

Approche génétique de la floraison tardive chez l'amandier

Socias i Company R., Felipe A.J., Gomez Aparisi J.

X GREMPA Seminar

Zaragoza : CIHEAM

Cahiers Options Méditerranéennes; n. 33

1998

pages 163-169

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=98606180>

To cite this article / Pour citer cet article

Socias i Company R., Felipe A.J., Gomez Aparisi J. **Approche génétique de la floraison tardive chez l'amandier.** X *GREMPA Seminar* . Zaragoza : CIHEAM, 1998. p. 163-169 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 33)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

Approche génétique de la floraison tardive chez l'amandier

R. Socias i Company, A.J. Felipe et J. Gómez-Aparisi

Unidad de Fruticultura, SIA-DGA,
Apartado 727, 50080 Zaragoza, Espagne

RESUME - L'amandier a toujours été considéré comme la première espèce fruitière à fleurir. Cette caractéristique a restreint la culture de l'amandier aux zones où les gelées printanières ne sont pas trop fréquentes pour éviter les dommages aux fleurs et aux petits fruits. Pour cette raison les programmes d'amélioration génétique de l'amandier ont eu comme but l'obtention de variétés à floraison tardive afin qu'elles fleurissent quand le risque de gelées est déjà dépassé, et lorsque les températures sont plus favorables pour la pollinisation et la fécondation. La date de floraison est généralement considérée comme un caractère quantitatif, mais chez 'Tardy Nonpareil' et ses descendances on a identifié un allèle conférant la tardiveté de la floraison comme caractère qualitatif. On a déterminé l'effet de cet allèle dans les descendances 'D-3-5' x 'Aylés' et 'D-3-5' x 'Moncayo', où cet effet est modifié par des gènes mineurs, hérités quantitativement, ainsi que par le probable effet de l'inbreeding.

Mots-clés : Amandier, amélioration génétique, floraison tardive, *Prunus amygdalus*.

SUMMARY - "Genetical approach to late blooming in almond". Almond is considered as the fruit species showing the earliest blooming time. This fact restricted almond cultivation to regions where spring frosts were not frequent to avoid damages to flowers and small fruits. Most almond breeding programmes are trying to develop later blooming cultivars in order to avoid frost damages by delaying bloom after the probable occurrence of frosts, when temperatures are also higher and more favourable for pollination and fertilization. Blooming time is generally considered to be quantitatively inherited, but a single allele conferring very late blooming in a qualitative way has been identified in 'Tardy Nonpareil' and its progenies. The effect of this allele has been studied in the progenies 'D-3-5' x 'Aylés' and 'D-3-5' x 'Moncayo', where this effect is modified by minor genes, quantitatively inherited, as well as by the probable effect of inbreeding.

Key words: Almond, breeding, late blooming, *Prunus amygdalus*.

Introduction

L'amandier (*Prunus amygdalus* Batsch) a été traditionnellement la première espèce fruitière à fleurir. Pour cette raison, la culture de l'amandier a été restreinte aux régions où le risque de gelées printanières était faible ou même inexistant. Malgré cette circonstance, pendant des siècles de culture, beaucoup de tentatives ont déplacé l'amandier depuis les côtes méditerranéennes vers les zones arides de l'intérieur, où la présence de gelées est beaucoup plus probable. Ainsi la floraison tardive a été une caractéristique recherchée pour l'amandier dans la plupart des programmes d'amélioration génétique, afin que la floraison se déroule quand le risque de gelées est déjà surpassé, en même temps que les températures sont plus favorables pour la pollinisation et la fécondation (Kester et Asay, 1975).

L'amandier, avec l'ensemble de ses variétés, est probablement l'espèce fruitière avec une époque de floraison la plus étendue (Socias i Company et Felipe, 1992). Ainsi les améliorateurs ont eu à leur disposition une gamme très variable d'époques de floraison pour choisir les parents de leurs programmes d'amélioration, vu que ce caractère est considéré hérité quantitativement dans la plupart des espèces fruitières (Anderson et Seeley, 1993). La plupart des études chez l'amandier (Kester, 1965 ; Grasselly et Gall, 1967 ; Grasselly, 1972 ; Vargas et Romero, 1988) ont confirmé ce type de transmission et dans quelques cas l'héritabilité génétique a été calculée, avec un rang de 0,804 (Kester *et al.*, 1973) à 0,67 (Dicenta *et al.*, 1993), une différence qui peut refléter des différences génétiques entre les parents qui ont été choisis pour les croisements. Dans des cas extrêmes, essentiellement quand les deux parents sont à floraison tardive, on attendrait la présence de seulement très peu de plantes avec une floraison plus tardive que celle des deux parents, ce qui augmenterait la difficulté de retarder davantage la floraison (Grasselly et Gall, 1967). Malgré cette

