

netic correlations that would be reflected in the phenotype. Simple phenotypic correlation coefficient was calculated for parent and progeny hybrid index scores and a significant value ($r = 0.681^*$) was obtained when all groups were combined. This may indicate that the traits used in this study were under genetic control and relatively diagnostic for taxon identification or classification. BHAT and HICKS (1976) also obtained a similar result for selected shortleaf pine, loblolly pine and putative hybrids.

ANDERSON (1949) has pointed out that introgression could cause genetic correlation among morphological characters. In the present study, significant phenotypic correlations were fairly frequent among traits as mentioned above. This condition is compatible with introgression too.

The distribution patterns of four groups on both hybrid index scales (Fig. 1) may imply that most characteristics of groups C and D are intermediate between *C. glauca* and *C. equisetifolia*, but phylogenetically closer to *C. glauca*. Such a situation could reflect introgressive hybridization in which *C. glauca* is the predominant backcross species. In addition, the rib shape of trees in groups A, C and D were round without ridge, while that of trees in *C. equisetifolia* possessed protrudent ridges. Such anatomic features can also support the evidence of introgression. Introgressive hybridization has also occurred in areas of the overlapping range where *Picea rubens* and *P. mariana* are in contact or association, and consequently, many of the hybrid characters are intermediate which made traditionally taxonomic confusion. Under the circumstances, MANLEY (1971) successfully employed the hybrid index technique to discriminate among individuals growing in introgressed populations.

There is no question that trees in group B belong to *C. equisetifolia* since their morphological characters coincided with those previously described by BENTHAM (1873), EWART

(1930), KAN and CHANG (1954), and BADRAN *et al.* (1976). But whether they are of *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia* needs further investigation.

Literature Cited

- ANDERSON, E.: Introgressive hybridization. John Wiley and Sons, Inc., New York, 109 pp. (1949). — BADRAN, O. A., EL-LAKANY, M. H., EL-OSTA, M. L. and ABU-GAZIA, H. A.: Breeding and improving *Casuarina* trees. I. Taxonomy and morphological characteristics of *Casuarina* spp. grown in Egypt. Alex. J. Agric. Res. 24: 683—694 (1976). — BENTHAM, G.: Flora Australiensis. Vol. VI. Published under the Authority of the Several Government of the Australian Colonies, London, 475 pp. (1873). — BHAT, A. A. and HICKS, R. R., JR.: Morphological inheritance in selected *Pinus echinata*, *P. taeda* and putative hybrids. Can. J. For. Res. 6: 395—399 (1976). — CHUNG, P. C.: Report on the survey of the status of windbreaks at western coastal farms of Taiwan Sugar Company. Taiwan Forestry Research Institute, Reference 6, 79 pp. (1940). — DORAN, J. C. and N. HALL: Notes on fifteen Australian *Casuarina* species. in "Casuarina Ecology Management and Utilization"—Proc., Internatl. Workshop, Canberra, Australia, 17—21 Aug. 1981, P. 19—52 (1983). — EWART, A. J.: Flora of Victoria. Melbourne Univ. Press, Victoria, 1257 pp. (1930). — GRANT, V.: Plant speciation. Columbia Univ. Press, New York, 435 pp. (1971). — HICKS, R. R., JR.: Evaluation of morphological characters for use in identifying loblolly pine, shortleaf pine and loblolly × shortleaf hybrids. Castanea 38: 182—189 (1973). — HICKS, R. R., JR.: Comparisons of seedlings from east Texas loblolly, shortleaf and suspected hybrid pines. Stephen F. Austin State Univ., Texas Forestry Paper 24, 6 pp. (1974). — KAN, W. H. and CHANG, L. M.: The morphology and function of several exotic *Casuarina* species grown in Taiwan. Taiwan Forestry Research Institute Extension Brochure, 9 pp. (1954). — LIN, W. F., SHINE, C. J., CHENG, T. Y., WANG, R. L. and CHANG, L. M.: Report on the survey of coast windbreak species, their ecology and adaptability in Taiwan. Taiwan Forestry Research Institute and Chinese-American Joint Commission on Rural Reconstruction, Cooperative Bull. 2, 75 pp (1956). — MANLEY, S. A. M.: Identification of red, black and hybrid spruces. Dept. of Environment, Can. For. Serv. Publ. 1301, 14 pp. (1971). — SHENG, T. C. and KANG, H.: Windbreaks in Taiwan. Chinese-American Joint Commission on Rural Reconstruction, Forestry Series 7, 13 pp. (1961). — STEBBINS, G. L., JR.: Variation and evolution in plants. Columbia Univ. Press, New York, 643 pp. (1950).

Effets de la température de germination et de la stratification sur la germination des semences de *Pinus halepensis* Mill.

Par R. CALAMASSI*, M. FALUSI* et A. TOCCI**

(Reçu 2 Août 1983)

Résumé

La germination des semences de 9 provenances différentes de l'espèce *Pinus halepensis* MILL., (représentant la distribution naturelle de l'espèce) a été étudiée en fonction de la température de germination (15°, 18°, 21°, 24° C) et de la stratification (0, 30, 60 jours à 3—4° C).

On a mis en évidence l'absence d'obstacles sérieux à la germination chez *P. halepensis* et la relative homogénéité du comportement de germination des diverses provenances à l'intérieur de l'intervalle thermique testé.

La stratification abaisse la capacité germinative de certaines provenances, favorise la germination aux températures les plus élevées chez d'autres et provoque une augmentation de la vitesse de germination et par conséquent de la valeur germinative (GV) chez toutes les provenances.

Les différences observées lors de cet essai et les diverses capacités de résister au stress hydriques des semences (mises en évidence dans des expériences précédentes) sont l'objet d'une discussion sur l'étalement de la germination de l'espèce, sur l'importance des différentes époques de germination des provenances étudiées et sur la valeur adaptative de ces modifications.

Mots clés: *Pinus halepensis*, germination, variation géographique.

