

COMPORTEMENT JUVÉNILE COMPARÉ DE QUATRE PROVENANCES GRECQUES DE PINUS BRUTIA INTRODUITES EN RÉSERVE NATURELLE DE MERGUEB (ZONE ARIDE). 2. ANALYSE DES LIAISONS ENTRE CARACTÈRES ET VARIABLES GÉOGRAPHIQUES

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

(1) - INRF, Arboretum de Baïnem, 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

L'analyse des liaisons entre caractères et variables géographiques chez les espèces forestières est utile aussi bien du point de vue de la biologie et de l'écologie (connaissance de l'influence du milieu sur l'évolution et l'adaptation des espèces) que du point de vue de la sélection (orientation des choix en afforestation). Les résultats obtenus à l'état juvénile sur quatre provenances de pin brutia grecques montrent des corrélations fortes entre hauteurs successives et moins conséquentes entre les hauteurs mesurées à des intervalles plus grands. Par contre, les corrélations entre les accroissements en hauteur ou en diamètre sont relativement faibles. Il n'y a pratiquement pas de liaison entre le poids des graines et les caractères de vigueur ; la vigueur des plants serait ainsi indépendante de la quantité de réserves de l'endosperme (absence d'effets maternels dus à la graine). La croissance en hauteur et en diamètre semble inversement corrélée à la latitude, la provenance la plus septentrionale étant la moins vigoureuse. Les observations en champ ont permis de mettre en évidence une liaison entre le débourrement et les variables géographiques considérées. En particulier, Les plants en provenance des hautes latitudes débourrent, en moyenne, plus précocement que les plants originaires des basses latitudes.

Mots clés : Pin brutia, Analyse de corrélation, Algérie.

SUMMARY

Analysis of correlation between traits and geographical variables in forest trees is useful for biological and ecological (Effects of environmental factors on the evolution and adaptation of species) as well as on selection purposes (Guidance as to reafforestation). Results, at a juvenile stage, on four Greek provenances of brutia pine showed that correlations were strong between successive heights of plants and moderate when more large interval of time was considered. On the other hand, correlations between increments in height and in diameter were relatively weak. Initial vigour of plants seems to be independent of seed weight. Height and diameter growths were found negatively correlated to latitude, northern provenance being less vigorous. Observations in field trial allowed to show that budburst was correlated to latitude; provenance from high latitude bursted earlier than the ones from lower latitude.

Key words : Brutia pine, Correlation analysis, Algeria.

INTRODUCTION

Dans le premier article, il a été montré l'existence de différences de comportement et une variation significative entre quatre provenances grecques de pin brada pour des caractères d'adaptation et de vigueur. Dans le deuxième, présenté ici, nous rapportons et discutons les liaisons entre caractères, d'une part, et les liaisons entre caractères et variables géographiques, d'autre part. L'analyse des liaisons entre caractères est intéressante (i) du point de vue de la génétique, en ce sens qu'elle permet d'appréhender les rapports entre les groupes de gènes commandant les caractères phénotypiques observés ou mesurés (ii) du point de vue de la sélection en nous informant de la direction du progrès génétique fait indirectement sur un caractère après que l'on ait sélectionné sur un autre caractère. Les corrélations phénotypiques entre caractères mesurés sur un même génotype (individu ou provenance) peuvent être d'origine génétique (pléiotropie ou linkage) comme ils peuvent provenir d'une co-variation environnementale (FALCONER, 1989). Les liaisons entre caractères mesurés ou observés et variables géographiques sont susceptibles de renseigner sur la structure géographique de la variation observée. La variation du caractère est aléatoire, lorsque les populations ne se répartissent pas selon un ordre défini par les variations de la variable géographique considérée, clinale, quand, au contraire, elles se répartissent suivant des gradients géographiques déterminés (WRIGHT, 1976). Par exemple, pour le pin brutia en Turquie, on a observé une liaison entre croissance et altitude (ISIK *et al.*, 2000).

Les corrélations traitées dans cet article sont phénotypiques ; elles intègrent, par conséquent, aussi bien des effets génétiques que des effets environnementaux. Des corrélations

phénotypiques nulles ne sont pas synonymes d'absence de liaison génétique entre deux caractères ; une telle liaison, si elle existe, peut être masquée par un antagonisme d'origine environnementale.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Matériel végétal

Les quatre provenances étudiées sont, du nord au sud, : Soufli, de Grèce continentale (Thrace), Thasos, île du nord de la mer Egée, Samos, île du centre de mer Egée et Rhodes, île du sud de la mer Egée.

