres des plants juste après plantation (DJ8) n'a pas été significative, sauf pour OTM et BAM, dans le deuxième site (tableau 65). La PPDS permet de distinguer 4 groupes homogènes pour OTM, avec en tête OTM10 et en dernier OTM4. Elle dégage 4 GH pour BAM, avec en tête BAM2 et en dernier BAM15 (tableau 66).

Tableau 65 : Analyse de la variance des diamètres aux collets des plants (DJ8) de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière et dans les 2 sites.

Caractère	Provenance	Site	S.C.E	DDL	C.M	F	P	S
DJ8	OTM	1	0,932444	14	0,0666032	1,16	0,3543	ns
		2	182,578	14	13,0413	2,94	0,0065	***
	BBT	1	0,323111	14	0,0230794	0,37	0,9727	ns
		2	0,545778	14	0,0389841	0,79	0,6683	ns
	DLS	1	0,769778	14	0,0549841	0,82	0,6413	ns
		2	2,46578	14	0,176127	0,50	0,9172	ns
	BAM	1	191,911	14	13,7079	1,87	0,0738	ns
		2	1,33867	14	0,095619	2,06	0,0476	*

Tableau 66: Tests PPDS et groupes homogènes du diamètre au collet (DJ8) des 15 familles BAM de Chêne vert sur le site 2.

FAMI	M (Diamètre au collet (mm))	G.H	FAMI	M (Diamètre au collet (mm))	G.H
OTM10	13,00	a	BAM15	0,70	a
OTM14	15,66	a	BAM3	0,86	ab
OTM7	15,83	a	BAM8	0,86	ab
OTM6	16,00	a	BAM13	0,90	abc
OTM3	16,00	a	BAM5	1,00	abc
OTM8	16,16	a	BAM10	1,00	abc
OTM15	16,33	a	BAM1	1,00	abc
OTM9	16,33	a	BAM6	1,03	abcd
OTM2	17,66	a	BAM7	1,06	bcd
OTM1	17,83	a	BAM11	1,10	bcd
OTM12	18,00	a	BAM14	1,20	bcd
OTM11	18,66	a	BAM9	1,23	cd
OTM5	19,00	a	BAM4	1,23	cd
OTM4	20,33	a	BAM12	1,23	cd
OTM13	21,33	a	BAM2	1,36	d
Nbre de G.H		1		4	

L'analyse de la variance des diamètres n'a pas été significative pour les quatre groupes de familles retenus durant la mesure de Septembre 2011(tableau 67).

Tableau 67 : Analyse de la variance des diamètres aux collets des plants (DS11) de Chêne vert des 4 groupes de familles en pépinière et dans les 2 sites.

Caractère	Provenance	Site	S.C.E	DDL	C.M	F	P	S
DS11	OTM	1	6,55498	14	0,468213	1,02	0,4315	ns
		2	6,05911	14	0,432794	0,62	0,8300	ns
	BBT	1	14,3132	14	1,02237	1,43	0,1366	ns
		2	8,8	14	0,628571	1,48	0,1769	ns
	DLS	1	12,741	14	0,91007	1,61	0,0733	ns
		2	6,82978	14	0,487841	0,85	0,6128	ns
	BAM	1	10,491	14	0,749356	1,27	0,2194	ns
		2	13,1458	14	0,938984	1,72		ns

2.2. Analyse multivariée

L'analyse multi variable intra provenance au stade champ est réalisée sur la base de la comparaison des descendance des 60 familles appartenant aux quatre groupes de familles : OTM, BBT, DLS, BAM, dans les deux sites.

Dans le premier site, les axes 1, 2 et 3, présentent l'essentiel des caractères bien corrélés de L'ACP, fournissant ainsi 66, 64 % de la variance totale (figures 37 et 38).

- L'axe 1 explique 30,37 % de la variance totale. Les caractères : DS8, DM9, DS9, DM10, DS10, DM11 et DS11 sont corrélés négativement à cet axe.
- L'axe 2 contribue avec 19,82 % à la variance totale. Les caractères : SS9, SM10, SS10, SM11 et SS11, lui sont corrélés positivement.
- L'axe 3 capte 16,46 % de la variance totale. Les caractères : HS10, HM11 et HS11, lui sont corrélés négativement.

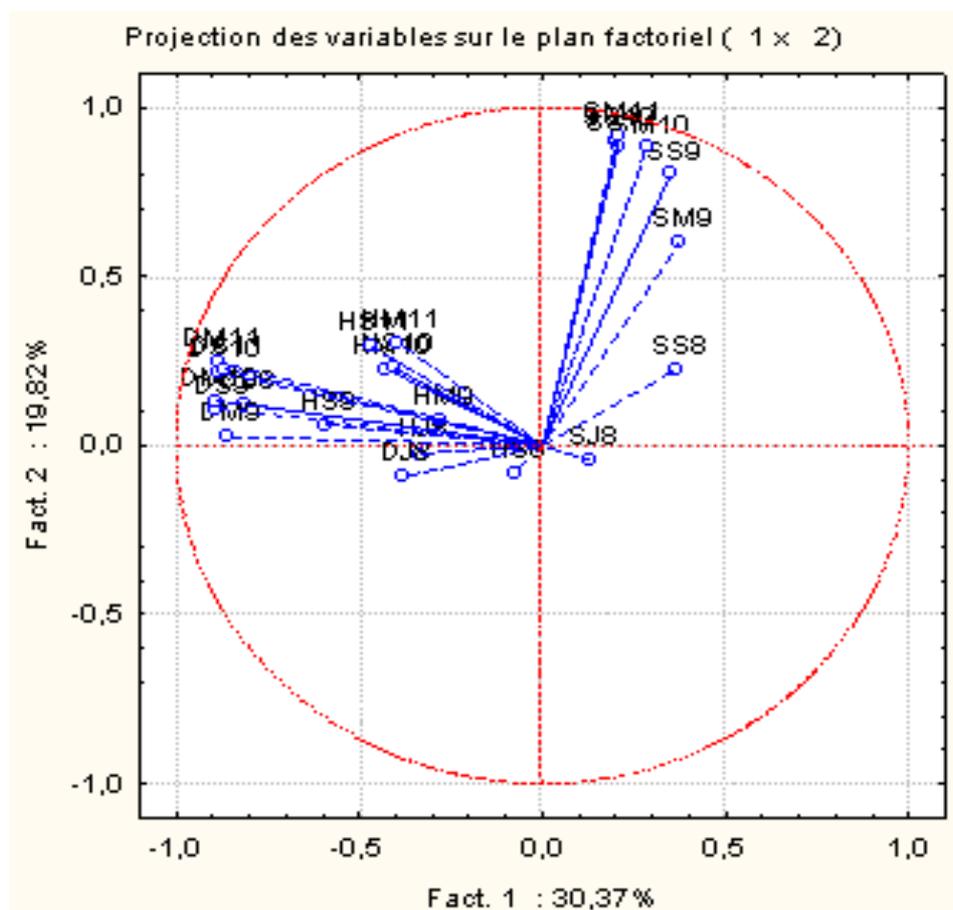


Figure 37 : Représentation des caractères des plants de la variabilité intra provenance (site 1) sur le plan factoriel (1X2).

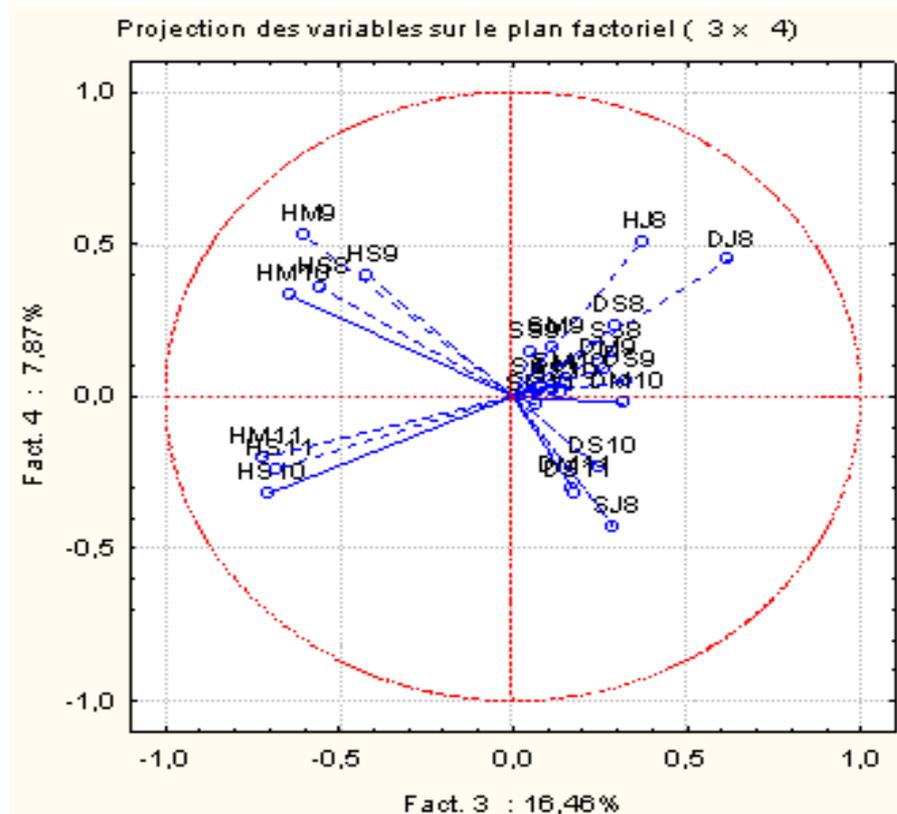


Figure 38 : Représentation des caractères des plants de la variabilité intra provenance (site 1) sur le plan factoriel (3X4).

La superposition des données des figures 37 et 39 montre une correspondance positive sur le coté négatif de l'axe 1 entre les familles : BAM14, BAM6 et les caractères : DS8, DM9, DS9, DM10, DS10, DM11 et DS11, et une correspondance négative sur le coté positif de cet axe entre ces mêmes caractères et les familles BBT15, OTM15. Aussi, une correspondance sur la partie positive de l'axe 2 entre BBT11 et les caractères : SS9, SM10, SS10, SM11 et SS11.

De la même façon, la projection des données des figures 38 et 40 sur un même plan met en évidence une correspondance positive entre BAM6, BAM5, BAM3, BAM 8, et les caractères : HS10, HM11 et HS11 d'un coté et ces mêmes caractères et OTM8 et OTM13 sur la partie opposée de l'axe 3.

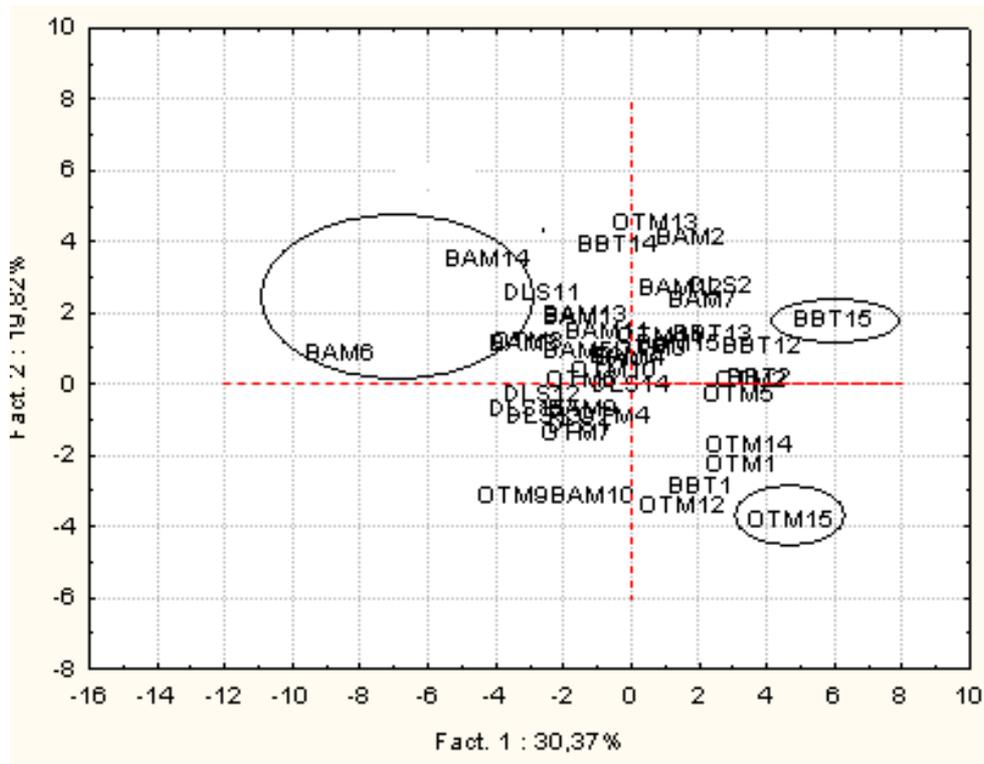


Figure 39 : Représentation des individus (familles) sur le plan factoriel (1X2), dans le site 1.

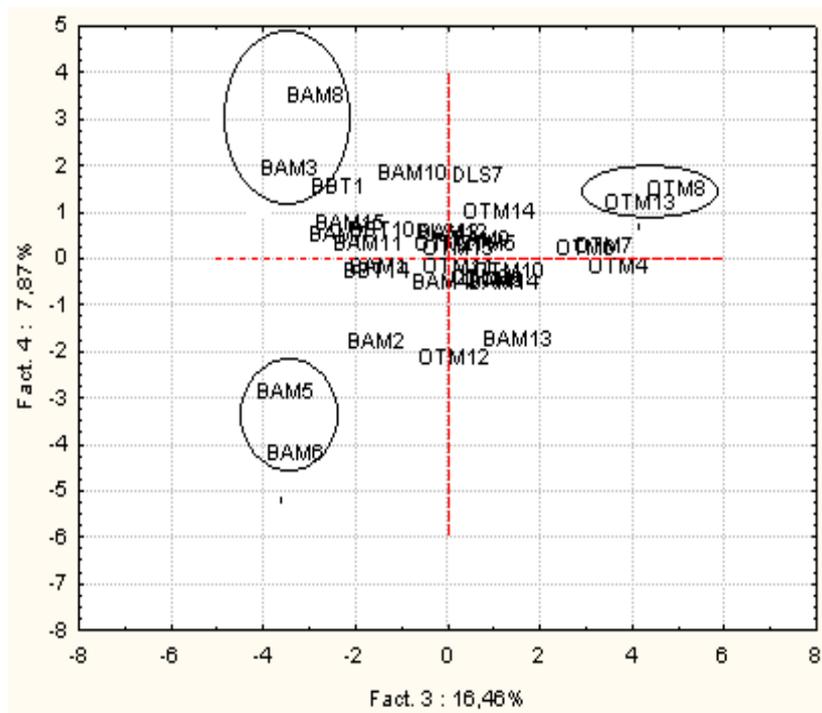


Figure 40 : Représentation des individus (familles) sur le plan factoriel (3X4), dans le site 1.

La représentation des données du site 1 sur un dendrogramme (figure 41) permet de distinguer des groupes d'individus en fonction des distances d'agrégation :

- Les individus (familles) dont la distance d'agrégation est supérieure à 14 unités : BAM6.
- Les familles dont la distance d'agrégation se situe entre 12 et 14 unités : BBT4.
- Les familles dont la distance d'agrégation se situe entre 10 et 12 unités : DLS6, BAM2.
- Les familles dont la distance d'agrégation se situe entre 8 et 10 unités : BAM11, BAM5.
- Les familles dont la distance d'agrégation est inférieure à 8 unités : les familles se regroupent en grappes de faibles distances.

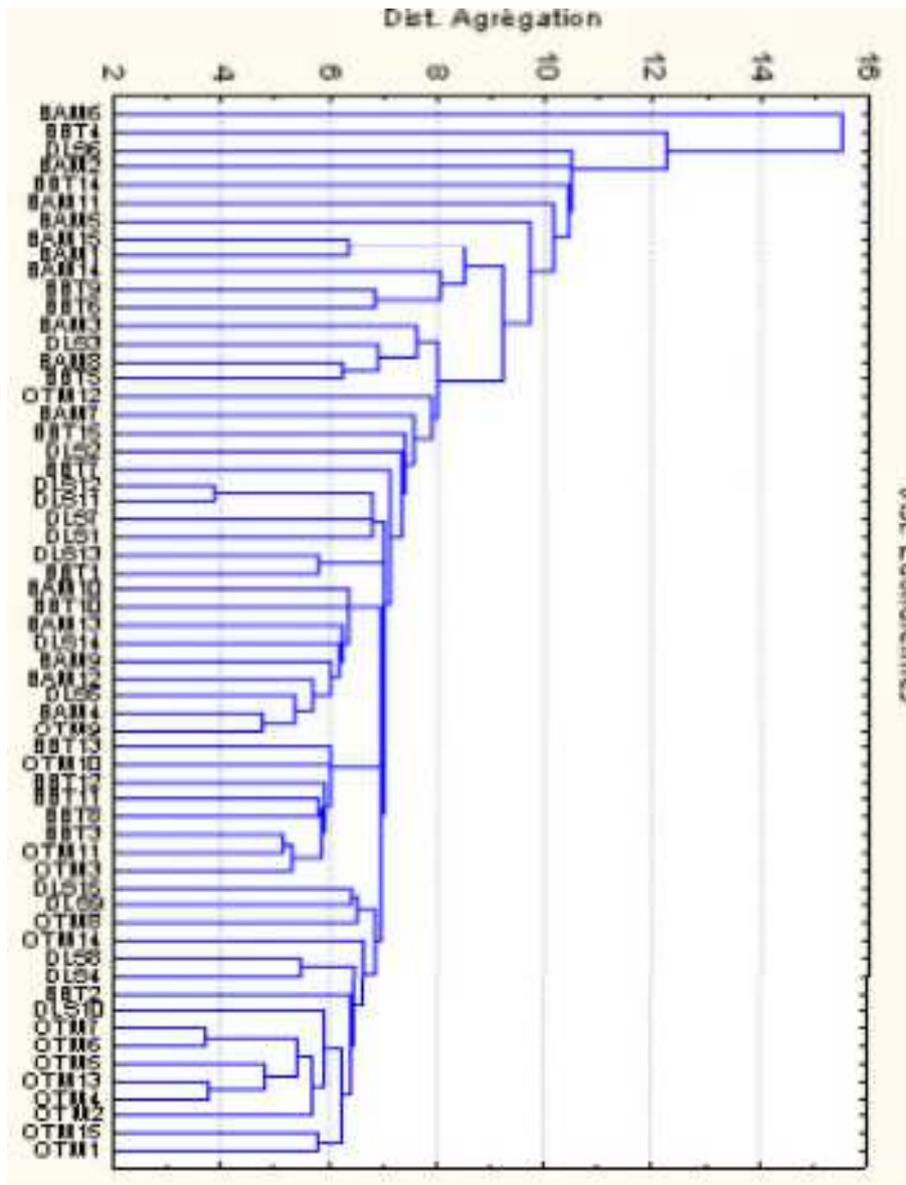


Figure 41 : Agrégats formés à partir des 60 familles du site1

Dans le deuxième site, les plans factoriels 1X2 et 3X4 de L'ACP présentent les caractères à forte corrélation, totalisant 80,44 % de la variance totale (figures 42 et 43).

- L'axe 1 du premier plan capte 33,15 % de la variance totale. Les caractères : HM10, HS10, HM11 et HS11 sont corrélés positivement à cet axe. Les caractères : DS8, DM9, DS9, DM10, DS10, DM11 et DS11 sont corrélés négativement à cet axe.

- L'axe 2 du premier plan absorbe 21,55 % de la variance totale. Les caractères : SM10, SS10, SM11 et SS11 lui sont corrélés négativement.

- L'axe 3 du deuxième plan contribue avec 20,14 % de la variance totale. Les caractères : SM11 et SS11 sont corrélés positivement à cet axe. HS10, HM11 et HS11 lui sont corrélés négativement.

- L'axe 4 du deuxième plan capte 5,61 % de la variance totale. Le caractère : SJ8 se trouve corrélé positivement à cet axe.

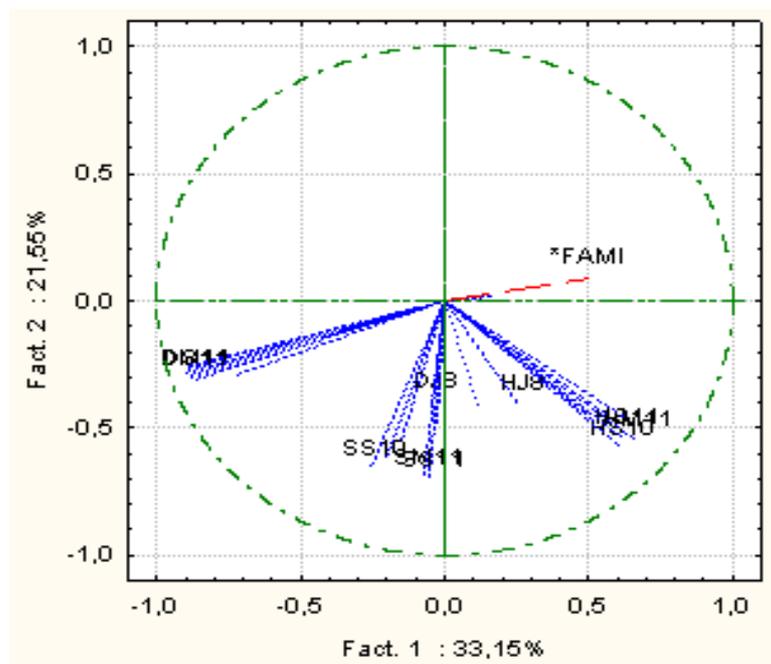


Figure 42 : Représentation des caractères des plants de la variabilité intra provenance (site 2) sur le plan factoriel (1X2).

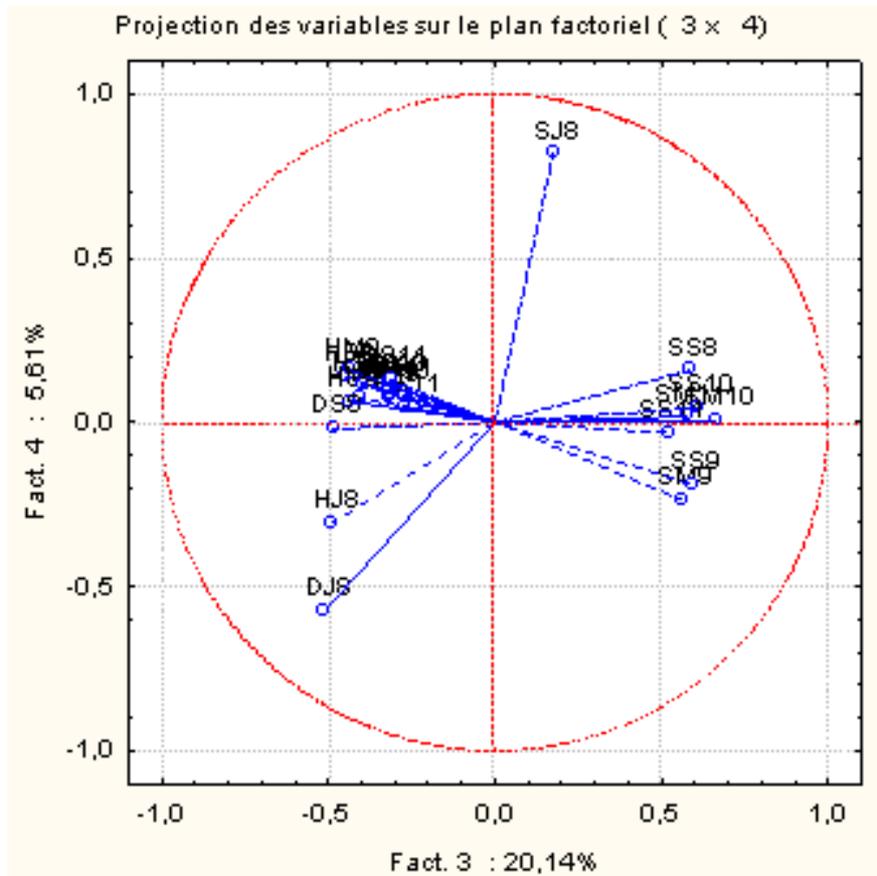


Figure 43 : Représentation des caractères des plants de la variabilité intra provenance (site 2) sur le plan factoriel (3X4).

