

Charles Grasselly

*Conferència presentada a les Jornades sobre l'ametller a la Universitat Catalana d'Estiu, Prades, 22, 23 i 24 d'agost de 1985*

### RÉSUMÉ

Contrairement à d'autres espèces fruitières, dans les programmes d'amélioration de l'amandier on cherche une variété qui puisse répondre aux nécessités industrielles plutôt que de parvenir à une maturation échelonnée. Entre 1950 et 1970, l'INRA a introduit et étudié plus de 600 variétés d'amandier et, depuis 1960, ont été établis des critères de sélection: floraison tardive pour échapper aux gelées, entrée rapide en production, production régulière et abondante, formation facile et taille simple, coquille ni trop dure ni trop tendre, résistance aux maladies, etc.; en 1970 y furent ajoutés les critères d'autofertilité et de maturation précoce.

Des hybridations ont été réalisées pour créer de nouvelles variétés intéressantes; les croisements se font sur toutes les espèces, en plaçant sur le pistil de la fleur de la variété choisie le pollen préparé de l'autre variété. Les observations commencent dans la troisième année qui suit la plantation de la graine; au cours de la quatrième année son supprimées toutes celles qui ne présentent pas d'intérêt, seules 5 ou 6% sont conservées.

Parmi les caractères morphologiques et physiologiques de l'amandier, signalons que l'amertume de l'amande et la tendresse de la coquille ont un caractère récessif, tandis que la douceur du fruit et la dureté de la coquille ont un caractère dominant. Il nous faut aussi mentionner la floraison très tardive qui caractérise le «Tardy Nonpareil», mutant naturel du «Nonpareil», car la moitié des hybrides obtenus ont une floraison aussi tardive que le mutant, le reste fleurissant à la même époque que les hybrides de «Nonpareil». La floraison tardive est liée à un autre caractère: la production lente et faible. Pour rompre ce lien, il a fallu faire des croisements «frère-soeur» pour que, à la seconde génération, la recombinaison des caractères donne, au même moment, les deux désirés.

L'autofertilité, exceptionnelle chez l'amandier, a été constatée sur des variétés des Pouilles (Italie) et les hybrides obtenues font toujours l'objet d'une étude à l'heure actuelle; on peut cependant penser que les prochaines variétés seront très probablement autocompatibles. De nos jours, les porte-greffes les plus fréquemment utilisés sont l'amandier et le pêcher de semis, et les hybrides pêcher-amandier qui sont excellents et se développent très rapidement. L'amandier de semis, en tant que porte-greffes, fait l'objet d'une

étude de la part des chercheurs espagnols. D'autres porte-greffes (mirabellier, abricotier, etc.) sont aussi à l'étude.

## RESUM

Contràriament a altres espècies fruteres, els programes de millora de l'ametller cerquen una varietat que pugui satisfer les necessitats industrials, i no pas assolir una maduració esglaonada. Entre els anys 1950 i 1970 l'INRA introduí i estudià més de 600 varietats d'ametller, i des del 1960 foren establerts uns criteris de selecció: florida tardana per tal d'escapar-se de les gelades; entrada ràpida en producció; producció regular i abundosa; fàcil de formar i de poda senzilla; closca ni massa dura ni massa tendra; resistència a les malalties, i altres, als quals el 1970 hom afegí els criteris d'autofertilitat i de maduració precoç.

Han estat efectuades hibridacions per tal de crear varietats noves interessants i els encreuaments es fan sobre totes les espècies, col·locant sobre el pistil de la flor de la varietat escollida el pol·len preparat de l'altra varietat. Les observacions comencen el tercer any de la plantació de la llavor, i al quart any hom suprimeix totes les que no presenten interès, i en queden tan sols un 5-6% de les originals.

Dels caràcters morfològics i fisiològics de l'ametller, l'amargor de l'ametlla i la closca tendra són recessius, mentre que la dolçor i la closca dura són dominants. Cal esmentar el caràcter de floració molt tardana amb «Tardy Nonpareil», mutant natural de «Nonpareil», car, dels híbrids obtinguts, la meitat són de floració tan tardana com el mutant, però la resta floreix a la mateixa època que els híbrids de «Nonpareil». La floració tardana va lligada a un altre caràcter, que és la producció lenta i feble. Per a trencar aquest lligam ha calgut de fer encreuaments «germà-germana» per tal que a la segona generació la recombinació de caràcters doni, ensems, els dos que hom desitja.

