

DIAGNOSTIC PRÉCOCE DE LA REPRISE DES JEUNES PLANTS DE ONZE
PROVENANCES ALGÉRIENNES DE CHÊNE VERT
(*QUERCUS ROTUNDIFOLIA* LAM.) :
CONSÉQUENCES POUR LE REBOISEMENT

Yahia NASRALLAH¹ & Lakhdar KHELIFI²

SUMMARY. — *Early diagnosis of the growth recovery of Holm oak (Quercus rotundifolia Lam.) seedlings from eleven Algerian origins : Consequences for forestation.* — The present study examines the rate of germination of acorns of Holm oak at the laboratory, then the growth recovery of the seedlings in seed bed, and the rate of survival in natural environment of transplanted young individuals. Acorns were collected under 5 carrying trees in each of 11 localities (sources) distributed over the Algerian area of the Holm oak. Results show that certain sources are characterized by high death rates, which may attain 60 %. These losses are more significant in the phases of nursery development and recovery in forest than during the phase of germination. This suggests that to produce vigorous and viable transplantable seedlings into full forest, it is necessary on the one hand to select the best sources of acorns and on the other hand to control the phase of development in nursery. So in order to maximize successful transplantations, the selection of the best sources of acorns must be done both at the source level and at the individual one.

RÉSUMÉ. — La présente étude examine le taux de germination des glands de Chêne vert au laboratoire puis la reprise des plants en pépinière ainsi que le taux de survie en milieu naturel des jeunes individus qui en dérivent. Les glands ont été récoltés sous 5 arbres porteurs dans chacune des 11 provenances réparties dans l'aire algérienne du Chêne vert. Les résultats obtenus montrent que certaines provenances sont caractérisées par des taux de mortalité élevés, pouvant atteindre 60 %. Ces pertes sont plus significatives en phases de levée en pépinière et de reprise en forêt que durant la phase de germination. Ceci suggère que, pour produire des plants vigoureux et viables transplantables en pleine forêt, il faut d'une part sélectionner les meilleures sources de glands et d'autre part maîtriser la phase de développement en pépinière. Ainsi, pour limiter les échecs après transplantation, la sélection des meilleures sources de glands doit se faire tant au niveau provenance qu'au niveau individuel.

Les forêts situées près de et/ou en zone steppique en Algérie se trouvent dans un état de dégradation avancée en raison de la forte pression anthropique. La nécessité de reconstituer ces milieux s'avère l'une des principales préoccupations du plan national de reboisement (PNR) et du plan national de la lutte contre la désertification (PNLCD). Cependant, les conditions écologiques et climatiques de ces régions n'offrent pas aux acteurs du reboisement un grand choix d'espèces (Harrouni, 2002).

Le Chêne vert est l'une des essences appelées à jouer un rôle dans cette politique de reconstitution des forêts. Suite aux nombreux travaux de taxinomie, accomplis par Barbero &

¹ Département des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Moulay Tahar. 20000, Ain El Hadjar - Saida. Algérie. E-mail : ynasrellah@yahoo.fr

² Auteur correspondant. Laboratoire des Ressources Génétiques et Biotechnologies, ENSA (ex. INA). 16200 El Harrach - Alger. Algérie. E-mail : khelifi.lakhdar@gmail.com

Loisel (1980), il est souvent admis au sein du groupe Chêne vert, deux espèces différentes : *Quercus ilex* et *Quercus rotundifolia*. Il est également possible de considérer qu'il s'agit de deux variétés. *Quercus rotundifolia* occuperait l'ensemble de l'aire nord-africaine et une bonne partie de l'Espagne méditerranéenne.

L'adaptation du Chêne vert à la sécheresse et aux sols secs, et sa capacité d'économiser l'eau, sont remarquables (Gratini *et al.*, 2003). Ses caractéristiques écologiques font de lui une essence plastique qui s'adapte aussi bien aux conditions climatiques les plus rigoureuses qu'aux contextes pédologiques les plus variés (Guinier, 1971 ; Seigue, 1985). Le facteur texture du sol joue un rôle prépondérant. En effet, cet arbre affectionne les substrats compacts et bien drainés. Cependant, il rejette mal sur les sols lourds, les marnes et les argiles.

En Algérie, le Chêne vert se localise essentiellement au niveau des variantes tempérée et fraîche des étages sub-humide, 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. Il est à souligner également que les glandées et les riches strates herbacées et arbustives des yeuseraies constituent une excellente réserve fourragère, surtout en période de disette (Ezzahari, 2002). Néanmoins, le problème de vieillissement des souches de taillis, qui touche la quasi-totalité des peuplements, conduit à son épuisement sous l'effet des coupes répétées (Ducrey, 1992). En outre, la régénération naturelle par graine 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. En conditions défavorables (sécheresse, pacage, défrichage, incendies), le recours au reboisement revêt un intérêt particulier. Ce dernier se présente comme une alternative obligatoire.