La projection des données des figures 42 et 44 sur un même plan laisse apparaître une correspondance positive sur le coté négatif de l'axe 1, entre les familles : OTM4, OTM7, OTM11, OTM12, OTM13 et les caractères : DS8, DM9, DS9, DM10, DS10, DM11 et DS11, et une correspondance négative sur le coté positif de cet axe entre ces mêmes familles et les caractères : HM10, HS10, HM11 et HS11.

Une correspondance sur la partie positive de l'axe 2 se distingue entre BAM15 et les caractères : SM10, SS10, SM11 et SS11 et ces mêmes caractères et OTM5 sur la partie négative de l'axe.

La superposition des données des figures 43 et 45 sur un même plan met en évidence une correspondance entre OTM4, DLS11 et les variables : SM11 et SS11 du coté négatif de l'axe 3, et une correspondance entre DLS12 cette fois ci et les caractères : HS10, HM11 et HS11 du coté positif du même axe.

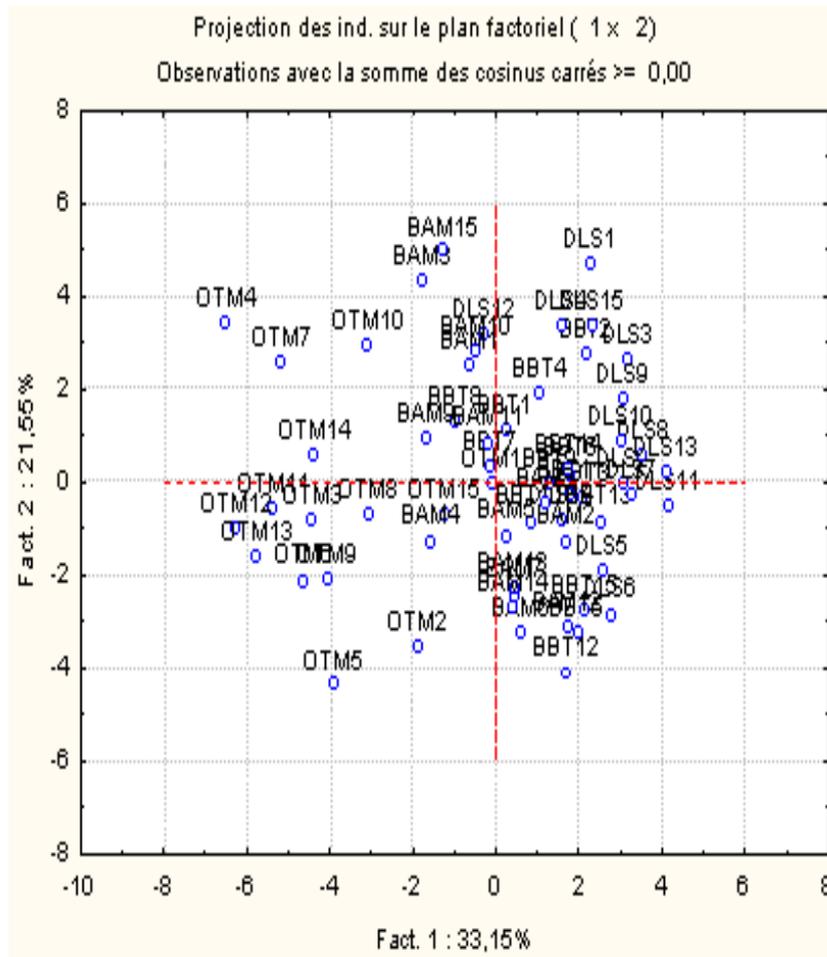


Figure 44 : Représentation des individus (familles) sur le plan factoriel (1X2) dans le site 2.

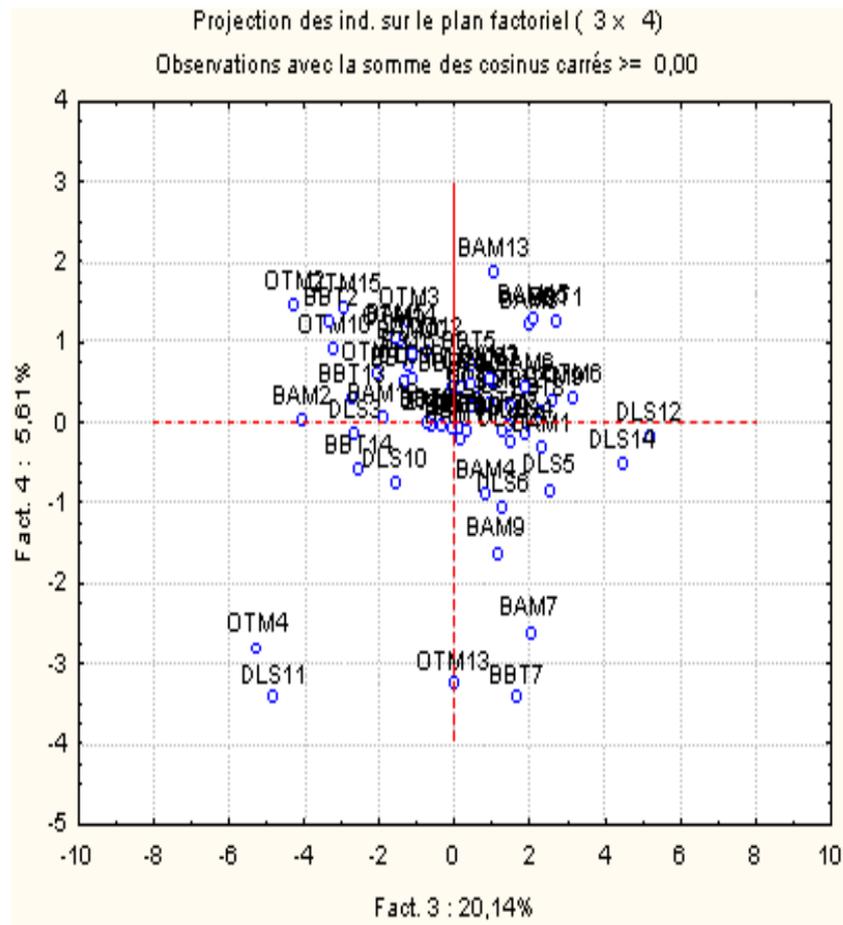


Figure 45 : Représentation des individus (familles) sur le plan factoriel (3X4), dans le site 2.

La représentation des données du site 2 relevées sur un dendrogramme (figure 46) permet de distinguer les classes suivantes, en fonction des distances d'agrégation:

- Les individus (familles) dont la distance d'agrégation est supérieure à 12 unités : BAM15 et BAM4.
- Les familles dont la distance d'agrégation se situe entre 10 et 12 unités : OTM2 et OTM7.
- Les familles dont la distance d'agrégation se situe entre 8 et 10 unités : OTM10, DLS11, OTM10, BAM12, BAM2, BBT1, BAM7, OTM4 et OTM1.
- Les familles dont la distance d'agrégation se situe entre 6 et 8 unités : DLS13, BBT15, DLS14, BBT7, DLS9, BBT10, OTM15, BAM9, BAM1, BBT8, OTM3 et OTM14.
- Les familles dont la distance d'agrégation est inférieure à 6 unités : les familles sont regroupées en grappes de faibles distances.

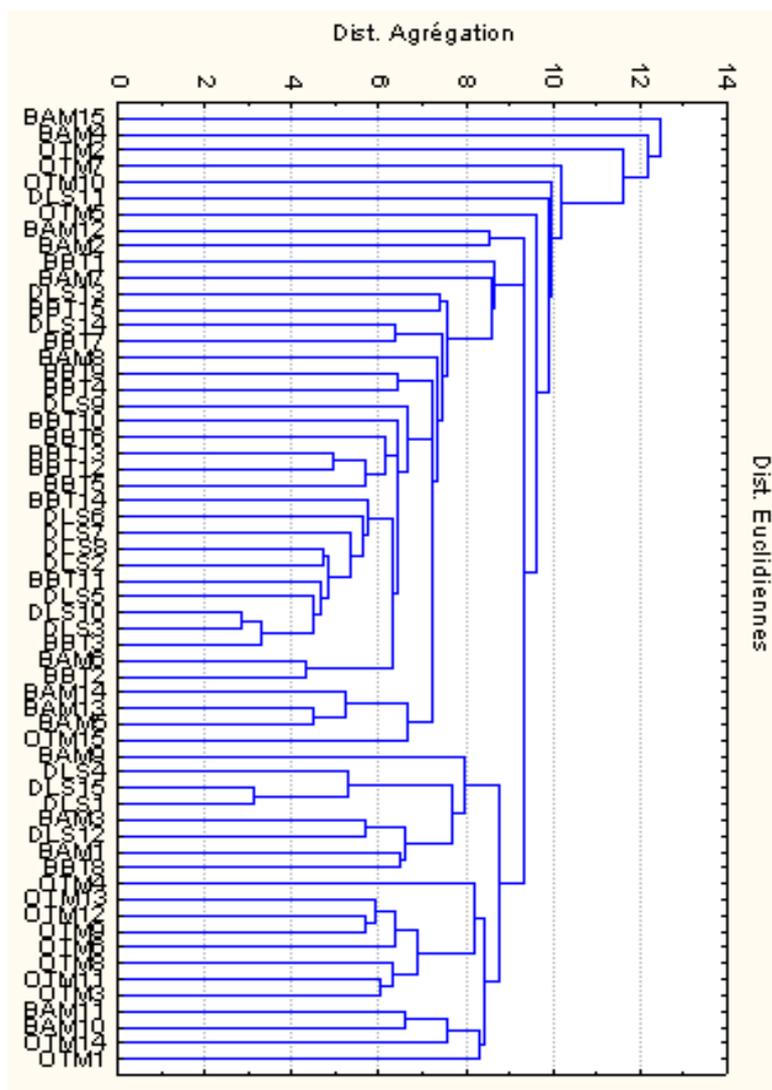


Figure 46: Agrégats formés à partir des 60 familles du site2

DISCUSSIONS DES RESULTATS

Ce chapitre présente le bilan de l'analyse de la variabilité des 21 provenances naturelles appartenant à l'aire algérienne de chêne vert (*Quercus rotundifolia*. Lam). Chaque provenance étant représentée par 15 descendances maternelles. Les observations et mesures ont été effectuées sur deux plantations comparatives de jeunes plants élevés en pépinière (1an) et transférés en champ (sur une période de quatre ans).

La variabilité intra-provenance est examinée sous son aspect inter-familles, dans 4 provenances appartenant à des milieux écologiques différents.

I.Variabilité inter provenances (analyse univariée)

La variabilité génétique du chêne vert est très peu étudiée à l'échelle des pays méditerranéens. Les études réalisées se sont intéressées beaucoup plus à l'étude des enzymes et des isozymes (Yacine, 1987 ; Yacine et Lumaret, 1988b ; Lumaret et Michaud, 1991 ; Michaud et *al*, 1992 ; Michaud, 1993) et aux marqueurs moléculaires (Michaud et *al*, 1995). D'autres études ont concerné la morphologie des feuilles prélevées directement sur des arbres adultes (Vuillemin, 1980 ; Dahmani, 1984 ; Madgidieh, 1987). Cependant peu d'informations au sujet de l'élevage des plants en pépinière et les plantations comparatives existent (Aissa, 1981 ; Ksontini, 1998 ; Nasrallah et Khélifi, 2010).

1. En pépinière

1.1. Morphologie et aptitude des glands à la germination

La mesure du poids des glands permet de distinguer de prime abord que trois (3) provenances (OUED YESSER, LA CASCADE et ZECCAR) du nord de l'aire de l'espèce occupent le premier rang avec des poids entre 733,4 g et 715 g pour 100 graines. La provenance la plus légère en l'occurrence BOUALEM (369,1g pour 100 graines) provient du sud. Les réserves nutritives de la graine due à l'effet maternel peuvent avoir une influence sur la germination (Aussenac et El Nour, 1986 ; Salmon, 2004 ; Ghougali, 2011).

Le pourcentage de glands flottants est de 0,76 %, ceci induirait que le taux de viabilité des glands très élevé (Cecile et *al*, 2004). Il varie considérablement selon les groupes de provenances (0,35 % à 0,99 %). Les pertes seraient liées aux conditions locales des peuplements et les conditions de récoltes de graines.

Selon Thévenot et Côme (1973), Corbinau et Côme (1989) et Corbinau *et al*. (1995), la germination est un phénomène complexe faisant intervenir de nombreux facteurs dont les

principaux sont : la température, la disponibilité en eau, l'apport en oxygène, la pression osmotique du milieu, les inhibiteurs de germination et la lumière. Si l'un de ces paramètres est défavorable, la germination s'en trouve affectée. Dans notre cas un taux de germination de 94,5 % est atteint pour l'ensemble des provenances dès la huitième semaine

Le pourcentage de germination ne constitue donc pas, dans notre cas, un handicap pour la réussite des plantations du chêne vert, pourvue que les conditions optimales de germination soient offertes aux glands.

1.2. Levée et vigueur des plants

La levée des plants est marquée par une apparition des plants depuis le début du mois de Mars, puis elle continue avec une grande vitesse jusqu'à la fin du mois d'Avril, pour se stabiliser ensuite vers le mois d'octobre. L'hétérogénéité des taux de levée nous permet de constater que les provenances Freneda et Guelma sont classées au premier rang, par contre Sidi Bel Abbes et Sétif ont enregistré les plus faibles taux de levée. Le taux de levée final (45%) marque une très faible réussite en pépinière qui mérite d'être rattrapé par la recherche des causes de cette forte mortalité des plants (Nasrallah et Khélifi, 2010). Contrairement à la levée des plants, la croissance en hauteur semble ne pas être très influencée par la température estivale et réalise une croissance continue jusqu'au mois d'Octobre. La croissance en hauteur est cependant très variable d'une provenance à l'autre. Si DJEBEL AISSA et OUED YESSER réalisent une hauteur de 18 cm, après 10 mois d'élevage, NESMOTH, BOUALEM, OULED KADA et FRENDA, n'ont pas dépassé 14 à 16,5 cm en moyenne. La croissance en hauteur permet de faire une différenciation entre les provenances. Nos résultats (17,08 cm de hauteur en pépinière) sont légèrement inférieurs à ceux de Valdecantos et *al* (1996) qui ont obtenu des hauteurs de 18,17 cm pour *Quercus ilex subsp. Ballota* (Desf.) après une année d'élevage, en climat thermo-méditerranéen sec, sur roche-mère calcaire et marneuse. Ils sont par contre très proches de ceux de Nasrallah et Khélifi (2010) qui ont obtenus 17,80 cm de hauteur en Algérie dans les mêmes conditions d'élevage que précédemment.

L'accroissement en diamètre suit approximativement la même allure que la croissance en hauteur, sur les mêmes provenances avec un petit décalage. Nos résultats (6,96 mm de diamètre au collet) sont supérieurs aux valeurs avancées par Valdecantos et *al* (1996) (5,20 mm) et à ceux données par Nasrallah et Khélifi (2010), (6,72 mm).

1.3. Biomasse des plants

Toutes les valeurs des caractères liés à la biomasse du plant (PAF, PRF, PTF, PAS, PRS, PTS, PAF/PRF et PAS/PRS) ont été très hautement significatives, permettant ainsi de caractériser et de discriminer les provenances. Selon Vuillemin (1980), Ducrey (1981), Trabaud et Methy (1992), les rapports des biomasses de la partie aérienne sur la partie racinaire du plant (frais et sec) sont considérés comme une réponse adaptative à la contrainte hydrique. Nos résultats montrent que pour ce caractère héritable, THENIET EL HAD et la CASCADE se placent en tête et SIDI BEL ABBES, EL BORDJ et BORDJ BOU NAAMA ont le plus faible rapport.

Ces mesures de biomasse des plants de *Q. rotundifolia* (âgés de 6 mois) comparées aux résultats obtenus par Ksontini *et al.* (1998), en Tunisie sur des plants de *Q. suber*, *Q. coccifera* et *Q. faginea* de même âge permettent de classer ces espèces de chênes selon leurs biomasses aériennes et racinaires comme suit :

- Biomasse aérienne : *Q. coccifera* < *Q. rotundifolia* < *Q. faginea* < *Q. suber*
- Biomasse racinaire : *Q. coccifera* < *Q. suber* < *Q. rotundifolia* < *Q. faginea*
- Biomasse aérienne / Biomasse racinaire : *Q. rotundifolia* = *Q. faginea* < *Q. suber* < *Q. coccifera*.

Ces résultats confirment bien la position écologique et géographique occupée par l'aire du Chêne vert en Afrique du Nord. Le développement de la partie racinaire est une réponse adaptative au climat thermo-méditerranéen sec. Le rapport de la biomasse aérienne sur la biomasse racinaire confirme cette équation adaptative en fonction toujours des facteurs climatiques (Alexandrian, 1979 ; Ducrey, 1981, Nasrallah et Khélifi, 2010).

1.4. Morphologie de la feuille et du plant

Les études au sujet du polymorphisme, de la variabilité et de la systématique des chênes se sont toujours basés sur les caractères morphologiques des feuilles pour faire les différences entre différents taxons (Dupouey, 1983 ; Grandjean et Sigaud, 1987, Zine el abidine et Fennane, 1995 ; Messaoudene, 1996). La variation de la morphologie foliaire est souvent utilisée pour la discrimination de la diversité génétique chez les chênes (Charmet *et al.*, 1990 ; Dupouey *et al.*, 1990 ; Balfourier et Charmet, 1991 ; Charmet *et al.*, 1997).

Dans notre cas, les valeurs des caractères liés à la morphologie de la feuille et du plant retenus (LOF, LAF, SFF, SFP, NFP et NRP), ont été très hautement significatives. Ce résultat montre que la feuille est un moyen de distinction entre les provenances. Ceci est en contradiction avec les conclusions de Dahmani (1984) quant à la non-existence de variations biométriques entre les feuilles du chêne vert sur les populations échantillonnées en Algérie. Nos résultats confirment les résultats mis en évidence à l'aide de marqueurs biométriques et biochimiques (Madjidieh, 1982 ; Yacine, 1984 ; Yacine et Lumaret, 1988a ; Toumi, 1995 ; Ducrey, 1998) enzymatiques et isoenzymatiques (Yacine et Lumaret, 1988b, Raffi et al, 1988, 1991a, 1992 ; Lumaret et Michaud, 1991 ; Michaud et al, 1992 ; Michaud et al 1995 ; Toumi, 1995) et moléculaires (Michaud, 1993 ; Plomion et al, 1996) qui s'accordent tous pour définir une sous-espèce de chêne vert pour l'Afrique du Nord.

La comparaison de la surface foliaire obtenue ici à celles données par Ksontini et al (1998) sur *Q.suber*, *Q.suber* et *Q.faginea* qui sont respectivement de 154,30, 85,95 et 145,40 cm², à ceux obtenues par Vuillemin (1980) sur des plantules de chêne vert et de chêne pubescent soit 61,7 et 66,2 cm²/plants permettent de classer ces espèces en fonction de leurs surfaces foliaires comme suit :

Q.ilex < *Q.pubescens* < *Q.coccifera* < *Q.faginea* < *Q.suber*.

Ce résultat montre aussi que la surface foliaire du chêne vert est une réponse adaptative aux exigences du climat (Médail et Quézel, 2003).

2. En champ.

2.1. Effet du milieu (sites)

Une des principales raisons expliquant le succès du chêne vert en France méditerranéenne (région du Puechabon et le Gard) réside dans sa résistance aux contraintes écologiques et en particulier hydriques et thermiques. La température élevée et le manque d'eau sont des éléments déterminants pour la survie et la croissance des plants (Bariteau, 1992 ; Ducrey, 1998).

L'analyse de la variance nous a permis de constater que la survie est non significative entre les deux sites et passe de 98,93 %, et 98, 92% dans les sites de Sidi Benkadour et Sidi Moussa en Janvier 2008 à 51% et 45% dans le premier et le deuxième site respectivement en Septembre 2011. Ces taux de mortalité sont très forts et dénotent une importante sensibilité de

l'espèce aux conditions du milieu durant l'année qui suit leur transplantation (Vuillemin, 1982 ; Trabaud et Methy, 1992). Les taux de survie n'ont pas été significatifs au début de l'essai (SJ8), mais ils sont très significatifs en Septembre 2011, ce qui constitue une autre preuve de l'effet du milieu sur les deux plantations.

Le faible taux de survie dans le site de Sidi Moussa peut être attribué à la faible profondeur de son sol et aux différences pluviométriques entre les deux sites. A cet effet Valdecontos et *al* (1996) travaillant sur la variété de *Quercus ilex subsp. Ballota* (Desf.) dans un climat thermo-méditerranéen en Espagne, signale que la survie, après deux ans de semis, était de 55% pour les semis témoins sur calcaire et 58% pour les semis témoins sur marne. Valdecontos et ces collaborateurs (1996) ont observé qu'une année après, la survie des semis de *Quercus ilex subsp. Ballota* (Desf.) était inférieure à 30% sur roche-mère marneuse et nulle sur roche-mère calcaire. Vuillemin (1982) pour sa part note que le stress hydrique létal apparaît comme un facteur limitant pour l'implantation des semis de chênes en zone méditerranéenne. Dans les stations dégradées les plus xériques telles que les formations herbacées et ligneuses basses ouvertes à sol peu profond, la régénération des chênes est fortement inhibée.

Beyschlag et *al* (1986) et Dreyer et *al* (1993) ont montré que la contrainte hydrique fait diminuer l'assimilation photosynthétique et que les chênes sont capables de photo synthétiser le matin sous des conditions de sécheresse sévères. Ainsi, l'abaissement de la température n'est pas un seuil responsable de la diminution de la photosynthèse (Ducrey, 1981).

L'adaptation aux basses températures peut être caractérisée par les capacités des plants de photosynthétiser en hiver à un taux non négligeable par rapport à la photosynthèse estivale (Ducrey, 1981). Ksontini et *al* (1998) ont montré que le chêne vert réalise la photosynthèse à un potentiel hydrique très négatif contrairement au chêne zeen et afarès. D'après Pausas et *al* (2009) l'amélioration du statut physiologique des semis de chêne vert sous couvert arbustif peut potentiellement atténuer la transpiration et le stress hydrique des plantules, sans affecter la photosynthèse.

L'effet du milieu sur la plantation comparative est visible à travers l'évolution de la croissance des plants dans les deux sites (figure 1, Annexe 2). Cette même figure montre clairement que les deux courbes de croissance moyenne des populations étudiées dans les deux sites est influencée par la relation génotype (provenance) x milieu. En effet, beaucoup d'auteurs (Namkoong et *al.*, 1988 ; Morgenstern, 1996 ; Sotelo Montes et *al.*, 2003 ; Rochon

2004 ; Weber et Sotelo Montes, 2005 ; Weber et Sotelo Montes, 2006) ont montré que souvent, lors des essais de provenances, les différences de croissance entre les environnements de plantation sont plus grandes que les différences entre les provenances.