héritabilité quantitative, Kester (1965) avait suggéré que dans les descendance du mutant à floraison tardive 'Tardy Nonpareil', seulement un gène majeur dominant pourrait déterminer la tardiveté de la floraison parce que l'on observait une distribution bimodale chez ses descendance. Ce type de distribution a été aussi obtenu par Grasselly (1978) avec cette même variété.

Ce même comportement a été aussi observé dans le programme d'amélioration génétique de Saragosse (Felipe et Socias i Company, 1985) qui a comme buts prioritaires l'autocompatibilité et la floraison tardive, raison pour laquelle un des deux parents des croisements, et quelquefois les deux, sont à floraison tardive. La descendance de 'D-3-5' x 'Bertina', où 'D-3-5' est une sélection dont l'origine remonte à 'Tardy Nonpareil', a permis d'identifier un locus (*Lb*) conférant la tardiveté de la floraison aux plantes qui possèdent l'allèle dominant (Socias i Company *et al.*, 1996). Notre objectif a été de déterminer si ce même comportement pourrait être observé chez les autres descendance de 'D-3-5' afin de confirmer la présence et la transmission de cet allèle.

Matériels et méthodes

Les deux descendance étudiées sont 'D-3-5' x 'Aylés' et 'D-3-5' x 'Moncayo' (Fig. 1). 'D-3-5' est une sélection de notre programme d'amélioration génétique repérée pour son auto-compatibilité et sa floraison très tardive. Elle provient du croisement 'Titan' x 'Tuono'. 'Titan' est une variété provenant de la pollinisation libre de 'Tardy Nonpareil' et avait été sélectionnée pour sa floraison très tardive afin de produire des hybrides naturels avec le pêcher 'Nemaguard' (Jones, 1972). 'Tuono' est une variété auto-compatible de la région italienne des Pouilles, utilisée très fréquemment dans les programmes d'amélioration génétique (Socias i Company, 1990). 'Aylés' et 'Moncayo' sont deux obtentions du programme d'amélioration génétique de Saragosse à floraison tardive ou très tardive. 'Aylés' provient de la pollinisation libre de 'Tuono', et 'Moncayo' du croisement 'Tardive de la Verdière' x 'Tuono' (Felipe et Socias i Company, 1987). 'Tardive de la Verdière' est une ancienne variété française (Grasselly et Crossa-Raynaud, 1980).

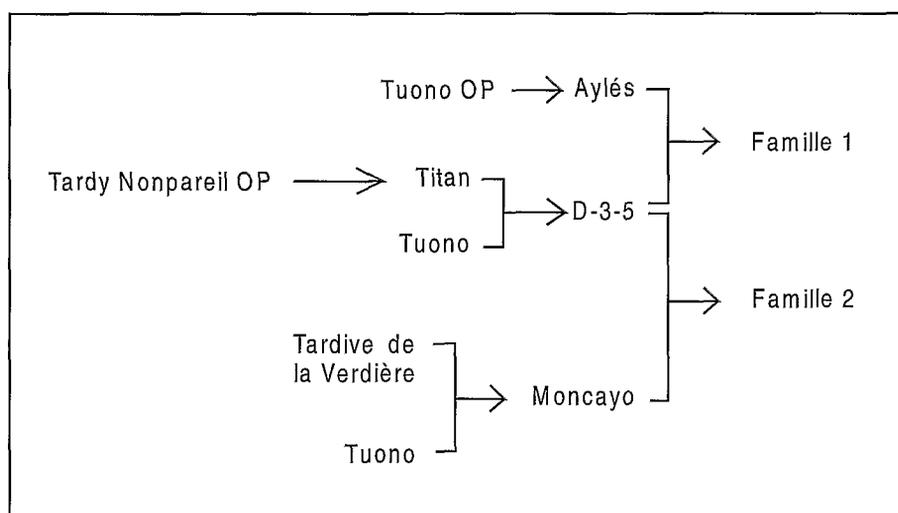


Fig. 1. Généologie des deux populations d'amandier.