Summary

Seed germination of 9 provenances of *Pinus halepensis* MILL., (representative of the natural distribution of the species) has been studied in relation to germination temperature (15°, 18°, 21°, 24° C) and to stratification (0, 30, 60 days to 3—4° C).

P. halepensis seeds germinate without serious obstacles and different provenances show relatively homogeneous germination patterns.

*Istituto di Botanica agricola e forestiera, Università di Firenze, Italie.

**Istituto sperimentale per la Silvicultura, Arezzo, Italie.

Stratification reduces the germination capacity of some provenances, improves the high temperature germination and of some others increases the germination speed and consequently the germination value (GV) of all.

The differences observed and the different sensibility to moisture stresses (as evidenced in previous works) are discussed with regard to the germination behaviour of this species, to the importance of different germination periods for different provenances and to the adaptative value of these modifications.

Key words: *Pinus halepensis* MILL., seed germination, geographic variation.

Zusammenfassung

An Samen von 9 verschiedenen Provenienzen der Baumart (*Pinus halepensis* MILL.) aus dem gesamten natürlichen Verbreitungsgebiet der Art wurde das Keimverhalten in Bezug auf die Keimungstemperatur (15°, 18°, 21°, 24°) und Stratifikation (0, 30, 60 Tage bei 3—4°) untersucht.

Es wurden keine erheblichen Unterschiede für die Keimung der verschiedenen Herkünfte von *Pinus halepensis* gefunden und es wurde eine gute Homogenität der Keimungseigenschaften in dem Zeitintervall bei den verschiedenen Temperaturen beobachtet.

Die Stratifikation verringerte die Keimfähigkeit einiger Herkünfte, während sie für andere Herkünfte bei hohen Keimtemperaturen anregend war und bei allen Provenienzen die Keimgeschwindigkeit und dementsprechend das Keimvermögen förderte. Die beobachteten Unterschiede in dieser Untersuchung und die verschiedenen große Widerstandsfähigkeit der Samen gegenüber Wasserstress werden zur Erörterung über den Grad des Keimvermögens der Art und die relative Bedeutung der verschiedenen Keimzeiten herangezogen. Es wurde klargelegt, daß es bei der Keimung von *Pinus halepensis* keine ernsthaften Schwierigkeiten gibt und daß sich die verschiedenen Provenienzen zu den Keimtemperaturstufen relativ homogen verhalten.

Introduction

Les recherches effectuées sur des populations (d'espèces à ample aire de diffusion) provenant de stations géographiquement différentes prennent très souvent en considération les caractères des plantules et des semences et leur comportement durant la germination afin de caractériser les provenances géographiques (MORGENSTERN, 1969 et 1974; VENATOR, 1974; PALMBERG, 1975; PELIZZO et TOCCI, 1978; CALAMASSI *et al.*, 1980; FALUSI, 1982).

La variation géographique de quelques caractères a été étudiée récemment chez *P. halepensis* MILL., espèce dont l'aire de diffusion est vaste (PALMBERG, 1975; PELIZZO et TOCCI, 1978; PANETSOS, 1981), mais lorsque ces études ont porté sur la germination aucun caractère spécifique n'a été analysé afin de déterminer les exigences à la germination.

L'étude des provenances nécessite cependant ce genre de

détermination. Pour de nombreuses espèces arborescentes comme *Pinus contorta* SHAW. (HAASIS et THRUPP, 1931; CRITCHFIELD, 1957: cité par KRAMER et KOZLOWSKI, 1960), *Tsuga canadensis* (L.) CARRIÈRE (STEARNS et OLSON, 1958), *Betula nana* L. (JUNTILLA, 1970), *Betula papyrifera* MARSH. (BEVINGTON et HOYLE, 1981), *Pinus brutia* TEN. (FALUSI, 1982) des différences de réponses de germination ont été mises en évidence chez les diverses population; on a souvent établi des corrélations entre ces réponses et les caractéristiques de milieu des zones dont provenaient les semences.

Les renseignements bibliographiques sur la germination de *Pinus halepensis* MILL. ne sont pas nombreux et ne concernent qu'une seule provenance italienne (MAGINI, 1955).

Nous avons commencé l'étude sur la germination de différentes provenances de *P. halepensis* depuis quelques années; nous avons étudié en premier lieu la résistance aux stress hydriques pour la germination et l'allongement racinaire (CALAMASSI *et al.*, 1980; FALUSI *et al.*, 1983) et puis l'influence de la lumière sur la germination (CALAMASSI, 1982).

Le présent essai porte sur l'influence de la température et de la stratification sur la germination.

Matériels et Méthodes

Les semences de *Pinus halepensis* MILL. employées dans ces essais ont été récoltées selon les modalités prévues par le projet F. A. O. 4 bis „Expériences internationales sur les provenances de *Pinus halepensis* et *Pinus brutia*“ dans les régions indiquées par PELIZZO et TOCCI (1978). Pour voir les provenances regardez *Tableau 1*.

Les graines, dont la teneur en eau était de 7,5—9,5%, ont été conservées à l'obscurité et à une température de 3—4° C, jusqu'à la fin de 1979. Des essais périodiques sur l'aptitude à la germination des semences n'ont pas mis en évidence des variations significatives pendant la période de conservation.

Les essais de germination ont été effectués dans des terrines de germination en polystyrol cristal de 12 cm de diamètre sur feuilles de papier filtre alimentées en eau par capillarité, à l'obscurité totale et aux températures suivantes: 15°, 18°, 21° et 24° C ($\pm 0,5^\circ$ C). La stratification a été réalisée en maintenant les semences dans des boîtes de Petri pendant 30 ou 60 jours sur du coton imbibé d'eau, à l'obscurité totale et à une température de 3—4° C.

100 graines par traitement ont été employées, pour un total de 1200 graines pour chaque provenance (exception faite pour la provenance A 15, non comprise dans le protocole général car l'insuffisance de semences n'a permis d'effectuer que les essais aux niveaux 0 et 60 jours de stratification).