Selon Kremer (1986) tout réseau expérimental de plantations comparatives de provenances, familles ou clones comprend généralement 2 à 5 stations représentatives de l'aire potentielle de reboisement de l'espèce. L'effet génotype x site est une préoccupation permanente du sélectionneur. L'évaluation des performances de différents génotypes sur différents milieux nous informe sur l'efficacité de la sélection. Lorsque la variabilité entre génotypes et/ou leur ordre de classement sont non conservés dans les différents milieux testés, on parlera alors de relation génotype x milieu :

- Si son rang de classement est conservé, on parlera de stabilité du génotype.
- Si son rang de classement varie, on parlera d'instabilité du génotype.

La notion de stabilité devient ainsi un objectif de recherche et de sélection. Dans le cas de la relation génotype x site, on accorde généralement un poids économique identique à chaque station représentative d'une zone écologique de reboisement et on recherchera, en première analyse, à définir le comportement d'une unité génétique sur plusieurs sites. En règle générale, un arbre réagit favorablement à une amélioration du milieu : on peut noter que dans les trois cas de figure évoqués :

— dans le premier cas, le génotype 1 est supérieur au génotype 2 dans les deux milieux. La supériorité est du même ordre de grandeur dans les deux cas ;

— dans le deuxième cas, le génotype 1 est supérieur au génotype 2 dans les deux milieux, avec une différence plus importante au fur et à mesure de la croissance ;

— dans le troisième cas, le classement est différent dans les deux milieux. Il y a donc une réaction différentielle des génotypes vis-à-vis du milieu.

Au sens statistique, les cas deux et trois correspondent à des interactions génotype x stations.

Dans notre cas, il est intéressant de noter de prime abord, que la croissance dans le site de Sidi Benkadour, à une altitude de 1260 m, sur un sol fersialitique brun, limono- argilo-sableux et un bioclimat subhumide frais à pluviosité supérieure à 600 mm, était bien plus

rapide, soit une croissance moyenne annuelle en hauteur de 5,43 cm. Comparativement au site de Sidi Moussa caractérisée par une altitude de 1235 m, en bioclimat semi-aride inférieur frais, à pluviosité supérieure à 350 - 400 mm sur sol brun calcaire modal, et où la croissance moyenne annuelle en hauteur n'était que de 2,83 cm. Il apparaît que les basses températures hivernales arrêtent la croissance à partir de la deuxième quinzaine d'Octobre – début Novembre. A cet effet Romane et *al.* (1994) note que le chêne vert est défavorisé par ses propriétés biologiques notamment, sa faible capacité de production due à sa lente croissance.

Le suivi des accroissements annuels dans nos conditions, montrent que le maximum de croissance a lieu les deux premières années, après quoi l'on observe une réduction considérable de la croissance. Selon Ducrey (1996), la croissance en hauteur du chêne vert passe par un maximum dès les premières années, elle diminue ensuite avec l'âge et se stabilise vers 40 à 60 ans, avec un accroissement moyen annuel de 5 cm en hauteur. L'accroissement du chêne vert est toutefois moindre en conditions plus arides.

L'accroissement en hauteur du chêne vert est de 2,25 cm/an dans la région de Sétif - Algérie (Zitouni, 2010). Alors que sa hauteur moyenne atteint 4 m à l'âge de 45 ans en France (Miglioretti, 1987), elle n'est que de 3 m pour notre région au même âge. Selon Michaud (1995), seules des petites populations isolées géographiquement montrent une réelle différenciation génétique. La question de l'importance de la variabilité génétique en fonction de la sévérité du climat reste posée. Des chercheurs (Michaud, 1993 ; Martin, 2008; Limousin, 2009) ont mis en relation la richesse allélique du chêne vert et sa diversité morphologique avec sa plasticité physiologique. Ce qui peut expliquer son aptitude à se développer dans une gamme étendue de conditions climatiques et édaphiques. A cet effet, Wright (1976) note que la variabilité du caractère de croissance (hauteur totale) donne en milieu homogène et dans le but d'une sélection, une idée satisfaisante de la variabilité génétique de l'espèce.

Nos résultats montrent que la croissance correspondant au Printemps-Eté est plus élevée (5,81cm) que celle de l'Automne-Hiver (2,44 cm). Même si les moyennes de croissance réalisées sont faibles, ceci confirme l'existence de deux périodes de croissance : la première à croissance majeure et la deuxième à croissance mineure. Ces données sont en conformité avec les résultats avancés par Nasrallah et Khélifi (2010) qui ont montré l'existence de deux périodes de croissance chez le chêne vert.

L'accroissement en diamètre semble suivre la même allure de la croissance en hauteur (figure 2, Annexe 2). Les courbes d'accroissement s'écartent légèrement de saison en saison et l'accroissement est plus rapide dans le premier site que dans le deuxième. Les conditions pédoclimatiques plus favorables dans le premier site semblent être à l'origine de cette légère différence. Ce résultat est en conformité avec la classification de l'interaction site x environnement de Kremer (1986).

Les mesures effectuées sur les diamètres au collet dans les deux sites, montrent que le premier a enregistré un accroissement moyen annuel de 2,20 cm/an, contre 2,10 cm/an seulement dans le deuxième. Ces résultats se rapprochent des valeurs avancées par Ducrey (1996), qui note que la croissance en épaisseur du chêne vert passe par un maximum dès les premières années, et diminue ensuite avec l'âge, l'accroissement moyen annuel est de 3 mm en épaisseur et peut diminuer lorsque les conditions sont plus arides.

Tsoumis (1991) mentionne que la croissance en diamètre, ou secondaire, se fait à partir de méristèmes latéraux, principalement le cambium. La division du cambium dépend essentiellement de la photosynthèse de la saison en cours. Les éléments nutritifs mis en réserve pendant la saison antérieure peut cependant être utilisée pour la croissance du diamètre au début de la saison de croissance. De même pour le chêne vert une différence de croissance entre les saisons se fait remarquée, la croissance de la période Printemps- Été est plus élevée (1,11 cm) que celle de l'Automne- Hiver (1,06 cm), confirmant ainsi l'existence d'une saison à croissance majeure et d'un autre à croissance mineure.

2.2. Effet du facteur- bloc

Les résultats ne révèlent pas d'effet bloc x survie au début de la plantation. Un fort effet bloc x survie semble s'opérer dans les deux sites en Septembre 2011. Il concerne les groupes de blocs voisins 2 et 3 sur le site 1. Par contre, chaque bloc est représenté par un groupe dans le site 2; la survie est plus élevée dans les blocs situés dans les parties hautes des dispositifs en fonction du tempérament de l'espèce.

Si on compare le classement des blocs obtenus sur les hauteurs à la plantation et à la fin de l'essai dans les deux sites, on constate que l'effet bloc ne concerne que le deuxième site. Le classement de ces blocs montre le regroupement des blocs 1 et 2 qui ont des valeurs inférieures au bloc 3. La majorité des résultats n'ont pas été significatifs et ne relèvent pas de relation entre les blocs et la croissance en hauteur des plants.

Les mêmes données sont relevées sur les diamètres et montrent une forte corrélation hauteur- diamètre ce qui permet de dire que l'accroissement en diamètre suit la même allure de la croissance en hauteur. Il est cependant à signaler que seuls l'effet bloc sur les diamètres de Septembre 2011 (site 2) est significatif, ce qui peut caractériser l'absence d'effet des blocs sur le développement des provenances. Cette tendance à la disparition de l'effet bloc avec l'âge des plants avait déjà été constaté par d'autres auteurs (Christophe, 1980 ; Van de Skype et Roman-Amat, 1989).

2.3. Comportement des provenances

Le changement de rangs des provenances ou leur stabilité dans des milieux différents, expriment selon plusieurs auteurs l'importance de l'effet du milieu ou de l'environnement sur les différentes provenances. Gilbert (1980) a basé son classement des provenances sur le coefficient de régression et la moyenne de la provenance pour le caractère considéré. Il considère qu'une provenance est d'une stabilité légèrement en-dessous de la moyenne et adaptée aux environnements de bonne qualité si son coefficient de régression est supérieur à 1 et son accroissement moyen est supérieur à l'indice dans tous les environnements.

Ces provenances sont dites d'une stabilité moyenne et d'une adaptabilité générale à tous les environnements si elles se caractérisent par un coefficient de régression très proche de 1 et un accroissement moyen supérieur à la moyenne générale.

Les provenances sont dites d'une stabilité moyenne mais "pauvrement" adaptées à tous les environnements si le coefficient de régression est sensiblement égal à 1, mais, leur accroissement moyen est inférieur à la moyenne générale.

Le quatrième et dernier groupe se caractérise par un coefficient de régression inférieur à l'unité et un accroissement moyen inférieur à la moyenne. Il renferme les provenances d'une stabilité phénotypique supérieure à la moyenne et adaptées aux environnements pauvres.

Kremer (1986), comme évoqué auparavant, distingue entre trois situations basées essentiellement sur le rang occupé par la provenance dans des environnements différents. Ainsi, sur la base de ces travaux, notre classification sera basée sur les moyennes des provenances (SS11, HS11, DS11), la moyenne générale de chaque plantation, ainsi que la comparaison des rangs (Groupes homogènes) occupés par les provenances dans les deux sites, en regroupant les provenances selon leur appartenance aux groupes écologiques d'origine des glands.

L'analyse de la variance effectuée sur les mesures de survie à la plantation n'a pas été significative dans les deux sites au début de la plantation (SJ8). Ensuite et grâce aux bonnes conditions d'élevage et de mise en terre des plants, le choc dû à la transplantation a été évité dans les deux plantations. Néanmoins, une perte de plus de 25% des effectifs avait été enregistrée durant la première année ; une constatation similaire a été faite par (Gilbert, 1980), dans son étude sur des provenances *Eucalyptus camaldulensis* Dehn et *Eucalyptus microtheca* Muell au Sénégal.

Le comportement des deux plantations est différent à partir du troisième semestre ; la plantation du premier site est caractérisée, d'une manière générale, par une diminution progressive de la mortalité, jusqu'à la dernière mesure ; par contre la deuxième plantation se caractérise par un ralentissement de la mortalité, suivie de sa stabilité à partir de Mars 2010.

Du point de vue comportement, les provenances du premier site ont gardé leurs rangs dans le classement durant les quatre ans. Par contre, certaines provenances du deuxième site ont changé leurs rangs respectifs suite à la reprise par rejets des drageons à partir des racines de certains plants.

Le taux de survie 4 ans après plantation varie selon les groupes écologiques des provenances :

- Celles de l'Atlas saharien (Djebel Aissa, djebel Amour, Aflou, les Ouled Nail et les Aurès) se classent en tête, avec des taux de 56 et 45 % de survivants dans le premier et le deuxième site respectivement. Les provenances composant ce groupe ont des taux de survie supérieurs à la moyenne générale des deux plantations. Les provenances BOUALEM et MEZAOURO ont pratiquement conservé leurs rangs de classement, par contre, DJEBEL AISSA, BELEZMA et DAR ECHIOUKH ont montré des comportements différents sur les deux sites (tableau 1, Annexe 2). Ce groupe peut être caractérisé par une stabilité et une bonne adaptabilité aux environnements favorables pour les provenances du premier sous-groupe, mais instable pour les deux autres provenances, avec une bonne adaptation sur le deuxième site pour DJEBEL AISSA, et une adaptabilité pour le milieu favorable pour DAR ECHIOUKH.

- Pour les provenances des hautes plaines intérieures, regroupant les provenances : OUM DJERANE, OULED KADA, SEBDOU, MEZAOURO et NESMOTH (semi-aride, moyen et inférieur), on enregistre 50,4 et 45,2 % de survie dans la première et la deuxième

plantation successivement. Ces taux se rapprochent des taux de survie moyen des deux plantations. Toutes les provenances ont conservé leurs rangs de classement dans les deux sites. Elles sont qualifiées, de ce fait, de provenances de stabilité moyenne et d'une adaptabilité générale à tous les environnements.

- Les provenances situées sur la façade sud de l'Atlas tellien dans des conditions climatiques favorables (Subhumide frais et froid) ont réalisé des taux de survie de 49,7 % dans le premier site et 45,8 % dans le deuxième, leurs taux de survie sont légèrement inférieurs aux moyennes générales de survie enregistrées dans les deux plantations. Certaines provenances ont gardé leur rangs de classement (BORDJ BOU NÀAMA, BORDJ et SEPT), d'autres ont changé leurs rangs (BORDJ BOU NÀAMA, THENIET EL HAD, FRENDA, GUELMA et NADOR). Si le premier sous-groupe peut être considéré comme stable et adapté à tous les milieux, le deuxième peut être considéré moins stable et adapté au milieu favorable seulement.

- Enfin, pour les provenances issues des régions Nord et de haute altitude de l'Atlas tellien, les taux de survie sont de 48,3 % dans le premier site et 44,3 % dans le deuxième. Ces taux sont en dessous des taux moyens des deux plantations. Les provenances OUED YESSER et ZECCAR ont préservé leurs ordres de classement dans les deux sites, par contre, la provenance CHAABET LAKHRA est caractérisée par un recul dans son classement. Si les trois provenances sont considérées comme stables, la dernière peut être moins adaptée au milieu défavorable que les deux autres.

- Il faut signaler en parallèle, une survie relativement élevée des provenances d'altitude DAR ECHIOUKH, BELEZMA et NESMOTH dans le premier site et leur mauvaise performance dans le deuxième.

D'une manière générale, les meilleurs taux de survie sont enregistrés par les groupes de provenances du sud de l'aire de l'essence, les provenances du centre sont caractérisées par des taux moyens, par contre les plus faibles taux de survie sont attribués au groupe de provenance du nord de l'aire du chêne vert en Algérie.

L'analyse de la variance réalisée sur les hauteurs totales des deux dispositifs à la plantation (HJ8) et à la fin de l'essai (HS11) montre que seules les hauteurs des provenances ont été très hautement significatives lors de la plantation. Les deux plantations ont enregistré des hauteurs moyennes de 17,20 cm et 17,17 cm, dans le premier et le deuxième site

respectivement. Cette première analyse a mis en relief la vigueur de certaines provenances comme BELEZMA, OUMDJERANE, et BOUALEM et la faiblesse des autres comme CHAABET LAKHRA et THENIET EL HAD dans le premier site. Dans le deuxième site se sont les provenances : BOUALEM, BELEZMA, DAR ECHIOUKH et BORDJ BOUNÀAMA qui se sont montrées les plus vigoureuses et la CASCADE, CHAABET LAKHRA et THENIET EL HAD, les moins vigoureuses.

- Un démarrage de la croissance de toutes les provenances dans les deux dispositifs dès la plantation ce qui prouve une certaine bonne reprise des plants.

- Un regroupement et une croissance caractérise les provenances du premier dispositif durant la première année ; par contre une cinétique de croissance différente caractérise les provenances du deuxième site dès le début du second semestre après plantation. Une provenance comme BOUALEM enregistre une croissance plus forte dès le départ dans le deuxième site. Des provenances comme FRENDA, ZECCAR et OUED YESSER ont commencé à prendre du retard dans le deuxième site dès le deuxième semestre de plantation.

Une croissance semblable et ralentie de toutes les provenances est constatée dans le premier site à partir de Mars 2010 ; Cette croissance prend des vitesses différentes à partir de Septembre 2010. Une grande divergence et des vitesses de croissance différentes des provenances sont constatées dans le deuxième site dès le mois de Mars 2010.

Les différences entre provenances se font plus nettes à mesure que l'indice de fertilité stationnelle augmente. Sur ce plan, nos résultats correspondent à ceux obtenus par Farnsworth *et al*, 1972 ; Lacaze et Birot, 1974 ; Loo *et al*, 1982 ; Fowler, 1983 ; Fowler *et al*, 1988 ; Park et Fady, 1991 ; Koizumi *et al*, 1992, sur différentes essences forestières en plantation comparative.

L'ANOVA faite sur les données des hauteurs totales (HS11) des deux plantations, comparativement aux groupes écologiques d'origines, permet de scinder les provenances en 4 ensembles de dynamisme différent :

- (i) le groupe de «l'Atlas saharien», de croissance supérieure à la moyenne dans les deux plantations (tableau 2, Annexe 2), constitué par des provenances ayant conservé leurs ordres de classement à savoir : DJEBEL SIDI AISSA, BOUALEM, SIDI BOUZID, BELEZMA et DAR ECHIOUKH. Ces provenances peuvent être qualifiées de stables sur le plan phénotypique et aptes sur les deux milieux.

- (ii) le groupe «des hautes plaines continentales» représenté par OUMDJERANE, OULED KADA, SEBDOU, MEZAOURO et NESMOTH caractérisé par des hauteurs totales moyennes situées juste entre les moyennes générales des deux sites , ayant toutes perdues leurs rangs de classement. Il faut remarquer cependant qu'OUMDJERANE, MEZAOURO et NESMOTH conviennent mieux au premier site, contrairement à OULED KADA qui s'est mieux comportée sur le deuxième site.
- (iii) le groupe du « sud de l'Atlas tellien» montre une croissance moyenne. Toutes les provenances (BORDJ BOUNÀAMA, BORDJ, FRENDA, SEPT, la CASCADE, THENIET EL HAD, GUELMA et NADOR) se comportent mieux sur le milieu le plus favorable (site 1), qui se rapproche de leurs milieux d'origines que sur le milieu le plus pauvre (site 2).
- (iv) le groupe constitué par les provenances de l'Atlas tellien, les plus favorisées sur le plan écologique à savoir : OUED YESSER, ZECCAR et CHAABET LAKHRA, caractérisé par une croissance moyenne plus faible que les moyennes générales enregistrées dans les deux sites. Les trois provenances ont perdu leurs rangs de classement et ont montré plus d'affinité pour le milieu le plus favorable.

L'examen de l'organisation des deux plantations à travers la croissance en hauteur permet de déterminer un certain cline Nord-Sud à partir du moment que la meilleure croissance est réalisée par le groupe de l'Atlas saharien, des hauteurs moyennes sont enregistrées par les groupes continentaux et la plus faible croissance par le groupe du nord. Néanmoins des provenances comme BOUALEM et BELEZMA ont enregistré une bonne croissance, surtout dans le premier site.

Dans le cas des diamètres au collet, le suivi des deux plantations depuis l'installation en champ permet de constater une bonne reprise et un démarrage identique durant la première année. A partir de la deuxième année la divergence de la croissance des provenances est annoncée surtout dans le deuxième site. Des provenances comme BOUALEM, MEZAOURO, BELEZMA et BORDJ BOUNÀAMA ont une croissance relativement rapide ; des provenances comme la CASCADE, OUED YESSER, ZECCAR et CHAABET LAKHRA dans le premier site et GUELMA, ZECCAR, OUED YESSER et la CASCADE dans le deuxième site ont enregistré un retard considérable par rapport aux premiers.

Il est à signaler que la croissance en diamètre ne suit pas le même rythme de la croissance en hauteur. L'indice du milieu diminue au fur et à mesure et l'effet des provenances prend de l'ampleur.

La répartition des provenances selon DS11, en fonction des groupes homogènes occupés dans les deux sites, et selon leur appartenance aux groupes écologiques d'origine dégage les groupes suivants :

- (i) Le groupe de l'Atlas saharien regroupant les provenances : DJEBEL SIDI AISSA, BOUALEM, DAR ECHIOUKH, SIDI BOUZID et BELEZMA. La provenance SIDI BOUZID est caractérisée par une croissance inférieure à la moyenne générale dans les deux sites et un classement favorable au deuxième site. Les quatre autres provenances ont réalisé une croissance supérieure aux moyennes générales des deux dispositifs, avec un classement variables entre les deux environnements. D'une manière générale ces provenances se montrent instables et plus favorables au milieu pauvre.
- (ii) Cet ensemble représentant les maquis du chêne vert des hauts plateaux continentaux, enregistre une croissance supérieure à la moyenne générale dans le premier site et inférieure à celle-ci dans le deuxième site (tableau 3, Annexe 2), à l'exception de NESMOTH et OUMDJERANE qui semblent maintenir leurs positions et convenir aux deux milieux ; SEBDOU, OULED KADA et MEZAOURO semblent se comporter mieux dans les conditions les moins favorables.
- (iii) Ce groupe a une croissance en diamètre plus élevée dans le deuxième dispositif que dans le premier. Les provenances BORDJ BOUNÀAMA, BORDJ, FRENDA et GUELMA ont gardé leur classement dans les deux milieux, contrairement à THENIET EL HAD, la CASCADE et NADOR qui sont bien classées dans le premier site que dans le second. La provenance SEPT semble convenir au deuxième milieu.
- (iv) Ces provenances représentant les populations de chêne vert les plus favorisées sur le plan climatique se distinguent par une croissance forte pour CHAABET LAKHRA et ZECCAR dans le deuxième site, contrairement à OUED YESSER qui s'est comportée de la même façon dans les deux milieux.

L'exploration des résultats des diamètres par région d'origine des provenances permet de distinguer une certaine organisation de la variabilité géographique sur l'ensemble des

régions étudiées. Cette variabilité suit un gradient à tendance Nord- sud en conformité avec les variantes bioclimatiques dont la pluviométrie et la température sont les principales composantes.

II. Classement des provenances basé sur l'analyse multivariée 1. En pépinière

Après une analyse du pouvoir discriminatoire individuel de chaque marqueur, nous avons combiné tous les marqueurs dans une analyse en composantes principales et une classification hiérarchique pour mieux illustrer la correspondance entre les provenances et leurs caractères en pépinière.

Le premier axe de la première composante principale a montré que les provenances : CHAABET LAKHRA, SEBDOU et BELEZMA sont caractérisés par un taux de germination (TG), des taux de levée (TL3, TL4) faibles, ainsi qu'une biomasse réduite (PAF, PTF, PAS, PRS et PTS). Cette relation est due probablement à l'effet du patrimoine génétique de ces provenances.

Le deuxième axe de la première composante principale met en évidence une correspondance positive entre le poids des glands (PG) et les deux provenances : la CASCADE et DAR ECHIOUKH ; Cette correspondance est par contre négative entre ce caractère et la provenance BOUALEM. Cette relation met en relief une réponse adaptative des glands (en fonction de leurs origines) aux exigences du climat.

L'axe 4 de l'ACP caractérisé cette fois-ci par une surface foliaire (SFF) importante chez DAR ECHIOUKH et réduite chez ZECCAR.

Le cinquième axe de l'ACP correspond à la date de levée maximale des plants (TL2). La provenance FRENDA réalise sa meilleure performance, par contre BORDJ enregistre la plus faible levée.

L'analyse des composantes principales montre que seules quelques provenances se sont exprimées en pépinière. Ces résultats se confirment par le dendrogramme de la classification hiérarchique qui répartie les 21 provenances en quatre groupes comme suit :

- Groupe1 constitué de DAR ECHIOUKH, LA CASCADE, OUED YESSER et ZECCAR, provenances situées approximativement sur le même axe latitudinal. Appartenant

successivement au climat semi aride à sol calcaire pour la première, au climat sub-humide frais, avec un sol marneux pour la deuxième et au climat subhumide tempéré à sol marneux - calcaire pour les deux dernières.