Au moment de la floraison de 1995 et 1996 les plantes de ces deux croisements ont été observées pour suivre leur phénologie suivant les stades repères de Felipe (1977), ce qui permet d'établir les dates des différents stades phénologiques selon les pourcentages de fleurs ouvertes (Fig. 2). Les plantes ont été classées selon les dates de fin de floraison parce que la présence de plantes à floraison très tardive a rendu inapplicables les classes de tardiveté établies préalablement (Kester, 1965 ; Grasselly et Olivier, 1985). Les dates de fin de floraison ont été ordonnées en classes de quelques jours afin de faciliter l'observation de leur distribution.

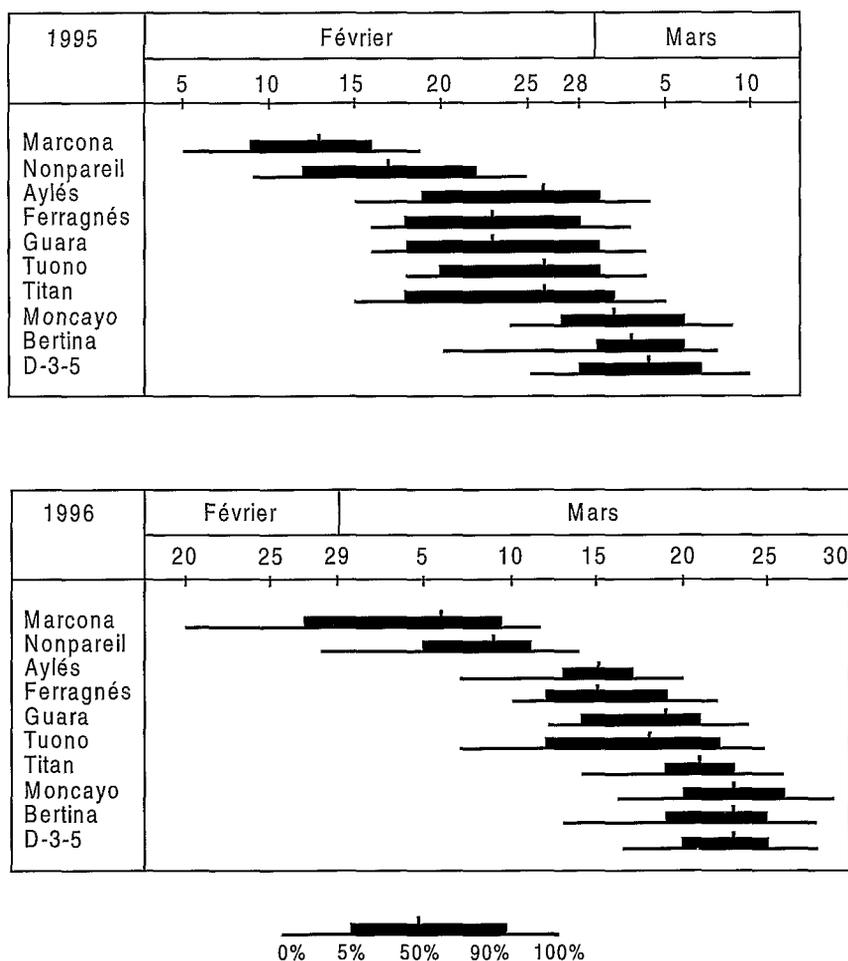


Fig. 2. Epoque de floraison des parents des deux descendance d'amandier en comparaison avec d'autres variétés. Les pourcentages indiquent la proportion de fleurs ouvertes.

Résultats

Les deux saisons de floraison ont montré un développement différent, même si les tendances sont comparables. Ainsi l'époque de floraison a été plus précoce en 1995 et a duré longtemps. La date enregistrée pour la première sélection à fleurir a été le 16 février et la dernière le 25 mars, une durée de 38 jours qui a permis d'établir huit classes de floraison de cinq jours chacune. En 1996 la floraison a été plus tardive et plus courte, avec la première date enregistrée le 12 mars et la dernière le 1 avril, une durée de seulement 20 jours, permettant d'établir sept classes de floraison de trois jours chacune. Pour le croisement 'D-3-5' x 'Aylés' on a observé 34 plantes les deux années, mais pour le croisement 'D-3-5' x 'Moncayo' on a observé plus de plantes en 1996 parce que un plus grand nombre de plantes a dépassé l'époque de juvénilité (de 42 on est arrivé à 63).