La présente étude vise à évaluer ces difficultés et à faire un diagnostic précoce des chances de réussite d'un reboisement à base de Chêne vert durant les premières années en s'appuyant sur le choix des sources de graines et le suivi des plants en pépinière et après transplantation en pleine forêt.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

La présente expérimentation porte sur un test de descendance/provenances. Les glands ont été récoltés sur 5 arbres producteurs choisis selon un dispositif aléatoire dans chacune des 11 grandes régions de l'aire algérienne du Chêne vert (fig. 1). Les conditions écologiques des différentes provenances sont décrites dans le tableau I. Une distance minimale de 300 m entre arbres a été respectée durant la récolte des glands pour diminuer les risques d'appareillement (Willan, 1992).

Les glands provenant de chacun des 5 sujets d'une même provenance sont répartis en 4 lots de 40 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. C'est un test classique, souvent utilisé par les pépiniéristes pour éliminer les glands vides et/ou attaqués par les insectes. L'ensemble des lots de glands sains sont ensuite placés dans un germeoir en pépinière dans les conditions de germination décrites par Aissa (1981) à savoir : une température de 18°C, une aération permanente et une photopériode naturelle. La mise en germination a été initiée durant le mois de novembre 2003.

Les glands sont suivis deux fois par semaine pour évaluer le pourcentage de germination (TG). Dès sa germination, le gland est repiqué dans un sachet en polyéthylène noir de dimension 10 x 25 cm, sans fond, rempli d'un mélange de sable de rivière, de terre limono-argileuse et de litière (matière organique végétale) aux proportions respectives de 2/5, 2/5 et 1/5. Les sachets ainsi ensemencés sont placés sur des châssis métalliques surélevés par rapport au niveau du sol. L'essai a été mené en randomisation totale avec 4 répétitions de 30 plants, et ce, pour chaque descendance. Cette technique présente l'avantage de produire des plants sans déformation racinaire en raison du cernage naturel des racines au contact de l'air (Mohamed *et al.*, 2000 ; Harfouche *et al.*, 2003). L'arrosage des plants par aspersion pendant une heure est effectué tous les deux jours à l'exception des jours de pluie. La quantité de plants en surnombre de chaque famille a été élevée dans les mêmes conditions pour servir au niveau des mesures destructives.

Les plants âgés d'une année sont ensuite transplantés en plein champ en zone semi aride dans la chênaie d'El Hassasna dans la wilaya de Saïda (ouest de l'Algérie). La plantation a été faite selon un dispositif en randomisation totale, avec 4 lignes de 25 plants par famille soit 500 plants par provenance.

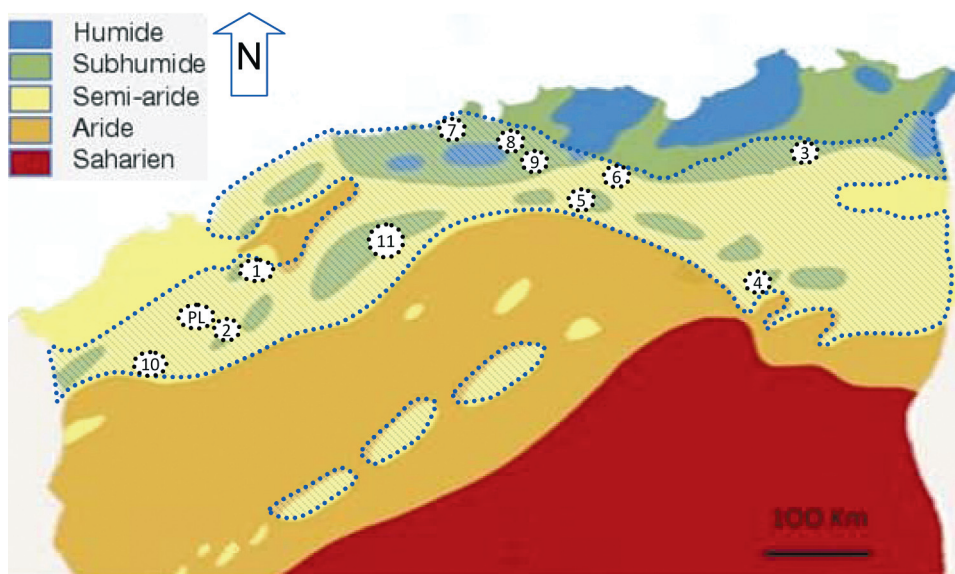


Fig. 1 — Localisation des provenances dans l'aire géographique algérienne du Chêne vert en relation avec les étages bioclimatiques. 1 : NES, 2 : OUD, 3 : SMA, 4 : BAL, 5 : DHD, 6 : TIG, 7 : ZAC, 8 : CHB, 9 : COT, 10 : SET, 11 : BBT, PL : Site de la plantation comparative. En pointillés = aire naturelle du Chêne vert en Algérie. N : Nord. *Localization of sources of acorns over the Algerian geographical area of Holm oak in relation to bioclimatic zones. (Humid, subhumid, semi arid, arid, Saharan). 1 : NES, 2 : OUD, 3 : SMA, 4 : BAL, 5 : DHD, 6 : TIG 7 : ZAC, 8 : CHB, 9 : COT, 10 : SET 11 : BBT, PL : Comparative plantation site. Dotted lines = natural area of Holm oak in Algeria. N : North direction.*