- Groupe 2 réservé à la provenance de l'Atlas saharien occidentale : BOUALEM, provenant d'une altitude de 1380 mètres, d'un climat semi-aride et un sol calcaire.
- Groupe 3 correspondant à BORDJ BOUNÀAMA, provenance des hauteurs de l'Atlas tellien sur son versant sud, caractérisé par un sol calcaire et un climat sub-humide froid.
- Groupe 4 constitué par deux sous-groupes (s.g) : le premier s.g avec SEBDOU, BELEZMA, THENIET EL HAD, OULED KADA, GUELMA, NADOR, SEPT et DJEBEL SIDI AISSA. Le deuxième regroupe : MEZAOURO, CHAABET LAKHRA, SIDI BOUZID, FRENDA, NESMOTH, BORDJ et OUMDJERANE, soit 15 provenances qui ne se sont pas exprimées vis-à-vis des 29 marqueurs mesurés et calculés durant la phase pépinière.

2. En champ

Cette classification prend en considération l'ensemble des données morphologiques des deux sites par l'analyse et la discussion des corrélations, les composantes principales et la classification hiérarchique.

L'analyse de la matrice de corrélation du premier site (tableau 4, Annexe 2) montre d'importantes corrélations entre les taux de survie, les hauteurs totales et les diamètres au collet des plants : les taux de survie (SM9, SS9, SM10, SS10, SM11 et SS11) sont corrélés avec les hauteurs totales (HM11 et HS11). De fortes corrélations sont constatées aussi entre les hauteurs (HS8, HM9, HS9, HM10, HS10, HM11 et HS11) et les diamètres au collet (DM9, DS9, DM10, DS10, DM11 et DS11).

Dans le deuxième site, les taux de survie (SS8, SM9, SS9, SS10 et SM11) est en corrélation avec toutes les hauteurs totales et tous les diamètres au collet à l'exception de DJ8 et HJ8. La valeur de cette corrélation augmente chez les hauteurs et les diamètres avec l'âge des plants (tableau 5, Annexe 2).

La corrélation entre les hauteurs et les diamètres est aussi forte entre : HM9, HS9, HM10, HS10, HM11 et HS11, et DS9, DM10, DS10, DM11 et DS11.

Les résultats obtenus sur les corrélations phénotypiques dans les deux sites sont encourageants et montrent que ces caractères constituent de bons indicateurs de la variabilité génétique entre les provenances testées. Ils sont la preuve du rôle central que peut jouer la hauteur totale des plants dans la sélection des provenances de chêne vert. Selon Falconer et Mackay (1996), les corrélations phénotypiques sont la résultante des corrélations génétiques et des corrélations environnementales entre deux caractères. Si les deux caractères ne sont pas sous fort contrôle génétique, alors les corrélations phénotypiques seront principalement déterminées par les corrélations environnementales. Si l'héritabilité est élevée, les corrélations phénotypiques seront alors déterminées principalement par les corrélations génétiques.

La projection des provenances et des caractères du premier site (taux de survie, hauteur totale et diamètre au collet) sur le premier axe de l'ACP, oppose les provenances de BOUALEM, BELEZMA, DAR ECHIOUKH et BORD BOU NAAMA caractérisées par des valeurs de hauteur totale et de diamètre au collet importantes à OULED KADA, ZACCAR et la CASCADE ayant de faibles valeurs de hauteur totale et de diamètre au collet. Ces correspondances tendent à se confirmer plus en fonction de l'évolution de l'âge des plants. Il faut signaler qu'à l'exception de la provenance de BORDJ BOU NAAMA ; les provenances de BOUALEM, BELEZMA et DAR ECHIOUKH appartiennent toutes au groupe de l'Atlas Saharien. Les résultats obtenus montrent que les taux de survie enregistrés (axe 3 de l'ACP) ne sont significatifs qu'au début de la plantation, ensuite, aucune corrélation avec les provenances n'a été mentionnée.

Dans le deuxième site, 61,4 % de la variance de l'ACP se trouve liée aux variables survie, hauteur totale et diamètre au collet et représentée sur le premier axe. La provenance BOUALEM, en premier lieu, DAR ECHIOUKH et SIDI BOUZID en second lieu sont en bonne correspondance avec des taux de survie, des hauteurs totales et des diamètres au collet élevés. Sur la partie opposée de l'axe les provenances : ZECCAR, la CASCADE, OUED YESSER et NESMOTH se distinguent par des taux de survie, des hauteurs totales et des diamètres au collet faibles cette fois-ci. La comparaison des résultats de la classification hiérarchique réalisés sur les données des deux sites, aux données écologiques des groupes de provenances élaborés lors du choix des sources de graines, nous autorisent à déduire (tableau 10, Annexe 2) que :

- Le premier groupe choisi sur la base de la carte de Quezel et Santa (1962), constitué initialement de trois provenances, englobe selon la classification hiérarchique dans le

premier milieu, en plus de OUED YESSER et CHAABAT LAKHRA, les provenances du deuxième et troisième groupe, à savoir : SEBDOU, THENIET EL-HAD, SEBT, MEZAOURO, NESMOTH, FRENDA et la CASCADE. Le deuxième milieu, regroupe quant à lui, en plus des trois provenances (OUED YESSER, ZACCAR et CHAABAT LAKHRA) des provenances appartenant aux groupes 2 (THENIET EL-HAD, SEBT, FRENDA, la CASCADE) et 3 (SEBDOU, MEZAOURO, NESMOTH). Les provenances du premier groupe de Quezel et Santa se comportent en plantation comparative de la même façon que certaines provenances du deuxième et troisième groupe.

- Dans le deuxième groupe, à l'exception de la provenance ZACCAR qui appartient initialement au groupe le plus favorisé sur le plan climatique, on trouve dans le premier milieu, les provenances NADOR, OULED KADA et DJEBEL AISSA appartenant au deuxième, troisième et quatrième groupe respectivement. Dans le deuxième milieu en plus, des provenances de GUELMA, NADOR, BORDJ et BORDJ-BOUNAAMA appartenant initialement à ce groupe, on trouve, les provenances d'OUM DJERANE et OULED KADA appartenant au troisième groupe, et BELEZMA, SIDI BOUZID, DAR ECHIOUKH et DJEBEL AISSA, qui font partie du quatrième groupe.

- Les provenances du troisième groupe de Quezel et Santa (1962) se trouvent partagées entre le premier et le deuxième groupe de la classification hiérarchique.

- Parmi les provenances faisant initialement partie du quatrième groupe, le premier milieu compte trois, qui lui sont fidèles à savoir : BELEZMA, DAR ECHIOUKH et BOUALEM ; deux autres du troisième groupe en l'occurrence : GUELMA et MEZAOURO rejoignent ce groupe. Cependant, seule la provenance de BOUALEM représente le deuxième milieu dans ce groupe.

Cette analyse permet de mettre en relief un rapprochement entre les provenances du premier et deuxième groupe, et aussi entre le deuxième et le troisième groupe de Quezel et Santa (1962) pour ne constituer dans la nouvelle classification que deux groupes élargis. Le premier groupe de provenances constitue un ensemble presque homogène contenant 11 à 13 provenances appartenant à la zone située entre la mer méditerranée et les piémonts sud de l'atlas tellien. Ces provenances subissent encore, en majorité l'influence maritime. Elles montrent une similitude sur le plan écologique et une continuité sur le plan géographique. Le deuxième groupe composé de 4 à 9 provenances représentant la zone située sur les prolongements de l'Atlas tellien vers les hautes plaines de l'intérieur du pays, les piémonts

nord des monts des Aurès, ainsi que certaines parties de l'Atlas Saharien. Le dernier groupe est constitué principalement des provenances de l'Atlas saharien avec quelques exceptions et les monts des Aurès. Cette situation est en conformité avec les travaux de Quezel et Médail (2002) qui notent qu'il est probable que l'emprise spatiale de l'étage de végétation thermo méditerranéenne progressera nettement, surtout au nord. Ce comportement des provenances serait dû au glissement de la zone sub-humide vers le nord (Médail et Quezel, 2003). Nos résultats vont dans le même sens des conclusions de Médail et Quezel (2003) qui déclarent que les formations arborées méditerranéennes connaissent déjà des réorganisations de leur composition floristique en fonction de la réponse individuelle des essences et de leur structuration génétique. Selon Wright (1963), le gain génétique en vigueur et en forme attendu de l'amélioration par sélection est de l'ordre de 3 à 10% par génération, mais les différences entre écotypes géographiques sont fréquemment de 25 à 50%. Il est préconisé de partir d'un écotype convenable et économiser un travail de plusieurs générations.

Dans notre cas les provenances semblent avoir une organisation sous forme de cline Nord – Sud surtout dans la partie nord, du moment que l'aire de l'essence est continue (Gaudin, 1997). Mais les peuplements de l'Atlas saharien peuvent avoir une autre organisation compte tenu que les peuplements sont très morcelés présentant une organisation en écotypes (Birot, 1972) comme c'est le cas de la provenance de BOUALEM.

III. Variabilité intra provenance (analyse univariée)

L'étude de la variabilité génétique des 60 familles appartenant à quatre provenances représentant les grandes régions de l'aire du chêne vert en Algérie a concerné 21 caractères liés aux différentes formes d'expression phénotypique de l'espèce.

1. En pépinière

1.1. Morphologie et aptitude des glands à la germination

La comparaison des poids moyens des glands dégage une variabilité intra famille, très hautement significative (tableau 6, Annexe 2). Chaque groupe de familles se décompose en 6 à 8 groupes homogènes. La variabilité inter famille (entre les 60 familles) permet de relever des différences importantes, à cet effet, un cline liés au poids des glands se dégage. Selon Birot (1972), l'étude de la variabilité géographique peut se faire sur le matériel de reproduction lui-même par la mesure biométrique des graines, les glands dans le cas du chêne

vert sont sous l'influence de facteurs génétiques internes et de facteurs externes liés à l'origine du pieds-mère

Le taux de glands flottants (inaptes à la germination) est faible pour les quatre groupes de familles et ne dépasse pas 1,25%, il ne constitue pas de ce fait, un handicap pour la régénération du Chêne vert. Si le taux de flottaison est faible chez OUED YESSER et BORDJ BOUNÀAMA que chez OUMDJERANE et BOUALEM, le niveau de structuration intra provenance est plus élevé chez les deux premières que chez les deux dernières.

Selon Nasrallah et Khélifi (2010) le reboiseur apprécie toujours des taux de germination élevés et une germination homogène. Dans notre cas, les taux de perte moyen pendant la germination ne dépassant pas 10 %, sont considérés comme acceptables. Les groupes de famille BOUALEM et OUMDJERANE sont plus homogènes et présentent les meilleures aptitudes à la germination. Les groupes de famille OUED YESSER et BORDJ BOUNÀAMA sont moins homogènes, avec des taux de germination plus faibles. Selon Ducrey et Boisserie (1992) et Christophe (2005), les conditions locales des peuplements d'origines semblent influencer la qualité des glands et leur aptitude à la germination (arbres -mères et âge des peuplements).

1.2. Levée et vigueur des plants

La levée chez le chêne vert, commence avec l'apparition des premières feuilles à partir de la mi-mars. Elle passe par trois principales phases : la première rapide et se poursuit jusqu'à la fin mai, la deuxième plus ou moins stable et la troisième caractérisée par la mortalité de certains plants.

La croissance en hauteur des plants révèle des niveaux de signification différents entre les quatre groupes de familles. La hauteur des plants diminue selon un ordre, du Nord au Sud (tableau 7, Annexe 2), et le niveau de structuration intra famille suit cette même logique. La croissance en hauteur passe en moyenne de 5,20 cm en mi-avril à 10,17 cm en mi - aout, pour atteindre 16,55 cm à la fin de la période d'élevage en pépinière. La croissance en hauteur se poursuit normalement en été, en pépinière pour le chêne vert. L'accroissement en diamètre se fait dans le même sens que pour la hauteur, le groupe de famille du Nord (OUED YESSER) réalise une bonne croissance et une meilleure structuration et celui du sud (BOUALEM) se trouve le moins performant et le moins structuré. Cette situation montre selon Aussenac et El Nour (1986) et Salmon (2004), que le développement des plants en pépinière est sous l'effet

des réserves contenues dans les glands qui leur donnent naissance, ainsi que des conditions pédoclimatiques favorables (arrosage biquotidien, protection contre les vents et les gelées, substrat riche).

1.3. Morphologie de la feuille et du plant

La feuille joue un grand rôle dans les grandes fonctions physiologiques de la plante. Elle est le siège principal des échanges de gaz tels que la fonction chlorophyllienne et la fonction respiratoire. Elle est également responsable de l'évapotranspiration. Ainsi, les plantes adaptent la morphologie de leurs feuilles en fonction des conditions climatiques de leurs biotopes dans le but de réguler et d'équilibrer ces fonctions physiologiques.

Nos analyses morphologiques basées sur la mesure de six caractères quantitatifs des feuilles et des plants, montrent que les réponses des quatre groupes de familles sont différentes d'un caractère morphologique à l'autre : c'est ainsi que pour la longueur de la feuille, seules les groupes de familles OUED YESSER et BORDJ BOUNÀAMA ont été significatifs, en constituant 7 et 8 groupes homogènes respectivement. Par contre, pour la largeur de la feuille, sur les quatre groupes, les deux groupes OUED YESSER et BOUALEM sont significatifs. Pour la surface de la feuille, seul le groupe de famille BOUALEM est très significatif, avec une structuration faible (tableau 8, Annexe 2). Selon Dupouey *et al.* (1991), une très forte différenciation de la morphologie foliaire pour différentes origines géographiques européennes ont permis de trouver entre les principaux caractères discriminants comme le degré d'indentation de la feuille, son élongation et sa taille générale. Il note que les mêmes caractères ont été observés pour le Chêne rouge (Jung-Muller, 1987) et le Chêne vert (Rafii, 1988).

Nos résultats montrent que le nombre de ramifications et le nombre de feuilles par plant sont significatifs seulement pour le groupe de familles BOUALEM, avec un nombre de groupes homogènes relativement faible. La surface foliaire par plant diminue du nord vers le sud en conformité aux différences bioclimatiques. Il est possible donc, que la différence morphologique observée au niveau des surfaces foliaires par plants de *Quercus rotundifolia* dérive d'une adaptation climatique qui permet à ces plantes de résister et de survivre au climat auquel elles sont soumises. De nombreuses études faites *in situ* indiquent l'existence d'une liaison nette entre morphologie des arbres et type de station dans lequel ils se trouvent (Grandjean et Sigaud, 1987 ; Kissling, 1983). Larcher (1960), Specht (1969), Kummerow (1973), Mooney *et al.* (1974), Christodoulakis et Mitrakos (1987) et Romane (1987) cités par

Acherar *et al.* (1991) ont fait appel à des différences d'ordre morphologique, pour expliquer l'adaptation de certaines espèces à la sécheresse. Le rôle de la sécheresse dans la répartition des espèces du genre *Quercus* au sein de l'aire isoclimatique méditerranéenne a été aussi souligné depuis longtemps (Emberger, 1930 ; Braun-Blanquet *et al.*, 1952 ; Larcher, 1960; Di Castri et Mooney, 1973 ; Quezel, 1976 ; Chalabi, 1980). Mais, selon Dupouey *et al.* (1991), il faut savoir distinguer entre les observations faites sur des jeunes plants élevés en plantations comparatives et qui donnent directement une information génétique, et celles effectuées *in situ* sur des échantillons prélevés en forêt et qui sont aussi dépendantes de l'environnement.

1.4. Biomasse des plants

De l'analyse comparée de la biomasse des plants des quatre populations (OUED YESSER, BORDJ BOUNÀAMA, OUMDJERANE et BOUALEM), il ressort que ces marqueurs montrent les indices de variabilité morphologique les plus élevés. Cet outil apparaît le plus adéquat pour mener des études plus fines qui visent à définir des stratégies efficaces pour l'extension et la conservation de cette essence.

Le tableau 9, Annexe 2 représentant l'analyse des poids des plants des 60 familles en pépinière à l'âge de 6 mois. Ce tableau nous permet de constater d'abord, une diminution du poids des familles du premier rang allant du Nord, vers le Sud de l'aire de distribution de l'espèce, ensuite une évolution progressive des biomasses du Nord vers le Sud pour les familles du dernier rang. Ce ci montre clairement qu'en pépinière, lorsque les conditions pédoclimatiques sont favorables les groupes de familles provenant du Nord de l'aire du chêne vert s'expriment mieux que celles du Sud en donnant une biomasse plus importante.

L'étude des rapports de la partie aérienne sur la partie racinaire des 60 familles permet de constater que pour le rapport PAF/PRF, la valeur de la famille occupant le premier rang diminue généralement du Nord au Sud ; par contre la valeur de la famille du dernier rang évolue dans le sens contraire. L'inverse de cette situation se produit dans le cas du rapport PAS/PRS. L'examen de l'évolution du rapport PRF/PRS dans les 4 groupes de familles montre que ce rapport est plus élevé, en allant du Nord vers le Sud, mais pour le premier et le dernier rang cette fois ci. Le PRF est 3,3 fois supérieur au PRS pour le premier rang d'OUED YESSER et environ 1,5 fois supérieur pour le dernier rang. Le PRF est 3 fois supérieur au PRS pour le premier rang d'OUED YESSER et environ 1,5 fois supérieur pour son dernier rang. Le PRF est 2,5 fois supérieur au PRS pour le premier rang de BORDJ BOUNÀAMA et presque égal avec son dernier rang. Le PRF est 3 fois supérieur au PRS pour le premier rang

d'OUMDJERANE et 1,3 fois supérieur à son dernier rang. Le PRF est 2 fois supérieur au PRS pour le premier rang de BOUALEM et presque égal avec son dernier rang. Ces résultats obtenus dans des conditions semi contrôlées où les plants se développent dans presque un même environnement, montre à quel degré la biomasse du plant est sous contrôle génétique. La différence de rétention d'eau entre les familles, ainsi qu'entre les plants du premier et dernier rang rend compte de l'importance de l'eau dans la croissance du chêne vert. Des résultats similaires ont été obtenus par Ksontini et *al.* (1998), qui a constaté que chez les jeunes plants de chêne, la contrainte hydrique tend à diminuer le rapport des biomasses aériennes sur racinaires. Ils ont montré que sous l'effet du stress *Q. faginea* jeune et *Q. suber* âgé ont un rapport tige/racine inférieur à celui des autres espèces. Rambal (1984) considère les rapports tige/racine de jeunes plants de *Q. robur*, *Q. petraea*, *Q. rubra*, comme une adaptation morphologique des racines leur permettant une meilleure exploitation du sol. Canadell et Roda (1991), quant à eux, montrent également que le rapport des biomasses tige/racine est plus faible en milieu sec chez *Q. ilex* adultes.

2. En champ

L'analyse de variance faite au début de la plantation n'indique, aucune différence intra familiale significative pour le taux de survie, dans les deux sites. Les plants des 60 familles ont fait l'objet d'une mortalité élevée durant les deux premières années. Ce phénomène avait déjà été signalé par Acherar et *al.* (1991) qui ont indiqué que c'est lors de la phase d'installation que l'on observe la mortalité la plus élevée pour de nombreuses espèces ligneuses méditerranéennes. Au bout de quatre ans d'élevage l'homogénéité des taux de survie des quatre groupes de familles continue à être observée, dans les deux sites. Seule BOUALEM et OUMDJERANE à degré moindre ont eux des taux de survie significatifs. Ces deux groupes de familles semblent être plus sensibles aux variations pédoclimatiques. Selon Callaham (1964) de légères modifications climatiques peuvent se montrer critiques dans les régions semi-arides, car les arbres y poussent au voisinage du seuil de survivance.

Au bout de quatre ans de suivi, aucune variabilité entre les hauteurs des quatre groupes de familles à la plantation n'a été observée, exception faite pour les 15 familles de BOUALEM dans le deuxième site. Le suivi de l'évolution de la croissance des groupes de familles ne montre qu'une légère influence de la transplantation sur les plants. Cependant, même si l'ANOVA n'a pas dégagé de différences significatives au sein des familles, la croissance en hauteur réalisée dans les deux sites est très différente d'un groupe de famille à

l'autre et d'un site à l'autre, du moment que certains plants ont atteint une hauteur de 72 cm et d'autres n'ont réalisé que 26,5 cm de hauteur.

L'analyse de la variabilité des diamètres au collet des quatre groupes de familles confirment les résultats obtenus dans les mesures de survie et des hauteurs. Les mesures des diamètres à la plantation sont homogènes au sein de chacun des groupes de familles, à l'exception d'OUED YESSER et BOUALEM, dans le deuxième site. Ces différences sont attribuables à l'élevage en pépinière et n'ont aucune relation avec la plantation comparative en champ. Les plants de chaque groupe de familles ont évolué de façon semblable dans les deux sites. Selon Yacine (1987), c'est surtout la morphologie et la variabilité du chêne vert qui a suscité un grand intérêt et de nombreux travaux. Saenz de Rivas (1967,1970) distinguent deux variétés : *Quercus ilex* L. et *Quercus rotundifolia* LAM. en se basant sur des caractères morphologiques liés aux particularités écologiques, et surtout bioclimatiques de la répartition des peuplements de l'essence.

L'effet du régime de reproduction sur la structure génétique des populations et l'influence des flux géniques sur la consanguinité et la différenciation des populations a été souligné par Wright (1946,1965). Les travaux de Hamrick et al (1979) ont confirmé les théories avancées par Wright en montrant que les espèces à large répartition, à longue génération, allogames et anémophiles présentent la plus grande variabilité génétique intra population. L'étude de la structure génétique des populations prévoit une variabilité génétique intra population plus élevée lorsque la population a une répartition continue par rapport aux populations formant des populations isolées et de petites tailles. Nos résultats sont en accord avec ces dernières affirmations, qui selon Wright (1931), Nei et al (1975), présentent une variabilité inter population élevée.

IV. Classement des quatre groupes de familles basé sur l'analyse multivariée

1. En pépinière

L'examen des résultats de l'analyse en composantes principales de l'ensemble des mesures de la pépinière a mis en évidence les principaux caractères intervenant à des degrés différents dans la séparation des groupes de familles. Parmi tous les variables testées, ce sont les caractères liés à la biomasse des plants, à la vigueur (hauteur totale et diamètre au collet) et à la levée qui constituent de bons indices de distinction de la variabilité intra famille. Cette synthèse multidimensionnelle a fait apparaître d'abord, que la signification écologique de

l'axe 1 est double. Il est indicateur de biomasse sur son pôle positif et indicateur de vigueur de plant et du poids des glands sur son pôle négatif. Cet axe différencie nettement entre BORDJ BOUNÀAMA12 corrélée au pôle « Biomasse » et BORDJ BOUNÀAMA11, OUED YESSER1, OUED YESSER2, OUED YESSER5, OUED YESSER7, OUED YESSER9 et OUED YESSER13 liées au pôle (vigueur de plant et poids des glands).

L'axe 2 caractérise l'affinité des familles à la xéricité du climat. Il différencie entre les familles BOUALEM6 et BOUALEM13 ayant une biomasse fraîche réduite et BORDJ BOUNÀAMA2, OUED YESSER4 et OUED YESSER8, qui ont une biomasse fraîche importante.

Sur le plan (3X4), une correspondance entre la longueur de la feuille, la surface foliaire du plant, et son poids aérien sec, d'une part et les individus OUMDJERANE3 et OUMDJERANE8 se distingue sur l'axe 3. L'axe 4 est caractérisé par une correspondance opposée entre les taux de levée et les familles BORDJ BOUNÀAMA2 et BORDJ BOUNÀAMA8.

