

COMPORTEMENT JUVÉNILE COMPARÉ DE QUATRE PROVENANCES GRECQUES DE *PINUS BRUTIA* INTRODUITES EN RÉSERVE NATURELLE DE MERGUEB (ZONE ARIDE). 1. ANALYSE DE LA VARIATION DE CARACTÈRES ADAPTATIFS ET DE VIGUEUR

A. HARFOUCHE (1,3), S. DJAMOUH (1),
Y. CHEBOUTI (2), M.N. GADIRI (1).

(1) - INRF, Arboretum de Bainem, B.P: 37 16300 Cheraga

(2) - INRF, District des forêts, Sidi Aïssa, M'sila

(3) - Auteur pour correspondance. E-mail : a_harfouche@hotmail.com

RÉSUMÉ

Les résultats obtenus dans le cadre de cet essai d'introduction en zone aride algérienne de quatre provenances grecques de pin brutia mettent en évidence un comportement juvénile relativement différencié des populations testées en rapport avec leur provenance. En pépinière, comme au champ, les provenances de la mer Egée expriment une vigueur plus grande que la provenance continentale, plus septentrionale, de Thrace. Les rythmes de croissance des provenances testées sont similaires, caractérisés par une activité essentiellement printanière. Au champ, les provenances les plus septentrionales sont les plus précoces. Etant donnée, l'existence d'une variabilité géographique conséquente au sein du pin brutia, la notion de région de provenance prend toute son importance ; il serait dommageable alors de tirer des conclusions définitives sur le comportement de l'espèce alors que l'on n'a testé qu'un petit échantillon de sa variabilité. Les recherches ultérieures doivent, par conséquent, considérer des échantillons de populations plus représentatifs de la variabilité intra-spécifique de l'espèce.

Mots clés : Pin brutia, Algérie, Introduction, Zone aride.

SUMMARY

Four provenances of brutia pine (*Pinus brutia* Ten.) from continental Greece and Aegean islands were introduced in an arid region of Algeria. Results at a juvenile stage showed that population behaviour was differentiated in relation with their region of provenance. In nursery, as in field, Aegean provenances were more vigorous than the northern provenance from Thrace. Growth rhythms of plants were similar between populations however their provenance may be, characterised by an activity mainly occurring in the spring. In the field, plants of northern populations start (bud) bursting earlier than plants of southern ones. Given the high geographic variability in brutia pine, the notion of region of provenance is to be considered in testing populations of the species, and conclusions must not be reliably drawn from testing small samples of provenances. Subsequent work has to be based on larger samples, so that comprehensive part of variation within the species could be screened.

Key words : Brutia pine, Algeria, Introduction, Arid zone.

INTRODUCTION

Le pin brutia (*Pinus brutia* Tenore) est un pin du complexe *Halepensis* qui regroupe cinq formes voisines tantôt considérées comme des variantes d'une même espèce tantôt comme des espèces distinctes. A la suite d'études morphologiques et anatomiques détaillées puis de caractérisations biochimiques, on s'accorda à considérer, *Pinus brutia* et *Pinus halepensis*, comme des espèces différenciées appartenant à la même section (MIROV et al., 1966 ; PANETSOS, 1986 ; GALLIS ET PANETSOS, 1997). Les trois autres formes qui, comme *Pinus brutia*, se rencontrent en Méditerranée orientale, au Proche et Moyen-Orient ou en mer Noire et Crimée, sont *Pinus eldarica* (Iran, Azerbaïdjan, Afghanistan), *Pinus pithyusa* (nord de la Turquie) et *Pinus stankewiczii* (sud de la Crimée). Des auteurs comme DEBAZAC et TOMASSONE (1965) ou ALLEGRI (1974) considèrent ces trois dernières formes comme des variétés ou sous-espèces géographiques de *Pinus brutia* en raison de fortes affinités morphologiques et anatomiques. A l'heure actuelle, la classification la plus admise distingue la section *Halepensis* qui englobe *Pinus halepensis* Mill. et *Pinus brutia* Ten. Ce dernier est à son tour subdivisé en quatre sous-espèces (ALLEGRI, 1974 ; NAHAL, 1984 ; SCHILLER ET GRUNWALD, 1987 ; CONKLE et al., 1988), à savoir *P. brutia* ssp *brutia*, *P. brutia* ssp *stankewiczii* (SUKACZEW) NAHAL, *P. brutia* ssp *pithyusa* (STEVENSON) NAHAL et *P. brutia* ssp *eldarica* (MEDW.) NAHAL. Dans ce qui suit, l'appellation *Pinus brutia* se réfère exclusivement à la sous-espèce *brutia* à laquelle appartiennent les quatre provenances objet de notre travail.

L'aire de distribution naturelle de *Pinus brutia* s'étend de la Grèce orientale, à l'Ouest, à l'Iraq, à l'Est (figure 1). La plus grande concentration de populations s'observe en Turquie, où cette espèce occupe plus de 3 millions d'hectares, principalement dans les régions ouest et sud

(Taurus) du pays. Des peuplements de plus faible ampleur se rencontrent dans le nord-est de la Grèce (Thrace), les îles de la mer Egée (Thasos, Chios, Samos, Rhodes, Crète, etc.). Chypre, Syrie orientale et Iraq (Kurdistan).

Dans sa bordure occidentale, *P. brutia* est en contact avec *P. halepensis* avec lequel il peut occasionnellement s'hybrider bien que des barrières phénologiques et reproductrices existent entre les deux espèces. Du point de vue phénologique, *P. brutia* fleurit plus tardivement que *P. halepensis* (WEINSTEIN, 1989 ; observation personnelle)⁽¹⁾.

En altitude, *P. brutia* prospère depuis le niveau de la mer jusqu'à plus de 1600 m (Chypre). Il est confronté à des climats variés allant du méditerranéen typique au continental plus ou moins prononcé (ARBEZ, 1974 ; ALLEGRI, 1974 ; CALAMASSI et al., 1987 ; THANOS et al., 1989). L'amplitude pluviométrique est énorme ; on passe d'environ 400 mm de pluie/an à Chypre à plus de 1200 mm dans la région méditerranéenne turque.

Les écarts thermiques ne sont pas moins contrastés, les moyennes annuelles pouvant aller de 12.1 °C à 19.7 °C (ERON, 1987) ; bien que *P. brutia* ait une réputation d'essence thermophile, il peut supporter des minima absolus de - 10 °C (ALLEGRI, 1974) voire de - 25 °C (ERON, 1987). Le pin brutia est une espèce assez indifférente à la nature de la roche géologique, s'accommodant d'une gamme variée de substrats allant du calcaire massif aux roches volcaniques⁽²⁾.

Pour son tempérament xéro-thermophile, *P. brutia* a constitué, avec *P. halepensis*, une essence très recherchée pour l'afforestation des zones arides et semi arides dans les régions où sévit un climat de type méditerranéen ou par-méditerranéen (Europe du sud, Afrique du nord, Proche et Moyen-Orient ; sud-est de

(1) - A Baïnem, dans la région d'Alger, un intervalle de près d'un mois (mars à avril) sépare la floraison des deux espèces, *P. brutia* étant plus tardif que *P. halepensis*.

(2) - Les plus beaux peuplements de l'espèce s'observent, cependant, sur des calcaires fissurés et sur des conglomérats (Quézel, 1977).

l'Australie, sud-ouest des Etats-Unis, etc.). En Algérie, cette espèce a été introduite dans les années 1950 dans certains arboreta des étages bioclimatiques humide, sub-humide et semi aride.

Les observations effectuées ont permis de constater le très bon comportement de cette espèce à Baïnem (région d'Alger) et à Meurdja (versant nord de l'Atlas blidéen). Récemment, des lots de graines de quatre provenances grecques (mer Egée et Thrace) ont été acquis dans le but de poursuivre les essais d'introduction. Les résultats obtenus au stade juvénile en pépinière, à Baïnem (Alger) et en champ à Mergueb (M'sila), en zone aride, sont présentés en deux parties : le présent article qui traite de la variation de caractères d'adaptation et de vigueur et du comportement comparé des provenances et un deuxième article qui examine et discute les liaisons entre caractères, d'une part, et les liaisons entre caractères et variables géographiques, d'autre part.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Matériel végétal

Le matériel de base est constitué de lots de graines représentant quatre provenances grecques récoltées en peuplement naturel (tableau I). Bien que l'échantillonnage ait été réparti sur l'ensemble des grandes zones de *Pinus brutia* en Grèce, le nombre réduit de populations ne permet pas d'établir des conclusions générales. En effet, des provenances intermédiaires ne sont pas représentées et il n'est pas prouvé que le schéma de variation nord-sud est de type clinal pour les caractères considérés.