TABLEAU I

Localisation géographique et description écologique des 11 provenances des glands de Quercus rotundifolia expérimentés.
Geographical localization and ecological description of the 11 sources of experimented acorns of Quercus rotundifolia

| Provenances | Code | Altitude (m) | Exposition | Pente (%) | Pluviométrie (mm) | Températures (°C) | | Etages bioclimatiques | Type de sol | Age (ans) |
|----------------|------|--------------|------------|-----------|-------------------|-------------------|-----|-----------------------|-------------|-----------|
| | | | | | | M | m | | | |
| Nesmott | NES | 900 | N | 5 | 589 | 32,3 | 2,7 | S.A doux | calcaire | 50 à 80 |
| Oum-Djerane | OUD | 1080 | S-O | 5 | 423 | 34 | 2,3 | S.A Frais | calcaire | ~ 150 |
| Ain-Smara | SMA | 1100 | N | 25 | 674,2 | 30,1 | 0,1 | S.H Frais | isohumique | 25 à 40 |
| Belezma | BAL | 1320 | E | 15 | 348,7 | 28,1 | 2,1 | S.A Froid | caillouteux | 100 |
| Dar echyoukh | DHD | 1100 | S | 3 | - | - | - | S.A Froid | alluviaux | 110 à 140 |
| Tikjda | TIG | 2210 | S-O | 50 | 634 | 36 | 1,0 | S.H Frais | schisteux | 150 à 250 |
| Zaccar | ZAC | 1150 | S-O | 30 | 950 | 10,4 | 4,6 | S.H | schisteux | 30 à 60 |
| Chrèa | CHB | 950 | N | 15 | 954 | 33,6 | 7,3 | S.H | schisteux | 30 à 60 |
| Le col | COT | 1130 | N-O | 30 | 800 | 32,2 | 2,7 | S.H | calcaire | 90 à 120 |
| Sebdou | SET | 1270 | S-E | 20 | 283 | 34,4 | 3,8 | Aride | calcaire | 40 à 70 |
| Bordj-bounaama | BBT | 1190 | N-E | 25 | 628 | 32 | 0,2 | S.H | calcaire | ~130 |

S.A : semi aride, S.H : subhumide

Au laboratoire, les mesures biométriques ont porté sur le taux de glands flottants (FLO), le taux de germination global (TG), les poids frais et secs de la biomasse des parties aérienne et racinaire (PAF, PRF, PAS, PRS) des plants âgés de 6 mois en pépinière, à raison de trois plants par répétition. Le poids sec est déterminé après avoir placé les deux parties dans une étuve réglée à 65°C pendant 48 heures.

En pépinière, les mesures biométriques ont porté sur le taux de levée (LPP), la croissance des plants en hauteur à la fin de la période de développement en pépinière. Le taux de levée des plants et la croissance en pépinière ont été mesurés régulièrement à intervalles de 15 jours, 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.

En plein forêt, la plantation comparative a été effectuée sur un terrain préparé à cet effet. Le site, d'une superficie de 2 hectares, retenu pour accueillir les jeunes plants est situé au lieu-dit H'rigua, commune d'El Hassana, wilaya de Saïda, dont les caractéristiques écologiques sont : pluviométrie annuelle moyenne de 430 mm, altitude (1180 m), exposition (Est), pente (3 %), sol (sablo-limoneux), végétation (Forêt de Chêne vert). Les jeunes plants sont installés dans la parcelle qui a préalablement subi un labour profond. La plantation a eu lieu au début du mois de décembre 2004, après une période d'importantes précipitations de 211,8 mm. Les taux de survie (SUT1, SUT2, SUT3) et les hauteurs (HT1, HT2, HT3) ont fait l'objet de trois mesures sur le terrain (la première, juste à l'installation des plants, la deuxième à la fin de la saison hivernale et la dernière à la fin de l'été). Les premières mesures de terrain (SUT1 et HT1) ont été réalisées pour servir de référence pour la suite des mesures.

L'analyse statistique consiste en une ANOVA suivie, en cas de signification au seuil de 5 %, du test de la plus petite différence significative (PPDS) au même seuil.

RÉSULTATS

Nos interprétations sont basées essentiellement sur les données des tableaux II et III relatifs respectivement à l'analyse de la variance des caractères biométriques des 11 provenances et les résultats des tests de la PPDS réalisés sur les caractères significatifs.

TEST DE FLOTTAISON

Dans notre cas, tous les glands contenant des galeries ou vides ont flotté et ont donc été éliminés de l'essai. Pour un taux moyen de glands éliminé (FLO) de 1,5 %, la variance met en évidence des différences significatives entre les 11 provenances testées. Le classement des moyennes en groupes homogènes, selon la PPDS, met en évidence huit groupes homogènes. Les provenances de ZAC et OUD occupent les premiers rangs, par contre DHD et TIG enregistrent des taux de perte relativement élevés.