Si on adopte le raisonnement de Lacaze (1970), le comportement phénotypique d'un individu (P) est la résultante de deux actions, l'une génotypique (G), l'autre due à l'environnement (E), ce qui s'écrit : $\sigma^2P = \sigma^2G + \sigma^2E + \sigma^2G \times E$. Les différents termes de cette équation expriment la déviation par rapport à la moyenne de la population étudiée.

L'effet E étant supposé constant en pépinière, compte tenu que les plants se développent dans un milieu pratiquement homogène. Dans ce cas, le comportement des familles est dû essentiellement à leurs génotypes respectifs. La variabilité intra-provenance forte est rencontrée seulement pour la biomasse, la vigueur et la levée des plants.

2. En champ

L'étude des correspondances entre l'évolution des caractères morphologiques et la structuration des 60 familles du premier site dégage un gradient lié au diamètre permettant de distinguer les familles BOUALEM14 et BOUALEM6 caractérisées par des diamètres faibles et les familles BORDJ BOUNÀAMA15 et OUED YESSER15 ayant une croissance en diamètre forte. Sur l'axe 2 du premier plan la famille BORDJ BOUNÀAMA11 semble réaliser la meilleure survivance des plants. Un troisième gradient met en opposition les familles BOUALEM6, BOUALEM 5, BOUALEM3, BOUALEM 8 et BORDJ

BOUNÀAMA5 caractérisées par de faibles hauteurs et OUED YESSER8 et OUED YESSER13 possédant des hauteurs élevées.

Dans le deuxième site, un gradient de vigueur des plants distinguent les familles OUED YESSER4, OUED YESSER7, OUED YESSER11, OUED YESSER12, OUED YESSER13, caractérisées par de faibles diamètres et des hauteurs élancées. Les familles BOUALEM15 et OUED YESSER5 sont discriminées sur l'axe 2 de l'ACP, la première par une survie élevée et la deuxième par une survie faible. Un dernier gradient oppose cette fois-ci les familles OUED YESSER4 et OUMDJERANE11 caractérisées par une faible survie et la famille OUMDJERANE12 ayant des hauteurs élevée.

L'analyse des dendrogrammes des deux sites confirment les résultats de l'analyse univariée et des données de l'ACP quant à l'homogénéité du comportement des familles en champ, à l'exception de BOUALEM6 et BORDJ BOUNÀAMA4 dans le premier site et BOUALEM15, BOUALEM4 et OUED YESSER2 dans le deuxième site.

La variabilité intra provenance des différents caractères atteint un niveau comparable d'un groupe de famille à l'autre. La faible variabilité morphologique s'explique par le régime de reproduction de l'espèce et la forte influence du milieu déjà signalée (Michaud et *al.*, 1995).

CONCLUSION

Conclusion

En Algérie, le chêne vert forme des écosystèmes majeurs tant par son importance économique que par sa capacité d'accueil de la biodiversité. A cet effet, la réhabilitation de la place du chêne vert par la valorisation de sa biomasse (production pastorale et production ligneuse) doit s'ajouter à sa valeur indéniable au plan écologique dans la protection efficace du sol contre l'érosion au regard de ses bonnes capacités de résistance.

Cette étude est un essai pour contribuer à résoudre les problèmes de reconstitution de cette espèce très répondeuse en Afrique du Nord, mais qui a connu une importante réduction. Elle concerne l'élevage en pépinière et la plantation comparative de 315 familles, appartenant à 21 provenances choisies dans les principales régions écologiques du chêne vert en Algérie. Le suivi s'est étalé sur les phases difficiles, de germination, d'élevage en pépinière, au transfert et installation durant les quatre premières années en champ. Durant toutes ces phases la variabilité morphologique a été décrite à travers l'analyse des caractères d'adaptation au milieu et de croissance des plants.

A partir des résultats exposés précédemment, nous illustrons brièvement les éléments importants de cette étude concernant la variabilité morphologique du chêne vert.

Tout d'abord, au niveau de la pépinière lorsque toutes les conditions sont réunies et homogènes, la germination des glands ne constitue pas une entrave pour la production de jeunes plants. C'est au stade levée que la mortalité est élevée et significative au niveau intra et interprovenances surtout en période estivale. La biomasse des plants permet à ce stade de distinguer statistiquement entre les provenances du Nord et du Sud de l'aire de cette essence.

En plantation comparative l'analyse effectuée dans deux sites différents rend compte de l'évolution de la survie et la croissance des plants. Les mesures réalisées entre Janvier 2008 et Septembre 2011 à Sidi Benkadour et Sidi Moussa permettent de déceler :

- Une variabilité à l'échelle de l'aire du chêne vert en Algérie caractérisée par une survie moyenne de 51 % et 45% dans le premier et le deuxième site respectivement, soit un taux de survie moyen de 48% pour l'ensemble de la plantation. Les conditions écologiques plus favorables dans le premier site ont engendré une très bonne croissance des plantules de chêne vert soit une hauteur totale moyenne de 50,68 cm dans le premier site, contre 40,90 cm dans le deuxième, et une hauteur totale moyenne finale de 45,80 cm en 4 ans pour l'ensemble de la

plantation. Dans le même sens, le diamètre total moyen enregistré par l'ensemble de la plantation est de 1,31 cm (1,33 cm dans le premier site et 1,29 cm dans le deuxième).

- Une variabilité à l'échelle des grandes régions ou groupes écologiques caractérisée par un classement relativement stable d'une région à l'autre, avec une supériorité en survie et vigueur des groupes de l'Atlas saharien, suivi du groupe des hautes plaines intérieures, ensuite la région de la façade sud de l'Atlas tellien et en fin le groupe des parties Nord et élevées de l'Atlas tellien marqué par les plus faibles performances en survie et en vigueur.

- Au niveau des provenances, une variabilité inter et intra- groupes est décelée, marquant un cline Nord- Sud pour la survie et la vigueur des plants. La comparaison de la performance moyenne des caractères du premier site (taux de survie, hauteur totale et diamètre au collet) permet d'opposer les provenances de BOUALEM, BELLEZMA, DAR ECHIOUKH et BORD BOUNAAMA caractérisées par des valeurs de hauteur totale et de diamètre au collet importantes à celles de OULED KADA, ZACCAR et SOUR EL GHOZLANE ayant de faibles valeurs de hauteur totale et de diamètres au collet.

- Au sein de la provenance même, une variabilité inter famille moins importante est détectée. Elle atteint cependant, un niveau comparable d'un groupe de famille à l'autre. Ce faible niveau de variabilité morphologique peut s'expliquer par le régime de reproduction de l'espèce et la forte influence du milieu.

Plusieurs facteurs interviennent quant à l'explication de cette variabilité intra et inter-provenance. En plus de l'effet de la région d'origine des provenances, de l'influence de la saison et le régime hydrique, c'est surtout l'influence du milieu qui constitue le principal élément.

En effet, nos résultats montrent que, les plus grandes performances en matière d'adaptation et de production de biomasse, sont susceptibles d'être obtenus si l'on sélectionne d'abord la meilleure zone de plantation et, par la suite les provenances et les familles qui sont mieux adaptées à ces zones. Même si l'effet des zones de plantation est peu variable, il n'en demeure pas moins que les conditions des milieux de plantation devaient être prises en considération parce qu'elles ont un grand effet sur la croissance des arbres.

En plus, du rôle essentiel de ce type d'expérimentation qui consiste à indiquer aux reboiseurs les sources de graines auxquelles ils doivent faire appel pour obtenir la meilleure

source de graines pour le reboisement. Il permet surtout d'avoir une meilleure connaissance de la variabilité infraspécifique, sur le plan scientifique.

À la suite des résultats obtenus dans ce travail, nous souhaitons fournir quelques recommandations:

- Ces résultats concernent un matériel encore jeune (5 ans), et doivent être confirmés par des études de provenances et de descendances comparables et multi sites.
- Une sélection du matériel végétal doit être effectuée d'une part au niveau des peuplements et d'autre part au niveau des arbres (familles) afin de permettre d'avoir des ressources génétiques bien adaptées pour des programmes de reboisement dans la zone climatique du chêne vert et pour répondre à l'effet du changement climatique présumé.
- Pour cette espèce, les priorités des améliorateurs doivent être orientées vers l'amélioration de la résistance de l'espèce aux aléas climatiques et aux prédateurs, ensuite l'augmentation de la biomasse et le rendement en bois. A cet effet des essais de provenances/descendances du matériel végétal provenant du sud de l'aire géographique du chêne vert pourraient être établies dans les zones de plantation plus au nord pour améliorer les taux de réussite enregistrés actuellement.
- Une importance particulière doit être donnée aux études de cartographie des sols et à la typologie des stations de fertilité qui peuvent améliorer considérablement les conditions de réussite des plantations des espèces.
- Accorder plus d'importance aux choix du matériel génétique et au respect de l'itinéraire technique en pépinière pour réduire la mortalité et la production de plants vigoureux et sains.

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

1. A.N.R.H., 1993 – Carte Pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle 1/500000. Agence Nationale des Ressources Hydriques. Ministère de l'Équipement. Ed. I.N.C, Alger
2. Abdelghafour H., 1974 – Le développement de la forêt algérienne par le reboisement et son insertion dans l'économie nationale. Mémoire: Université Montpellier, 84 p.
3. Acherar M., Rambal S. et Lepart J., 1991 – Evolution du potentiel hydrique foliaire et de la conductance stomatique de quatre chênes méditerranéens lors d'une période de dessèchement – Ann. Sc. For, 1991, vol. 48,(5),561–573
4. Achhal A., 1979 – Le chêne vert dans le haut atlas central : Etude phytosociologique ; problèmes posés par les Aménagements de la chênaie. Thèse. Doct. 3eme. cycle, Univ. Aix– MARSEILLE, 116 p.
5. Aissa D., 1981 – Etude expérimentale de la germination du chêne vert (*Quercus ilex*L). Thèse de spécialité, Univ. Sci. Tech. Saint-Jérôme, Marseille, 66 p.
6. Alcaraz, C., 1982 – La végétation 1 carte couleur. 1/500 000, 14 tabl. h.t., 11 fig. h i, Thèse Doct. Sci., Univ. Perpignan.
7. Alcaraz C., 1989 – Contribution à l'étude des groupements à *Quercus ilex* et *Quercus faginea* subsp. *ilemcanensis* des monts de T l e m c e n (A l g é r i e) – Ecologia Mediterranea, tome X V, fascicule 3, 4, 15–32.
8. Alexandrian D., 1979 – Les reboisements aux chênes méditerranéens. Bull. tech. ONF, n°10, Paris, 17–30.
9. Arrus R., 1985 – L'eau en Algérie, de l'impérialisme au développement. PUG/OPU, Grenoble/Alger, 388 p.
10. Aubert G., 1984–1985 – Guide écologique de la forêt domaniale de la Gardiole (Massif des Calanques (13), France). La végétation et ses relations avec les facteurs pédologiques. — Marseille : Centre national de Documentation pédagogique, — Tome 1, 69 p. tome 2, 38 p.
11. Aussenac G et EL.nour M., 1986 – Reprise des plants et stress hydriques. Rev. For. Fr, 264–270.
12. Axelrod, D.I., 1983 – Biogeography of oaks in the Arcto–Tertiary province. Annals of the Missouri Botanical Garden 70(4): 629–657.
13. Bacilieri R., Roussel G., Ducouso A., 1993 – Hybridization and mating système in a mixed stand of sessile and pedunculate oak. Ann. Sci. For. 50, supp1, 122s–127s.
14. Bahrman N., Baradat PH. et Petit R., 1992 – Structure de la variabilité génétique du Pin maritime dans l'ensemble de son aire naturelle hypothèses explicatrices – Quolloque international organisé en hommage à Jean petrès, Paris , 351–368.
15. Baldy Ch., Barbero M., Madjidieh H., Quezel P., 1988 – Caractéristiques biophysiques foliaires du modèle sclérophylle en situation de stress hydrique. Le cas du Chêne vert. – International Conférence on Mediterranean Ecosystems (1987–06–

- 15–1987–06–21), Montpellier (FRA). In: Time scales and water stress. Paris (FRA): IUBS. 267–276.
16. Balfourier F. and Charmet G., 1991 – Relationships between agronomic characters and ecogeographical factors in a collection of French perennial ryegrass populations. *Agronomie*, 1: 645–657.
17. Baradat Ph., 1986 – Variabilité génétique et systèmes de reproduction *Rev. For. Fr. sp.*, 26–37.
18. Barbero M. et Loisel R., 1980 – Le chêne vert en région méditerranéenne. *R. F. F. XXXII* – 6. France, 531– 544.
19. Barbero M., 1988 – Caractérisation de quelques structures et architectures forestières des arbres et arbustes à feuilles persistantes de l'étage méditerranéen. *Revue For. Fr. XL–5*: 370– 380.
20. Barbero M., Loisel R., and Quezel P., 1992 – Biogeography, ecology and history of mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetation* 99–100, 19–34 p.
21. Barbero M., Quezel P. et Rivas–Martinez S., 1981 – Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. *Phytoecologia*, 9 (3) : 311–412.
22. Barbero M. et Romane F., 1992 – Evolution actuelle de la forêt méditerranéenne in les recherches en France sur les écosystèmes forestiers. *Direction de l'espace rural et de la forêt*, 19–20.
23. Bariteau M., 1992 – Variabilité géographique et adaptation aux contraintes du milieu méditerranéen des pins de la section *halepensis* : résultats (provisoire) d'un essai en plantations comparatives en France. *Ann. Sci. For.*, 49,261–275.
24. Belahbib N., Ouassou A., Dahmani J., Douira A., 2004 – Contribution à l'étude de l'introggression génétique entre *Quercus suber* L. et *Q. rotundifolia* Lam. Trabut au Maroc par l'utilisation des marqueurs microsatellites. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie*, 26–27, 31–34.
25. Bellaaz M., 2003 – Le barrage vert en tant que patrimoine naturel national et moyen de lutte contre la désertification. *FAO, Rome*, 3–7
26. Bellarosa R., Simeone M C. and Schirone B., 2004 – Germ plasm conservation of Mediterranean oaks in Italy: distribution and genetic structure of cork oak (*Quercus suber* L.). *EUFORGREN, Mediterranean Oaks Network: Second Meeting. Scientific contributions.*
27. Bellefontaine, R., Edelin, C., Ichaou, A., Du Laurens, D., Monsarrat, A. et Loquai, C. 2000 – Le drageonnage, alternative aux semis et aux plantations de ligneux dans les zones semi–arides : protocole de recherches. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 11 : 221–226.

28. Benamirouche S., 2005 – Le reboisement : Bilan et analyse des reboisements en Algérie : Les reboisements en Algérie de 1962 à 2002 : constitution d'une base de données, bilan et analyse. Mémoire Magister. INA, 200 p.
29. Benchetrit M., 1966 – Les modalités de la dégradation des forêts dans le Tell oranais, Rev. géo, 41, 4–41.
30. Bénédicte R., 2008. – Étude de mécanismes génétiques impliqués dans l'adaptation climatique de populations expérimentales de blé tendre. UMR de Génétique Végétale, INRA / Univ Paris-Sud / CNRS / AgroParisTech, Ferme du Moulon, F-91190 Gif-Sur-Yvette.
31. Bensaid S., 1998 – La question du reboisement en Algérie.1, vol.9, Revue sécheresse, éditions John Libbey, Paris, 5–11.
32. Bensaid S., Gasmi A. et Benhafied I., 2006 – Les forêts d'Algérie de Césarée la romaine à ce jour, Forêt Méditerranéenne, tome XXVII, 3, 267–274
33. Beyschlag W., Lange O.L., Tenhunen J.O., 1986 – Photosynthese und Wasserhaushalt der immergrünen mediterranen Hartlaubpflanze *Arbutus unedo* L. im Jahresverlauf am Freilandstandort in Portugal. I. Tagesläufe von C₂-O₂ Gaswechsel und Transpiration unter natürlichen Bedingungen Flora 178, 409–444.
34. Birks H.J.B., 1991 – Late-quaternary biotic changes in terrestrial and lacustrine environments, with particular reference to North West Europe. *In* : Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology / B.E. Berglund. Ed. John Wiley and Sons, 3–52.
35. Birot Y. et Ferrandes P., 1972 – Quelques aspects de la variabilité intraspécifique du Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb) introduit en zone méditerranéenne subhumide. Ann Sci For 29, 335–351
36. Birot Y., 1972 – Variabilité intraspécifique du poids de la graine chez le Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb . Franco) INRA/ Nancy Silvae Genitica 21,6, 230–238
37. Boudjadja A., 1995 – Comptes rendus des 2^e Journée Scientifique et Technique du Génie Rural. Estimation empirique et expérimentale du transport solide dans la région Ouest du Côtier Algérois. Université de Blida. 22 Nov. 22– 28.
38. Boudjadja A., Messahel M. et Pauc H., 2003 – Ressources hydriques en Algérie du Nord. Rev.sci.Eau. 286–304
39. Boudy P., 1950 – Économie forestière nord-africaine. Tome II, monographie et traitement des essences forestières. Paris : Fasc. I, Édit. Larose ; 525 p.
40. Boudy P., 1952 – Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris, Maison Rustique, 156–171.
41. Boudy P., 1955 – Economie forestière Nord Africaine, Tome IV ; Ed Larose, Paris, 199 p.

42. Bradshaw A.D., 1965 – Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Adv. Genet.* 13: 115–155.
43. Braun–Blanquet J., Roussine N. et Negre R., 1952 – Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. CNRS, service de la carte des groupements végétaux, 297 p.
44. Briggs D and Walters S.M., 1997– Plant variation and evolution (3rd Ed). Cambridge University Press, Biology library, 265 –352
45. Bureau National des Etudes Forestières (B.N.E.F.), 1984 – Inventaire Forestier National. Rapport de synthèse.12– 26.
46. Bussotti F., Borghini F., Celesti C., Leonzio C., Cozzi A., Bettini D. et Ferretti M., 2003 – Leaf shedding, crown condition and element return in two mixed holm oak forests in Tuscany, central Italy. *Forest Ecology and Management*, 176, 273–285.
47. Callaham R.Z., 1964 – Provenance research: investigation of genetic diversity associated with geography. *Unasylva* vol.18 (2–3), 40–50.
48. Camus A., 1934–1954 – Les Chênes. Monographie du Genre *Quercus* (et *Lithocarpus*), vol. 6–8. Académie des Sciences, Paris, France.
49. Canadell J. and Rodà F., 1991 – Root biomass of *Quercus ilex* in a montane Mediterranean forest. *Canadian Journal of Forestry Research* 12, 1771–1778.
50. Carcaillet C., Barakat H., Panaiotis C. and Loisel R. 1997 – Fire and late–Holocene expansion of *Quercus ilex* and *Pinus pinaster* on Corsica. *Journal Vegetation Science*, 8: 85–94.
51. Castellan C.I., 1970 – Tavole stereometriche ed alsonometriche costruite per i boschi italiani. *Ann. Inst. Sper. Ass. For. Alpic.*, 1–11, Trento,72 p.
52. Castro–Diez P., Villar–Salvador P., Pérez–Rontomé C., Maestro–Martinez M. et Montserrat–Marti G., 1997– Leaf morphology and leaf chemical composition in three *Quercus* (*Fagaceae*) species along a rainfall gradient in NE Spain. *Trees*, 11, 127–134.
53. Cecile G., Saliou B., Madjèbi B F., 2004 – Approches écophysiological des plantes sclérophylles d'intérêt de Nouvelle–Calédonie et essais de multiplication conforme Rapport n° 16/2004.
54. Chalabi M.N., 1980 – Analyse phytosociologique, phytoécologique, dendrométrique et dendroclimatologique des forêts de *Quercus cerris* L subsp pseudocerris et contribution à l'étude du genre *Quercus* en Syrie. Thèse de Doctorat ès sciences, Univ Aix Marseille, 342 p.
55. Charmet G., Balfourier F. and Bion A., 1990 – Agronomic evaluation of a collection of French perennial ryegrass populations: multivariate classification using genotype x environment interactions. *Agronomie*, 10: 807–823.

56. Charmet G., Ravel C. and Balfourier F., 1997 – Phylogenetic analysis in the Festuca–Lolium complex using molecular markers and ITS rDNA. Theor. Appl. Genet., 94: 1038–1046.
57. Christin P.A., Besnard G., Samaritani E., Duvall MR., Hodkinson TR., Savolainen V., Salamin N., 2008 – Oligocene CO₂ decline promoted C₄ photosynthesis in grasses. Curr Biol. 18:37–43.
58. Christodoulakis N.S. And Mitrakos K.A., 1987 – tructural analysis of sclerophylly in eleven evergreen phanerophytes in Greece. In: Plant responses to stress. Functional analysis in mediterranean ecosystems (JD Tenhunen et al, eds), NATO, ASI Ser, Springer Verlag, Berlin, vol G15, 547–552
59. Christophe C., 1980 – Variabilité intraspécifique de l'épicéa: stabilité et homogénéité des provenances et régions de provenances allemandes. Ann. For. Sci. 37(2), 109–133.
60. Christophe P., 2005 – Dynamique naturelle et gestion forestière – Le cas de la réserve MAB du Fango. O.D.A.R. (Corse)
61. Combe AD., 1889 – Les forêts de l'Algérie. Giralt imprimeur du Gouvernement général, Alger, 72 p.
62. Côme D., Corbineau F., 1989 – Biologie des semences : Quelques réflexions sur l'état des recherches. Cultivar 2000, Seed Business, 6, 18–24.
63. Corbineau F., Rudnicki R.M., Goszczynska D. M., Côme D., 1995 – The effect of light quality on ethylene production in leaves of oat seedlings (*Avena sativa* L.). Environmental and Experimental Botany, 35, 227–233.
64. Cuguen J., 1986 – Différenciation génétique inter- et intrapopulations d'un arbre forestier anémophile: le cas du Hêtre (*Fagus sylvatica* L.) thèse Doct. Biologie des Populations et des Ecosystèmes, USTL. Montpellier 2.
65. D.G.F. 2001– Document de projet d'appui au Plan d'Action national. Algérie. PNUD/UNSO. DGF/Algérie, 88 p.
66. Dahmani–Megrerouche M., 1984 – Contribution à l'étude des groupements à chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) des Monts de Tlemcen (Ouest Algérien). Thèse. Doc. 3^o cycle. Univ. Sci. Tech. Alger, 237 p.
67. Dahmani M., 1997 – Le chêne vert en Algérie syntaxonomie, phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse Doct. Univ. Houari Boumediène Alger, 01–50.
68. Damesin C., Rambal S. et Joffre R., 1997– Between–tree variations in leaf $\delta^{13}C$ of *Quercus pubescens* and *Quercus ilex* among Mediterranean habitats with different water availability. *Oecologia*, 111, 26–35.
69. De Lillis, M. and Fontanella A., 1992 – Comparative phenology and growth in different species of the Mediterranean maquis of central Italy. *Vegetatio* 99–100, 83–96.