Sites et essais expérimentaux

Essai pépinière : Les plants ont été élevés en pépinière INRF à Baïnem, sur les hauteurs littorales à l'ouest d'Alger (latitude 36° 49' N ; longitude 02° 56' E ; altitude 180 m). Les caisses d'élevage, d'une capacité de 40 plants élevés en tube de polyéthylène sans fond ⁽³⁾

(20.5 cm de hauteur, 10 cm de diamètre), ont été placées sur des planches métalliques surélevées, sans dispositif spécial, les conditions étant homogènes d'un point à l'autre de la planche.

Au total, 320 plants par provenance ont été semés ; pour les mesures en pépinières, on a prélevé au hasard un échantillon de 40 plants par provenance.

Essai en champ : Le site d'introduction se localise dans la réserve de Mergueb, dans la wilaya de M'sila (daïra de Aïn Lahdjet, commune de Aïn Lahdjet), à 180 km au sud-est d'Alger (latitude 35° 30' N ; longitude 3° 50' E ; altitude 620 m). Il s'agit d'une petite vallée au sol sablo-limoneux calcaire. Le bioclimat dans la réserve est aride frais (tendance semi-continentale), avec une pluviométrie annuelle de 150-200 mm et une température moyenne annuelle de 18 °C.

Au préalable de la plantation, un labour moyen a été pratiqué sur la parcelle destinée à la plantation ; la plantation proprement dite s'est faite au coup de pioche à des intervalles de 1.50 m sur les lignes de labours espacées de 4 m. Un arrosage de reprise a été apporté immédiatement après la mise en terre des plants. Les plants ont été installés selon un dispositif en blocs aléatoires complets. Les blocs ou répétitions (30 au total), de forme linéaire, sont constitués de 4 parcelles unitaires linéaires formées chacune de 4 plants de la même provenance, ce qui donne au total $30 \times 4 \times 4 = 480$ plants.

Observations et mesures

Auparavant des manipulations, le poids de 1.000 graines (g) a été mesuré pour chaque provenance.

(3) - Cette technique permet l'auto-cernage permanent des racines des plants au contact de l'atmosphère réduisant ainsi significativement l'apparition de déformations racinaires réductrices.

Essai en pépinière : La hauteur totale et le diamètre à la base du plant ont été mesurés toutes les 4 semaines, de mai à octobre pour la hauteur, de juillet à octobre pour le diamètre (tableau II). Ces mesures ont été effectuées sur des échantillons aléatoires de 40 plants pour chaque provenance. Dans l'exposé puis la discussion des résultats, et par souci de brièveté, les périodes d'accroissement sont désignées par l'intervalle séparant les deux mesures successives ; par exemple, l'écriture (13,17) signifie période d'accroissement (en hauteur ou en diamètre) allant de l'âge de 13 semaines à l'âge de 17 semaines.

Essai en champ : Au bout d'une saison de végétation en champ (plants âgés de 2 ans depuis la levée), les plants ont fait l'objet des observations et mesures suivantes : survie (0 : plant mort, 1 : plant survivant), hauteur totale, diamètre à la base, débourrement (0 : plant dormant, 1 : plant débourré (tableau II).

Analyses mathématique et statistique

Essai en pépinière : Une analyse de variance à une classification (provenance) a été réalisée selon le modèle linéaire suivant :

$$X_{ij} = \mu + p_i + e_{ij}$$

dans lequel, X_{ij} est la mesure faite sur le $j^{\text{ème}}$ plant dans la provenance i ; μ , la moyenne générale ; p_i , l'effet de la $i^{\text{ème}}$ provenance (aléatoire) ; e_{ij} , un résidu aléatoire de moyenne nulle et de variance σ^2 .

Les moyennes des provenances ont été comparées les unes aux autres à l'aide d'un test des étendues multiples de Duncan (Duncan's new multiple range test) au seuil de risque de 5 %.

Essai en champ : Une analyse de variance à deux classifications (bloc, provenance) a été

mise en œuvre selon le modèle mathématique suivant :

$$X_{ijk} = \mu + p_i + b_j + u_{ij} + e_{ijk}$$

dans lequel, X_{ijk} est la mesure faite sur le $k^{\text{ème}}$ plant de la provenance i dans le bloc j . μ , la moyenne générale, p_i , l'effet de la provenance i (aléatoire), b_j , l'effet du bloc j (aléatoire), u_{ij} (4), l'effet de la parcelle unitaire portant la provenance i dans le bloc j , e_{ijk} , un résidu aléatoire de moyenne nulle et de variance σ^2 . Lorsque l'effet provenance sur le caractère considéré est significatif au seuil de 5 %, l'analyse est complétée par une comparaison multiple de moyennes (test des étendues multiples de Duncan). Pour la survie et le débourrement, nous avons utilisé le score individuel (0 ou 1) ; ces caractères sont, ainsi, traités comme des variables quantitatives par le programme de calcul. On fait l'hypothèse de la normalité des distributions de fréquences. A titre de contrôle, des tests d'homogénéité des fréquences absolues par le χ^2 de Pearson ont été effectués.

Une classification hiérarchique ascendante (CHA) a été réalisée pour chaque essai sur l'ensemble des caractères étudiés afin de mettre en évidence les éventuelles similarités existant entre les objets étudiés (provenances). La distance utilisée est la distance euclidienne qui s'écrit :

$$d(i,j) = [\sum (m_i^k - m_j^k)^2]^{1/2}$$

Où, m_i^k et m_j^k sont les moyennes des objets i et j et k , un caractère quelconque mesuré sur ces objets. L'agrégation des groupes associés a été effectuée en utilisant la procédure dite des "moyennes pondérées des groupes associés" ou WPGMA (Weighted pair group method of arithmetic averages) (SNEATH et SOKAL, 1973).

(4) - L'effet parcelle unitaire est, en fait, composé de diverses sources de variation dont l'interaction bloc x provenance, si celle-ci existe, l'hétérogénéité intra-bloc et les effets génétiques individuels (entre plants de la même provenance).

RÉSULTATS

Essai en pépinière

Les moyennes des provenances ainsi que les erreurs standards y afférentes (entre parenthèses) sont consignées dans le tableau III.

Croissance en hauteur : L'examen du tableau III montre une hauteur moyenne des plants toutes provenances confondues allant de 48.2 mm à l'âge de 9 semaines (H9, mesurée le 7 mai) à 89.4 mm à l'âge de 29 semaines depuis la levée (H29, mesurée le 15 octobre). La provenance la plus vigoureuse est celle de Thasos (nord de la mer Egée) avec une hauteur moyenne de 51.6 mm à 9 semaines et 94.6 mm à 29 semaines ; la provenance Soufli de Thrace (Grèce continentale), la plus septentrionale, se singularise, quant à elle, par sa croissance la plus faible de tout le groupe, avec, respectivement, 43.2 mm à 9 semaines et 81.4 mm à 29 semaines. Les provenances de Samos (centre de la mer Egée) et de Rhodes (sud de la mer Egée) montrent des performances intermédiaires et relativement voisines.

Les différences de vigueur entre provenances sont illustrées par la figure 2 où sont tracées les courbes d'évolution de la hauteur totale du plant en fonction de son âge en pépinière. Ces courbes, de forme quasiment identique pour les quatre provenances, montrent l'alternance des périodes de croissance rapide et de croissance lente. A une croissance initiale rapide, allant du début mars à début mai (0,9), succède une période de croissance ralentie d'environ 1 mois, s'étalant de début mai à début juin (9,13) ; cette dernière est suivie d'une deuxième période de croissance rapide commençant vers la fin de la première semaine de juin et s'achevant dès la première semaine de juillet (13,17). Ces deux périodes de croissance rapide correspondent

aux parties de la courbe de plus forte pente de la figure 2 et aux pics de la figure 3. La figure 3 illustre, en moyenne, l'accroissement et le rythme de croissance en hauteur des plants. Le rythme de croissance est identique pour les quatre provenances. On relèvera, durant les deux pics de croissance, des valeurs d'accroissements ACH (0,9) et ACH (13,17) plus élevées pour la provenance Thasos (5.7 mm/semaine pour le premier pic et 4.6 mm/semaine pour le deuxième pic) ; la provenance Soufli est, à l'opposé, la provenance dont les deux pics sont les plus bas (4.8 et 3.55 mm/semaine). En dehors de ces deux pics, les accroissements en hauteur sont ralentis et de valeurs équivalentes pour toutes les provenances. La part du premier pic de croissance ACH (0,9) dans la hauteur finale varie de 52.3 % pour Samos à 55.6 % pour Rhodes (différence non significative), avec une moyenne générale de 53.9 % (tableau III). Plus de la moitié de la croissance annuelle en hauteur est ainsi réalisée dès début mai, c'est-à-dire en 9 semaines, bien que la saison de croissance se prolongeât jusqu'à octobre.