Tab. 1. — Liste des provenances employées.

Provenance	Nation	Lat. Nord	Long.	Alt. (m)	T. moy. ann. C°	Prec. par an (mm)
A2 Elée	Grèce	37°46'	21°32' E	200	18,2	564
A3 Bubée	"	38°58'	23°18' E	150-200	17,1	514
A6 Shalaria	Israël	31°36'	34°50' E	200	20,2	388
A9 Oum Dieddour	Tunisie	35°38'	8°57' E	1020	15,3	473
A15 Tamga Zaouia	Maroc	32°02'	6°07' W	2000	12,7	594
A25 Imperia	Italie	45°54'	8°03' E	200	16,6	730
A26 Otricoli	"	42°24'	12°38' E	400	14,7	830
A27 Patemisco	"	40°38'	17°20' E	5	16,7	500
A29 Aures Beni Melloul	Algérie	35°10'	6°50' E	1100	14,3	345

Les tests de germination ont duré 30 jours; des relevés quotidiens (en lumière verte) de germination (la graine était considérée comme germée lorsque sa radicule avait atteint une longueur de 2 mm) et un comptage final des graines vides ont été effectués, de façon à exprimer les résultats en pourcentage des graines pleines.

Outre le pourcentage total de germination, le temps moyen de germination (tm) (CÔME, 1970) et la valeur germinative (GV)* (DJAVANSHIR et POURBEIK, 1976) ont aussi été calculés.

Les résultats ont été analysés selon un schéma factoriel et les comparaisons effectuées, à l'aide du test des moindres différences significatives (MDS), au niveau P = 0,01.

La viabilité des semences a été contrôlée par le test au chlorure de triphenyl-tétrazolium (MAF, 1965) et par radiographie aux rayons X (SIMAK, 1980).

Résultats

Les provenances, la stratification et la température de germination influent de façon hautement significative sur

Tab. 2. — Effet de la provenance sur la capacité germinative (%), la vitesse de germination (tm) et la valeur germinative (GV) des semences de *Pinus halepensis* MILL.

(Tab. 2—4, Note — Les valeurs qui dans une même ligne sont suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil P = 0,01 d'après le test MDS).

	Numéro de la provenance							
	A ₂	A ₃	A ₆	A ₉	A ₂₅	A ₂₆	A ₂₇	A ₂₉
% G	88,02 de	91,49 e	65,17 a	72,89 bc	65,73 a	85,08 d	74,78 c	68,89 ab
tm	8,80 a	8,69 a	13,34 d	11,57 c	15,06 e	11,29 c	9,85 b	11,22 c
GV	60,65 f	69,73 g	18,92 a	27,71 c	22,33 ab	40,40 e	33,95 d	25,53 bc

Tab. 3. — Effet de la durée de stratification sur la capacité germinative (%), la vitesse de germination (tm) et la valeur germinative (GV) des semences de *Pinus halepensis* MILL.

	Durée de stratification		
	0 j	30 j	60 j
% G	83,13 c	77,40 b	68,98 a
tm	14,80 c	10,05 b	8,83 a
GV	29,99 a	40,27 b	41,95 b

Tab. 4. — Effet de la température de germination sur la capacité germinative (%), la vitesse de germination (tm) et la valeur germinative (GV) des semences de *Pinus halepensis* MILL.

	Température de germination			
	15°	18°	21°	24°
% G	82,39 b	83,36 b	81,87 b	58,39 a
tm	12,09 b	9,51 a	9,98 a	13,33 c
GV	36,40 b	47,06 d	43,51 c	22,65 a

$$*) GV = \frac{\sum DGS}{N} \times (GP \times 10),$$

où DGS = vitesse journalière de germination;

N = fréquence de DGS;

GP = % de germination finale.

Il s'agit d'une nouvelle formule de la valeur germinative proposée par DJAVANSHIR et POURBEIK, après l'introduction de cette notion par CZABATOR (1962).

la capacité germinative, la vitesse de germination et la valeur germinative des semences (Tab. 2, 3 et 4).

On a mis en évidence l'existence d'interactions de premier ordre hautement significatives entre les 3 facteurs étudiés.

Le champ des températures optimales pour la capacité germinative (%) est compris entre 15° et 21° C; l'intervalle se restreint à 18°—21° pour la vitesse de germination (tm) (Tab 4). La valeur germinative (GV) est considérée, pour le genre *Pinus*, comme une bonne estimation de la survie des plantules. En examinant les résultats en terme de GV (pour déterminer cette valeur on emploie soit la capacité soit la vitesse de germination) on observe que l'optimum thermique se restreint (18° C) (Tab. 4).

La stratification semble inhiber la capacité de germination; au contraire, la vitesse de germination est stimulée progressivement jusqu'au niveau 60 jours; la stratification (jusqu'au niveau 30 jours) a des effets importants sur la valeur germinative aussi (Tab. 3).

Des réponses de germination (% , tm, GV) fortement diversifiées ont été mises en évidence chez les diverses provenances (Tab. 2).

Si l'on analyse les résultats obtenus pour chaque provenance, on peut observer, parmi les semences non stratifiées, une homogénéité considérable de la capacité germinative, qui est élevée pour toutes les provenances, et de la vitesse de germination (seules A6 et A25 ont un temps moyen de germination plus élevé) et des différences modestes pour la valeur germinative; toutefois, les modalités assurant le maximum de germination, l'intervalle thermique optimal et la réponse à la stratification diffèrent entre provenances (Fig. 1).

Les provenances A2, A3 et A15 ont un intervalle optimal de températures, pour la capacité de germination, compris entre 15° et 21° C et s'avèrent indifférentes à la stratification dans cet intervalle; à la température de 24° C la capacité de germination des semences stratifiées atteint des valeurs semblables à celles observées aux autres températures sans stratification (Fig. 1). Dans ce cas, la stratification élargit l'éventail thermique optimal à toutes les températures testées.