CAPACITÉ GERMINATIVE

Dès que la racine perce les téguments du gland, celui-ci est considéré comme germé. Un taux de germination de 92 % est atteint pour l'ensemble des provenances dès la septième semaine. Cependant, les provenances manifestent des taux de germination plus ou moins différents. L'analyse de la variance montre un effet provenance significatif. Le test de la PPDS montre un certain chevauchement des groupes homogènes. Les provenances ZAC, NES, TIG, SMA, OUD et SET ont été les plus précoces à la germination. DHD enregistre le taux de germination le plus faible.

LEVÉE DES PLANTS

L'analyse de la variance réalisée après 10 mois de développement en pépinière met en évidence un effet significatif du facteur provenance. La moyenne des plants non levés est de 17 %. Le test de la PPDS permet de distinguer 3 groupes homogènes ; les provenances CHB, OUD, DHD, COT, NES et ZAC se classent dans le premier groupe avec le pourcentage de levée le plus élevé, BBT et BAL présentent les pourcentages les plus faibles.

CROISSANCE DES PLANTS

L'analyse de la variance de la croissance en hauteur des plants des 11 provenances (fin d'hiver) à la fin de la saison des pluies et du froid (25 mai 2005) montre également un effet provenance significatif. La PPDS permet de distinguer 8 groupes homogènes. Les provenances SMA et SET occupent la tête du classement ; par contre, TIG et OUD réalisent les plus faibles croissances en hauteur des plants. La provenance SMA se distingue par sa croissance en hauteur (fin d'été) élevée, devant le deuxième groupe constitué de BBT, SET et DHD. Les provenances COT et ZAC enregistrent les plus faibles croissances à la fin de la saison sèche et chaude.

TABLEAU II

Analyse de la variance des caractères biométriques des glands de Chêne vert des 11 provenances testées. Analysis of variance of the biometric characters of Holm oak acorns coming from the 11 tested sources

| Caractères | SC | ddl | MC | F | P | signification |
|------------|--------|-------|--------|--------|-------|---------------|
| FLO | 0,0774 | 10:44 | 0,0018 | 564,81 | 0,000 | |
| GT | 172,4 | 10:44 | 3,9182 | 49,21 | 0,000 | *** |
| LPP | 393,91 | 10:44 | 8,9526 | 23,15 | 0,000 | *** |
| HP | 374,11 | 10:44 | 8,5026 | 1,59 | 0,141 | ns |
| PAS/PRS | 0,0751 | 10:44 | 0,0017 | 341,79 | 0,000 | *** |
| HT1 | 1,524 | 10:44 | 0,0346 | 844,26 | 0,000 | *** |
| HT2 | 0,6279 | 10:44 | 0,0143 | 2891,7 | 0,000 | *** |
| HT3 | 0,0657 | 10:44 | 0,0015 | 36419 | 0,000 | *** |
| SUT2 | 27,482 | 10:44 | 0,6246 | 134,33 | 0,000 | *** |
| SUT3 | 0,2613 | 10:44 | 0,0059 | 13036 | 0,000 | *** |

FLO : Taux de flottaison, GT : Taux de germination, LPP : Levée des plants en pépinière, HP : Hauteur des plants en pépinière, PAS-PRS : Poids aérien sec/Pois racinaire sec, HT1 : Hauteur à la plantation, HT2 : Hauteur en fin d'hiver, HT3 : Hauteur en fin d'été, ns = effet non significatif ; *** = effet très hautement significatif. FLO : *Floatation rate*, GT : *Germination rate*, LPP : *Seedling raising in nurseries*, HP : *Seedling height in nurseries*, PAS/PRS : *Dry weight of shoot / dry weight of root*, HT1 : *Height at planting*, HT2 : *Height at end of winter*, HT3 : *Height at end of summer*, ns = *not significant effect*, *** = *very highly significant effect*.

TABLEAU III

Résultats du test comparatif de la PPDS des 11 provenances de Chêne vert. Results of lsd comparative test on the 11 sources of Holm oak