Croissance en diamètre : Comme pour la hauteur, la croissance la plus forte en diamètre est observée chez Thasos et la plus faible chez Soufli, et ce à tous les âges (tableau III, figure 4). Les croissances de Samos et Rhodes sont intermédiaires mais leur croissance est plus proche de celle de Thasos et de celle de Soufli. A l'âge de 17 semaines (8 juillet), le diamètre à la base (D17) varie de 2.3 mm (Soufli) à 2.6 mm (Thasos) avec une moyenne générale de 2.5 mm. A cet âge, 71.75 % de la croissance totale en diamètre est, en moyenne, achevée dans le groupe de provenances ; le taux est de 68.73 % chez Soufli, 72.01 % chez Thasos, 72.14 % chez Samos et 74.57 % chez Rhodes.

Il est à remarquer que le taux de réalisation de la croissance en diamètre à l'âge de 17 semaines semble décrire un cline nord-sud, mais les différences constatées ne sont pas statistiquement significatives ($\chi^2 = 0.85$, $p = 0.84$). Le diamètre final D29 (15 octobre) varie de 3.4 mm chez Soufli à 3.7 mm chez Thasos, les provenances extrêmes, alors que la moyenne du groupe s'établit à 3.5 mm. Les valeurs d'accroissement en diamètre traduisent le rythme de croissance en épaisseur. L'examen du tableau III et de la figure 5 montre, pour toutes les provenances, que le diamètre s'accroît plus rapidement durant la période (0,17), c'est-à-dire, de la levée (début mars) à l'âge de 17 semaines (8 juillet).

L'accroissement réalisé durant ce laps de temps ACD (0,17) varie de 0.4 mm/semaine, pour la provenance Soufli, qui se détache nettement du groupe des trois autres provenances, à 0.16 mm/semaine, pour Thasos ; la moyenne générale est de 0.15 mm/semaine. On n'a pas fait de mesures antérieurement au 8 juillet en ce qui concerne le diamètre ; par conséquent, on ne dispose pas d'information sur l'existence ou non de sous-périodes d'accroissement entre 0 et 17 semaines. La question que l'on peut se poser est de savoir si l'essentiel de la croissance est réalisé à un stade précoce ou tardif de la période. Les mesures effectuées subséquemment révèlent, globalement, des accroissements de faible ampleur au-delà de cette première poussée de croissance mais on constate une certaine reprise vers la 21^{ème} semaine qui semble se maintenir jusqu'à l'époque de la dernière mesure (15 octobre) pour deux provenances (Soufli et Rhodes) (tableau III et figure 5). Cependant, les différences entre provenances ne sont pas significatives pour les accroissements de la période (25,29), c'est-à-dire du 10 septembre au 15 octobre (tableau IV).

Un examen attentif du tableau IV permet de remarquer la diminution quasi-exponentielle de la valeur du test F de l'effet provenance pour la hauteur qui, tout en restant significatif, passe de 11.98 pour H9 à 5.38 pour H29. Cette régression de F est parallèle à une progression de la variance de l'erreur (colonne «carré moyen de l'erreur ou CME») (figure 6), ce qui pourrait signifier l'occurrence progressive d'effets de compétition intra-provenance ou la résorption d'éventuels effets maternels dûs à la graine qui constituent une forme de milieu commun accentuant la ressemblance entre plants de la même provenance.

Le test des étendues multiples de Duncan a permis de localiser les différences significatives et de dresser un classement des provenances pour les caractères dont le test F global de l'analyse de variance était significatif au seuil de 5 %. La figure 7 résume les résultats obtenus. Pour la hauteur, les provenances se répartissent assez nettement en deux groupes : (i) provenances des îles de la mer Egée (Thasos, Samos et Rhodes) et (ii) provenance continentale de Thrace (Soufli) ; les provenances de la mer Egée ont une vigueur juvénile supérieure à celle de la provenance continentale. Ce modèle de variation pour la vigueur répond à un schéma classique de variation géographique chez les arbres forestiers : les populations méridionales sont plus vigoureuses que les populations septentrionales chez une même espèce (WRIGHT, 1976). Ce modèle est moins net pour la croissance en diamètre ; cette dernière étant plus sensible à la compétition, on peut penser que les différences entre provenances se trouvent plus ou moins masquées par ces effets qui majorent alors la variance due à l'erreur et réduisent la valeur du test F.

Essai en champ

Le tableau V présente les taux de survie et les moyennes des provenances pour la hauteur totale (HT2), le diamètre à la base (DIA2) ainsi que les scores moyens du débourrement à deux ans. Les erreurs standards sont placées entre parenthèses. Les résultats de l'analyse de variance sont consignés dans le tableau VI.

Survie à 2 ans : Le taux de survie global est de 76.7 % à l'issue de la première année de croissance en plantation comparative de champ. La provenance de Rhodes enregistre le taux le plus élevé de survivants (81.7 %), Thasos et Samos le taux le plus faible (72.5 %). Cependant, les différences entre provenances ne sont pas significatives comme le montre la valeur du test F de l'analyse de variance (tableau VI). Ce résultat a été confirmé par un test du Khi-deux ($\chi^2 = 4.78$, $p = 0.09$).

Hauteur totale à 2 ans : La hauteur totale moyenne (HT2) atteint 199.5 mm pour l'ensemble de l'essai. La provenance Rhodes semble la plus vigoureuse avec une hauteur moyenne de 206.6 mm ; les trois autres provenances enregistrent des performances assez analogues allant de 191.7 mm pour Soufli à 195.3 mm pour Thasos (tableau V). L'analyse de variance (tableau VI) montre un effet provenance significatif ($F = 3.13$, $p = 0.02$). Comme déjà observé pour la hauteur en pépinière, la provenance septentrionale Soufli est la moins vigoureuse du groupe, notamment comparée à Rhodes, la provenance la plus méridionale.

Diamètre à la base à 2 ans : Le diamètre (DIA2) moyen des provenances s'étend de 5.7 mm (Soufli) à 6.0 mm (Samos) ; la moyenne générale est de 5.9 mm (tableau V) ; les différences entre provenances ne sont, cependant, pas significatives ($F = 0.81$, $p = 0.49$).

Débourrement : A l'époque des observations (23 mars), le débourrement (DEBOUR) a touché 91.8 % des plants, toutes provenances confondues (tableau V). Le pourcentage de débourrement est plus élevé chez les provenances Thasos (98.3 %) et Soufli (95.0 %), les plus septentrionales du groupe, que chez Rhodes (86.4 %) et Samos (85.8 %), les plus méridionales. Ces différences sont statistiquement significatives ($F = 5.15$, $p = 0.002$). Un test d'homogénéité a donné un résultat analogue ($\chi^2 = 15.2$, $p = 0.002$).

On remarquera des effets bloc et parcelle unitaire significatifs pour la plupart des caractères, ce qui suggère l'existence d'hétérogénéités micro-environnementales (intra-bloc). Un test de comparaison multiple de moyennes (étendues multiples de Duncan) a été effectué pour HT2 et DEBOUR. La hauteur totale à deux ans permet de séparer nettement les trois provenances égéennes (Rhodes, Samos et Thasos) de la provenance Thrace (Soufli). L'existence d'un cline nord-sud pour la croissance en hauteur semble se confirmer en plantation comparative en champ. Le débourrement met en évidence deux groupes : le premier est constitué de Thasos et Soufli, provenances de haute latitude, le second, de Rhodes et Samos, provenances de basse latitude. Les populations septentrionales débourrent plus précocement que les populations méridionales dans les conditions de l'essai. On retrouve là un résultat assez général chez les arbres forestiers (WRIGHT, 1976 ; ZOBEL et TALBERT, 1984).