Sites et essais expérimentaux

Essai pépinière : Les plants ont été élevés en pépinière INRF à Bainem, sur les hauteurs littorales à l'ouest d'Alger (latitude 36° 49' N ; longitude 02° 56' E; altitude 180 m). Les plants de toutes les provenances ont été élevés en tube de polyéthylène sans fond placés sur des planches métalliques surélevées, sans dispositif spécial.

Essai en champ : Le site d'introduction se localise dans la réserve de Mergueb, dans la wilaya de M'sila, à 180km 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.

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 formée chacune de 4 plants de la même provenance, ce qui donne au total 30 x 4 x 4 = 480 plants.

Observations et mesures

Les caractères suivants sont mesurés ou observés :

- Poids de 1000 graines (g) ;

En pépinière :

- Hauteur totale du plant toutes les 4 semaines, de mai à octobre (pépinière) ;

Diamètre à la base du plant toutes les 4 semaines de juillet à octobre pour le diamètre (pépinière). 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 (tableau I).

En champ :

- Survie (0 : plant mort, 1 : plant survivant) en champ, à l'âge de 2 ans après la levée ;

Hauteur totale et diamètre à la base du plant ;

- Débourrement (0 : plant dormant, 1 : plant débourré).

Analyses statistiques

Les liaisons entre caractères ont été estimées par des calculs de coefficients de corrélation linéaire de Bravais-Pearson, dans un premier temps, sur les données individuelles puis, dans un deuxième temps, sur les moyennes de provenances. Comme les degrés de liberté sont réduits, dans ce dernier cas (2 ddl), les tests correspondants peuvent manquer de puissance. Les liaisons entre caractères et variables géographiques (latitude, longitude et altitude) ont, de même, été estimées par le coefficient de corrélation linéaire sur les moyennes de provenances uniquement.

RÉSULTATS

Essai en pépinière

Liaisons entre caractères au niveau individu

Les résultats de l'analyse des corrélations individuelles ainsi que leur signification statistique sont reportés dans le tableau II. Ce tableau distingue, par un compartimentage, les corrélations entre caractères d'un même groupe (compartiments de la diagonale) et les corrélations entre caractères de groupes différents (compartiments hors diagonale). Il y a lieu de relever certaines valeurs de coefficient basses mais significatives au seuil de risque de 5 % en raison du nombre élevé de degrés de liberté (158).

Liaisons entre caractères d'un même groupe

Comme attendu, les hauteurs d'un même plant à différents âges sont fortement liées, les coefficients de corrélation correspondants étant tous statistiquement significatifs. On remarquera, cependant, que ces corrélations sont plus fortes entre deux hauteurs successives qu'entre deux hauteurs extrêmes ; H9, par exemple, est plus fortement corrélé à H13 ($r = 0.86^*$) qu'à H29 ($r = 0.61^*$). Cette tendance est bien illustrée par une diminution des valeurs de r sur les colonnes et une augmentation sur les lignes. Les résultats sont similaires en ce qui concerne la croissance en diamètre. Par contre, les corrélations entre les valeurs d'accroissement courant en hauteur ou en diamètre sont relativement faibles, même si certaines d'entre-elles sont statistiquement significatives. Pour l'accroissement en hauteur, la liaison la plus forte est observée entre ACH (13,17) et ACH (25,29) avec un coefficient $r = 0.43^*$; on relèvera, à l'inverse, que ACH (0,9) et ACH (9,13) sont quasiment indépendants ($r = -0.05$). En fait, on ne perçoit aucune structure de co-variation entre les différents accroissements en hauteur, deux accroissements successifs pouvant être significativement corrélés [ACH (9,13) et ACH

(13,17), ACH (13,17) et ACH (17,21), ACH (21,25) et ACH (25,29)] comme ils peuvent ne pas l'être [ACH (0,9) et ACH (9,13), ACH (17,21) et ACH (21,25)]. Pour l'accroissement courant en diamètre, les corrélations sont essentiellement négatives suggérant un antagonisme entre périodes de croissance en épaisseur de l'individu, comme c'est le cas pour le couple ACD (0,17) et ACD (17,21) avec un coefficient $r = -0.32^*$. Ce mode de co-variation n'est pas perceptible pour l'accroissement en diamètre des autres périodes car, bien que négatives, les corrélations ne sont pas significatives.