70. De Philippis, A., 1932 – Les questions méditerranéennes. *Congrès international de sylviculture, Paris, 1932* : 38–57.
71. DGF, 2000 – L'étude prospective du secteur forestier en Afrique. Rapport FOSA, FAO, 60 p.
72. DGF., 1990 – Superficies, potentialités, et bilan d'incendies des forêts algériennes.
73. Di Castri F. et Mooney H A., 1973 – Mediterranean type ecosystems: origin and structure. Springer Verlag, Heidelberg, New York.
74. Dreyer E., Granier A., Bréda N., Cochard H., Epron D., Aussenac G., 1993 – Oak trees under drought constraints: ecophysiological aspects. Proceedings of an International Congress, Università Degli Studi, Bari, Italy, 322 p.
75. Du Merle P., 1983a – Physiologies comparées du chêne pubescent, du chêne vert et de *Tortrix viridana* L. (Lep, Tortricidae). Mise en évidence chez l'insecte de deux populations sympatriques adaptées chacune à l'un des chênes. *Acta Oecol.*, 4, 55–74.
76. Ducouso A., Michaud H. et Lumaret R., 1993 — Reproduction and gene flow in the genus *Quercus* L. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 50, suppl. 1, 91s–106s.
77. Ducouso, A., Guyon J P., and Kremer A., 1996 – Latitudinal and altitudinal variation of bud burst in western populations of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt) Liebl). *Annals of Forest Science* 53:775 – 782.
78. Ducouso A., 1996 – Le point sur les chênes blancs européens. *Forêt Entreprise*, 112, 49– 56.
79. Ducouso A et Jarret P., 2001– Diversité génétique des Chênes et gestion forestière. *Rev. For. Fr.* LIII – numéro spécial.
80. Ducrey M., 1981– Action des basses températures hivernales sur la photosynthèse du cèdre et du douglas. *Ann. Sci. For.* 38(3), 317–319
81. Ducrey M., 1992 – Quelle sylviculture et quel avenir pour les taillis de chêne vert (*Quercus ilex* L) de la région méditerranéenne Française. *Rev. For. Fr*, Vol XI–IV, 1,12–32.
82. Ducrey M., 1993 – Aspects écophysologiques de la réponse et de l'adaptation des sapins méditerranéen aux extrêmes climatiques : gelées printanière et sécheresse estivale. *For. Médit.* XIX, 02, 105–123.
83. Ducrey M., 1998– Aspects écophysologiques de la réponse et de l'adaptation des sapins méditerranéens aux extrêmes climatiques : gelées printanières et sécheresse estivale. *For. Med.*12(2) ,105–116
84. Ducrey M., 1996 – Groupe de travail : caractères adaptatifs. Dans *Ressources génétiques forestières* (p. 67). Communication présentée à 1. Réunion, Avignon, FRA (1996-01-05 – 1996-01-06).
85. Duminil J., 2006 – Etudes Comparatives de la Structure Génétique des Plantes. These de l'Université Nancy, 215 p

86. Dumolin-Lapague S, Demesure B, Fineschi S, Le Corre V, Petit RJ., 1997– Phylogeographic structure of white oaks throughout the European continent. *Genetics*, 146, 1475–1487.
87. Dupouey J.L., 1983 – Analyse multivariable de quelques caractères morphologiques de populations de chênes (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. et *Quercus robur* L.) du Hurepoix. *Ann. Sci. For.*, 40 : 265–282.
88. Dupouey J.L., Fougere V., Kremer A., 1990 – Variabilité génétique des chênes sessile et pédonculé estimée à l'aide de marqueurs morphologiques et moléculaires. *Rev. For. Fr.* XI–II– a, 199–204. Edition S.A., Fribourg Suisse. 314 p.
89. Dupouey J.L., Daval L. et Prat D., 1991– Fourier analysis of leaf shape. Dans *L'arbre, biologie et développement* (p. 598–599). *Naturalia Monspelliensa* (sp.). Communication présentée à 2. colloque international sur l'arbre, Montpellier, FRA (1990–09–10 – 1990–09–15). FRA : Univ. Montpellier2.
90. Elie de la Primaudaie F., 1860 – Le commerce et la navigation de l'Algérie. *Revue algérienne et coloniale*, 387 p.
91. Emberger L., 1930 – La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev Gén Bot* 42, 641–662.
92. Emberger L., 1939 – Aperçu général sur la végétation du Maroc. *Soc. Sci. Nat. Maroc*, 40(157). Neroff. Geobol. Lost. Ribel, 14 Heft, Zurich, Suisse.
93. Emberger L., 1942 – Un projet de classification des climats du point de vue phytogéographique. *Bull. Soc. His. Nat. Toulouse*, T 77, 97–124.
94. EUROFOR, ONF., 1994 – *L'Europe et la forêt*. Strasbourg : Parlement Européen. www.europarl.eu.int/workingpapers/agri/default_fr.htm
95. Ezzahiri M. et Belghazi B., 2002 – Biomasse foliaire du chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) en tant que ressource fourragère : exemple des chênaies du Moyen-Atlas, du plateau central et du Maroc oriental. *Rev. For. Mar*, Vol XIII, 3, 6–181.
96. Fady B., 1991– Variabilité géographique et estimation des paramètres génétiques de la croissance en hauteur de jeunes sapins de Céphalonie (*Abies cephalonica* L) INRA, Domaine expérimental du Ruscas. *Ann. Sci. forest.*, 48, 279–295.
97. Falconer D.S. and Mackay T.F.C., 1996 – *Introduction to quantitative genetics*. 4th Ed. Longman Group Limited, London, UK.
98. FAO., 2001 – Etude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA) – Algérie. 12 p.
99. Farnsworth D.H., Gatherum G.E., Jokela J.J., Kriebel H.B., Lester D.T., Merritt C., Pauley S.S., Read R.A., Saidak R.L., Wright J.W., 1972 – Geographic variation in Japanese larch in North Central United States plantations. *Silvae Genet* 21, 139–147
100. Féraud L. CH., 1868 – Exploitation des forêts de la Karasta dans la Kabylie orientale sous la domination turque *Revue africaine*, 378–390.

101. Fowler D.P., Simpson J.D., Park Y.S. and Schneider M.H., 1988 – Yield and wood properties of 25-year-old Japanese larch of different provenance in eastern Canada. *The Forestry Chronicle*, December, 475–479.
102. García Martínez, M.S. 2006 – Antracoanálisis de la fase II de Punta de los Gavilanes (*Puerto de Mazarrón, Murcia*). Thesis de Licenciatura inédita. Universidad de Murcia
103. Gaudin.S., 1996– Dendrométrie des peuplements. chateaufarine cours de formation BTSA. *Gestion*, 6–58.
104. Gaussen H., 1954 – Théorie et Classification des climats et microclimats. C.R. VIII Congrès International de Botanique sect 27. 125–130.
105. Ghougali F., 2011 – Contribution à l'évaluation de la diversité et du contrôle génétique de la croissance et de la fructification chez les pins de types *halepensis* (*Pinus brutia*–*Pinus halepensis*). Mémoire présenté pour obtenir le diplôme : Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement Spécialité FGE : Fonctionnement et gestion des Ecosystèmes, 2–27.
106. GIEC., 2007 – Résumé à l'intention des décideurs. In M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (eds.), *Bilan 2007 des changements climatiques: Impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation*. Rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
107. Gilbert D., 1980 – Etude de la variation phénotypique et du comportement de diverses provenances *d'Eucalyptus camaldulensis* Dehn et *d'Eucalyptus microtheca* Muell mémoire de confirmation, Centre National de Recherches Forestières. Dakar/hann, 82 p.
108. Gounot M., 1969 – Méthodes d'études quantitatives de la végétation. Paris. Masson, 314 p.
109. Grandjean G. et Sigaud P., 1987 – Contribution à la taxonomie et à l'écologie des chênes du Berry. *Ann Sci For* 44(1), 35–66
110. Guerin G. et Bellon S., 1990 – Analyse des fonctions des surfaces pastorales dans les systèmes fourragers en zone méditerranéenne. — *Etudes et Recherches sur les Systèmes agraires et le Développement*, 17, 147–157.
111. Guérin G. et Hubert B., 1995 – Le troupeau au pâturage. In Daget P., Godron M. (eds.): *Pastoralisme. Troupeaux, espaces et sociétés*. Universités Francophones, 361–384.
112. Guinier Ph., 1971 – Technique forestière. Edition Maison rustique, 27–232.
113. Hamrick, J.L., Linhart, Y. B. et Mitton, J.B., 1979 – Relationships between life history characteristics and electrophoretically detectable genetic variation in plants. *A. Rev. Ecol. Syst.* 10, 173–200.

114. Hamrick, J.L., Linhart, Y B and Mitton J B., 1979 – Relationships between life history characteristics and electrophoretically– detectable genetic variation in plants. *Rev. Ecol. Syst.* 10: 173– 200
115. Issa M.S., 1995 – Impacts potentiels d'un changement climatique dû au doublement du CO₂ atmosphérique sur l'agriculture en République du Bénin. Mémoire de DESS. Université Senghor d'Alexandrie, 113 p.
116. Jump A.S. and Penûelas J., 2005 – Running to stand still: adaptation and the response of plants to rapid climate change. *Ecology Letters*, 8: 1010–1020.
117. Jung–Muller B., 1987– Variabilité morphologique et électrophorétique des peuplements introduits de chêne rouge (*Quercus rubra*). Mémoire de fin d'études ENITEF–INRA Cestas, 87 p.
118. Kadik B., 1987 – Les espèces ligneuses à usages multiples de la zone méditerranéenne. Rapport de mission. Saragosse. Disponible à l'ENGREF de Montpellier, 41p.
119. Kemp Ph., 1994 – Conservation des ressources génétiques dans l'aménagement des forêts tropicales : principes et concepts F.A.O, Rome (Italie), 101p.
120. Koizumi A., Takada K. and Ueda K., 1992 – Variation in modulus of elasticity among Japanese larch from different provenances. In : Proc IUFRO Working Party S2.02–07, Berlin, 5–12 September, 66–72
121. Kremer A., 1986a – Les variations d'expression du génotype (corrélation juvénile–adulte et interaction génotype x milieu). Approche quantitative et explicative. R .F .F. XXXVIII – Special – Amélioration génétique ,40– 47.
122. Kremer A., 1986b – Méthodes et stratégies de sélection. *Rev. For. Fr.*XXXVIII–sp, 89–101.
123. Kremer A., 2000 – Changements climatiques et diversité génétique. *Rev. For. Fr.* LII – numéro spécial
124. Kremer A. et Ducouso A., 1991 – Chênes sessile et pédonculé. *Forêt Entreprise* n°96, 56–58
125. Kremer A and Petit R., 1993 – Green diversity en natural population of Oak species *Ann. Sci. For.*, 186–202.
126. Kremer A, Petit R., 2001– L'épopée des chênes européens. *Courrier de l'environnement de l'INRA* ; 21 : 133–8.
127. Kremer A., Petit R–J. et Ducouso A., 2002 – Biologie évolutive et diversité génétique des Chênes sessile et pédonculé. *Rev. For. Fr.* LIV – 2, 111–129
128. Kremer A., Kleinschmit J., Cottrell J., Cundall E.P., Deans J.D., Ducouso A., König A., Lowe A.J., Munro R.C., Petit R.J.et Stephan R.B., 2002— Is there a correlation between chloroplastic and nuclear divergence, or what are the roles of history and selection on genetic diversity in European oak? — *Forest Ecology and Management*, vol. 156, n°1–3, 75–87.

129. Kissling P., 1983– Les chênaies du Jura Central Suisse. Mémoires Institut Fédéral de Recherches Forestières, 59 (3), 387 p.
130. Ksontini M., Louguet Ph., Laffray D., Nedjib Rejeb M., 1998 – Comparaison des effets de la contrainte hydrique sur la croissance, la conductance stomatique et la photosynthèse de jeunes plants de chênes méditerranéens (*Quercus suber*, *Q. faginea*, *Q. coccifera*) en Tunisie Ann. Sci. For.55, 477–495.
131. Kummerow J., 1973 – Comparative anatomy of sclerophylls of mediterranean climatic areas. In: Mediterranean–type ecosystems. Origin and structure (F di Castri, HA Mooney, eds) Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 157–167
132. Kummerow, J., Montenegro, G. and Krause, D., 1981– Biomass, phenology and growth. In: Miller, P.C. (Ed.), Resource Use by Chaparral and Matorral. A Comparison of Vegetation Function in Two Mediterranean Type Ecosystems, Ecological Studies, Vol. 39, Springer, New York, 69–96. La Société botanique de France, vol. 118, 841–850.
133. Lacaze J.F et Birot Y., 1974 – Bilan d'une expérience comparative de provenances de mélèzes à l'âge de 13 ans. Station d'Amélioration des Arbres forestiers, Centre de Recherches forestières d'Orléans, I.N.R.A., Ann. Sci. forest, 31 (3), 135–159.
134. Lacaze J.F., 1970 – Analyse d'une expérience multi–stationnelle de provenances d'épicéa (*Picea abies*) karst.) Station d'Amélioration des Arbres forestiers, Centre national de Recherches forestières, 54 – Nancy. Ann. Sci. forest., 27 (1), 5–37.
135. Lapie G., 1909 – Étude phyto–géographique de la Kabylie du Djurdjura, Delagrave, Paris. 156 pages + 12 figures + Carte.
136. Larcher W., 1960 – Transpiration and photosynthesis of detached leaves and shoots of *Quercus pubescens* and *Quercus ilex* during dessiccation under standard conditions. Bull Res Counc Israel 8D, 213–224
137. Lebreton Ph., Barbero M and Naver S., 1993 – Proanthocyanic polymorphism in holm Oak (*Quercus ilex* L.) in the mediterranean region of France, C.R.COLL « Genetics of oak». Ann Sci.Sor. Sr., 50, suppl.1, 281–289.
138. Ledig F.T., 1993 – Genetics of Oak species and the spectres of global climate change. Ann. Sci. For 50, sppul 1, 456 s –460 s.
139. Letreuch Belrouci N., 1991– Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Vol1, O.P.U, 108–260.
140. Letreuch Belarouci N., 1995 – Sylviculture spéciale – Eléments de réflexion de la mise en valeur des taillis de chêne vert. Etude d'un cas concret. Off. Pub. Univ., 69 p
141. Limousin J.M., 2009 – Vulnérabilité du chêne vert (*Quercus ilex* L.) à une augmentation de la sécheresse: Quels ajustements fonctionnels? Thesis, Montpellier, Centre International d'Etudes Supérieures en Sciences Agronomiques, 250p.
142. Loisel, R., 1967– Contribution à l'étude biologique des Pins de Basse–Provence. Thèse de spécialité, Fac. Sci. Marseille, St– Jérôme, 118p.

143. Loo J., Fowler D.P. and Schneider M.H., 1982 – Geographic variation in specific gravity among Japanese larch from different provenances. *Wood and Fiber* 14, 281–286
144. Lossaint P., 1967 – Etude intégrée des facteurs écologiques de la productivité au niveau de la pédosphère en région méditerranéenne dans le cadre du P.B.I. Programme et description des stations écologiques. *Plant, GAHIER VILLARS*, Vol. 2, 34–366.
145. Lossaint P. et Rapp M., 1978 — La forêt méditerranéenne de Chênes verts (*Quercus ilex* L.). — Paris, Masson, 129–185.
146. Louni O., 1994– Les forêts Algériennes. *For. Médit.* XV, 01, 59–65.
147. Lumaret R and Michaud H., 1991 – Genetic variation in holm oak populations. *CEFE, L. Emberger, CNRS Montpellier*, 167–173.
148. Lumaret R et Michaud H., 1991 – Génétic variation in holm oak populations. *CEFE, L. Emberger, CNRS Montpellier*, 167–173.
149. Madjidieh H., 1982 – Contribution à l'étude taxinomique du chêne vert (*Q.ilex* L.) dans le Sud Est de la France. Thèse 3eme cycle phytoécologie. Univ. Aix Marseille III, 92 p + annexes.
150. Madjidieh G.H.R., 1987 – Caractéristiques biométriques et optiques du chêne vert (*Quercus ilex* L.). dans différentes situations écologiques du Sud Est méditeraneen francais (Var). Thèse. Doct en sciences. Université d'Aix–Marseille III, —196 p. + annexes (Thèse de Doctorat).
151. Magnani F., 2009 – Phenotypic variability: underlying mechanisms and limits do matter. *New Phytologist*, 184, 277–279.
152. Maire R., 1925 – Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Notice. Direct. Agric. Commer. Colon. Baconnier, Alger, 78 p.
153. Manes F., Vitale M., Donato E., Giannini M., et Puppi G., 2006 – Different ability of three Mediterranean oak species to tolerate progressive water stress. *Photosynthetica* 44 (3), 387– 393.
154. Marc H., 1930 – Notes sur les forêts de l'Algérie, Collection du Centenaire de l'Algérie, 1830–1930, Larose, Paris 702 p.
155. Martin N., 2008 – Limitations des flux de carbone et d'eau par la sécheresse dans une forêt de chênes verts en région méditerranéenne : Modélisation et tests d'hypothèses au niveau de la feuille. Stage de M2, Université des sciences et techniques de Montpellier, 45p.
156. Mayr E., 1963 – Animal species and evolution. Cambridge, MA: Harvard University Press.

157. Médail F. et Quézel P., 2003 – Conséquences écologiques possibles des changements climatiques sur la flore et la végétation du bassin méditerranéen. *Bocconea*, 16 : 397–422
158. Mercier E., 1868 – Histoire de l’Afrique septentrionale, (T.3). Ernest Leroux éditeur, Paris. 575 p.
159. Messaoudène M., 1996 – La forêt Algérienne. Magazine d’information sur la conservation de la forêt, N°1. INRF–Baïenem–Alger.20–22.
160. Michaud, H, Lumaret, R, and Romane, F. 1992 – Variation in the genetic structure and reproductive biology of holm oak populations. *Vegetatio*, 99–100, 107–113.
161. Michaud H., 1993 – Etude de la variabilité génétique du chêne vert (*Quercus ilex* L.) à l’aide de marqueurs enzymatiques et moléculaires. Thèse Doct en scien, Univ. Aix – Marseille II, 1–68
162. Michaud H., Toumi L., Lumaret R, Li T.X., Romane F., Gusto F., 1995 – Effets of geographical discontinuity on genetic variation in *Quercus ilex* L.(holm oak). Evidence from enzym polymorphism. *Heredity* 74, 590–606.
163. Miglioretti F., 1983 – Phytoécologie des peuplements à *Quercus ilex* L. et *Quercus pubescens* Willd. en Gardiole de Rians (Var). Approche méthodologique pour évaluer la phytomasse des taillis de Chêne vert. — Faculté des Sciences d’Aix–Marseille III, — 77 p. + annexes (Thèse de 3^e cycle)
164. Miglioretti F., Barbero M ., 1984 – Etude comparée de la densité des peuplements de Chêne vert en relation avec leur composition floristique : application à la forêt domaniale de la Gardiole de Rians (Var) . – *Ecologia mediterranea*, vol. X, n° 1–2, 205–230.
165. Miglioretti F., 1987a – Contribution à l’étude de la production des taillis de chêne vert en forêt de la Gardiole de Rians (Var) *Ann. Sci. For.*, 44 (2), 227–242.
166. Miglioretti F., 1987b – Ecologie et dendrométrie des peuplements purs et mélangés de Chêne vert (*Quercus ilex* L.) et Chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd) en Provence. Bases méthodologiques, modèles de croissance et de production (application forêt de la Gardiole de Rians, Var). — Université d’Aix–Marseille III, (Thèse de Doctorat), 292 p.
167. Mooney H.A., 1989 – Chaparral physiological ecology – Paradigms revisited. In: the California chaparral. Paradigms reexamined (Keeley, SC, éd) Angeles County. Sciences series n° 34, 85–90
168. Morgenstern E.K., 1996– Geographic variation in forest trees – genetic basis and application of knowledge in silviculture. University of British Columbia Press, Vancouver, Canada.
169. Mortier F., et Rey B., 2002 – L’Office national des Forêts– guide la reconstitution des forêts publiques. *Rev. For. Fr.* vol.54, sp "Après les tempêtes", 190–203.

170. Namkoong, G., Kang H.C. et Brouard J.S., 1988 – Tree breeding: principles and strategies. Springer-Verlag, New York, USA.
171. Nasrallah Y et Khelifi L., 2010 – Diagnostic précoce de la reprise des jeunes plants de onze provenances algériennes de Chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lam.) : Conséquences pour le reboisement. *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 65, 359–368.
172. Nei M., Maruyama T. and Chakraborty R., 1975 – The bottleneck effect and genetic variability in populations. *Evolution* 29: 1–10
173. Nsibi R., Souayah N., Khouja L.M., Khaldi A. et Bouzid S., 2006 – Impacts des facteurs biotiques et abiotiques sur la dégradation de la subéraie tunisienne. *Geo-Eco-Trop*, 30.1: 25–34.
174. O.N.M, 2012 – Exploitation des données climatiques de la Wilaya de Saida sur la période: 1980–2011. Office National de la Météorologie. Saida, Algérie, 12 p.
175. OFEFP., 2003 – Les forêts d'un intérêt génétique particulier, Bases, objectifs et aménagement, berne, 62 p.
176. Ouelmouhoub S., 2005 – Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie). Master of Science, IAMM, 2005, Série Thèses et Masters n°78, 127 p.
177. Ozenda P., 1966 – Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes sud-occidentales. Doc. Carte Vég. Alpes, IV, 198 p., 5 cartes, 28 pl.
178. Ozenda P., 1975b – Les limites de la végétation méditerranéenne en montagne en relation avec le projet de Flora Mediterranea – Coll. Intern. du CNRS 235 : 335–343
179. Ozenda P., 1975c – Sur les étages de végétation dans les montagnes du Bassin méditerranéen. Doc. Cartogr. Ecol. XVI : 1–32
180. Ozenda P., 1982 – Les végétaux dans la biosphère. Dain-éditeurs. Paris, 286–289.
181. Panaiotis C., Loisel R., Paradis G., 1995 – Dating natural gaps in the holm oak forest (*Quercus ilex* L.) in Fango MAB reserve (Corsica) by reading rings of maquis components. *Ann. Sci. For*, 52 (5): 477–487p
182. Panaiotis C., Loisel R. et Roux M., 1998 – Analyse de la réponse de la végétation aux trouées naturelles dans une futaie âgée de *Quercus ilex* L. en Corse (Ile Méditerranéenne). *Canadian Journal Forest Research*, n° 28, 1125–1134.
183. Park Y.S. and Fowler D.P., 1983 – A provenance test of Japanese larch in eastern Canada, including comparative data on European larch and tamarack. *Silvae Genet* 32, 96–101
184. Paul S. Manos, Zhe-Kun Zhou, and Charles H. Cannon., 2001– Systematics of fagaceae: phylogenetic tests of reproductive trait evolution. *Int. J. Plant Sci.* 162(6):1361–1379.
185. Pausas J.G. et Keeley J.E., 2009 – A burning story: The role of fire in the history of life. *BioScience* 59: 593–601

186. Pellissier E., 1836 – Annales Algériennes (tome 2^{ème}). Anselin et Gaultier-Laguionie, Paris. 472 p.
187. Perez V.S., Diez P.C and Valladores F., 2007 – Growth versus storage: responses of Mediterranean oak seedlings to changes in nutrient and water availabilities. *Ann. Sci. Forest* 64 (2), 201–210.
188. Pernes J., 1984 — Gestion des ressources génétiques, tome II. — Paris: ACCT.
189. Petit, J.R., Jouzel J., Raynaud D., Barkov N.I., Barnola J.-M., Basile I., Bender M., Chappellaz J., Davis M., Delayque G., Delmotte M., Kotlyakov V.M., Legrand M., Lipenkov V.Y., Lorius C., Pépin L., Ritz C., Saltzman E., and Stievenard M., 1999 – Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* 399: 429–436.
190. Petit R.-J., Csaikl U.M., Bordacs S., Burg K., Coart E., Cottrell J., Van dam B.C., Deans J.D., Dumolin-Lapague S., Fineschi S., Finkeldey R., Gillies A., Glaz I., Goicoechea P.G., Jensen J.S., Kenig A., Lowe A.J., Madsen S.F., Matyas G., Munro R.C., Pemonge M.H., Popescu F., Slade D., Tabbener H., Turchini D., De Vries S.M.G., Ziegenhagen B., Kremer A., 2002a – Chloroplast DNA variation in European white oaks : phylogeography and patterns of diversity based on data from over 2,600 populations. — *Forest Ecology and Management*, vol. 156, n°1–3, 5–26.
191. Petit R.-J., Brewer S., Bordacs S., Burg K., Cheddadi R., Coart E., Cottrell J., Csaikl U.M., Van Dam B.C., Deans J.D., Fineschi S., Finkeldey R., Glaz I., Goicoechea P.G., Jensen J.S., König A.O., Lowe A.J., Madsen S.F., Matyas G., Munro R.C., Popescu F., Slade D., Tabbener H., De vries S.M.G., Ziegenhagen B., Beaulieu J.-L. de, Kremer A., 2002b – Identification of refugia and postglacial colonization routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. — *Forest Ecology and Management*, vol. 156, n° 1–3, 49–74.
192. Peyron O., Guiot J., Cheddadi R., Tarasov P., Reille M., Beaulieu J.-L., Bottema S and Andrieu V., 1998 – Climatic reconstruction in Europe for 18000 YR B.P. from pollen data. — *Quat. Res.*, vol. 49, 183–196.
193. Plaisance G., 1978 – Le chêne vert. in la forêt privée, 149, 49–63.
194. Plomion C., Durel C E. et O'Malley D., 1996 – Dissection génétique de la hauteur des semis de pins maritimes élevés dans des conditions de croissance accélérée. *Theor. Appl. Genet.* 93: 849–858.
195. PNR., (1999) – Plan National de Reboisement. Alger : Direction Générale des Forêts, 94 p. + Annexes.
196. Pons A. et Vernet J.L., 1971 – Une synthèse nouvelle de l'histoire du Chêne vert (*Quercus ilex* L.). – *Bulletin de la Société botanique de France*, vol. 118, 841–850.
197. Prat D., Faivre Rampant P., Prado E., 2006 – Analyse du génome et gestion des ressources génétiques forestière, Editions INRA, QUAE, Paris. 456 p.
198. Quezel P. et Santa S., 1962–1963 – Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. 2vol. CNRS. Ed., Paris, 1170 p.