Les résultats de la classification hiérarchique ascendante sont donnés dans la figure 8. On constatera la similarité élevée entre les deux provenances Thasos et Samos, respectivement du nord et du centre de la mer Egée qui s'agrègent à une distance de 3.67 (24.07 % de la distance maximale) ; la provenance Soufli (Thrace) s'intègre à ce groupe à une distance de

8.26 (54.22 % de la distance maximale). La provenance Rhodes se signale par un isolement relatif par rapport aux trois autres provenances (figure 8) ; elle se distingue des premières par une plus grande vigueur et un débourrement plus tardif.

DISCUSSION

Les résultats obtenus dans le cadre de cet essai restreint sur le pin brutia, pour des caractères d'adaptation ou de vigueur, mettent en évidence un comportement juvénile relativement différencié des populations testées en rapport avec leur provenance.

Le taux de survie à deux ans, c'est-à-dire après une année de végétation en champ, est globalement conséquent (plus de 76 %). Les différences entre provenances à ce stade ne sont pas encore statistiquement perceptibles, mais l'étendue entre provenances extrêmes avoisine 10 % ; ce qui a une importance d'un point de vue pratique. La majorité des plants ont déjà débourré vers la fin mars, mais les différences entre provenances sont significatives ; ce sont les provenances les plus septentrionales qui sont les plus précoces. Ce modèle de variation clinale nord-sud pour le débourrement est fréquemment observé chez les espèces forestières lorsqu'elles sont testées dans des sites au sud de leur lieu d'origine (WRIGHT, 1976 ; ZOBEL et TALBERT, 1984).

En pépinière, comme au champ, les provenances de la mer Egée expriment une vigueur plus grande que la provenance continentale, plus septentrionale, de Thrace. A l'âge de deux ans, la hauteur moyenne des plants atteint près de 20 cm, soit un accroissement de 10 cm/an. Un gradient de variation nord-sud de la vigueur n'a, jusque là, pas été mis en évidence chez cette espèce (FISHER *et al.*, 1986).

Les rythmes de croissance des provenances testées sont similaires, caractérisés par une activité essentiellement printanière. Les plants réalisent,

en effet, la majeure partie de leur croissance de mars à juin, en deux poussées d'inégale longueur. Cette caractéristique des populations occidentales de pin brutia (Thrace et mer Egée) semble générale et s'interprète comme une adaptation au climat méditerranéen vrai qui se singularise par sa longue période de sécheresse estivale. Sur un échantillon de six provenances, CALAMASSI *et al.*, (1987) observèrent un comportement similaire chez des plants de provenances crétoises durant leur deuxième saison de croissance en pépinière ; les provenances turques de l'intérieur s'en différenciaient nettement par une seconde poussée de croissance en été ; dans leurs stations naturelles, ces provenances sont soumises à un climat aux étés relativement arrosés, favorable à une croissance estivale.

Parmi les anciennes introductions de pin brutia en Algérie, les parcelles mises en place à Drâa Nagah (subhumide), dans le constantinois, enregistrent des taux de survie allant de 5 à 15 % à un âge de 33 ans après plantation ; les provenances de Chypre, qui sont les plus méridionales de l'échantillon de provenances introduites, montrent les taux les plus élevés. Dans les autres sites d'introduction, la fréquence de survie est variable ; elle est de 39 % à Zéralda (subhumide), 8 ans après plantation, et de 57 % à Baïnem (subhumide), 7 ans après la plantation, où l'introduction fut un succès. En ce qui concerne la vigueur, la hauteur moyenne des arbres était de 14.50 m à l'âge de 37 ans à Meurdja (Atlas blidéen), soit un accroissement moyen annuel de 39 cm ; à Baïnem, la hauteur moyenne des arbres à 37 ans a atteint 14.25 m, soit un accroissement de 38 cm/an ; à Drâa Nagah, où quatre provenances ont été introduites (deux de Chypre, une de Grèce et une de Turquie), les hauteurs moyennes à 34 ans étaient de 12 m pour les provenances de Chypre et de Turquie (accroissement moyen de 35.3 cm/an) et de 16.50 m pour la provenance

grecque (accroissement moyen de 48.5 cm/an). On constate ainsi une variabilité du comportement assez importante des provenances de pin *brutia* introduites en Algérie dans les anciens essais, comme ce fut le cas, à l'état juvénile, de celles étudiées par nous-même.

Ailleurs, en Afrique du Nord, le pin *brutia* a été introduit en Tunisie et Maroc. En Tunisie, cette espèce est nettement moins bien adaptée au bioclimat semiaride, où la mortalité est élevée, qu'aux bioclimats subhumide et humide ; les provenances introduites sont en majorité turques (BARADAT, 1991). Au Maroc, un réseau d'essais de provenances a permis d'établir le bon comportement en phase juvénile de certaines provenances turques et d'une provenance libanaise comparativement à des provenances grecques et chypriotes (BELLEFONTAINE, 1977). Dans d'autres parties du monde, pin *brutia* a été introduit dans des régions aux bioclimats arides ou semi arides. En Australie, une vingtaine de provenances de l'ensemble de l'aire de dispersion de l'espèce, dont Rhodes et Thasos, ont été testées dans les Nouvelles Galles du sud (sud-est de l'Australie) en zone semi aride (390 mm de pluie/an) ; un an après plantation, le taux de survie moyen était de 93.5 % (SPENCER, 1985).

Au Nouveau Mexique (Vallée du Rio Grande, sud-ouest des Etats-Unis), où sept provenances furent introduites, sous 200 mm de pluie par an, la survie était uniformément élevée quelques années après la plantation (de 89 % à 100 %), mais les plants étaient irrigués de mars à octobre (FISHER *et al.*, 1986). En Israël, dans les monts de Judée le Mont Carmel (430-570 mm de pluie/an), la survie des plants à l'âge de 10 ans variait globalement dans de larges proportions (de 9 à 97.5 %) ; les provenances turques de basse altitude de la côte méditerranéenne étaient supérieures à toutes les autres ; les provenances égéennes de Crête enregistraient des taux de survie parmi les plus bas et une provenance de Chypre montrait un comportement

moyen (WEINSTEIN, 1989). En France, dans deux sites du sud-est (Vitrolles, 569 mm/an ; Ceyreste, 786 mm/an), la survie était globalement conséquente 12 ans après la plantation ; la majeure partie de la mortalité fut attribuée au gel et à la sécheresse (BARITEAU, 1992) ; la provenance grecque Alexandropolis (Thrace) montra plus d'aptitude à résister à la sécheresse, alors que Chania (Crête) en était plus affectée ; les provenances turques sont, par contre, globalement plus résistantes au gel, notamment celles d'altitude ; la provenance Kizildag serait tout aussi résistante au gel qu'à la sécheresse.

L'enseignement majeur à déduire de tous ces résultats (y compris les nôtres) est que la variabilité au sein de pin *brutia* est telle que l'on ne peut se faire une opinion fiable sur le comportement de l'espèce dans une région d'introduction donnée qu'après avoir considéré une partie importante des ressources génétiques de l'espèce. Sinon, le risque est grand de ne pouvoir détecter une variabilité exploitable appropriée à nos besoins. La notion de région de provenances prend alors toute son importance ; il serait alors dommageable de tirer des conclusions négatives sur le comportement de l'espèce alors que l'on n'a testé qu'un petit échantillon de sa variabilité. Dans la mesure où cette espèce peut constituer une essence principale de reboisement en Algérie, les travaux ultérieurs doivent être conduits d'une manière plus exhaustive utilisant des échantillons de populations plus représentatifs de la variabilité géographique de l'espèce.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été accompli dans le cadre du projet PNR EXIRFM 14997 piloté par l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA). Nous tenons à remercier l'ensemble de l'équipe chargée de la gestion des projets PNR au sein de l'INRAA et en particulier M^{lles} ABOUBI Nadia et MOUSSAOUBI Nabila

ainsi que M^r ABDA, directeur de la Programmation et de la Coordination et son secrétariat. Par ailleurs, nous remercions vivement les Professeurs C.A. THANOS et K.P. PANETSOS pour nous avoir fourni les lots de graines et l'information géographique des quatre provenances étudiées.