Liaisons entre caractères de groupes différents

L'accroissement courant en hauteur ACH (0,9) est significativement corrélé aux différentes hauteurs mais la liaison est particulièrement forte avec H9 qui est en est la résultante directe. La forte corrélation entre ACH (0,9) et H (29) ($r = 0.61^*$) montre que la croissance initiale des plants détermine pour une grande part la croissance totale des plants à la fin de leur première année de croissance. D'une manière générale, les valeurs de r sont élevées et significatives entre l'accroissement courant et la hauteur du plant correspondant. L'examen du compartiment correspondant du tableau II permet de constater que les corrélations sont élevées entre la hauteur des plants et leur diamètre à la base. Ces deux caractères expriment deux aspects fortement liés de la vigueur des plants. L'accroissement courant en diamètre, par contre, est faiblement corrélé à la hauteur du plant à l'exception de l'accroissement initial ACD (0,17) avec lequel les hauteurs aux divers âges sont corrélés positivement. Entre accroissement courant en hauteur et accroissement courant en diamètre, on n'observe des corrélations significatives (positives) que durant la période de croissance (0,17), qui est celle pendant laquelle l'essentiel

de la croissance, aussi bien en hauteur qu'en diamètre, est réalisée. De même que pour la hauteur et l'accroissement initial en hauteur, l'accroissement initial en diamètre ACD (0,17) est fortement corrélé aux diamètres aux divers âges. Le diamètre des plants à la fin de la première année de croissance est, en bonne partie, réalisé durant la période initiale de croissance au printemps. Il n'y a pratiquement pas de liaison entre le poids de mille graines et les autres caractères, notamment la hauteur et le diamètre. La vigueur des plants aux premiers stades de l'état juvénile serait ainsi indépendante de la quantité de réserves contenues dans la graine.

Liaisons entre caractères au niveau provenance

Les valeurs des coefficients de corrélation au niveau provenance, sont consignées dans le tableau III. Il convient de dire que ce résultats ne peuvent être qu'indicatifs étant donné le faible nombre de degrés de liberté des tests de signification. On notera, à ce propos, une valeur seuil de r à 5% très élevée (0.94), ce qui dénote une faible puissance des tests. Comme au niveau individuel, il existe des liaisons fortes au niveau provenance entre hauteurs à divers âges ($0.94 < r < 1.00^*$) ; les corrélations entre diamètre sont légèrement moins élevées ($0.86 < r < 0.99^*$) mais souvent significatives. Il en est de même des liaisons entre hauteur et diamètre ($0.80 < r < 1.00^*$). La hauteur, quel que soit l'âge considéré, n'est corrélée significativement qu'aux accroissements initiaux en hauteur ; la tendance déjà trouvée au niveau individuel est confirmée au niveau provenance. Ceci s'observe également pour le diamètre et l'accroissement en diamètre où seul ACD (0,17) est corrélé avec les différentes mesures de diamètre ($0.86 < r < 1.00$). Il est intéressant de noter les corrélations inverses entre certains couples de caractères comme, par exemple, ACH (17,21) et ACH (21,25)

($r = 0.95^*$), ACD (0,17) et ACD (25,29) ($r = -0.97^*$) ou encore ; ces liaisons négatives, que l'on a déjà retrouvé au niveau individuel, traduisent des effets antagoniques entre périodes de croissance. Il n'y a pas, non plus, de corrélation entre le poids de mille graines et les caractères de vigueur des plants.

Liaisons entre caractères et variables géographiques au niveau provenance

Des corrélations négatives entre vigueur et latitude, d'une part, vigueur et longitude, d'autre part ont été mise en évidence; mais les coefficients ne sont pas significatifs (tableau IV).

Essai en champ

Il ne sera rapporté que les résultats relatifs aux liaisons entre caractères et variables géographiques au niveau provenance (2 ddl).