Pour les provenances A9, A25 et A26 on observe une inhibition de la capacité de germination lorsque la stratification a une durée de 60 jours et ce n'est que, (pour A25 et A26) dans le cas d'une germination à 24° C, que la stratification de 30 jours améliore la capacité germinative par rapport aux graines non stratifiées (Fig. 1).

Pour les provenances A6, A27 et A 29 on observe une inhibition du % de germination même lorsque la stratification ne dure que 30 jours (Fig. 1).

Pour toutes les provenances, la réduction de tm due à la stratification est observable à toutes les températures mais elle est plus importante aux températures les plus élevées et, sauf A25 et A27, la vitesse de germination est stimulée progressivement jusqu'au niveau 60 jours (Fig. 1).

En conséquence de ces comportements, la valeur germinative (GV)* des semences stratifiées de certaines provenances (A2, A3, A15) est très élevée à l'intérieur de l'intervalle thermique considéré 15°—24° C (A26 aussi répond, à

*) Afin d'éviter d'obtenir des valeurs de GV supérieures à la valeur théorique maximale (100), les Auteurs de la formule DJAVANSHIR et POURBEIK, 1976) proposent de la modifier lorsque les semences ont une vitesse de germination élevée (dans notre cas les semences stratifiées). Nous avons préféré ne porter aucune modification pour que l'évaluation des vitesses de germination soient faites dans les mêmes conditions, que les graines soient stratifiées ou non.

un moindre degré, comme A2, A3 et A15), alors que la stratification s'avère inefficace ou bien paraît exercer un effet dépressif sur les autres provenances, où la réduction de tm ne compense pas l'effet de la forte réduction de la capacité germinative sur la valeur germinative (Fig. 1).

Discussion

Par rapport à la distribution géographique étudiée (les provenances testées couvrent une zone latitudinale d'à peu près 12°, longitudinale de plus de 40° et une différence d'altitude de 1800—2000 m: cf. PELIZZO et TOCCI, 1978), l'homogénéité des provenances en ce qui concerne le comportement de la germination est assez évidente, au point que l'on pourrait supposer, tout au moins en première approximation, que chez *Pinus halepensis*, comme chez de nombreuses autres espèces (THOMPSON, 1973), la répartition sur une vaste surface géographique a permis de maintenir une certaine similitude en ce qui concerne la réponse à la germination. En outre cette réponse semble traduire l'absence d'obstacles importants à la germination, comme en témoignent les pourcentages, les vitesses et la valeur germinative (Tab. 2, 3 et 4).

A propos de ce dernier paramètre, qui atteint de bonnes valeurs pour toutes les provenances, on peut mettre en évidence quelques différences entre les provenances.

En l'absence de stratification, au moins deux provenances (A2 et A3) ont des valeurs GV (qui constitue, rappelons le, une évaluation valable de la survie des plantules) significativement plus élevées que deux autres (A6 et A 25).

Des comportements différentiels ont aussi été observés pour les réponses aux températures de germination. L'intervalle thermique optimal pour la capacité germinative (pour la vitesse de germination on assiste, en accord avec ce qui est reporté en littérature, GULLIVER et HEYDECKER, 1973, à un glissement vers les températures les plus élevées) est compris entre 15° et 21° C; dans un cas (A6) cependant l'intervalle est restreint (18°—21°), dans un autre (A27) il est plus ample (15°—24° C).

Quelques réponses diversifiées sont aussi mises en évidence pour les effets de la stratification. Dans l'ensemble l'espèce ne paraît pas pourvue de dormance très évidente comme il a été observé chez de nombreuses espèces du genre *Pinus* (STONE, 1957; McLEMORE et CZABATOR, 1961; BARNETT, 1972 et 1976; FALUSI, 1982). Il est toutefois utile