Références bibliographiques

- ALLEGRI E., 1974. Contributo alla conoscenza del *Pinus brutia* Ten. Ann. Ist. Sper. Selvic. Arezzo, 4 : 1-41.
- ARBEZ M., 1974. Distribution, ecology and variation of *Pinus brutia* in Turkey. Forest genetic resources information 3, FAO For. Occas. Pap. 1974/1 : 21-33.
- BARADAT P., 1990-1991. Rapports de mission FAO en Tunisie, (projet UTF/TUN/020), 44 p.
- BARITEAU M., 1992. Variabilité géographique et adaptation aux contraintes du milieu méditerranéens des pins de la section *halepensis* : résultats (provisoires) d'un essai en plantations comparatives en France. Ann. Sci. For. 49 : 261-279.
- BELLEFONTAINE R., 1977. Onze années d'amélioration génétique forestière. Annales de la Recherche Forestière au Maroc, Tome 19 : 15-48.
- CALAMASSI R., FALUSI L., MUGNAL L., 1987. Shoot morphology and growth pattern in seedlings of *Pinus brutia* provenances. Can. J. For/Res. 18 : 188-194.
- CONKLE M.T., SCHILLET, G., GRUNWALD, C., 1988. Electrophoretic analysis of diversity and phylogeny of *Pinus brutia* and closely related taxa. Systematic Botany 13 (3) : 411-424.
- DEBAZAC E.F., TOMASSONE R., 1965. Contribution à une étude comparée des pins méditerranéens de la section *halepensis*. Ann. Sci. For. 22 : 213-256.
- ERON Z., 1987. Ecological factors restricting the regeneration of *Pinus brutia* in Turkey. Ecologia Mediterranea, Tome XIII Fascicule 4: 57-67.
- FISHER J.T., NEUMANN, R.W., MEXAL J.G., 1986. Performance of *Pinus halepensis/brutia* group pines in southern New Mexico. Forest Ecology and management 16 : 403-410.
- GALLIS A.T., PANETSOS K.P., 1997. Use of cortical terpenes to discriminate *Pinus brutia* (Ten.), *P. halepensis* (Mill.) And their hybrids. Silvae Genet. 46 (2-3) : 82-88.
- MIROV N.T., ZAVARIN E., SNAJBERK K., 1966. Chemical composition of turpentine of some eastern Mediterranean pines in relation to their classification. Phytochem. 5 : 97-102.
- NAHAL I., 1984. Le pin *brutia* (*Pinus brutia* Ten. subsp. *brutia*). Deuxième partie. Forêt Médit. VI : 5-18.
- PANETSOS K.P., 1986. Genetics and breeding in the group *Halepensis*. Forêt Médit. VIII: 5-12.
- SCHILLET, G., GRUNWALD, C., 1987. Cortex resin monoterpene composition in *Pinus brutia* provenances grown in Israël. Biochemical Systematics and Ecology, Vol 15 (4) : 389-394.
- SNEATH P., SOKAL R.R., 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman, San Francisco. USA.
- SPENCER D.J., 1985. Dry country pines. Provenance evaluation of *Pinus halepensis-P. brutia* complex in the semi-arid region of South-east Australia. Aust. For. Res. 15 : 263-275.

QUEZEL P., 1977. Forest of the Mediterranean Basin. In "Mediterranean forest and maquis ecol. Consev. Mgmt", MAB Technical notes 2.

THANOS C.A., MARCOU S., CHRISTOUDOUKAKIS P., YANNITSAROS A., 1989. Early post-fire regeneration of *Pinus brutia* forest ecosystems of Samos Island (Greece). Acta Oecologica, Ocol. Plant. Vol 10 (1) : 79-94.

WEINSTEIN A., 1989. Provenance evaluation of *Pinus halepensis*, *P. brutia* and *P. eldarica* in Israël. Forest Ecology and Management 26 : 215-225.

WRIGHT J.W., 1976. Introduction to Forest Genetics. Academic Press, N. Y., 463.

ZOBEL B., TALBERT J., 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley & Sons, N. Y., 505 p.