Au niveau provenance (tableau V), on perçoit des tendances qui se résument à des liaisons négatives entre hauteur et latitude, hauteur et altitude, positives entre débourrement et latitude. Cependant, ces liaisons ne sont pas significatives, pour la plupart, en raison du faible nombre de degrés de liberté (2 ddl) qui affectent directement la puissance des tests de corrélation. On relèvera, cependant, la liaison négative significative ($r = -0.96^*$) entre survie et altitude ; cette liaison laisserait croire que les provenances d'altitude sont moins bien adaptées au x conditions de la réserve de Mergueb que les provenances de plus basse altitude.

Corrélations pépinière/champ

Les coefficients de corrélation entre les caractères mesurés ou observés en pépinière et ceux mesurés ou observés en champ (plants de deux ans) sont rapportés dans le tableau VI. Globalement, les corrélations ne sont pas significatives bien que les valeurs de certaines

d'entre-elles soient élevées ; les tests manquent de puissance en raison du nombre réduit de degrés de liberté (ddl). Toutefois, il n'est pas inutile de relever les corrélations inverses (négatives) entre vigueur des plants en pépinière et survie au champ.

DISCUSSION

L'information déduite de l'analyse de corrélation est précieuse en ce sens qu'elle est susceptible d'orienter nos choix quant aux populations à introduire dans les stations analogues à celles des tests. Elles nous permettent aussi d'accumuler des informations sur la biologie et l'écologie de l'espèce en relation avec des caractères et des variables géographiques déterminant le comportement des populations.

Les résultats obtenus en pépinière montrent des corrélations fortes entre hauteurs successives ; les corrélations sont moins conséquentes entre les hauteurs mesurées à des intervalles plus grands.

Cela est probablement dû à la constance des conditions de croissance en pépinière mais peut aussi suggérer une stabilité du pool de gènes contrôlant le caractère sur des intervalles de faible amplitude par pléiotropie, comme observé chez le pin maritime pour la croissance en hauteur aux stades juvéniles (KREMER, 1992). Par contre, les corrélations entre les accroissements en hauteur sont relativement faibles, montrant que la croissance d'une période est relativement indépendante de la croissance de la période qui l'a précédée. Les liaisons entre accroissements en diamètre sont essentiellement négatives suggérant un antagonisme entre périodes de croissance en épaisseur de l'individu. Tout se passerait comme si un accroissement donné se faisait aux dépens de l'accroissement ultérieur.

Il n'y a pratiquement pas de liaison entre le poids de mille graines et les autres caractères, notamment la hauteur et le diamètre. La vigueur des plants, aux premiers stades de l'état juvénile, serait ainsi indépendante de la quantité de réserves de l'endosperme et l'absence d'effets maternels dus à la graine.

La croissance en hauteur et en diamètre semble inversement corrélée à la latitude, la provenance la plus septentrionale étant la moins vigoureuse. D'une manière assez générale chez les arbres forestiers, les populations méridionales croissent plus vite que les provenances septentrionales lorsqu'elles sont transférées dans des régions de basse latitude (WRIGHT, 1976 ; ZOBEL ET TALBERT, 1984). Ce comportement est probablement lié aux différences de pressions de sélection (température, photopériode, etc.) qui s'exercent çà et là, mais, dans les populations de faible taille une variation par dérive aléatoire peut s'y greffer (FISHER *et al.*, 1986). Par ailleurs, l'homme a pu modeler, dans une certaine mesure, les populations actuelles de pin brutia en pratiquant des transferts de matériel génétique dès l'antiquité (Panetsos, 1981).

Les observations en champ, sur des plants âgés de deux ans, ont permis de mettre en évidence une liaison entre le débourrement et les variables géographiques considérées, notamment la latitude. Les plants de haute latitude débourrent, en moyenne, plus précocement que les plants de basse latitude. Une telle liaison entre débourrement et latitude est souvent rapportée chez les arbres forestiers en plantation comparative (ZOBEL ET TALBERT, 1984).

On n'observe pas de liaison significative entre croissance en hauteur des semis en pépinière et croissance en hauteur des plants en champ à

l'âge de deux ans ; mais la provenance continentale (Thrace) reste la moins vigoureuse dans les deux contextes. De plus, il a été détecté une diminution des corrélations âge-âge pour la hauteur en pépinière. Dans un essai en Australie, sur le pin brutia, on a également observé de faibles valeurs de corrélation entre hauteurs à différents âges (SPENCER, 1985). Cette faiblesse des corrélations âge-âge pose tout le problème de la confiance que l'on peut placer dans les critères juvéniles pour prédire le comportement d'un individu ou d'une provenance à des âges plus avancés. La survie en champ semble corrélée négativement à la vigueur des plants à leur sortie de pépinière. Les plants les plus vigoureux seraient-ils moins aptes à surmonter les stress, notamment hydrique, auxquels ils sont confrontés en plantation ? Les critères de comportement juvénile sont importants à considérer car c'est à ce stade que s'exercent les pressions les plus fortes sur la survie des plants en plantation.