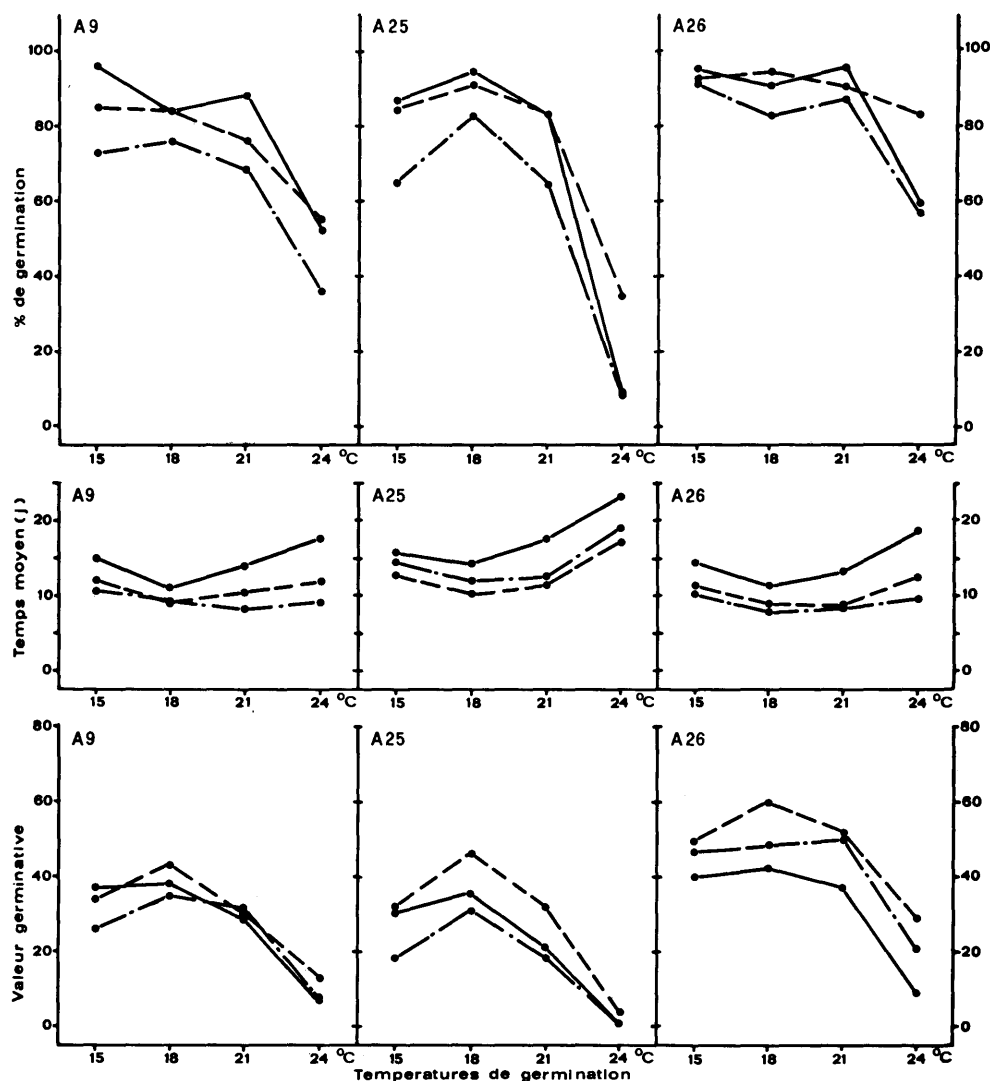
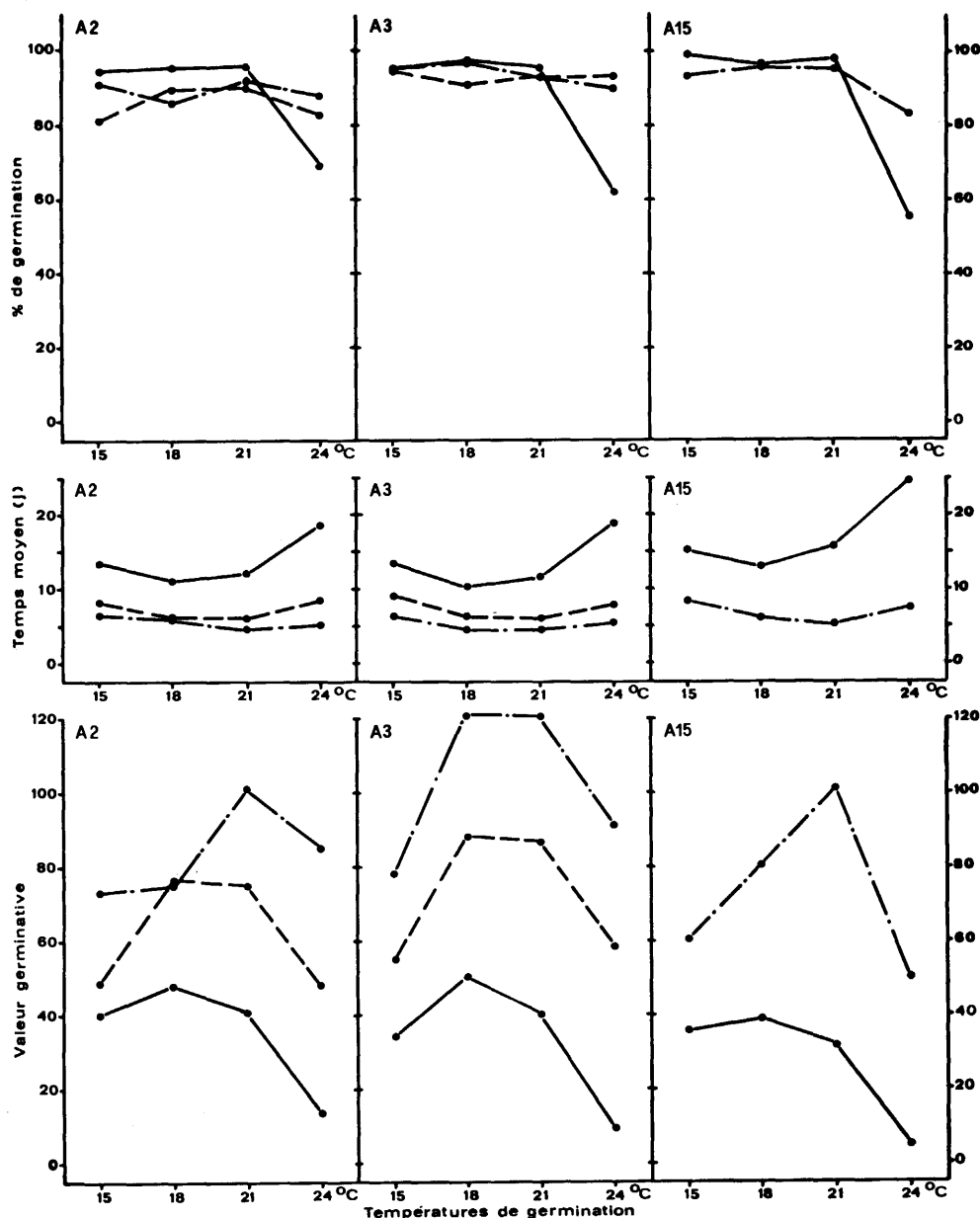


Fig. 1. — Variation de la capacité germinative (%), de la vitesse de germination (tm) et de la valeur germinative (GV) en fonction de la stratification (●—● = 0 jours; ■—■ = 30 jours; ▲—▲ = 60 jours) et de la température de germination (15°, 18°, 21° et 24° C) des semences des provenances A2, A3, A6, A9, A15, A25, A26, A27, A29, de *Pinus halepensis* MILL.



de rappeler que dans les cas cités ci-dessus, les auteurs mettent en évidence l'importance et la signification écologique de l'augmentation de la vitesse de germination (même lorsque la capacité germinative n'est pas influencée) pour les plus grandes possibilités d'obtention des plantules qui en dérivent.

La stratification favorise une augmentation de la vitesse de germination chez toutes les provenances étudiées (Tab. 3, Fig. 1).