| Provenances | Groupes homogènes pour les caractères significatifs | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|---|---------------------|-----|---------------|---|---------------------|---|-------------------|---|---------|----|--------------------|-----|------------------|---|
| | Taux de flottaison | | Taux de germination | | Taux de levée | | Hauteur (fin hiver) | | Hauteur (fin été) | | PAS/PRS | | Survie (fin hiver) | | Survie (fin été) | |
| BAL | 1,13 | d | 92,32 | b | 76,00 | a | 16,92 | d | 24,45 | g | 0,73 | e | 95,04 | efg | 85,19 | e |
| BBT | 1,03 | c | 92,51 | b | 76,00 | a | 20,79 | g | 24,99 | h | 0,52 | c | 94,24 | ef | 85,98 | g |
| CHB | 1,47 | f | 94,45 | bcd | 91,91 | c | 18,87 | f | 20,34 | e | 0,38 | a | 97,43 | h | 88,94 | h |
| COT | 1,21 | e | 93,94 | bc | 90,17 | c | 15,54 | b | 17,00 | a | 0,57 | cd | 95,25 | fg | 80,99 | c |
| DHD | 1,59 | g | 75,22 | a | 90,97 | c | 17,98 | e | 24,95 | h | 0,61 | d | 94,2 | e | 91,00 | j |
| NES | 1,05 | c | 96,72 | ef | 89,00 | c | 14,03 | a | 20,99 | f | 0,53 | c | 90,32 | d | 84,12 | d |
| OUD | 0,95 | b | 95,68 | cde | 91,03 | c | 17,02 | d | 18,96 | c | 0,47 | bc | 90,11 | d | 80,03 | a |
| SET | 2,4 | h | 95,38 | cde | 79,94 | b | 21,84 | h | 24,98 | h | 0,81 | f | 84,12 | a | 80,76 | b |
| SMA | 1,13 | d | 96,16 | cde | 80,02 | b | 21,97 | h | 25,98 | i | 1,62 | g | 95,88 | g | 80,76 | b |
| TIG | 1,59 | g | 96,53 | ef | 79,94 | b | 13,95 | a | 19,46 | d | 0,56 | c | 89,03 | c | 85,56 | f |
| ZAC | 0,79 | a | 97,16 | f | 88,75 | c | 16,00 | c | 17,97 | b | 0,46 | b | 87,93 | b | 89,98 | i |

Les provenances ayant des lettres différentes sont statistiquement différentes à 5 %. *Sources with different letters are statistically different at 5 %.*

BIOMASSE DES PLANTS

L'analyse de la variance, réalisée sur les poids de la partie aérienne sèche (PAS) et ceux de la partie racinaire sèche (PRS), montre un effet significatif. Le poids sec de la partie racinaire a souvent été deux fois plus élevé que celui de la partie aérienne. L'analyse de la variance de ce rapport montre un effet provenance hautement significatif. Le test de la PPDS permet de répartir les provenances en 8 groupes homogènes. Le premier groupe est constitué par BBT, NES, TIG et COT ayant un rapport PS de la partie aérienne / PS de la partie racinaire voisin de

0,5 (Tab. IV). Le groupe 5 est présenté par la provenance CHB se distinguant par un rapport de biomasse très faible par opposition au groupe 8, avec la provenance SMA, se distinguant par un rapport très élevé.

TABLEAU IV

Classement des provenances de glands d'après le rapport des biomasses. Classification of the acorn sources according to the ratio of the biomasses

| Provenances | OUD | NES | SMA | BAL | DHD | TIG | ZAC | CHB | COT | SET | BBT | moy |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| PAF/PRF | 0,41 | 0,39 | 0,57 | 0,67 | 0,56 | 0,56 | 0,46 | 0,42 | 0,55 | 0,59 | 0,39 | 0,51 |
| PAS/PRS | 0,55 | 0,49 | 0,58 | 0,74 | 0,58 | 0,58 | 0,46 | 0,39 | 0,52 | 0,77 | 0,48 | 0,56 |

SURVIE DES PLANTS EN CHAMP

La première mesure effectuée après une semaine de la plantation en plein champ (SUT1) a permis de constater une reprise moyenne de 98 % pour l'ensemble des provenances.

Dans la zone d'étude (Hassasna - Saïda), la saison hivernale est, selon les données de l'Office National de la Météorologie (ONM, 2005), caractérisée par des températures basses atteignant -3°C, des gelées fréquentes d'une durée de 17 jours et des précipitations de 211,8 mm durant la saison. Le deuxième comptage réalisé à la fin de la saison hivernale a laissé apparaître une mortalité variable en fonction des provenances. Cette mortalité a varié entre 0,7 et 13 %. L'analyse de la variance sur les mesures de survie (SUT2) à la fin de l'hiver montre un effet provenance significatif et le test de la PPDS dégage 8 groupes homogènes, avec des chevauchements multiples. Les provenances CHB, DHD, COT, BBT et SET se trouvent en tête du classement et les provenances NES, OUD, ZAC et TIG en bas du classement. Le dernier comptage a été réalisé à la fin de la saison estivale, caractérisée au niveau de la zone d'étude par des températures allant jusqu'à 42°C et une saison sèche étalée sur plus de 7 mois. La moyenne des mortalités enregistrées a été de 7,3 %, avec des différences très significatives entre les provenances. Cette mesure permet une meilleure discrimination des provenances, avec un nombre plus élevé de groupes homogènes et seulement deux chevauchements. Les provenances les moins touchées par l'effet combiné du manque d'eau et de la chaleur estivale sont, par ordre décroissant, DHD, BAL, NES et CHB, et les plus touchées, par ordre croissant, sont SMA, SET et COT. D'une manière générale, les provenances ne se sont mieux exprimées sur le terrain qu'en phase de pépinière où les conditions étaient plus ou moins contrôlées.