199. Quézel P., 1974 – Les forêts du pourtour méditerranéen. M.A.B. UNESCO, 9–33.
200. Quezel P., 1976a – Les chênes sclérophylles en région méditerranéenne. Note technique du MAB, Option méditerranée, 35, 25–29.
201. Quezel P., 1976b – Les forêts du pourtour méditerranéen. In Forêts et maquis méditerranéennes: écologie, conservation et aménagement. Note technique. MAB2, les presses de l'UNESCO. Paris. 9–33.
202. Quezel P., 1979 – La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen. For.Médit. 1(1),7–18.
203. Quezel P. et Bonin G., 1980 – Les forêts feuillues du pourtour méditerranéen. Constitution, écologie, situation actuelle, perspectives, Rev. For. Fr. XXXII, 253–268.
204. Quézel P. et Médail, F., 2002 – Réponses de l'élément végétal (flore et végétation du bassin méditerranéen) à d'éventuelles modifications climatiques. In : *Changement climatique, fantasme ou réalité ?* Actes des tables rondes, mardi 15 mai 2001. EID Méditerranée, EDEN, ADEGE & IRD, Montpellier, 39–45.
205. Rafii Z.A., 1988 – Caractéristiques taxonomiques, morphologiques et isoenzymatiques du complexe “chêne vert” Bull. Soc. Bot. Fr., 135,343–352.
206. Rafii Z. A., Zavarin E and Pelleau Y., 1991a – Chemosystematic differentiation of *Q.ilex* and *Q.rotundifolia* based on acorns fatty acids. Bioch. Syst. Ecol., 19, 249–252.
207. Rafii Z.A., Dodd R. S., Pelleau Y., 1992 – Méditerranean evergreen oak diversity; morphological and chemical variations of acorns. Can. J. Bot., 70,1459–1466.
208. Rambal, S., 1984 – Water balance and pattern of a root water uptake by *Quercus coccifera* L. evergreen scrub. – oecologia (Berl.), 62: 18–25.
209. Reille, M., 1975 – Contribution pollenalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation de la montagne corse. Thèse ès Sciences, Université Aix–Marseille III, 206 p.
210. Rochon C., 2004 – Croissance et densité du bois de sept provenances de *Guazuma crinita* Mart. dans le bassin de l'Amazonie péruvienne. Thèse de M.Sc., Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Québec, Canada.
211. Roda J.M., 2009 – On the nature of intergenerational and social networks in the african forest sector: the case of Chinese, Lebanese, Indian and Italian business networks in Governing Africa's forests in a globalized world. Laura A. German, Alain Karsenty, and Anne–Marie Tiani ed. London: Earthscan, 335–353.
213. Roman Amat B., 1995 – Patrimoine génétique des espèces forestières autochtones françaises: Connaissance – conservation. Bull. Tech. 30,17 p.

214. Romane F., 1987– Efficacité de la distribution des formes de croissance des végétaux pour l’analyse de la végétation à l’échelle régionale. Cas de quelques taillis de chêne vert du Languedoc. Thèse de doctorat ès sciences, univ Aix Marseille, 201p
215. Romane F., Trabaud L. and Valérino L., 1994 – Are human impacts decreasing the biodiversity in Mediterranean Basin ecosystems? *Noticerio de Biologia (Soc. Biol. Chile)*, 2(3) : 49
216. Saenz De Rivas C., 1967– Estudios sobre *Q.ilex*. *Analys. Inst. Bot.A J Cavanilles* 25, 243 – 262
217. Saenz De Rivas C., 1970 – Biometria foliar de una poblacion de *Quercus ilex* L. subsp. *rotundifolia* Lamk.T morais en El Pardo, Madrid. *Anal. Insr. Bot .AZ. cavanilles*, 27,105–114.
218. Salmon Y., 2004 – Déphasages phénologiques chez le chêne vert (*Quercus ilex* L) et conséquences fonctionnelles. *Mém. Mast, CEFÉ, CNRS, Montpellier*, 11–19
219. Sari D., 1972 – La dépossession des fellahs Ed. SNED, 138 p.
220. Sauvage P., 1961 – Recherches géobotaniques sur les suberaies marocaines. *Trav.Inst. Scientif. Cherif. Série botanique*, 21, 461 p.
221. Savolainen O., Pyhajarvi T and Knûrr T., 2007– Gene flow and local adaptation in trees. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 38:595–619
222. Seltzer P., 1946 – Le climat de l’Algérie. *Travaux de l’Institut de Météorologie et de physique du Globe de l’Algérie. Univ. d’Alger*, 219p.
223. Serre J.L., 2006– Génétique des populations : Cours et exercices corrigés. Dunod, 282 p.
224. Sotelo Montes C., Vidaurre H. and Weber J.C., 2003 – Variation in stem–growth and branch–wood traits among provenances of *Calycophyllum spruceanum* Benth. from the Peruvian Amazon. *New Forests*, 26: 1–16.
225. Specht R.L., 1969 – A comparison of the sclerophyllous vegetation characteristic of Mediterranean type of climates in France, California, and southern Australia. I. Structure, morphology and succession. *Aust J Bot* 17, 277–292
226. Steinmetz G., 1986 – Le choix des provenances et le classement des peuplements porte – graines. *Rev. For. Fr sp*, 69–73.
227. Stephan B.R., Venne H. and Liepe K., 1996 – Intraspecific variation of *Quercus petraea* in relation to budburst and growth cessation. In: “Inter– and intra–specific variation in European oaks: Evolutionary implications and practical consequences” / A. Kremer and H. Muhs Eds – Brussels: European Union, 165–184.
228. Streiff R., Ducouso A., Lexer C., Steinkellner H., Gloessl J. and Kremer A., 1999 – Pollen dispersal inferred from paternity analysis in a mixed oak stand of *Quercus robur* L. and *Q. petraea* (Matt.) Liebl. *Molecular Ecology* 8: 831–841.
229. Teissier Du Gros E., 1980 – Où en est l’amélioration des feuillus? Situation en République Fédérale d’Allemagne et en France. *Rev. For. Fr.Vol 32*, 2,165–166.

230. Thévenot C., Côme D., 1973 – Mise en évidence de l'influence des cotylédons sur la levée de dormance et la germination de l'axe de l'embryon de Pommier (*Pirus Malus* L.). *Physiologie Végétale*, 11, 161–169.
231. Thinon M., 1979 – Incidence écologique des reboisements du Mont– Ventoux (Vaucluse). Aspects floristiques et pédologiques. – Université d'Aix– Marseille III – (Thèse), 117 p.
232. Toth J., 1987 – Effet des facteurs d'environnement sur l'accroissement de cèdre de l'Atlas. *Bull. Soc. Et. Nat. Vaucluse*; 71–76.
233. Toumi L., 1995 – Etude de la structure génétique et introgressions éventuelles chez les chênes sclérophylles méditerranéens à l'aide de marqueurs alloenzymatiques. Thèse. Doct. Unic Aix– Marseille. France, 48–108.
234. Trabaud L et Methy M., 1992 – Effets de températures sub–létales sur l'appareil photosynthétiques du chêne vert (*Quercus ilex* L.) *Ann. Sci. For.* 49, 6, 637–649.
235. Trabaud L et Methy M., 1994 – Tolérance aux stress thermiques des feuilles et aire de répartition de *Quercus ilex*. *Ecolo. Medit.* XX,(1/2),77–85.
236. Trabut, L., 1889 – Etude sur l'Alfa (*Stipa tenacissima*). A. Jourdan Ed., Alger. 112 p., XXII pl
237. Trollard D.R., 1893 – La question forestière devant le sénat. ed.casablanca, 204 p.
238. Tsoumis G., 1991 – *Science and technology of wood: structure, properties, utilizations*. Van Nostrand Reinhold, New York, USA.
239. Tutin T., Burges N., Chater A., Edmonso N J., Heywood V., Moore D., Valentine D., Walters S. et Webb D., 1993 – *Flora europeae*. Vol. I. Psilotaceae to Platanacea. Cambridge University Press. Went F.W. (1955). Air pollution. *Scient. Amer.* 192 : 63–72.
240. U.R.B.T., 1988 – Etude phytoécologique du massif d'El–Hassasna, document de synthèse, U.S.T.B.H, Alger. 2–15.
241. Valdecantos, A., Vilagrosa, A., Seva, J.P., Cortina, J., Vallejo, V.R. et Bellot, J., 1996 – Mycorhization et application de compost urbain pour l'amélioration de la survie et de la croissance des semis de *Pinus halepensis* en milieu semi–aride. *Options Méditerranéennes*. 20: 87–104
242. Valladares F., Gianoli E and Gómez J M., 2007– Ecological limits to plant phenotypic Plasticity. *New Phytologist.*, 2007–176: 749–763. Via: www.newphytologist.org
243. Van de Skype H et Roman Amat B., 1989 – Analyse au stade juvénile d'un test multilocal de clones d'épicéa commun (*Picea abies* (L.) Karst.). Variabilité génétique. *Ann. For. Sci.* 46, 15–29.
244. Villar–Salvador P., Castro–Diez P., Pérez–Rontomé C. and Montserrat–Marti, G., 1997– Stem xylem features in three *Quercus* (*Fagaceae*) species along a climatic gradient in NE Spain. *Trees* 12, 90–96.

245. Vuillemin J., 1980 – Etude expérimentale de la régénération de deux chênes méditerranéens: *Quercus pubescens* et *Quercus ilex*, thèse U.D.E.S., Marseille, 126 p.
246. Vuillemin J., 1982 – Ecophysiologie comparée du développement initial de *Quercus pubescens* Willd. et *Quercus ilex* L. I / Développement des semis in situ, *Ecologia mediterranea*. Tome VIII (fasc 3). 139–146.
247. Walter H., and Lieth H., 1960 –1967– *Klimadiagramm – Weltatlas* VEB Gustav Fischer, Jena, Germany.
248. Weber, J.C. et C. Sotelo Montes., 2005– Variation and correlations among stem growth and wood traits of *Calycophyllum spruceanum* Benth. from the Peruvian Amazon. *Silvae Genetica*, 54: 31–41.
249. Wright S.J., 1931 – Evolution in Mendelian populations, *Genetics*, 16, 97 – 159
250. Wright S.J., 1946 – Isolation by distance under diverse systems of mating. *Genetics* 31: 39–59.
251. Wright J.W., 1963 – Aspects génétiques de l'amélioration des arbres forestiers. *FAO*.
252. Wright S.J., 1965 – The interpretation of population structure by F–statistics with special regard to systems of mating. *Evolution* 19: 395–420
253. Wright J.W., 1976 – Introduction to forest genetics. Academic press, New York.
254. Yacine A., 1984 – Contribution à l'étude taxinomique et génécologique du complexe *Quercus ilex* L. – *Quercus rotundifolia* lamk. DEA. Ecol Mediter, Univ. Aix– Marseille III. 34 p + annexes.
255. Yacine A., 1987 – Une étude d'organisation génétique inter– et intrapopulation chez le Chêne vert (*Quercus ilex*). — Marseille : Université des Sciences et Techniques de Languedoc, 1–75 (Thèse de Spécialité).
256. Yacine A., Lumaret.R., 1988a – Distribution spatiale des génotypes dans une population de chêne vert (*Quercus ilex* L.) Flux génique et régime de reproduction. *Genet. Sel. Evol*, 20(2), 181–198.
257. Yacine A., Lumaret R., 1988b – Etude de l'organisation de la diversité génétique du chêne vert (*Quercus ilex* L.) à l'aide de marqueurs enzymatiques. CNRS. Centre L. Emberger. Montpellier, 5 –14.
258. Zanetto A., Kremer A.. 1995 – Geographical structure of gene diversity in *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Monolocus patterns of variation. — *Heredity*, vol. 75, 506–517.
259. Zanetto A., Roussel G., Kremer A., 1994 – Geographic variation of interspecific differentiation between *Quercus robur* and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. – *Forest Genetics*, vol. 1, n° 2, 111–123.
260. Zine el Abidine A, Fennane M., 1995 – Essai de taxonomie numérique sur le chêne zèen (*Quercus faginea* Lam.) au Maroc. *Lagascalia* 18. (1): 39–54.
261. Zitouni W., 2010 – Croissance et productivité d'un taillis de chêne vert à la lisière de la pinède Ain Mimoun – Massif d'Ouled yagoub. *Mém. Mag. Sci. Agro. Batna*, 65 p.

ANNEXES

Annexe 1 : Suivi des plants depuis la récolte jusqu'à l'âge de 4ans



Figure 1 : Provenance « Sebt » Versant sud de l'Atlas tellien, Wilaya de Relizane



Figure 2 : Provenance « Bordj Bou Naama » Versant sud de l'Atlas tellien, Wilaya de Tismilt



Figure 3 : Provenance « Nesmott » sur l'Atlas tellien, Ouest Wilaya de Mascara



Figure 4 : Provenance « La Cascade » , Atlas tellien, Sour El Ghozene



Figure 5 : Préparation des sachets et de la terre végétale avant semi des glands de chêne vert dans la pépinière du vieux Saida.



Figure 7 : Etat des plants avec étiquetage pour le suivi dans la pépinière de Saida.



Figure 8 : Etat des plants en pépinière du vieux Saida juste avant leurs transfert vers les sites de plantations comparatives.



Figure 9 : vue générale de la parcelle expérimentale de Sidi Benkadour(Site 1)



Figure 10 : vue générale de la parcelle expérimentale de Sidi Moussa (Site 2)



Figure 11 : Mesure des plants âgés de 3 ans à Sidi Moussa (Site 2)



Figure 12 : Mesure de la croissance en hauteur de plant de chêne vert âgés de 4ans dans le site Sidi Moussa



Figure 13 : vue Mesure de la hauteur des plants de chêne vert par un forestier à Sidi Benkadour (Site 1)



Figure 14 : Constatation des traces de pacage par un forestier dans le site de Sidi Benkadour

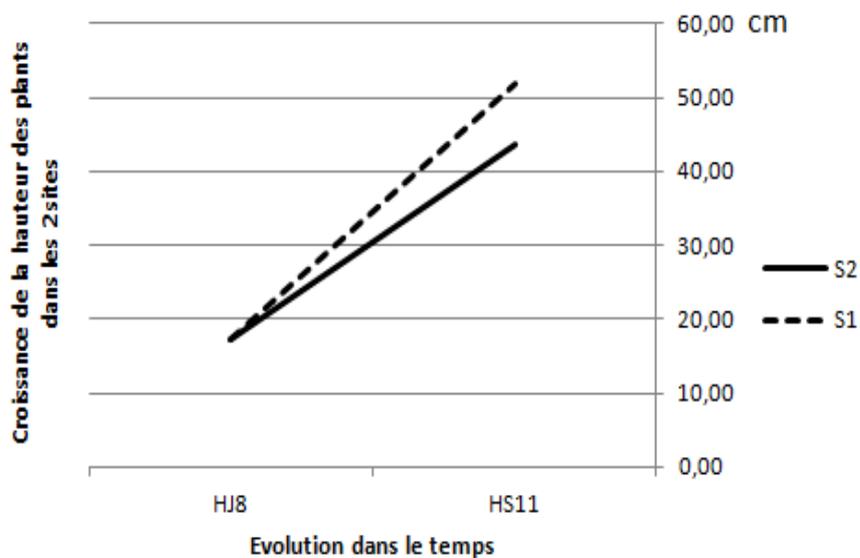


Figure 1 Annexe 2 : Cinétique de la croissance en hauteur dans les deux sites entre la date de mise en terre des plants (HJ8) et la dernière mesure (HS11).

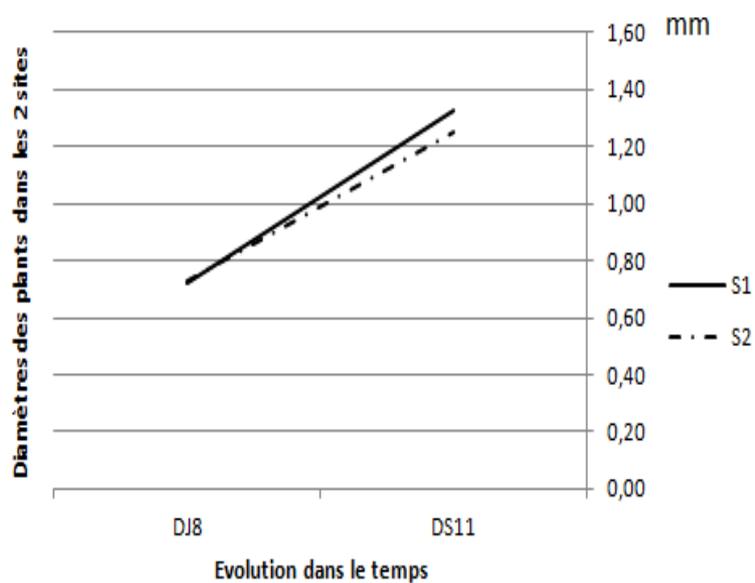


Figure 2 Annexe2 : Evolution de l'accroissement diamétral dans les deux plantations comparatives.

Tableau 1, Annexe 2 : Classement des provenances d'après les taux de survie final dans les deux sites, en fonction de leurs groupes écologiques d'origine.

Provenance	Survie site 1, 4ans après plantation				Survie site 2, 4ans après plantation			
	%survie	G. H	Classement	Gr. Ecologique	%survie	G. H	Classement	Gr. Ecologique
ATS	51%	ef	6	VI	48%	h	4	VI
BAM	55%	g	5	VI	45%	e	6	VI
DED	62%	ij	3	VI	42%	d	7	VI
SBA	51%	ef	6	VI	47%	efg	5	VI
BLD	60%	ij	3	VI	44%	e	6	VI
Moyenne	56%				45%			
SET	45%	cd	8	III	41%	cd	8	III
DLS	56%	gh	4	III	49%	h	4	III
MSB	51%	ef	6	III	46%	efg	5	III
OKS	37%	a	11	III	36%	a	11	III
NSM	63%	k	1	III	51%	i	2	III
Moyenne	50%				45%			
BBT	61%	ij	3	II	49%	h	4	II
BDM	47%	cd	8	II	42%	cd	8	II
THT	59%	i	2	II	46%	efg	5	II
FRT	48%	cd	8	II	49%	hi	3	II
SBR	45%	c	9	II	40%	c	9	II
CSG	47%	cd	8	II	46%	e	6	II
GLM	48%	cde	7	II	51%	j	1	II
NADOR	43%	b	10	II	44%	e	6	II
Moyenne	50%				46%			
OTM	52%	ef	6	I	46%	e	6	I
ZAM	44%	b	10	I	39%	b	10	I
CHAÂBAT					48%			
LAKHRA	49%	cde	7	I		efg	5	I
Moyenne	48%				44%			
Mov. Gen.	51%				45%			

Tableau 2, Annexe 2 : Classement des provenances d'après la hauteur totale finale dans les deux sites, en fonction de leurs groupes écologiques d'origine.

Provenance	Hauteur site 1, 4ans après plantation			Gr. Ecologique	Hauteur site 2, 4ans après plantation			Gr. Ecologique
	Moyenne	G.H	Classement		Moyenne	G.H	Classement	
ATS	52,83	bc	4	VI	51,04	fg	4	VI
BAM	58,21	f	1	VI	57,64	i	1	VI
DED	54,38	d	3	VI	50,16	fg	4	VI
SBA	49,8	bc	4	VI	51,7	gh	3	VI
BLD	59,12	f	1	VI	54,1	h	2	VI
Moyenne	54,86				52,92			
SET	52,36	bc	4	III	39,25	c	9	III
DLS	51,8	bc	4	III	47,87	ef	6	III
MSB	49,45	b	5	III	36,77	b	10	III
OKS	43,94	a	6	III	52	i	1	III
NSM	50,33	bc	4	III	34,94	a	11	III
Moyenne	49,57				42,16			
BBT	56,64	de	2	II	43,38	de	7	II
BDM	54,91	d	3	II	49,66	f	5	II
THT	52,64	bc	4	II	37,33	b	10	II
FRT	51,14	bc	4	II	33,5	a	11	II
SBR	48,88	b	5	II	37,61	b	10	II
CSG	48,34	b	5	II	32,88	a	11	II
GLM	57,73	f	1	II	46,6	f	5	II
NADOR	47,75	b	5	II	42,52	d	9	II
Moyenne	52,25				40,43			
CHAÂBAT LAKHRA	49,11	b	5	I	44,31	de	7	I
OTM	50,4	bc	4	I	40,46	cd	8	I
ZAM	48,1	b	5	I	34,11	a	11	I
Moyenne	49,20				39,62			
Moy gen	50,68				40,90			

Tableau 3, Annexe 2 : Classement des provenances d'après le diamètre au collet final dans les deux sites, en fonction de leurs groupes écologiques d'origine.