Ce phénomène se réfère à ce que GORDON (1973), en travaillant sur des graines de conifères, a appelé "résistance à la germination" plutôt qu'à la dormance proprement dite. La "résistance à la germination" est mise en évidence par une augmentation de la vitesse même quand la capacité germinative a atteint son maximum.

Lors d'un essai sur les semences de diverses provenances, McLEMORE et CZABATOR (1961) ont noté, chez *Pinus taeda*, que la stratification peut favoriser, inhiber ou n'avoir aucun effet sur la capacité germinative, mais elle stimule toujours GV. Dans notre cas, semblable au précédent, la stratification n'a jamais favorisé la capacité germinative; la stratification exerce généralement un effet dépressif sur

la germination, mais pour certaines provenances (A2, A3, A15, A25, A26) elle atténue l'effet, lui aussi dépressif, de la germination à 24°C. L'effet stimulant sur GV semble plus étendu (la stratification ayant un effet général d'accélération de la germination) bien que des phénomènes inhibiteurs persistent chez quelques provenances lorsque la durée de la stratification est de 60 jours.

L'inhibition de la germination de la part de la stratification peut s'expliquer de différentes façons. BEVINGTON et HOYLE (1981) ont observé, chez quelques provenances de *Betula papyrifera*, un effet initialement favorable de la stratification qui se transforme en réelle inhibition en prolongeant sa durée. Les auteurs attribuent ce comportement à un phénomène de dormance secondaire induit par la stratification. Pour le groupe de provenances A9, A25 et A26 cette explication, ainsi que l'hypothèse d'un effet défavorable du prolongement de l'état imbibé sur la viabilité des semences sans possibilité de germination, peut être prise en considération; ce n'est pas ainsi pour les provenances A6, A27 et A29 pour lesquelles la stratification a seulement un effet inhibiteur.

Pour deux provenances (A2 et A6), qui répondent à la stratification de façon opposée, on a examiné la vitalité des graines par un test radiographique (SIMAK, 1980) et un test au tétrazolium (MAF, 1965) avant et après une période de stratification d'une durée de 30 jours. Chez A2 il n'y a eu aucune variation de pourcentage de graines viables tandis que chez A6 on a enregistré une forte diminution de viabilité des semences. La stratification entraîne donc la mort d'un certain nombre de semences plutôt qu'elle ne provoque des effets inhibiteurs. Des résultats semblables ont également été observés chez des provenances de *Pinus brutia* (FALUSI, 1982) et peuvent être interprétés, comme le proposent BRAMLAGE *et al.* (1978) et PRIESTLEY et LEOPOLD (1980), comme liés à une altération des membranes plasmiques provoquée par l'imbibition aux basses températures.

Enfin, la stimulation des vitesses de germination, même chez des provenances où la stratification réduit la capacité germinative, peut être interprété comme une réponse à des situations de stress qui éliminerait d'une part les graines les moins vigoureuses (en réduisant ainsi la capacité germinative) et accélérerait de l'autre la germination des graines restantes, comme ont proposé GULLIVER et HEYDECKER (1973) en étudiant la germination en fonction de la température et de la disponibilité hydrique.

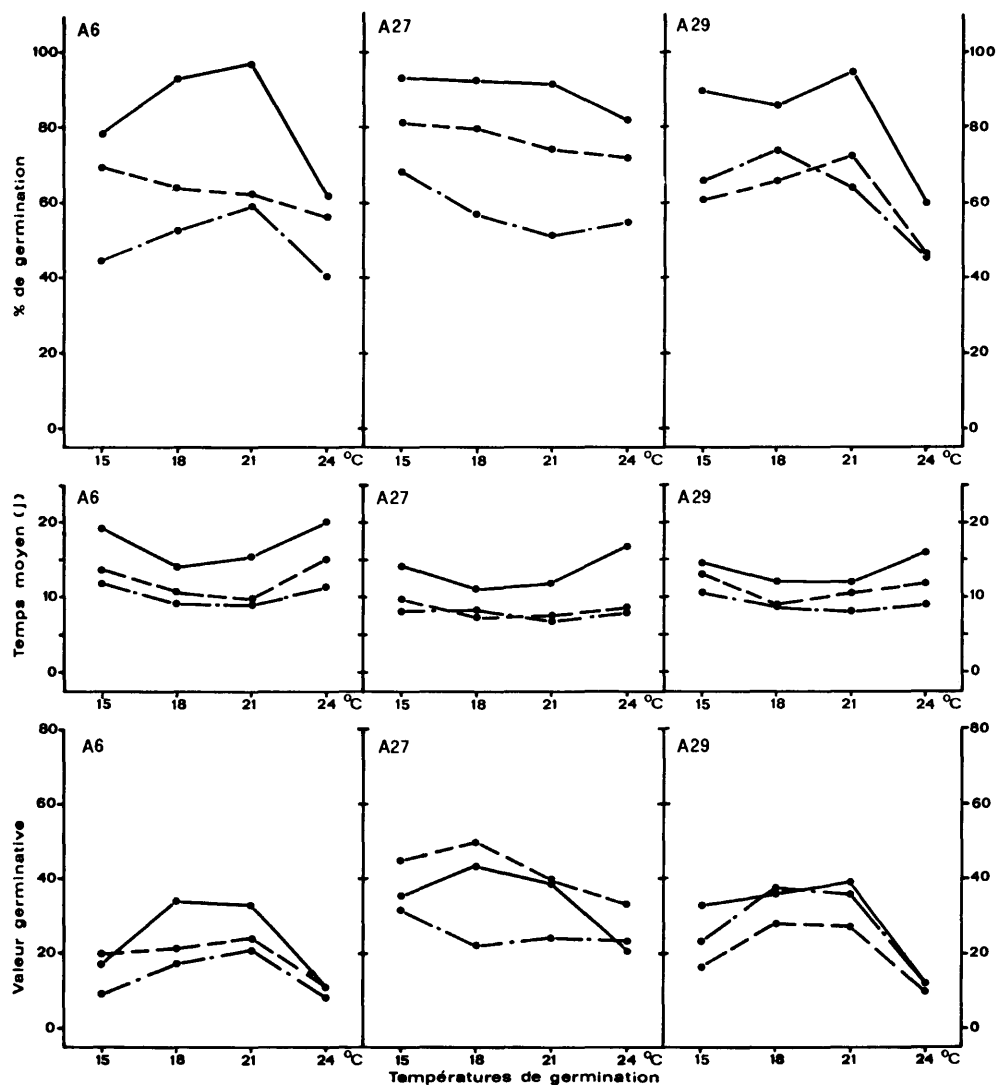
Conclusions

Les provenances employées lors de cet essai sont peu nombreuses mais elles représentent de façon précise la