L'autofertilitat, excepcional en l'ametller, ha estat trobada en varietats de la regió de Pulla (Itàlia) i els híbrids obtinguts són objecte d'estudi que encara continua; hom pot predir ja que les properes varietats d'ametller seran molt probablement autocompatibles.

Pel que fa als portaempelts, els més emprats ara són: l'ametller i el presseguer de llavor i els híbrids presseguer-ametller, que són bons i es desenvolupen ràpidament. L'ametller de llavor com a portaempelt és objecte de la recerca espanyola. Hom estudia encara altres portaempelts, com ara els de mirabolà, albercoquer, etc.

## RESUMEN

Al contrario de lo que ocurre con otras especies fruteras, los programas de mejora del almendro buscan una variedad que pueda satisfacer las necesidades industriales,



y no obtener una maduración escalonada. Entre los años 1950 y 1970, el INRA introdujo y estudió más de 600 variedades de almendro, y desde 1960 se establecieron unos criterios de selección: floración tardía para escapar a las heladas; entrada rápida en producción; producción regular y abundante; fácil de formar y de poda sencilla; cáscara ni demasiado dura ni demasiado tierna; resistencia a las enfermedades, y otros, a los cuales fueron añadidos en 1970 los criterios de autofertilidad y de maduración precoz.

Se han efectuado hibridaciones para crear nuevas variedades interesantes, y los cruces se hacen sobre todas las especies, colocando sobre el pistilo de la flor de la variedad escogida, el polen preparado de la otra variedad. Las observaciones empiezan al tercer año de la plantación de la semilla, y al cuarto año se suprimen todas las que no ofrecen interés, quedando de este modo tan sólo un 5-6% de las originales.

De los caracteres morfológicos y fisiológicos del almendro, el sabor amargo de la almendra y la cáscara tierna son recesivos, mientras que el sabor dulce y la cáscara dura son dominantes. Hay que destacar el carácter de floración muy tardía en «Tardy Nonpareil», mutante natural de «Nonpareil», ya que, des los híbridos obtenidos, la mitad son de floración tan tardía como el mutante, pero el resto florece en la misma época que los híbridos de «Nonpareil». La floración tardía va unida a otro carácter, que es la producción lenta y débil. Para romper esta unión ha sido necesario hacer cruces «hermano-hermana» a fin de que a la segunda generación, la recombinación de caracteres produzca al mismo tiempo los dos que se desean.

La autofertilidad, excepcional en el almendro, ha sido hallada en variedades de la región de Puglia (Italia), y los híbridos obtenidos son objeto de estudios que todavía continúan; se puede predecir, ya, que las próximas variedades de almendro serán muy probablemente autocompatibles.

En cuanto a los injertos, los más usados actualmente son: el almendro y el melocotonero de semilla, y los híbridos melocotonero-almendro, que son muy buenos y se desarrollan rápidamente. El almendro de semilla como portainjerto es objeto de la investigación española. Se estudian también otros portainjertos, como los de mirobálano, albaricoquero, etc.

## 1 .INTRODUCTION

Le programme d'amélioration génétique de l'Amandier préparé dès les années 1950 mais réellement commencé en 1960 ressemble en fait à tout programme d'amélioration d'une espèce végétale.

Il a consisté d'abord à rassembler la plus grande diversité génétique possible puis à définir les objectifs d'amélioration et enfin entreprendre avec les géniteurs repérés les croisements d'où sortiraient les futures variétés. On imagine qu'un tel programme avec les arbres fruitiers est long et donc coûteux puisqu'il se poursuit encore dans les années 1980.

## 2. PARTICULARITES DE L'ESPECE AMANDIER

Par rapport au Pêcher qui est une espèce proche, l'Amandier se distingue par un certain nombre de particularités:

—C'est une espèce allogame, donc qui nécessite une fécondation croisée à chaque génération. L'autocompatibilité, qui est l'exception, n'aurait pu se maintenir en dehors de la culture en raison de la grande diminution de vigueur que l'on observe après quelques générations d'autofécondation.

—L'Amandier a jusqu'au siècle dernier toujours été multiplié par semis non greffés. Ces semis constituent encore les vergers de production de certains pays méditerranéens.

—Il existe toujours au Moyen Orient des espèces sauvages d'*Amygdalus* qui s'hybrident avec l'espèce cultivée et la maintiennent dans un état de très grande variabilité.

—L'objectif final des programmes d'amélioration concernant uniquement la production de la graine, les autres caractères de l'arbre et du fruit comme la couleur, l'aspect de la chair, importants pour le Pêcher et l'Abricotier n'ont chez l'Amandier qu'une importance très secondaire. Ceci facilite en un sens la sélection et rend possible des croisements avec des espèces voisines, voire parfois éloignées, dont les hybrides s'ils sont productifs fourniront toujours des graines.