La distribution des groupes de floraison des deux descendance pendant les deux années est représenté sur la Fig. 3, où l'on observe une distribution bimodale dans tous les cas. Ce type de distribution a été déjà décrite pour différentes descendance de 'Tardy Nonpareil' (Kester, 1965 ; Grasselly et Gall, 1967), ainsi que pour le croisement 'D-3-5' x 'Bertina' (Socias i Company *et al.*, 1996), où le parent 'D-3-5' coïncide avec les deux croisements ici étudiés.

Cette distribution bimodale présente un minimum qui est très proche de la moyenne des parents (Table 1), conformant pour chaque cas un mélange de deux distributions normales (Fig. 3). Chaque distribution peut être donc considérée comme une population homogène où la présence de divers gènes modificateurs produit une distribution normale.

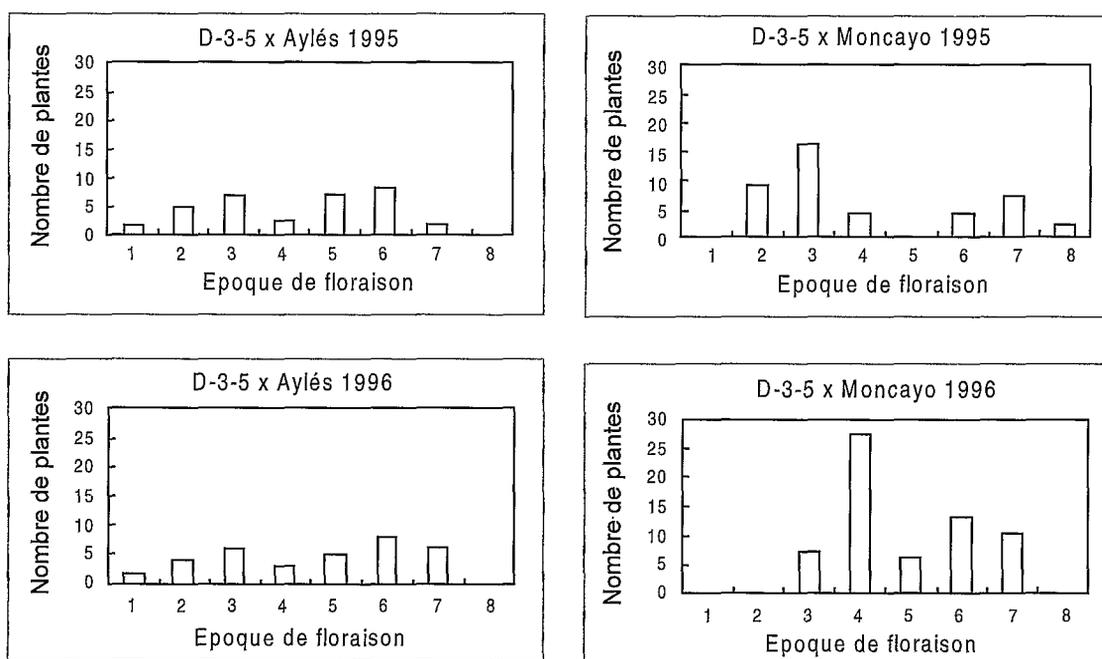


Fig. 3. Histogramme des dates de floraison (90% de fleurs couvertes) pendant deux années des deux familles d'amandier.

Table 1. Dates de floraison (90% de fleurs ouvertes) des parents et ses descendances

Variété ou descendance	1995	1996
D-3-5	7 mars	25 mars
Aylés	1 mars	17 mars
Moncayo	6 mars	26 mars
D-3-5 x Aylés		
Moyenne	5 mars	23 mars
Moyenne des précoces	25 février	18 mars
Moyenne des tardives	12 mars	28 mars
D-3-5 x Moncayo		
Moyenne	11 mars	24 mars
Moyenne des précoces	25 février	21 mars
Moyenne des tardives	16 mars	29 mars

Discussion

La présence d'une distribution bimodale suggère le mélange de deux populations. Comme dans chaque descendance les deux populations ont la même origine, la différenciation peut être seulement due à la présence ou absence d'un gène majeur. En effet, le nombre de plantes dans chaque population est comparable. Seulement la descendance 'D-3-5' x 'Moncayo' en 1995 présente un χ^2 très élevé (Table 2) dû à la présence d'un nombre important de plantes à floraison plus précoce, ce qui pourrait être dû à une juvénilité plus longue des plantes à floraison plus tardive. Cette distribution de proportion 1:1 confirme que dans les deux descendances les deux populations diffèrent par un seul allèle, dont la présence confère la tardivité de la floraison par sa dominance, comme a été déjà décrit et nommé *Lb* (latte bloom, Socias i Company *et al.*, 1996).