distribution naturelle de *Pinus halepensis*, espèce typique des climats semi-arides méditerranéens et spécialement de sa forme moyenne (PANETOS, 1981), même si, selon NAHAL (1962, cité par PANETOS, 1981), au Maroc elle se développe également en climat atlantique. PANETOS (1981) individualise, à partir des caractères morphologiques et fonctionnels, quatre zones différentes: marocaine (considérée comme une véritable variété à l'intérieur de l'espèce et représentée par la provenance A15), Nord-africaine (A6, A9, A29), Est-européenne (A2, A3), européenne occidentale (A25, A26, A27). Les provenances espagnoles appartenant à cette dernière région manquent à notre série.

L'absence d'importants obstacles à la germination chez toutes les provenances, la relative homogénéité du comportement germinatif à l'intérieur de l'intervalle thermique considéré (15°—24° C), des réponses à la stratification voisines, même chez des provenances géographiquement et climatiquement éloignées, indiquent, si l'on définit le "caractère germination" exclusivement selon les critères de THOMPSON (1973), la conservation d'une stabilité de réponse à la germination lors de la dispersion de l'espèce, plutôt que l'apparition de modifications adaptatives.

Il est toutefois évident que, vis à vis de la température de germination et encore plus en réponse à la stratification, des différences (modestes mais nombreuses) existent entre les provenances.



Il n'est pas facile de relier entre elles ou à des variables géographiques ces petites différences, de façon à les interpréter comme caractères adaptatifs, en partie à cause de l'insuffisance des descriptions climatiques disponibles.

Mais il est probable que ce soit plus sur des caractères liés à la période estivale (vu que cette période représente, pour toutes les provenances à l'exception de A15, la saison défavorable) que l'on puisse attendre d'éventuelles modifications adaptatives, par exemple dans la résistance à la sécheresse.

En effet, d'importantes différences parmi les provenances ont été mises en évidence chez *P. halepensis* (CALAMASSI *et al.*, 1980; FALUSI *et al.*, 1983) pour la résistance aux stress hydriques à partir de la germination et de l'allongement des racines.

Certains résultats de cet essai sont cohérents avec cette situation: la faible efficacité de la stratification (évidente, au contraire, chez des espèces à dormance caractérisée par l'augmentation du minimum thermique) et la faible capacité germinative aux températures les plus élevées (typique des espèces dont les graines mûrissent en été, à des températures élevées et constantes: VEGIS, 1973).

MAGINI (1955), en travaillant sur une provenance italienne (Patemisco) avait obtenu des réponses à la température de germination analogues, et il avait proposé des conclusions semblables en soulignant que chez *P. halepensis* l'intervalle de temps (fin de l'été-début de l'hiver et fin de l'hiver-début du printemps) durant lequel l'espèce peut germer est large.

L'utilité de l'étalement de la germination en plusieurs fois a été rappelée (VILLIERS, 1972); dans le cas de *P. halepensis* l'hypothèse qu'une différence existe, pour les diverses provenances, sur l'importance relative des deux époques possibles de germination (automne et printemps) pourrait être formulée. Si on considère non seulement les différences de comportement durant la germination, mises en évidence au cours de cet essai, mais aussi les différentes capacités de résister aux stress hydriques (élevée chez A2 et A3, moyenne chez A6 et très basse chez A15) observées précédemment (CALAMASSI *et al.*, 1980; FALUSI *et al.*, 1983) et les caractéristiques climatiques (UNESCO-FAO, 1963, WALTER et LIETH, 1967; PANETSOS, 1981) des régions dont proviennent les semences (climat thermo-méditerranéen atténué à 100—150 jours biologiquement secs/an pour A2 et A3; climat xerothermo-méditerranéen pour A6, provenance pour laquelle l'aire géographique est caractérisée par des hivers plus doux et des périodes sèches plus longues que les autres provenances examinées; climat meso-méditerranéen atténué influencé par un climat de montagne pour A15, aux hivers relativement froids (température moyenne au mois de janvier: 4,8° C et seulement 40—70 jours biologiquement secs/an) on pourrait donc faire l'hypothèse d'une époque de germination prépondérante au printemps pour A2, A3 et A15 et à l'automne pour A6.

Lors d'un essai sur *P. brutia*, une signification semblable, pour définir la "stratégie de survie" des diverses provenances, a déjà été attribuée à des différences de comportement de germination qui, même plus accentuées, se rapportaient aux mêmes facteurs (FALUSI, 1982).

Comme dans le cas de *P. brutia* nous croyons qu'une confirmation de ces hypothèses pourra provenir des résultats d'essais, actuellement en cours, sur la résistance au froid des plantules.