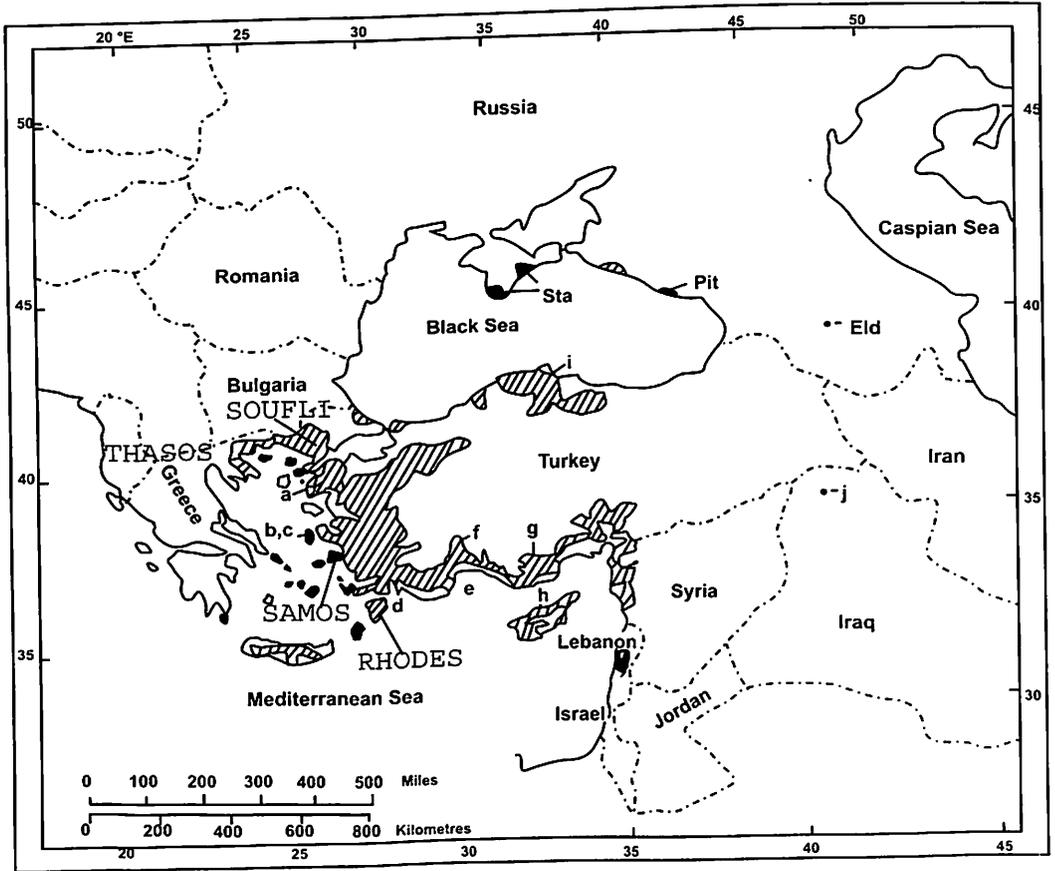


Figure 1

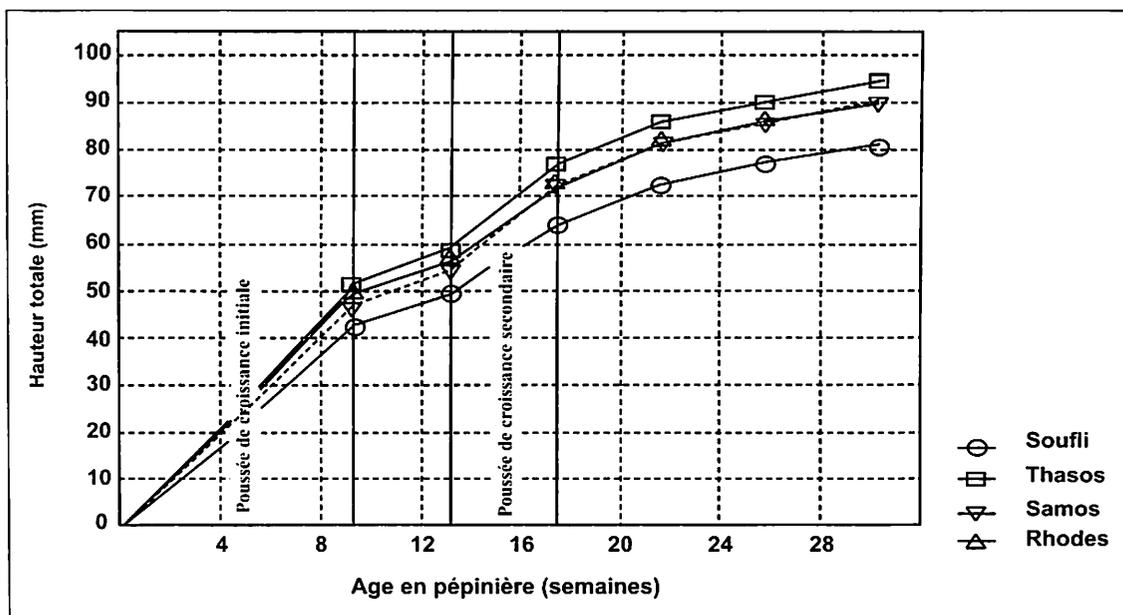


Figure 2

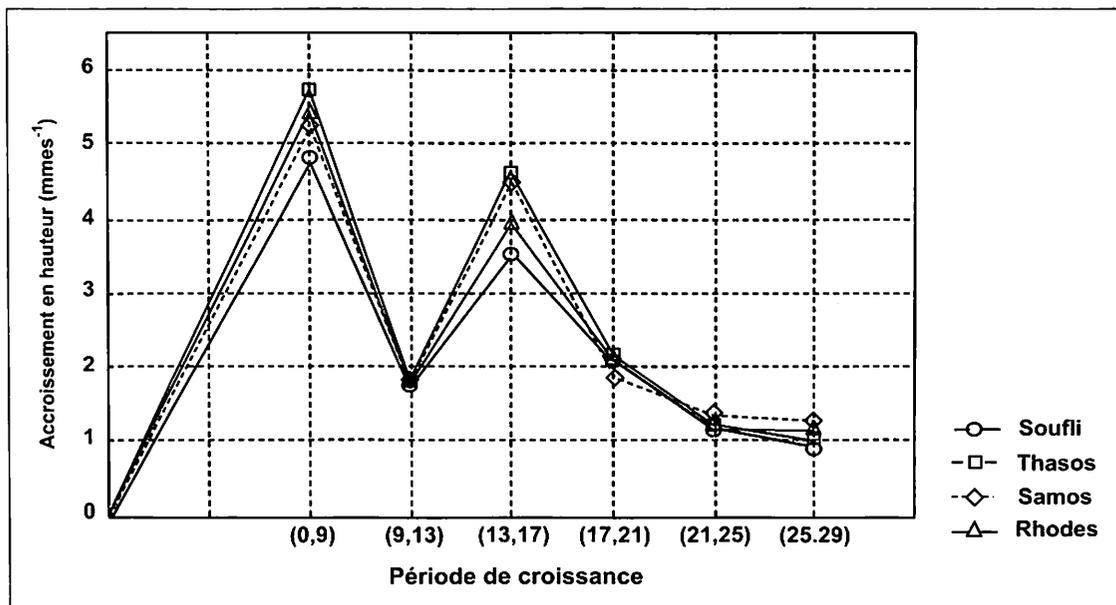


Figure 3

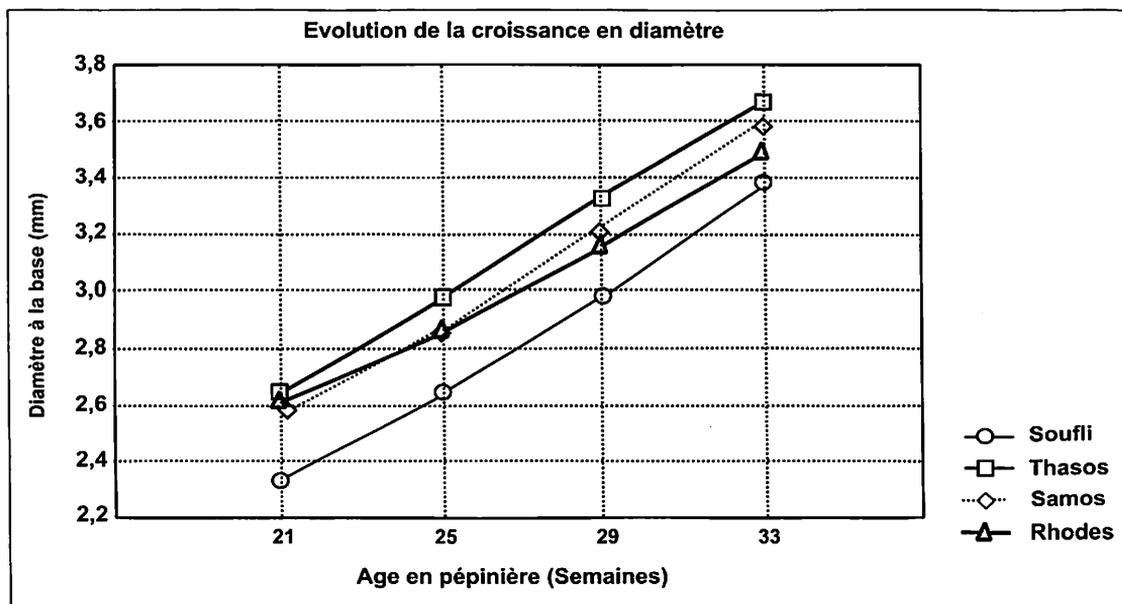


Figure 4

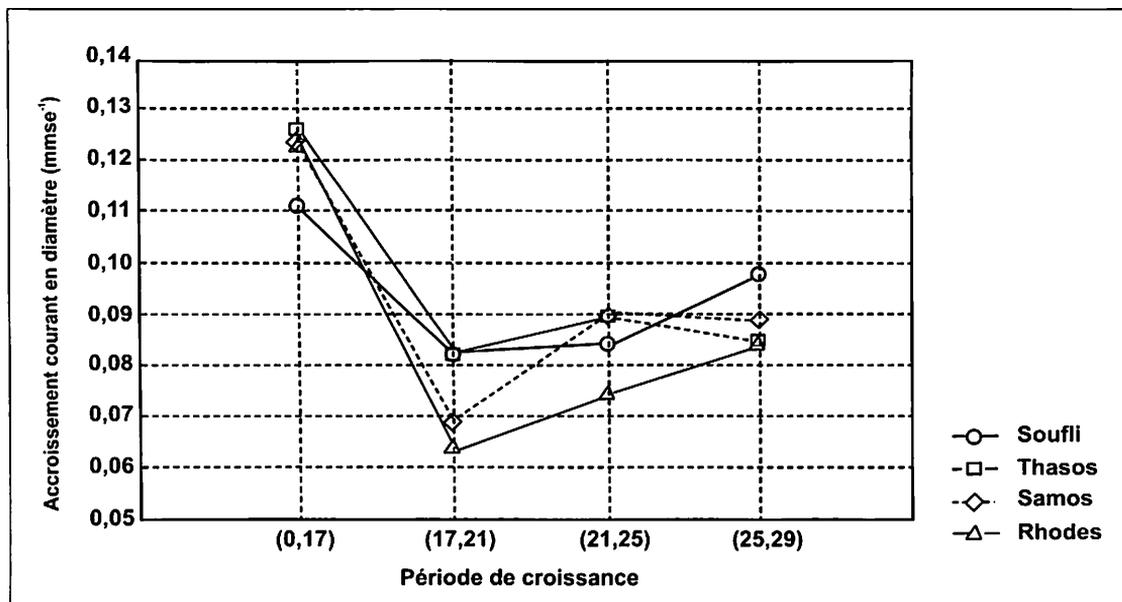


Figure 5

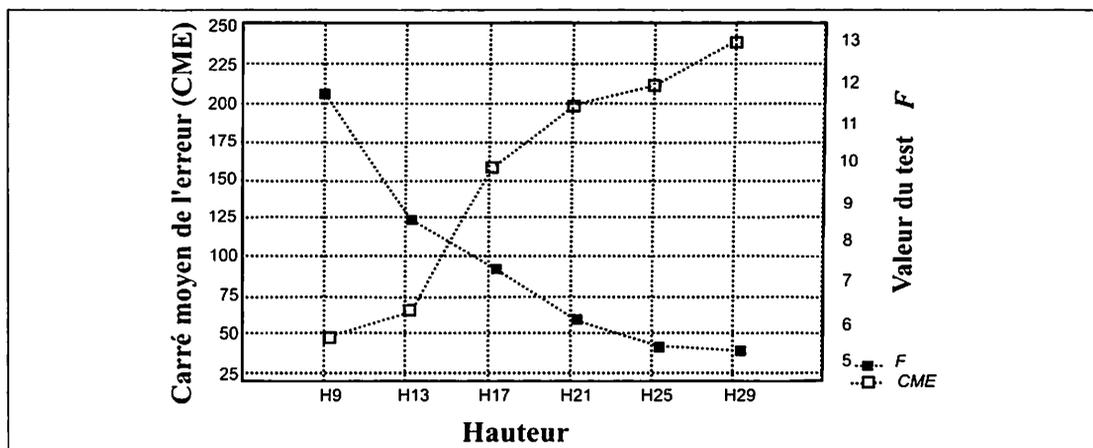


Figure 6

<p>H9</p> <p>Thasos 51.60 1</p> <p>Rhodes 50.50 1 2</p> <p>Samos 47.57 2</p> <p>Soufli 43.25 3</p>	<p>H13</p> <p>Thasos 58.72 1</p> <p>Rhodes 57.10 1 2</p> <p>Samos 54.77 1 2</p> <p>Soufli 50.20 3</p>	<p>H17</p> <p>Thasos 77.25 1</p> <p>Samos 73.25 1</p> <p>Rhodes 73.10 1</p> <p>Soufli 64.40 2</p>	<p>H21</p> <p>Thasos 85.85 1</p> <p>Rhodes 81.77 1</p> <p>Samos 80.67 1</p> <p>Soufli 72.67 2</p>
	<p>H25</p> <p>Thasos 90.52 1</p> <p>Rhodes 86.27 1</p> <p>Samos 85.97 1</p> <p>Soufli 77.67 2</p>	<p>H29</p> <p>Thasos 94.60 1</p> <p>Samos 91.00 1</p> <p>Rhodes 90.80 1</p> <p>Soufli 81.42 2</p>	
<p>D17</p> <p>Thasos 2.65 1</p> <p>Rhodes 2.61 1</p> <p>Samos 2.59 1</p> <p>Soufli 2.33 2</p>	<p>D21</p> <p>Thasos 2.98 1</p> <p>Samos 2.87 1</p> <p>Rhodes 2.86 1</p> <p>Soufli 2.65 2</p>	<p>D25</p> <p>Thasos 3.34 1</p> <p>Samos 3.23 1 2</p> <p>Rhodes 3.16 2</p> <p>Soufli 2.99 2</p>	<p>D29</p> <p>Thasos 3.68 1</p> <p>Samos 3.59 1 2</p> <p>Rhodes 3.50 2</p> <p>Soufli 3.39 2</p>
<p>ACH(0,9)</p> <p>Thasos 3.97 1</p> <p>Rhodes 3.88 1 2</p> <p>Samos 3.67 2</p> <p>Soufli 3.32 3</p>	<p>ACH(13,17)</p> <p>Thasos 4.63 1</p> <p>Samos 4.52 1</p> <p>Rhodes 4.00 1 2</p> <p>Soufli 3.55 2</p>	<p>ACH(25,29)</p> <p>Samos 1.25 1</p> <p>Rhodes 1.13 1 2</p> <p>Thasos 1.02 2</p> <p>Soufli 0.94 2</p>	
	<p>ACD(0,17)</p> <p>Thasos 0.126 1</p> <p>Rhodes 0.124 1</p> <p>Samos 0.123 1</p> <p>Soufli 0.111 2</p>	<p>ACD(17,21)</p> <p>Thasos 0.083 1</p> <p>Soufli 0.082 1 2</p> <p>Samos 0.069 2 3</p> <p>Rhodes 0.063 3</p>	

Figure 7

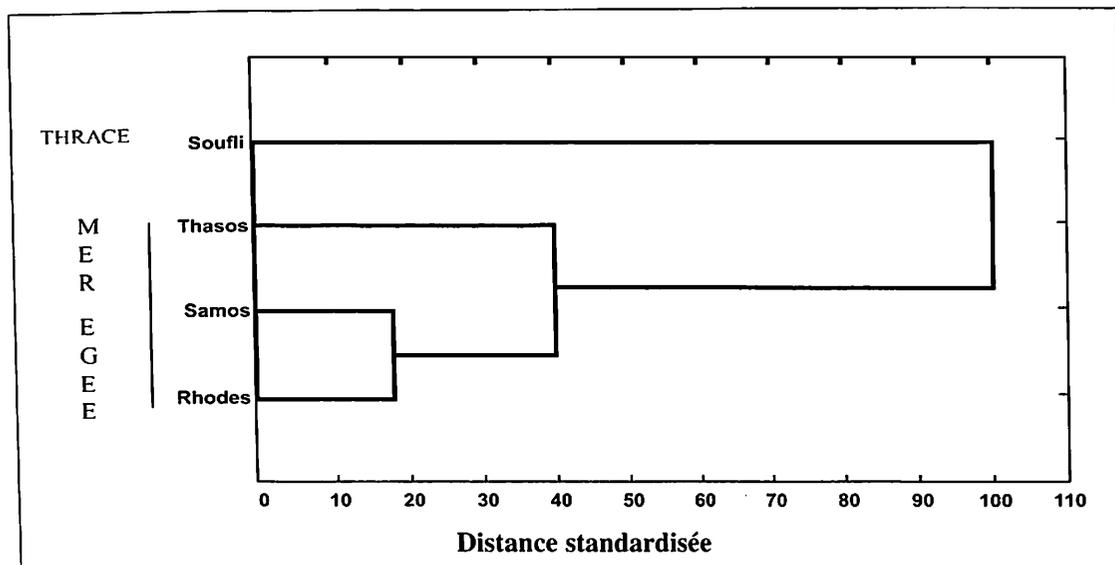


Figure 8

Légende des figures

Figure 1. Aire de distribution de *Pinus brutia*.

Figure 2. Evolution de la croissance en hauteur en pépinière.

Figure 3. Evolution de l'accroissement courant en hauteur et pics de croissance.

(0,9) : pic de croissance de mars à mai (de la levée à l'âge de 9 mois) ; (13,17) : pic de croissance de juin à juillet (de l'âge de 13 mois à l'âge de 17 mois).

Figure 4. Evolution de la croissance en diamètre en pépinière.

Figure 5. Evolution de l'accroissement courant en diamètre.

(0,17) : période de croissance principale de mars à juillet (de la levée à l'âge de 17 mois).