Table 2. Distribution des deux descendance selon leur époque de floraison avant ou après la moyenne des parents

Descendance	Année	Avant moyenne	Après moyenne	χ^2	P
D-3-5 x Aylés	1995	17	17	0	0,995
	1996	15	19	0,47	0,5
D-3-5 x Moncayo	1995	29	13	6,10	0,01
	1996	36	27	1,29	0,2

Ce gène avait déjà été suggéré par Kester (1965) chez 'Tardy Nonpareil' et pourrait avoir été transmis à ces descendance à travers de 'Titan' et 'D-3-5' (Fig. 1), ce qui assure l'identité de cet allèle à floraison tardive. Kester (1965) indiquait un délai de 10-14 jours pour la floraison de 'Tardy Nonpareil' par rapport à 'Nonpareil', la variété d'origine dont la première est une mutation, avec la différente époque de floraison comme distinction la plus importante ou presque unique. Ce délai est comparable avec celui observé entre les deux populations de chaque descendance : 8 jours en 1996 pour 'D-3-5' x 'Moncayo' et 19 jours en 1995 pour cette même famille (Table 1), ce qui correspond aux différentes durées de la floraison pendant les deux années. Ce délai pourrait donc être attribué à l'effet de cet allèle, confirmant son identité.

L'identité et la dominance de cet allèle sont confirmées d'après les résultats de Grasselly et Olivier (1985), après avoir étudié quatre familles issues de croisement frère x soeur de descendance de 'Tardy Nonpareil'. Quand on considère le nombre total de plantes de ces familles regroupés par classes de tardivité (Table 3), on observe qu'il n'y a pas de plantes à floraison précoce ou moyenne (classes 0 à 2), 55 plantes à floraison de moyenne à tardive (classes 3 à 5) et 160 plantes à floraison très tardive (classe 6) ou extrêmement tardive (classe 7). La distribution de ces plantes (160:55) est très proche d'une distribution 3:1 ($\chi^2 = 0,039$, $P = 0,99$), comme on attendrait d'un croisement de deux plantes hétérozygotes pour un allèle dominant.

Table 3. Classes de tardivité de quatre familles issues de croisements frère x soeur de descendance de 'Tardy Nonpareil' (élaboré à partir de Grasselly et Olivier, 1985)

Classe de tardivité	Nombre de plantes
0	0
1	0
2	0
3	3
4	15
5	37
6	90
7	70

La présence d'un groupe de plantes à floraison extrêmement tardive parmi les deux familles, en particulier chez la descendance 'D-3-5' x 'Moncayo', est due probablement non seulement à la présence de l'allèle décrit, mais aussi à l'accumulation de gènes modificateurs d'effet quantitatif, accumulés pendant les divers croisements involués dans ce programme d'amélioration, étant donné que seulement des variétés à floraison tardive ou très tardive ont été utilisées dans les croisements. Ainsi on peut observer que la descendance 'D-3-5' x 'Moncayo' a des plantes à floraison plus tardive que la descendance 'D-3-5' x 'Aylés', comme on l'attendrait par la floraison plus tardive de 'Moncayo' en comparaison avec 'Aylés' (Fig. 1).

Si l'on compare la descendance 'D-3-5' x 'Moncayo' avec celle 'D-3-5' x 'Bertina' (Socias i Company *et al.*, 1996), on attendrait une distribution très comparable parce que les dates de floraison

de 'Moncayo' et 'Bertina' sont pratiquement coïncidentes (Fig. 2). Malgré cette coïncidence, chez la famille 'D-3-5' x 'Bertina' il y a des plantes à floraison plus tardive que chez 'D-3-5' x 'Moncayo'. Cette situation pourrait être expliquée par l'inbreeding, vu que 'Moncayo' et 'D-3-5' ont 'Tuono' comme parent commun (Fig. 1), tandis que 'D-3-5' et 'Bertina' ne sont pas apparentées. Comme les différentes têtes de famille chez les croisements qui ont donné lieu à ces descendances ('Tardy Nonpareil', 'Tuono' et 'Tardive de la Verdière'), (Fig. 1) proviennent de régions géographiques différentes, on peut supposer que les gènes modificateurs de la floraison sont différents chez chaque variété, ce qui a permis leur accumulation dans les différentes descendances. Cette accumulation est restreinte dans la famille 'D-3-5' x 'Moncayo' par la proximité génétique des deux parents, tandis que dans le cas de 'Bertina', qui est originaire d'une zone géographique différente des autres, ces gènes modificateurs peuvent être différents, permettant une plus grande accumulation de l'effet tardivité dans certaines des plantes issues de son croisement avec 'D-3-5'.