Bibliographie

- BARNETT, J. P.: Seed coat influences dormancy of Loblolly pine seeds. *Canad. J. For. Res.* 2: 7—10 (1972). — BARNETT, J. P.: Delayed germination of southern pine seeds related to seed coat constraint. *Canad. J. For. Res.* 6: 504—510 (1976). — BEVINGTON, J. M. and HOYLE, M. C.: Phytochrome action during prechilling induced germination of *Betula papyrifera* MARSCH. *Plant Physiol.* 67: 705—710 (1981). — BRAMLAGE, W. J., LEOPOLD, A. C. and PARRISH, D. J.: Chilling stress to soybean during imbibition. *Plant Physiol.* 61: 525—529 (1978). — CALAMASSI, R.: Effetti della luce e della temperatura sulla germinazione dei semi in provenienze di *Pinus halepensis* MILL. e *Pinus brutia* TEN. *It. For. Mont.* XXXVII: 174—187 (1982). — CALAMASSI, R., FALUSI, M. et TOCCI, A.: Variazione geografica e resistenza a stress idrici in semi di *Pinus halepensis* MILL., *Pinus brutia* TEN. e *Pinus eldarica* MEDW. *Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo* XI: 193—230 (1980). — CÔME, D.: Les obstacles à la germination. Masson et Cie Ed., Paris (1970). — CRITCHFIELD, W. B.: Geographic variation in *Pinus contorta*. *Maria Moors Cabot Found. Pub.* 3, Harvard University, Cambridge-Mass., cité par KRAMER, P. J. et KOZLOWSKI, T. T., 1960 (1957). — CZABATOR, F. J.: Germination value: an index combining speed and completeness of germination. *For. Sci.* 8: 386—396 (1962). — DJAVANSHIR, K. and POURBEIK, H.: Germination value — New formula. *Silv. Genet.* 25: 79—83 (1976). — FALUSI, M.: Variazione geografica e germinazione in semi di *Pinus brutia* TEN. *Ann. Accad. It. Sc. For.* 31: 157—178 (1982). — FALUSI, M., CALAMASSI, R. and TOCCI, A.: Sensitivity of seed germination and seedlings root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halepensis* MILL. *Silv. Genet.* 32, 4—9 (1983). — GORDON, A. G.: The rate of germination. In: *Seed Ecology*. HEYDECKER, W., Ed., London Butterworths (1973). — GULLIVER, R. L. and HEYDECKER, W.: Establishment of seedlings in a changeable environment. In: *Seed Ecology*. Heydecker, W., Ed., London Butterworths (1973). — HAASIS, F. W. and THRUPE, A. C.: Temperature relations of Lodgepole pine seed germination. *Ecology* 12: 728—744 (1931). — JUNTILA, O.: Effect of stratification, gibberellic acid and germination temperature on germination of *Betula nana*. *Physiol. Plant.* 23: 425—433 (1970). — KRAMER, P. J. and KOZLOWSKI, T. T.: Physiology of trees. McGraw Hill Book Company, New York (1960). — MAF: Metodi ufficiali di analisi delle sementi. *Ist. Pol. Stato, Roma* (1965). — MAGINI, E.: Sulle condizioni di germinazione del Pino d'Aleppo e del Pino domestico. *It. For. Mont.* X: 106—124 (1955). — Mc LEMORE, B. F. and CZABATOR, F. J.: Length of stratification of Loblolly pine seeds. *J. For.* 59: 267—269 (1961). — MORGENSTERN, E. K.: Genetic variation in seedlings of *Picea mariana* (MILL.) B.S.P.I.. Correlation with ecological factors. *Silv. Genet.* 18: 151—161 (1969). — MORGENSTERN, E. K.: A diallel cross in black spruce, *Picea mariana* (MILL.) B.S.P.I. *Silv. Genet.* 23: 1—3 (1974). — NAHAL, I.: Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* MILL.) Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Ann. de l'Ecole nationale des Eaux et Forêts*, XIX, 4: 208 p., cité par PANETSOS, K. (C.) P., 1981. (1962). — PALMBERG, C.: Geographic variation and early growth in southeastern semi-arid Australia of *Pinus halepensis* MILL. and *Pinus brutia* TEN. species complex. *Silv. Genet.* 24: 150—160 (1975). — PANETSOS, K. (C.) P.: Monograph of *Pinus halepensis* (MILL.) and *Pinus brutia* (TEN.). *Ann. Forest.* 9/2: 39—77 (1981). — PELIZZO, A. and TOCCI, A.: Indagini preliminari sui semi e sementali di *Pinus halepensis* e *Pinus brutia-eldarica*. *Ann. Ist. Sper. Selv. Arezzo*. IX: 111—130 (1978). — PRIESTLEY, D. A. and LEOPOLD, C.: The relevance of seed membrane lipids to imbibitional chilling effects. *Physiol. Plant.* 49: 198—204 (1980). — SMIK, M.: Radiography in research and testing of forest tree seeds. *Lantbruksuniversitet Sweriges. Institutionene Sörskosskötsel, Rapporten n° 3* (1980). — STEARNS, F. and OLSON, J.: Interaction of photoperiod and temperature affecting seed germination in *Tsuga canadensis*. *Amer. J. Bot.* 45: 53—58 (1958). — STONE, E. C.: Embryo dormancy of *Pinus jeffreyi* MURR. seed as affected by temperature, water uptake, stratification and seed coat. *Plant Physiol.* 32: 93—99 (1957). — THOMPSON, P. A.: Geographical adaptation of seed. In: *Seed Ecology*. Heydecker, W. Ed., London Butterworths (1973). — UNESCO-FAO: Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne. Notice explicative. *Recherches sur les zones arides*, XXI. UNESCO Paris et FAO Rome (1963). — VEGIS, A.: Effect of temperature on growth and development. I. Dependence of the growth processes on temperature. In: *Temperature and Life*, Precht, H. et al., Ed. Springer-Verlag, Berlin and New York (1973). — VENATOR, C. R.: Hypocotyl length in *Pinus caribaea* seedlings. A quantitative genetic parameter. *Silv. Genet.* 23: 130—132 (1974). — VILLIERS, T. A.: Seed dormancy. In: *Seed Biology*. KOZLOWSKI, T. T., Ed. Acad. Press. (1972). — WALTER, H. und LIETH, H.: *Klimadiagramm-Weitlatlas*. G. Fischer, Jena (1967).