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 Mlles ABOUBI Nadia et MOUSSAOUI Nabila ainsi que Mr 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

- FALCONER D.S., 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Longman Scientific & Technical, UK; Third édition, 438 p.
- 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.
- SIK F., KESKIN S., MC KEAND S.E., 2000. Provenance variation and provenance-site interaction in *Pinus brutia* Ten. : Conséquences of defining breeding zones. Silvae Genêt. 49 (4-5) : 213-223.
- KREMER A., 1992. Prédications of âge-âge corrélations of total height based on sériai corrélations between height incréments in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.), Theor. Appl. Genét. 85 : 152-158.
- PANETSOS K.C.P., 1981. Monograph of *Pinus halepensis* (Mill.) and *Pinus brutia* (Ten.). Ann. Forest. 9 (2) : 39-77.
- SPENCER D.J., 1985. Dry country pines. Provenance évaluation of *Pinus halepensis-P. brutia* complex in the semi-arid region of South-east Australia. Aust. For. Res. 15 : 263-275.
- WRIGHT J.W., 1976. Introduction to Forest Genetics. Académie Press, N. Y., 463.
- ZOBEL B., TALBERT J., 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley & Sons, N. Y., 505 p.

Tableau I : 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,H5)/4
	Diamètre à 17 semaines	D17	mm		
	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	mm mm	0 : plant mort 1 : plant survivant	
	Hauteur totale à deux ans	HT2		DB2/HT2 0 : non débourré 1 : débourré	
	Diamètre à la base à deux ans	DB2			
	Elancement à deux ans Débourrement	ELAN2 DEBOUR			

Comportement juvénile comparé de quatre provenances grecques de *Pinus brutia*

Tableau II : Corrélations entre caractères au niveau individuel en pépinière (158 ddl)

	H9	H13	H17	H21	H25	H29	ACH (0,9)	ACH (9,13)	ACH (13,17)	ACH (17,21)	ACH (21,25)	ACH (25,29)	D29	D25	D21	D17	ACD (0,17)	ACD (17,21)	ACD (21,25)	ACD (25,29)	Elan 21	Elan 25	Elan 29							
H9																														
H13	0.86																													
H17	0.72	0.84																												
H21	0.66	0.78	0.96																											
H25	0.64	0.76	0.95	0.99																										
H29	0.61	0.73	0.94	0.98	0.99	/																								
ACH (0,9)	1.00	0.86	0.72	0.66	0.64	0.63	/																							
ACH (9,13)	-0.05	0.47	0.40	0.37	0.38	0.38	-0.05	/																						
ACH (13,17)	0.28	0.33	0.80	0.80	0.80	0.80	0.28	0.17	/																					
ACH (17,21)	0.07	0.09	0.22	0.48	0.48	0.49	0.07	0.06	0.29	/																				
ACH (21,25)	-0.07	-0.01	0.06	0.07	0.07	0.24	-0.07	0.10	0.11	0.08	/																			
ACH (25,29)	0.08	0.16	0.35	0.41	0.41	0.54	0.08	0.17	0.43	0.34	0.25	/																		
D17	0.52	0.63	0.64	0.61	0.61	0.60	0.52	0.33	0.40	0.13	-0.02	0.30	/																	
D21	0.51	0.64	0.66	0.63	0.63	0.61	0.51	0.38	0.43	0.13	-0.05	0.28	0.93	/																
D25	0.53	0.63	0.68	0.65	0.65	0.64	0.53	0.33	0.48	0.12	0.06	0.28	0.84	0.89	/															
D29	0.44	0.58	0.55	0.63	0.63	0.62	0.44	0.36	0.50	0.12	0.04	0.30	0.76	0.81	0.89	/														
ACD (0,17)	0.52	0.63	0.64	0.61	0.61	0.60	0.52	0.33	0.40	0.13	-0.02	0.30	1.00	0.93	0.84	0.76	/													
ACD (17,21)	-0.10	-0.05	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.10	0.08	0.02	-0.02	-0.06	-0.09	-0.32	0.06	0.01	0.04	-0.32	/												
ACD (21,25)	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.02	0.00	-0.14	0.06	-0.01	0.23	-0.03	-0.26	-0.31	0.17	0.11	-0.26	-0.26	/											
ACD (25,29)	-0.07	-0.07	0.09	0.08	0.08	0.09	-0.07	0.15	0.14	0.01	-0.04	0.11	-0.01	-0.02	-0.01	0.43	-0.01	-0.06	-0.09	/										
Poids 1000 g	0.00	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.06	0.00	-0.03	-0.07	0.10	-0.08	-0.23	-0.11	-0.04	-0.04	-0.03	-0.11	0.21	-0.01	0.03	-0.04	0.00	-0.12							