DISCUSSION

APTITUDE DES GLANDS À LA GERMINATION

Les tests réalisés sur les glands montrent que le taux de glands inaptes à la germination (flottants) est faible et ne constitue pas un handicap pour la régénération du Chêne vert. Le taux de perte moyen ne dépassant pas 10 % est considéré comme acceptable. Les glands rencontrent beaucoup plus de difficultés en phase de germination. Ces difficultés sont estimées par le pourcentage de glands germés. Le reboiseur apprécie toujours des taux de germination élevés et une germination homogène. Les provenances de ZAC et OUD présentent les meilleures aptitudes à la germination. La provenance DHD cumule les deux défauts avec un pourcentage de flottaison élevé et un taux de germination faible. La vigueur des pieds-mères (notamment l'âge des peuplements) et leur adaptation aux conditions locales semblent influencer la qualité des glands et leur aptitude à la germination (Ducrey & Boisserie, 1992 ; Christophe, 2005). Les autres provenances présentent des valeurs intermédiaires.

LEVÉE ET VIGUEUR DES PLANTULES EN PÉPINIÈRE

L'apparition des premières feuilles ne se produit que durant la deuxième quinzaine du mois de mars chez le Chêne vert. Elle continue avec un rythme très long durant toute la durée du premier cycle de végétation. Le taux de levée est hétérogène pour l'ensemble des provenances. La croissance en hauteur des plants révèle des différences significatives. Selon Aussenac & El Nour (1986) et Salmon (2004), cette situation montre combien le développement des plants en pépinière est sous l'effet des réserves contenues dans les glands qui leur donnent naissance, ainsi que des conditions climatiques favorables en pépinière (arrosage biquotidien, protection contre les vents et les gelées, substrat riche).

Les résultats de la croissance sont confirmés par le calcul des biomasses des 11 provenances (partie aérienne, système racinaire). Le rapport de la biomasse du système racinaire sur celle de la partie aérienne est considéré par plusieurs auteurs comme un excellent critère de classement de la variabilité (Lacaze & Tomassone, 1967 ; Birot & Ferrandez, 1972). Ce paramètre montre que toutes les provenances, à l'exception de SMA, ont un rapport inférieur à un. En effet, les résultats de cette analyse 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.

Les mesures de biomasse sèche 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* âgés de 6 mois (Tab. IV) 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*.

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).

RÉPONSE ET ADAPTATION DES JEUNES PLANTS AU MILIEU

L'action des facteurs écologiques sur les provenances ne peut être réellement mesurée en pépinière, c'est pourquoi nous nous sommes limités à comparer les résultats obtenus sur le terrain en conditions naturelles où l'adaptation des plantules se caractérise par l'aptitude de leurs feuilles à reprendre la photosynthèse après une phase hivernale caractérisée par les basses températures et une phase estivale caractérisée par la sécheresse (Corine & Serge, 2003 ; Lavoit, 2004). Ces effets sont déterminés dans notre cas par la mesure de la croissance et la survie des plants. Bien que considéré comme résistant au climat méditerranéen, le Chêne vert montre à travers cette plantation comparative une diversité de réactions au froid et à la sécheresse.

RÉACTION DES JEUNES PLANTS À LA SAISON HIVERNALE

Ce paramètre renseigne sur les difficultés rencontrées par les plants face aux basses températures hivernales. L'adaptation du Chêne vert au climat méditerranéen peut être distinguée à travers la croissance et ses différentes composantes (Bariteau, 1992). En effet, la croissance est sous la dépendance des contraintes climatiques, en particulier hydriques et thermiques. La température et la pluviométrie peuvent intervenir de manière séparée ou combinée. Selon Nadrini *et al.* (1998), l'action de la saison hivernale sur les plants ne peut être réellement mesurée, sauf si on applique une expérimentation par le froid. Dans notre cas, une bonne réaction des plants au froid se confirme par la reprise de la croissance après plantation. Le gain moyen en hauteur par rapport à la mesure de référence (HT1) est de 2,78 cm. Les provenances SMA,

COT, DHD, NES et BBT ont enregistré des croissances élevées par rapport à la moyenne saisonnière. Par contre, la croissance en hauteur de CHB, OUD et TIG a été faible, durant la même période.

L'adaptation des plants à la saison peut aussi être mesurée d'une manière directe par l'estimation de la survie (Lacaze, 1970). Le taux de mortalité moyen pour la période hivernale a été de 5,8. Les plus forts taux ont été enregistrés avec les provenances NES, OUD, ZAC et TIG. Les plants les plus résistants au froid sont représentés par les provenances DHD, CHB, COT, BBT et SET. À l'exception de CHB, les provenances dont les conditions climatiques d'origine sont plus sévères que celles de la zone d'introduction ont mieux réagi à la saison hivernale locale. Le groupe constitué par DHD, COT et BBT cumule les deux avantages en matière de croissance et de résistance aux conditions climatiques de la zone d'introduction.