Conclusion

On confirme que l'époque de floraison chez l'amandier est due à l'effet d'un gène majeur (*Lb*) avec tardivité de floraison dominant sur précocité de floraison. L'effet qualitatif de ce gène est modifié de façon quantitative par des gènes mineurs. L'utilisation de variétés à floraison tardive d'origines géographiques différentes a permis l'accumulation de ces gènes mineurs qui par leur effet additif ont produit quelques plantes à floraison extrêmement tardive, ce qui retarde la floraison de l'amandier beaucoup plus que chez les autres espèces fruitières.

Remerciements

Cette recherche a été conduite dans le projet CICYT AGF95-0004. La collection de données réalisée par J.M. Ansón est très appréciée.

Références

- Anderson, J.L. et Seeley, S.D. (1993). Bloom delay in deciduous fruits. *Hort. Rev.*, 15 : 97-144.
- Dicenta, F., García, J.E. et Carbonell, E.A. (1993). Heritability of flowering, productivity and maturity in almond. *J. Hort. Sci.*, 68(1) : 113-120.
- Felipe, A.J. (1977). Almendro. Estados fenológicos. *Inf. Técn. Econ. Agrar.*, 27 : 8-9.
- Felipe, A.J. et Socias i Company, R. (1985). L'amélioration génétique de l'amandier à Saragosse. *Options Méditerranéennes, CIHEAM/IAMZ*, 85(1) : 9-14.
- Felipe, A.J. et Socias i Company, R. (1987). 'Aylés', 'Guara', and 'Moncayo' almonds. *HortScience*, 22(5) : 961-962.
- Grasselly, C. (1972). *L'amandier : Caractères morphologiques et physiologiques des variétés, modalité de leurs transmissions chez les hybrides de première génération*. Thèse, Univ. Bordeaux, p. 156.
- Grasselly, C. (1978). Observations sur l'utilisation d'un mutant d'amandier à floraison tardive dans un programme d'hybridation. *Ann. Amélior. Plant.*, 28(6) : 685-695.
- Grasselly, C. et Crossa-Raynaud, P. (1980). *L'amandier*. G.P. Maisonneuve et Larose, Paris, p. 446.
- Grasselly, C. et Gall, H. (1967). Étude sur la possibilité de combinaison de quelques caractères agronomiques chez l'amandier 'Cristomorto' hybridé par trois autres variétés. *Ann. Amélior. Plant.*, 17(1) : 83-91.
- Grasselly, C. et Olivier, G. (1985). Avancement du programme "tardivité de floraison" chez l'amandier. *Options Méditerranéennes, CIHEAM/IAMZ*, 85(1) : 47-54.

- Jones, R.W. (1972). Titan, a seed source for F1 almond x Nemaguard peach hybrids. *Fruit Var. Hort. Dig.*, 26(1) : 18-20.
- Kester, D.E. (1965). Inheritance of time of bloom in certain progenies of almond. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 87 : 214-221.
- Kester, D.E. et Asay, R. (1975). Almonds. Dans : *Advances in fruit breeding*, Janick, J. et Moore, J.N. (éds). Purdue Univ. Press, West Lafayette, Indiana, pp. 387-419.
- Kester, D.E., Raddi, P. et Asay, R. (1973). Correlation among chilling requirements for germination, blooming and leafing in almond (*Prunus amygdalus* Batsch). *Genetics*, 74(2,2) : s135.
- Socias i Company, R. (1990). Breeding self-compatible almonds. *Plant Breed. Rev.*, 8 : 313-338.
- Socias i Company, R. et Felipe, A.J. (1992). Almond : A diverse germplasm. *HortScience*, 27 : 717-718, 863.
- Socias i Company, R., Felipe, A.J. et Gómez Aparisi, J. (1996). Genetics of late blooming in almond. Dans : *Eucarpia Fruit Section Meeting*, Oxford, 2-5 septembre 1996.
- Vargas, F.J. et Romero, M.A. (1988). Comparación entre descendencias de cruzamientos intervarietales de almendro en relación con la época de floración y la calidad del fruto. Dans : *VII Colloque du GREMPA, Rap. EUR*, 11 557 : 59-72.