Les corrélations significatives à $p < 0.05$ sont marquées en gras.

Tableau III : Corrélations entre caractères au niveau provenance en pépinière (2 ddl).

	H9	H13	H17	H21	H25	H29	ACH (0,9)	ACH (9,13)	ACH (13,17)	ACH (17,21)	ACH (21,25)	ACH (25,29)	D29 (0,17)	ACD (17,21)	ACD (21,25)	ACD (25,29)	Elan 17	Elan 21	Elan 25	Elan 29				
H9	/																							
H13	1.00	/																						
H17	0.94	0.96	/																					
H21	0.97	0.98	0.99	/																				
H25	0.95	0.97	1.00	1.00	/																			
H29	0.94	0.96	1.00	0.99	1.00	/																		
ACH (0,9)	1.00	1.00	0.94	0.97	0.95	0.94	/																	
ACH (9,13)	-0.12	-0.05	0.20	0.12	0.18	0.18	-0.12	/																
ACH (13,17)	0.72	0.76	0.91	0.87	0.89	0.91	0.72	0.57	/															
ACH (17,21)	0.40	0.35	0.11	0.22	0.16	0.09	0.40	-0.64	-0.26	/														
ACH (21,25)	-0.63	-0.56	-0.32	-0.42	-0.36	-0.31	-0.63	0.71	0.09	-0.95	/													
ACH (25,29)	0.32	0.34	0.46	0.39	0.42	0.50	0.32	0.13	0.55	-0.63	0.35	/												
D17	0.95	0.96	0.98	0.97	0.97	0.98	0.95	0.05	0.85	0.09	-0.34	0.59	/											
D21	0.94	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94	0.21	0.91	0.14	-0.34	0.42	0.97	/										
D25	0.86	0.90	0.98	0.96	0.97	0.97	0.85	0.39	0.96	0.01	-0.18	0.41	0.91	0.98	/									
D29	0.80	0.84	0.94	0.92	0.94	0.94	0.80	0.50	0.97	-0.05	-0.09	0.38	0.86	0.95	0.99	/								
ACD (0,17)	0.95	0.96	0.98	0.97	0.97	0.98	0.95	0.05	0.85	0.09	-0.34	0.59	1.00	0.97	0.91	0.86	/							
ACD (17,21)	-0.32	-0.29	-0.24	-0.22	-0.22	-0.28	-0.32	0.52	-0.08	0.15	0.13	-0.77	-0.44	-0.20	-0.07	0.02	-0.44	/						
ACD (21,25)	-0.12	-0.03	0.19	0.13	0.17	0.17	-0.12	1.00	0.56	-0.59	0.68	0.08	0.04	0.20	0.39	0.50	0.04	0.57	/					
ACD (25,29)	-0.98	-0.97	-0.92	-0.94	-0.93	-0.93	-0.98	0.18	-0.70	-0.29	0.55	-0.48	-0.97	-0.92	-0.82	-0.75	-0.97	0.50	0.19	/				
Poids 1000 g	0.01	0.00	-0.14	-0.06	-0.10	-0.18	0.01	-0.14	-0.30	0.78	-0.55	-0.94	-0.28	-0.10	-0.11	-0.28	0.73	-0.08	0.17	-0.32	-0.04	-0.04	0.11	-0.58

Les corrélations significatives à p < 0.05 sont marquées en gras.