RÉACTION DES PLANTS À LA SAISON ESTIVALE

L'effet de la chaleur additionné au manque d'eau dans le sol semble être déterminant pour la survie et la résistance des plants de Chêne vert. Trabaud & Méthy (1992) ont démontré que les températures élevées n'ont pas d'effet sur le fonctionnement de l'appareil photosynthétique et que les feuilles de Chêne vert peuvent résister à des températures de 55°C. Dans notre cas, nous avons constaté que les 11 provenances ont enregistré une croissance moyenne de 4,11 cm en hauteur pour la période allant du début juin à la fin novembre, mais avec des différences significatives entre les provenances. DHD et BAL sont caractérisés par une croissance en hauteur supérieure à la moyenne tandis que COT, ZAC et CHB enregistrent les croissances les plus faibles. Le reste des provenances présente des croissances proches de la moyenne saisonnière. Cette situation confirme les résultats de Quézel & Médail (2002) et montre, une fois de plus, que les provenances du sud de l'aire de l'espèce se comportent mieux que celles du nord. Cependant, d'une manière générale, les pertes enregistrées dans le dispositif sont élevées avec des différences significatives entre les provenances.

Dans notre cas, la plantation comparative a réagi pratiquement de la même façon face aux conditions climatiques tant estivales qu'hivernales puisque le taux de mortalité durant la période estivale n'a pas dépassé en moyenne les 7,5 % pour l'ensemble des provenances contre environ 5,8 % en hiver. Ces résultats confirment les expériences réalisées précédemment sur la résistance du Chêne vert à la chaleur et à la sécheresse ainsi qu'au froid (Aissa, 1981 ; Trabaud & Méthy, 1994 ; Ksontini *et al.*, 1998). Notre étude montre que le Chêne vert (*Quercus rotundifolia*), toutes provenances confondues, enregistre des taux de mortalité inférieurs à ceux obtenus en Tunisie par Hassani (1991) pour *Q. suber*, *Q. coccifera* et *Q. faginea* (respectivement 40 %, 70 % et 100 %).

CONCLUSION

Les pertes avant et en cours de germination sont faibles et ne constituent pas une grande entrave pour la production de plants de Chêne vert. Le bilan des pertes est lourd au cours de la phase dynamique de la levée en pépinière et durant la reprise des plantules sur le champ.

La faible mortalité mesurée juste après transplantation en plein champ (estimée à 2 %), témoigne de l'efficacité de la technique de développement utilisée (sachets sans fond et châssis surélevés) et d'une bonne reprise des plants après transplantation. Un effort particulier doit être fait pour l'amélioration des conditions de développement des plants en pépinière et lors de la plantation. Des études d'ordre physiologique sur les raisons de la mortalité des embryons à la germination et des plants durant la levée peuvent contribuer à la diminution des pertes. De même, l'étude de la possibilité d'utilisation de deux glands par sachet pour accroître le taux de réussite peut être envisagée.

L'examen de l'ensemble des résultats, en particulier ceux dont l'analyse de la variance montre des effets significatifs, rejette l'hypothèse selon laquelle les populations les plus proches de la zone d'étude sont les plus favorisées. Se sont plutôt les populations situées vers les limites sud de l'aire de l'espèce où le climat est sévère qui ont montré une meilleure adaptation,

du moins durant la première année, dans la zone d'étude (Saïda). Les provenances du nord de l'aire du Chêne vert semblent éprouver plus de difficultés à s'adapter aux conditions écologiques locales.

Par ailleurs, le choix des sources de glands doit être opéré aussi bien au niveau des provenances écologiquement adaptées mais aussi entre les individus d'une même population. 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.

Ce diagnostic permettrait aux reboiseurs de connaître avec précision le stade de développement qui mérite le plus d'attention pour réduire les échecs potentiels dans les reboisements. Pour diminuer les pertes, une attention particulière doit être accordée aux plants durant ces stades sensibles.