Figure 6. Variation conjointe du test F de l'effet provenance et du carré moyen de l'erreur.

Figure 7. Comparaison multiple des moyennes et classement des provenances (test des étendues multiples de Duncan). Les provenances suivies du même nombre ne diffèrent pas significativement.

Figure 8. Dendrogramme des provenances. La procédure WPGMA (SNEATH et SOKAL, 1973) a été utilisée pour l'agrégation des provenances. La distance standardisée correspond à la distance d'agrégation de la classe rapportée à la distance maximale.

Tableau I : Liste et provenance des populations étudiées.

Population	Région de provenance	Latitude Nord	Longitude Est	Altitude (m)
Soufli	Thrace (Grèce du nord-est)	41° 15'	26° 15'	150-250
Thasos	Ile grecque du nord de la mer Egée	40° 45'	24° 30'	200-300
Samos	Ile grecque du centre de la mer Egée	37° 40'	26° 45'	200-300
Rhodes	Ile grecque du sud de la mer Egée	36° 10'	28° 00'	100-200

Tableau II : Liste des caractères observés ou mesurés.

Dispositif	Caractères	Abréviation	Unité	Observations	
Pépinière	Hauteur à 9 semaines	H9	mm		
	Hauteur à 13 semaines	H13			
	Hauteur à 17 semaines	H17			
	Hauteur à 21 semaines	H21			
	Hauteur à 25 semaines	H25			
	Hauteur à 29 semaines	H29			
	Accroissement courant en hauteur de l'origine à 9 semaines d'âge	ACH(0.9)	mmse ⁻¹		Δ (H9,H0)/9
	Accroissement courant en hauteur de 9 à 13 semaines d'âge	ACH(9.13)			Δ (H13,H9)/4
	Accroissement courant en hauteur de 13 à 17 semaines d'âge	ACH(13.17)			Δ (H17,H13)/4
	Accroissement courant en hauteur de 17 à 21 semaines d'âge	ACH(17.21)			Δ (H21,H17)/4
	Accroissement courant en hauteur de 21 à 25 semaines d'âge	ACH(21.25)			Δ (H25,H21)/4
	Accroissement courant en hauteur de 25 à 29 semaines d'âge	ACH(25.29)			Δ (H29,H25)/4
	Diamètre à 17 semaines	D17	mn		
	Diamètre à 21 semaines	D21			
Diamètre à 25 semaines	D25				
Diamètre à 29 semaines	D29				
Accroissement courant en diamètre de 0 à 17 semaines d'âge	ACD(13,17)	mmse ⁻¹	Δ (D17,D0)/4		
Accroissement courant en diamètre de 17 à 21 semaines d'âge	ACD(17,21)		Δ (D21,D17)/4		
Accroissement courant en diamètre de 21 à 25 semaines d'âge	ACD(21,25)		Δ (D25,D21)/4		
Accroissement courant en diamètre de 25 à 29 semaines d'âge	ACD(25,29)		Δ (D29,D25)/4		
Champ	Survie à deux ans	SURV2		0 : plant mort 1 : plant survivant	
	Hauteur totale à deux ans	HT2	mn	DB2/HT2 0 : non débourré 1 : débourré	
	Diamètre à la base à deux ans	DB2	mn		
	Elancement à deux ans Débourrement	ELANCE2 DEBOUR			

Tableau III : Caractéristiques et performances moyennes des provenances en pépinière.