PROV	Moyenne	homogène	Classement	Ecologique	moyenne	homogène	Classement	Ecologique
ATS	1,24	def	7	VI	1,6	hi	10	VI
BAM	2,11	i	12	VI	1,55	hi	10	VI
DED	1,49	g	10	VI	1,33	fg	9	VI
SBA	1,29	ef	8	VI	0,83	ab	2	VI
BLD	1,81	h	11	VI	1,47	gh	9	VI
Moyen	1,58				1,35			
SET	1,15	bcde	5	III	0,88	abc	3	III
DLS	1,21	def	7	III	1,31	efg	8	III
MSB	2,04	i	12	III	1,06	cd	5	III
NSM	1,11	bcd	4	III	1	bcd	4	III
OKS	1,13	bcde	5	III	0,73	a	1	III
Moyen	1,32				0,99			
BBT	1,79	h	11	II	1,62	hi	10	II
BDM	1,49	g	10	II	1,45	gh	9	II
THT	1,28	def	7	II	1,68	ij	11	II
CSG	0,9	a	1	II	1,35	fg	9	II
FRT	1,2	def	7	II	1,13	de	6	II
GLM	1,17	cdef	6	II	1,18	def	7	II
SBR	1,17	cdef	6	II	0,84	ab	2	II
NADO								
R	1,34	fg	9	II	1,97	k	13	II
Moyen	1,29				1,40			
OTM	1	abc	3	I	0,82	ab	2	I
CHAÂ								
BAT								
LAKHR	0,99	ab	2	I	1,44	gh	9	I
A								
ZAM	0,97	ab	2	I	1,86	jk	12	I
Moyen	0,98				1,37			
Moy								
gen	1,33				1,29			

Tableau 4, Annexe 2 : Matrice des coefficients de corrélation de l'ACP entre les différents descripteurs morphologiques des 21 provenances de chêne vert (site1).

Corrélations (AN INMULT S1 2012)																				
Variable	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8						
	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8	SJ8						
SJ8	1,00000																			
SJ8	-0,45790	1,00000																		
SJ8	0,19427	0,31925	1,00000																	
SJ8	0,13468	0,36586	0,83643	1,00000																
SJ8	-0,04168	0,46941	0,87099	0,94051	1,00000															
SJ8	-0,04168	0,46941	0,87099	0,94051	1,00000	1,00000														
SJ8	-0,04168	0,46941	0,87099	0,94051	1,00000	1,00000	1,00000													
SJ8	-0,09260	0,50697	0,88012	0,82804	0,91885	0,91885	1,00000													
SJ8	0,43946	0,01080	0,41700	0,30615	0,35238	0,35238	0,31256	1,00000												
SJ8	0,15815	0,28615	0,33989	0,37321	0,42008	0,42008	0,44573	0,46363	1,00000											
SJ8	0,24506	0,34379	0,44541	0,48585	0,51520	0,51520	0,56620	0,63626	0,83469	1,00000										
SJ8	0,02967	0,48248	0,39376	0,44081	0,52050	0,52050	0,59549	0,31481	0,67074	0,78899	1,00000									
SJ8	0,10677	0,44135	0,41702	0,42784	0,46088	0,46088	0,47274	0,34202	0,54971	0,77179	0,93229	1,00000								
SJ8	0,10677	0,44135	0,41702	0,42784	0,46088	0,46088	0,47274	0,34202	0,54971	0,77179	0,93229	1,00000	1,00000							
SJ8	0,24651	0,29681	0,59504	0,59737	0,59355	0,59355	0,60198	0,66856	0,47450	0,83279	0,63564	0,69187	0,69187	1,00000						
SJ8	0,06623	0,32474	0,67107	0,63115	0,66150	0,66150	0,61016	0,56735	0,60687	0,63104	0,57088	0,55498	0,54520	1,00000						
SJ8	0,45793	-0,28313	-0,09241	-0,17583	-0,25078	-0,25078	-0,40218	0,07678	-0,26977	-0,21738	-0,29707	-0,17093	-0,17093	-0,33757	1,00000					
SJ8	0,33208	0,06171	0,29494	0,18767	0,20183	0,20183	0,13354	0,46883	0,64379	0,64551	0,49333	0,49004	0,49004	0,35793	0,32242	1,00000				
SJ8	0,17352	0,16478	0,52824	0,42757	0,40411	0,40411	0,27796	0,54842	0,70875	0,67167	0,35803	0,40175	0,40175	0,46369	0,54826	-0,07302	0,61882	1,00000		
SJ8	0,15308	0,27320	0,49998	0,42535	0,46660	0,46660	0,39651	0,66512	0,84857	0,78557	0,52550	0,51468	0,51468	0,55104	0,61620	-0,31134	0,68132	0,87913	1,00000	
SJ8	0,12164	0,28504	0,46902	0,39296	0,44652	0,44652	0,41397	0,63726	0,80796	0,79040	0,54068	0,52755	0,52755	0,57234	0,61108	-0,38132	0,66391	0,84073	0,97575	1,00000
SJ8	0,09942	0,30312	0,44184	0,36886	0,42691	0,42691	0,42691	0,60789	0,78882	0,77772	0,53936	0,52469	0,52469	0,52384	-0,41277	0,64039	0,80063	0,94122	0,99231	1,00000
SJ8	0,09139	0,30483	0,43089	0,36854	0,41882	0,41882	0,41575	0,59559	0,75274	0,77066	0,53697	0,52183	0,52183	0,52183	-0,42215	0,62999	0,78394	0,92595	0,98612	0,99908
SJ8	0,08478	0,30580	0,42147	0,34773	0,41137	0,41137	0,41488	0,58488	0,73867	0,76377	0,53433	0,51882	0,51882	0,51882	-0,42917	0,62074	0,76941	0,91238	0,97961	0,99940

Tableau 5, Annexe 2 : Matrice des coefficients de corrélation de l'ACP entre les différents descripteurs morphologiques des 21 provenances de chêne vert (site 2).

Corrélations (ANA MULT INTER S2 - Copie)																								
Variable	SJ8	SS8	SM9	SS9	SM10	SS10	SM11	SS11	HJ8	HJ8	HJ8	HJ8	HJ8	HJ8	HJ8	HJ8	HJ8	HJ8	HJ8	HJ8				
SJ8	1,00000																							
SS8	0,09278	1,00000																						
SM9	0,07680	0,90921	1,00000																					
SS9	0,07680	0,90921	1,00000	1,00000																				
SM10	-0,04654	0,39638	0,62549	0,62549	1,00000																			
SS10	-0,06725	0,88125	0,85446	0,85446	0,37436	1,00000																		
SM11	-0,04834	0,92460	0,88870	0,88870	0,41462	0,98416	1,00000																	
SS11	-0,42321	0,62568	0,51308	0,51308	0,14841	0,59432	0,62256	1,00000																
HJ8	0,04232	0,41269	0,49943	0,49943	0,11849	0,43305	0,41098	0,35764	1,00000															
HJ8	-0,11680	0,58498	0,60377	0,60377	0,11372	0,57846	0,58944	0,32652	0,62115	1,00000														
HJ8	-0,16080	0,70726	0,70961	0,70961	0,29767	0,73773	0,70480	0,42351	0,62139	0,73620	1,00000													
HJ8	-0,06803	0,72114	0,74391	0,74391	0,27642	0,73233	0,71106	0,34801	0,68900	0,74424	0,96774	1,00000												
HJ8	-0,04029	0,68390	0,71055	0,71055	0,27061	0,69807	0,67626	0,31096	0,65240	0,73962	0,94913	0,99171	1,00000											
HJ8	-0,10904	0,66918	0,69809	0,69809	0,27816	0,66914	0,63400	0,33751	0,62069	0,66013	0,96490	0,96108	1,00000											
HJ8	-0,04186	0,64071	0,65476	0,65476	0,29286	0,61955	0,58683	0,28851	0,57847	0,56634	0,94045	0,93586	0,92933	0,95102	1,00000									
HJ8	-0,02566	0,63607	0,65749	0,65749	0,29573	0,61805	0,58344	0,28790	0,56513	0,55437	0,93373	0,93122	0,92846	0,95121	0,99676	1,00000								
HJ8	0,19279	0,19186	0,17116	0,17116	0,14084	0,30203	0,29871	-0,09756	-0,09758	0,07156	-0,08892	-0,04696	-0,03364	-0,09770	-0,21590	1,00000								
HJ8	0,21272	0,60457	0,65637	0,65637	0,17602	0,66870	0,67896	0,18011	0,20987	0,36842	0,36690	0,40371	0,40211	0,36268	0,23883	0,24415	0,78337	1,00000						
HJ8	0,23808	0,63648	0,60030	0,60030	0,20198	0,66806	0,68166	0,18042	0,23133	0,41180	0,44223	0,40046	0,48380	0,46244	0,32589	0,33242	0,67220	0,86191	1,00000					
HJ8	0,17786	0,76848	0,73137	0,73137	0,33682	0,80971	0,80954	0,32468	0,24699	0,43263	0,51043	0,55723	0,54416	0,51230	0,39144	0,39636	0,59650	0,92918	0,96377	1,00000				
HJ8	0,12694	0,84396	0,81249	0,81249	0,43960	0,87642	0,88096	0,43724	0,25766	0,41692	0,53947	0,56521	0,56549	0,53342	0,43332	0,43785	0,47883	0,83123	0,85813	0,96334	1,00000			
HJ8	0,13487	0,88856	0,83481	0,83481	0,46244	0,89964	0,91673	0,44001	0,28994	0,46198	0,58858	0,63091	0,61586	0,56981	0,49070	0,49441	0,44573	0,81678	0,83293	0,84221	0,98570	1,00000		
HJ8	0,15676	0,91257	0,85133	0,85133	0,44785	0,91794	0,93276	0,48009	0,31744	0,48034	0,60717	0,63828	0,62437	0,58711	0,51046	0,51607	0,42559	0,78762	0,80272	0,82075	0,97437	0,98911	1,00000	
HJ8	0,18441	0,94470	0,88122	0,88122	0,43918	0,94136	0,94304	0,38245	0,38245	0,48831	0,63997	0,66149	0,64640	0,61465	0,56237	0,55602	0,37333	0,73681	0,75149	0,87294	0,93386	0,95719	0,98582	1,00000

Tableau 6, Annexe 2 : Récapitulatif des résultats de la morphologie et de l'aptitude des glands à la germination (la valeur du rang représente le poids moyen de 100 glands de la première famille et la dernière famille)

Caractères	familles	Seuil de signification	Nombre de G. H	famille en premier rang	Valeur du rang	famille en dernier rang	Valeur du rang
Poids des Glands	OTM	***	6	4	807,0	10	485,0
	BBT	***	7	14 et 15	510,6	9	350,0
	DLS	***	6	14 et 15	596,3	9	372,0
	BAM	***	8	14	585,6	5	250,0
Taux de flottaison	OTM	***	7	1, 2, 3	0,49	10	0,82
	BBT	***	10	10 et 4	0,87	9	1,13
	DLS	***	8	5 et 6	0,82	8	1,25
	BAM	***	10	9	0,70	5	1,19
Taux de germination	OTM	***	7	1, 2, 3	78,70	10	99,50
	BBT	***	10	10 et 4	84,6	9	96,89
	DLS	***	8	5 et 6	93,70	8	98,09
	BAM	***	10	9	90,59	5	98,89

Tableau 7, Annexe 2 : Récapitulatif des résultats de la levée et la vigueur des plants en pépinière (les valeurs entre parenthèses sont données à titre indicatif seulement).

caractères	famille	Seuil de signification	Nombre de G. H	famille en premier rang	Valeur du rang	famille en dernier rang	Valeur du rang
Taux de Levée (TL4)	OTM	ns	-	-	-	-	-
	BBT	ns	-	-	-	-	-
	DLS	ns	-	-	-	-	-
	BAM	ns	-	-	-	-	-
Hauteur totale des plants	OTM	***	10	11 et 2	22,16	7 et 10	15,0
	BBT	**	6	2	20,66	3	8
	DLS	*	7	8 et 7	18,08	9	15,08
	BAM	ns	-	-	(15,41)	-	15,08
Diamètre au collet des plants	OTM	***	7	2	1,11	11, 12, et 15	13, 14 (12,83)
	BBT	***	7	2	1,03	11, 12, et 15	13, 14 0,5
	DLS	*	6	12	1,15	14	0,5
	BAM	ns	-	-	(0,77)	-	0,20 (0,10)

Tableau 8, Annexe 2 : Récapitulatif des résultats relatif à la morphologie de la feuille et du plant en pépinière

caractère	famille	Seuil de signification	Nombre de G. H	famille en premier rang	Valeur du rang	famille en dernier rang	Valeur du rang
Longueur de la feuille (LOF)	OTM	**	7	9, 11 et 13	2,65	2	1,71
	BBT	***	8	1	2,68	8	1,18
	DLS	ns	-	-	-	-	-
	BAM	ns	-	-	-	-	-
Largeur de la feuille (LAF)	OTM	***	7	7,6, 3 et 8	1,85	1 et 5	1,35
	BBT	ns	-	-	-	-	-
	DLS	ns	-	-	-	-	-
	BAM	**	6	6 et 13	2,10	1 et 5	1,35
Surface de la feuille (SFF)	OTM	ns	-	-	(3,42)	-	(2,17)
	BBT	ns	-	-	(3,13)	-	(1,80)
	DLS	ns	-	-	(3,48)	-	(2,47)
	BAM	**	5	-	3,52	11	1,9
Nombre de ramifications par plant (NRP)	OTM	ns	-	-	-	-	-
	BBT	ns	-	-	-	-	-
	DLS	ns	-	-	-	-	-
	BAM	**	5	11	6,83	2 et 9	5,16
Nombre de feuilles par plant (NFP)	OTM	ns	-	-	-	-	-
	BBT	ns	-	-	-	-	-
	DLS	ns	-	-	-	-	-
	BAM	**	9	7	4,20	11	1,90
surface foliaire par plants (SFP)	OTM	**	7	7	125,13	1 et 5	48,69
	BBT	*	8	11	125,88	8	52,34
	DLS	ns	-	-	(129,4)	-	(76,19)
	BAM	ns	-	-	(91,60)	-	(43,37)

Tableau 9, Annexe 2 : Récapitulatif des résultats relatifs à la biomasse des plants en pépinière

caractère	famille	Seuil de signification	Nombre de G. H	famille en premier rang	Valeur du rang	famille en dernier rang	Valeur du rang
Poids aérien frais (PAF)	OTM	***	7	12, 8, 4 et 3	4,85	1, 2 et 10	2,31
	BBT	***	6	6	5,11	1 et 9	2,36
	DLS	***	7	1, 4 et 5	5,44	8, 2, 7 et 10	2,99
	BAM	**	9	10 et 15	4,02	6	3,19
Poids racinaire frais (PRF)	OTM	***	4	1 et 10	10,58	12, 8, 4 et 3	4,49
	BBT	***	9	2 et 6	10,49	2 et 6	4,42
	DLS	***	3	1, 4, 9 et 5	10,27	1, 4, 9 et 5	4,30
	BAM	***	8	5	9,26	6	4,53
Poids total frais (PTF)	OTM	***	7	12, 3 et 4	15,39	10,1 et 2	6,96
	BBT	***	9	6 et 10	9,42	1	5,42
	DLS	***	3	1, 4, 9,11 et 5	15,66	10, 8, 7, 2, 14, 6 et 3	7,57
	BAM	***	8	5	12,86	6	7,72
Poids aérien sec (PAS)	OTM	***	7	8 et 3	3,53	1 et 6	1,37
	BBT	***	0	10	2,37	1	1,41
	DLS	***	5	5 et 8	3,84	7 et 2	1,55
	BAM	***	7	1	2,69	3	2,01
Poids racinaire sec (PRS)	OTM	***	2	12, 3, 8 et 4	7,03	2, 7, 5, 9, 11, 15, 10, 1 et 13	1,85
	BBT	***	7	10	7,05	9	3,97
	DLS	***	7	1 et 5	5,77	6, 7,3, 14, 2, 8, 10 et 15	2,93
	BAM	***	7	3	4,65	10	4,23
Poids total sec (PTS)	OTM	***	7	4	10,25	2, 7 et 5	3,61
	BBT	***	9	10 et 6	9,42	1	5,42
	DLS	***	8	5	9,22	2 et 7	4,53
	BAM	***	8	8	7,2	2 et 11	6,5
PAF/PRF	OTM	***	5	7	0,61	1,2, 3,4, 9 et 12	0,44
	BBT	***	7	1	0,53	2, 3, 4, 8 et 12	0,32
	DLS	***	7	10	0,78	9	0,47
	BAM	***	7	6	0,78	5	0,38
PAS/PRS	OTM	*	10	2	1,11	1 et 6	0,39
	BBT	***	9	8	0,48	2, 6, 10 et 5	0,33
	DLS	***	8	3	1,25	7, 2, 5 et 1	0,52
	BAM	***	6	1 et 10	0,60	3	0,43
PRF/PRS	OTM	***	7	2	3,3	1, 6 et 10	1,44
	BBT	***	6	4	2,48	1	1,10
	DLS	***	6	9	2,98	10	1,33
	BAM	***	9	5, 2 et 9	2,09	6	0,99

Tableau 10, Annexe 2 : Comparaison des groupes de provenances retenus selon la carte de Quezel et Santa (1962) et les données de la présente étude.

Groupe de provenance	la carte Quezel et Santa (1962) et la carte bioclimatique	Répartition selon la Classification hiérarchique (nos résultats)	
		Milieu 1	Milieu 2
I	Oued Yesser, Zaccar, Chaâbat Lakhra	Nesmoth, Oued Yesser, Oum Djerane, Théniet El-Had, Sebt, Frenda, La Cascade, Sidi Bouzid, Sebdou, Bordj et Bordj-Bounaâma et Chaâbat Lakhra	Oued Yesser, Sebdou, Théniet El-Had, Sebt, Zaccar, Mezaouro, Frenda, Chaâbat Lakhra, Nesmoth et La Cascade
II	Théniet El-Had, Bordj-Bounaâma, Frenda, La Cascade, Bordj, Guelma, Nador, Sebt	Nador, Zaccar, Ouled Kada et Djebel Aissa	Guelma, Nador, Bordj-Bounaâma, Belezma, Sidi Bouzid, Dar echoukh, Oum Djerane , Bordj, Ouled Kada et Djebel Aissa
III	Ouled Kada, Oum Djerane, Nesmoth, Mezaouro, Sebdou.		
IV	Belezma, Dar chioukh. Boualem,Sidi Bouzid, Djebel Aissa.	Guelma, Belezma, Mezaouro, Dar echoukh et Boualem.	Boualem

Résumé

Une évaluation de la variabilité inter et intra-provenance de *Chêne vert* (*Quercus rotundifolia* Lam.) a été réalisée à Saida (Algérie : étage bioclimatique semi aride). L'étude a eu comme objectifs principaux de: (a) tester le pouvoir germinatif au laboratoire puis la levée et la croissance des plants en pépinière ainsi que le taux de survie et le développement en milieu naturel des jeunes individus qui en dérivent, (b) dégager une idée sur le degré de variabilité morphologique intra et inter-provenance au sein des 15 arbres mères dans chacune des 21 provenances choisies dans les principales régions écologiques algériennes du chêne vert. Le suivi s'est étalé sur les phases d'élevage en pépinière pendant une année puis l'installation en plein champ dans deux sites durant quatre années. En pépinière la germination des glands ne constitue pas une entrave pour la réussite des plants. C'est au stade levée que la mortalité est élevée au niveau intra et interprovenance. La biomasse des plants permet de distinguer entre les provenances du Nord et du Sud de l'aire de cette essence. En plein champ, un taux de survie moyen de 48% pour l'ensemble de la plantation est enregistré. Les conditions écologiques plus favorables dans le premier site ont engendré une bonne croissance des plantules de chêne vert avec une hauteur totale moyenne de 50,68 cm dans le premier site, contre 40,90 cm dans le deuxième. Le diamètre total moyen enregistré par l'ensemble de la plantation est de 1,31 cm. Une variabilité à l'échelle des grandes régions montre une supériorité en survie et vigueur des groupes de l'Atlas saharien, suivi du groupe des hautes plaines intérieures, suivie de la région de la façade sud de l'Atlas tellien et en fin le groupe de la partie Nord de l'Atlas tellien. Au sein de la provenance même, une variabilité inter famille moins importante a été décelée.

Mots clés: Provenances/descendance – *Quercus rotundifolia* – Semi aride – Survie – Vigueur.

الملخص

تمّ التقييم ادخلو بين أصول نبات البلوط الأخضر ذلك بولاية سعيدة الواقعة في المنطقة المناخية شبه الجافة بالجزائر. الهدف من هذه العملية هو: (أ) قياس القدرة الانتاشية ادخل المخبر، النشوء اولنمو للنباتات في المشتلة ومن ثم ملاحظة نسبة البقاء و التطور في الوسط الطبيعي عند العناصر الفتية الناتجة، (ب) تكوين فكرة حول ردة التغير المورفولوجي ادخل الأصل وبين الأصول عند 15 شجرة ما بالنسبة لكل أصل وبين الأصول ل21 المختارة من المناطق الإيكولوجية الرئيسية للبلوط الأخضر في الجزائر. المتابعة كانت على امتداد مراحل العناية في المشتلة (سنة واحدة)، اولتحويل اولغرس في الحقل في موقعين خلال لسنوت الأربعة الأولى التالية. في المشتلة انتاش البذور لم يشكل عقبة أمام إنجاح النباتات، بينما في مرحلة النشوء كانت نسبة موت النباتات مرتفعة ادخل الأصل وبين الأصول. الكتلة الحيوية للنباتات تمكن من التمييز بين أصول الشمال و الجنوب لهذا النوع النباتي. في الحقل سجلت نسبة البقاء المتوسطة 48% بالنسبة لإجمالي لغرس. خلقت الظروف البيئية الأكثر ملاءمة في الموقع الألو نموا جيدا لنبيتات البلوط الأخضر مع تسجيل ارتفاع متوسط مقدهرا 50,68 سم في الموقع الألو مقابل 40,90 سم في الموقع الثاني. القطر الكلي المتوسط المسجل عند إجمالي عملية الغرس كان 1,31 سم. التباين فيما بين المناطق الكبرى يظهر التفوق في البقاء على قيد الحياة اولعنفونا لدى مجموعات الأطلس الصحري، ووا متبوعا بمجموعة الهضاب العليا الداخلية، متبوعا بمنطقة الواجهة الجنوبية للأطلس التلي وفي الأخير تأتي مجموعة الأجزاء الشمالية للأطلس التلي. ادخل الأصل الواحد تم الكشف عن تغير أقل هامة فيما بين العائلات.

الكلمات المفتاحية: الأصل/الذرية – البلوط الأخضر – نصف جاف – البقاء على قيد الحياة – العنفون.

Summary

An evaluation of variability inter and intra-provenance of Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) Was established in Saida in the semi arid one, in Algeria, With an aim of: (A) to test the germinatif capacity at the laboratory then the lift and the growth of the seedlings in seedbed as well as the rate of survival and the development in natural environment of the young individuals who derive from it, (b) to release an idea on the morphological degree of variability will intra and inter-provenance mothers within the 15 trees in each of the 21 sources chosen in the main ecological areas of the holm oak in Algeria. The follow-up was spread out over the phases of breeding in seedbed (one year), and the transfer and the installation in field in two sites following during the first four years. In seedbed the germination of the nipples does not represent an obstacle to the success of the seedlings. It is at the stage that mortality is raised high on the level will intra and interprovenance. The biomass of the seedlings makes it possible to distinguish between the sources from North and the South from the surface from this gasoline. In field, an average rate of survival of 48% for the whole of the plantation is recorded. The more positive ecological conditions in the first site generated a very good growth of the seedlings of holm oak with an overall average height of 50.68 cm in the first site, against 40.90 cm in the second. The overall average diameter recorded by the whole of the plantation is 1.31cm. A variability on the scale of the great areas shows a superiority in survival and strength of the groups of the Saharian Atlas, followed former group of the high plains, followed area of the southern frontage of the Tellian Atlas and in end the Northern group of the parts of the Tellian Atlas. Within the source even, for less significant family variability is detected.

Key words: Provenances-descendance – *Quercus rotundifolia*- Semi arid - Survival - Strength.