RÉFÉRENCES

- AISSA, D. (1981). — *Étude expérimentale de la germination du chêne vert (Quercus ilex)*. Thèse de spécialité, Université des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, Marseille.
- ALEXANDRIAN, D. (1979). — Les reboisements en chênes méditerranéens. *Bull. tech. ONF*, 10 : 17-30.
- AUSSENAC, G. & ELNOUR, M. (1986). — Reprise des plants et stress hydriques. *Rev. For. Fr.*, 38 : 264-270.
- BARBERO, M. & LOISEL, R. (1980). — Le chêne vert en région méditerranéenne. *Rev. For. Fr.*, 32 : 531-543.
- BARITEAU, M. (1992). — Variabilité géographique et adaptation aux contraintes du milieu méditerranéen des pins de la section *halepensis* : résultats (provisoires) d'un essai en plantations comparatives en France. *Ann. Sci. For.*, 49 : 261-275.
- BELLEFONTAINE, R., EDELIN, C., ICHAOU, A., DU LAURENS, D., MONSARRAT, A. & 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.
- BIROT, Y. & FERRANDEZ, P. (1972). — Quelques aspects de la variabilité intraspécifique du Douglas (*Pseudotsuga Menziesii*) introduit en zone méditerranéenne sub-humide. *Ann. Sci. For.*, 29 : 335-351.
- CHRISTOPHE, P. (2005). — *Dynamique naturelle et gestion forestière - Le cas de la réserve MAB du Fango*. O.D.A.R. (Corse).
- CORINE, H. & SERGE, R. (2003). — An examination of the interaction between climate, soil and leaf area index in a *Quercus ilex* ecosystem. *Ann. For. Sci.*, 60 : 153-161.
- DUCREY, M. (1981). — Action des basses températures hivernales sur la photosynthèse du cèdre et du douglas. *Ann. Sci. For.*, 38 : 317-329.
- DUCREY, M. (1992). — Quelle sylviculture et quel avenir pour les taillis de chêne vert (*Quercus ilex*) de la région méditerranéenne française. *Rev. For. Fr.*, 44 : 12-32.
- DUCREY, M. & BOISSERIE, M. (1992). — Recrû naturel dans des taillis de chêne vert (*Quercus ilex* L.) à la suite d'exploitations partielles. *Ann. Sci. For.*, 49 : 91-109.
- DE PHILIPPIS, A. (1932). — Les questions méditerranéennes. *Congrès international de sylviculture, Paris, 1932* : 38-57.
- EZZAHARI, M. & BELGHAZI, B. (2002). — Biomasse foliaire du chêne vert (*Quercus rotundifolia*) en tant que ressources fourragères, exemple des chênaies du moyen Atlas. *Science et changements planétaires / Sécheresse* 13 : 13-16.
- GRATANI, L., MENEGHINI, M., PESOLI, P. & CRESCENTE, M.F. (2003). — Structural and functional plasticity of *Quercus ilex* seedlings of different provenances in Italy. *Trees- Structure and Function*, 17 : 515-521.
- GUINIER, P. (1971). — *Techniques forestières*. Edition Maison Rustique, Paris.
- HARFOUCHE, A., BEKKAR, H., BELHOU, O. & GRAINE, M. (2003). — Quelques résultats à l'état juvénile sur la variabilité géographique du chêne-liège (*Quercus suber*) et stratégie d'amélioration génétique. *Ann. Rech. Forest. Algérie*, 1 : 37-50.
- HARROUNI, M.C. & MOKHTARI, M. (2002). — Production rapide de plants d'arganier aptes à la transplantation. *Bull. Inst. Agr. Maroc*, 95 : 1-4.
- HASSANI, M. (1991). — Régénération artificielle du chêne-liège. *Ann. Rech. For. Maroc*, 1 : 7-14.
- KSONTINI, M., LOUGUET, P., LAFFRAY, D. & REDJEB 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.
- LACAZE, J.F. (1970). — Analyse d'une expérimentation multi-stationnelle de provenances d'Epicéa (*Picea abies*). *Ann. Sci. For.*, 27 : 5-37.
- LACAZE, J.F. & TOMASSONE, R. (1967). — Contribution à l'étude de la variabilité intraspécifique d'*Abies grandis*. Caractéristiques juvéniles. *Ann. Sci. For.*, 24 : 277-325.

- LAVOIR, A.V. (2004). — *Résistance aux stress thermique et lumineuse et émissions de CO₂, chez deux espèces de chênes méditerranéens (Quercus ilex et Quercus suber)*. DEA, Université Aix-Marseille III.
- MOHAMMED, S., LAMHAMED, YOUSSEF, A., BERTRAND, F.J., ANDRÉ, F. & HANK, M. (2000). — Problématique des pépinières forestières en Afrique du Nord et stratégies de développement. *Sécheresse*, 5 : 369-380.
- NARDINI, A., GHIRARDELLI, L & SALLEO, S. (1998). — Vulnerability to freeze stress of seedlings of *Quercus ilex* : an ecological interpretation. *Ann. Sci. For.*, 55 : 553-565.
- O.N.M., 2005. — *Exploitation des données climatiques de la Wilaya de Saïda sur la période 1979-2003*. Office National de la Météorologie, Saïda, Algérie.
- QUÉZEL, P. (1976). — Les chênes sclérophylles en région méditerranéenne. *Option méditerranée*, 35 : 25-29.
- QUÉZEL, P. & MÉDAIL, F. (2002). — Réponses de l'élément végétal (flore et végétation du bassin méditerranéen) à d'éventuelles modifications climatiques. Pp 39-45 in : *Changement climatique, fantasme ou réalité ? Actes des tables rondes, mardi 15 mai 2001*. EID Méditerranée, EDEN, ADEGE & IRD, Montpellier.
- SALMON, Y. (2004). — *Déphasages phénologiques chez le chêne vert (Quercus ilex L) et conséquences fonctionnelles*. Mémoire de Master, CEFÉ, CNRS, Montpellier.
- SEIGUE, A. (1985). — *La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes*. Maisonneuve et Larose, Paris.
- TRABAUD, L & MÉTHY, M. (1992). — Effets des températures sub-létales sur l'appareil photosynthétique du chêne vert (*Quercus ilex*). *Ann. Sci. For.*, 49 : 637-649.
- TRABAUD, L & MÉTHY, M. (1994). — Tolérance aux stress thermiques des feuilles et aire de répartition de *Quercus ilex*. *Ecol. Médit.*, 20 : 77-85.
- WILLAN, R.L. (1992). — *Guide de manipulation des semences forestières*. FAO, Rome.