Caractères	Date de mesure ou période de croissance	Provenances				Moyenne générale
		Soufli	Thasos	Samos	Rhodes	
H9*	7 mai	43.25 (0.91)	51.60 (1.22)	47.57 (1.09)	50.50 (1.07)	48.23 (0.59)
H13*	6 juin	50.20 (1.12)	58.72 (1.32)	54.77 (1.40)	57.10 (1.18)	55.20 (0.67)
H17*	8 juillet	64.40 (1.53)	77.25 (2.33)	73.25 (2.21)	73.10 (1.72)	71.99 (1.05)
H21*	8 août	72.67 (1.59)	85.85 (2.74)	80.66 (2.38)	81.77 (2.00)	80.24 (1.16)
H25*	10 septembre	77.67 (1.63)	90.52 (2.79)	85.97 (2.45)	86.27 (2.10)	85.10 (1.19)
H29*	15 octobre	81.42 (1.72)	94.60 (2.85)	91.00 (2.73)	90.80 (2.28)	89.44 (1.26)
ACH(0,9)*	1 mars-7 mai	4.80 (0.10)	5.73 (0.13)	5.28 (0.12)	5.61 (0.12)	5.36 (0.13)
ACH(9,13)*	7 mai-6 juin	1.74 (0.18)	1.78 (0.12)	1.88 (0.22)	1.65 (0.14)	1.76 (0.08)
ACH(13,17)*	6 juin-8 juillet	3.55 (0.25)	4.63 (0.36)	4.52 (0.31)	4.00 (0.26)	4.17 (0.15)
ACH(17,21)*	8 juillet-8 août	2.07 (0.14)	2.15 (0.20)	1.85 (0.14)	2.17 (0.16)	2.06 (0.08)
ACH(21,25)*	8 août-10 sept.	1.25 (0.09)	1.17 (0.09)	1.32 (0.09)	1.12 (0.06)	1.22 (0.04)
ACH(25,29)*	10 sept-15 oct.	0.94 (0.07)	1.02 (0.05)	1.25 (0.09)	1.13 (0.09)	1.08 (0.04)
D17*	8 juillet	2.33 (0.05)	2.65 (0.04)	2.59 (0.05)	2.61 (0.04)	2.54 (0.02)
D21*	8 août	2.66 (0.05)	2.98 (0.04)	2.87 (0.05)	2.87 (0.04)	2.84 (0.02)
D25*	10 septembre	2.99 (0.04)	3.34 (0.04)	3.23 (0.05)	3.16 (0.04)	3.18 (0.02)
D29*	15 octobre	3.39 (0.05)	3.68 (0.04)	3.59 (0.06)	3.50 (0.05)	3.54 (0.02)
ACD(0,17)*	1 mars-8 juil.	0.137 (0.003)	0.156 (0.002)	0.152 (0.003)	0.154 (0.002)	0.150 (0.003)
ACD(17,21)*	8 juillet-8 août	0.082 (0.004)	0.082 (0.005)	0.069 (0.004)	0.063 (0.004)	0.074 (0.002)
ACD(21,25)*	8 août-10 sept.	0.084 (0.006)	0.089 (0.006)	0.090 (0.005)	0.074 (0.005)	0.084 (0.003)
ACD(25,29)*	10 sept.-15oct.	0.098 (0.006)	0.085 (0.005)	0.089 (0.006)	0.084 (0.005)	0.089 (0.003)
% de la 1 ^{re} poussée de croissance en hauteur.	1 mars - 7 mai	53.11 %	54.54 %	52.28 %	55.61 %	53.88 %
% de croissance en épaisseur au 8 juillet ²	1 mars - 8 juillet	68.73 %	72.01 %	72.14 %	74.57 %	71.75 %

Entre parenthèses. L'erreur standard sur les moyennes
1 - Part de la première poussée de croissance dans la hauteur totale ($\chi^2 = 0.26, p = 0.9654$)
2 - Part de la période (0.17) dans la croissance en épaisseur totale ($\chi^2 = 0.85, p = 0.8387$)
* Caractère pour lesquels les différences entre moyennes sont significatives.

Tableau IV : Résultats de l'analyse de variance à une classification (provenance) sur les données de pépinière.

Caractères	ddl(P)	SCP	CPM	ddl(E)	SCE	CME	F	p
H9	3	1669.569	556.523	156	7244.88	46.4415	<u>11.98331</u>	.000000
H13	3	1648.650	549.550	156	9952.95	63.8010	<u>8.61351</u>	0.000025
H17	3	3522.858	1174.286	155	24098.14	155.4718	<u>7.55305</u>	0.000095
H21	3	3649.402	1216.467	155	30421.52	196.2678	<u>6.19800</u>	0.000528
H25	3	3467.483	1155.828	155	32133.70	207.3142	<u>5.57525</u>	0.001170
H29	3	3803.521	1267.840	155	36497.77	235.4695	<u>5.38431</u>	0.001495
ACH(0,9)	3	9.879	3.293	156	42.87	0.2748	<u>11.98331</u>	0.000000
ACH(9,13)	3	0.536	0.179	156	192.27	1.2325	0.14484	0.932855
ACH(13,17)	3	29.972	9.991	155	554.25	3.5758	<u>2.79393</u>	0.042260
ACH(17,21)	3	2.478	0.826	155	162.61	1.0491	0.78734	0.502684
ACH(21,25)	3	0.946	0.315	155	47.94	0.3093	1.02000	0.385511
ACH(25,29)	3	2.277	0.759	155	35.83	0.2311	<u>3.28410</u>	0.022470
D17	3	2.637	0.879	155	14.32	0.0924	<u>9.51698</u>	0.000008
D21	3	2.205	0.735	155	13.11	0.0846	<u>8.69433</u>	0.000023
D25	3	2.502	0.834	155	11.77	0.0759	<u>10.98218</u>	0.000001
D29	3	1.857	0.619	155	15.60	0.1007	<u>6.15039</u>	0.000561
ACD(0,17)	3	0.006	0.002	155	0.03	0.0002	<u>9.51698</u>	0.000008
ACD(17,21)	3	0.011	0.004	155	0.13	0.0009	<u>4.44218</u>	0.005030
ACD(21,25)	3	0.006	0.002	155	0.20	0.0013	1.63645	0.183216
ACD(25,29)	3	0.005	0.002	155	0.22	0.0014	1.14131	0.334297

ddl(P) : nombre de degrés de liberté de l'effet provenance ; SCP : somme de carrés de l'effet provenance ;
 CMP : carré moyen de l'effet provenance ; ddl(E) : nombre de liberté de l'erreur ; F : valeur calculée du test F ;
 p : probabilité attachée à F. les tests F significatifs ($p < 0.05$) sont soulignés.

Tableau V : Caractéristiques et performances moyennes des provenances en plantation comparative en champ.

Caractères	Date de mesure	Provenances				Moyenne générale
		Soufli	Thasos	Samos	Rhodes	
SURV2 %	23 mars	80.00 (40.17)	72.50 (44.84)	72.50 (44.84)	81.67 (38.85)	76.67 (42.34)
HT2 (mm)	23 mars	191.66(47.87)	195.29(41.16)	193.35(39.56)	206.59(41.13)	199.52(42.80)
DIA2 (mm)	23 mars	5.70 (1.33)	5.85 (1.46)	6.01 (1.29)	5.85 (1.34)	5.94 (1.36)
DEBOUR(%)	23 mars	95.00 (0.17)	98.33 (0.15)	85.83 (0.32)	86.39 (0.36)	91.85 (0.27)

Entre parenthèses, l'erreur standard sur les moyennes.