—Contrairement aux programmes réalisés sur les autres espèces fruitières qui visent l'obtention de gammes de maturité échelonnées le long d'une saison, les programmes d'amélioration chez l'Amandier sont à la recherche d'une variété idéale pouvant satisfaire tous les besoins de l'industrie. cet objectif a évidemment pour conséquence de rendre plus sévère les tris dans les hybrides.

### 2.1 La diversité génétique de l'espèce Amandier

Comme pour toute espèce végétale il est nécessaire, lorsque l'on veut rassembler en collection la plus grande variabilité génétique, de ne pas se contenter de rassembler les quelques variétés du pays où l'on se trouve. Cette limitation a conduit dans le passé certains programmes nationaux à l'échec; les hybrideurs s'étant contentés de croiser entre elles des variétés déjà assez proches leurs hybrides présentaient toujours des caractères ne dépassant pas ceux de leurs parents.

Il a donc été nécessaire d'introduire les principales variétés des pays méditerranéens où des sélections existaient: Espagne, Italie, Tunisie, Grèce, puis des pays où l'Amandier était d'introduction plus récente: Californie, Australie.

On peut estimer que des variétés comme «Marcona» en Espagne, «Aï» en France sont le résultat d'un travail de sélection populaire ayant porté sur plusieurs millions d'individus issus de semis.



Dans les pays où ce travail de sélection n'a jamais été réalisé, l'I.N.R.A. a effectué des prospections afin de repérer des arbres remarquables.

Les prospections étaient particulièrement intéressantes dans les pays proches de la zone d'origine de l'espèce (ou aire de dispersion) comme l'Iran ou l'Afghanistan. C'est dans ces régions que l'on rencontre la plus grande diversité possible, concernant aussi bien les caractères peu importants comme la dimension ou la couleur des pétales, etc... que des caractères intéressants comme la forme des fruits. Ceci permet de penser par exemple que la grosseur du fruit a probablement été un des caractères recherchés par les premiers sélectionneurs qui ont commencé à cultiver et à disperser l'espèce. On trouve en effet, dans ces pays, sur des arbres très semblables à nos amandiers, des fruits aussi petits que des noisettes. Si demain l'industrie de l'amande demandait à la Recherche des variétés à petits fruits pour la chocolaterie il serait intéressant de savoir que ce caractère existe. Il faut savoir aussi qu'il existe des espèces sauvages d'amandiers qui se croisent facilement avec l'espèce cultivée et qui mûrissent en Juin. Ce caractère peut présenter un intérêt dans les zones où l'irrigation est possible.

## 2.2 Collections et choix des objectifs

Entre les années 1950 et 1970 l'I.N.R.A. a introduit et observé plus de 600 variétés d'amandier. Sur ce nombre, certaines d'entre elles se sont révélées être des synonymes. Parfois au contraire sous le même nom se rencontraient des variétés différentes. C'est le cas des «Princesse», dénomination qui autrefois désignait la catégorie commerciale des types à coques tendres.

C'est en observant de telles collections que le chercheur prend pleinement connaissance de la variabilité de l'espèce: variabilité qui va d'une part lui permettre à court terme de définir ses objectifs et progressivement à plus long terme de détecter de nouvelles pistes et des solutions aux problèmes qui surgiront. C'est ainsi que les critères suivants furent établis à partir de 1960:

- Tardivité de floraison permettant d'échapper au gel.
- Rapidité de mise à fruit du jeune arbre.
- Port naturel de l'arbre facilitant l'établissement d'une charpente solide, facile à former et simplifiant la taille.
- Régularité et abondance de la production.
- Coque ni trop dure ni trop tendre, bien scellée, protégeant bien l'amande contre les insectes et parasites.
- Résistance de l'arbre aux maladies cryptogamiques.
- Absence de graines doubles dans le fruit.
- Téguments clairs et lisses.

Après 1970 d'autres critères seront ajoutés à cette liste connue:

- Autofertilité (autocompatibilité des fleurs).
- Maturité précoce.

## 2.3 Hybridation et observation des familles hybrides

L'hybridation a pour but la création d'une variété nouvelle rassemblant des caractères intéressants et complémentaires portés par deux ou plusieurs individus.

Les premiers croisements furent réalisés en 1960 entre la variété «Cristomorto», variété italienne vigoureuse, productive, à floraison tardive et un certain nombre d'autres variétés comme «Aï», «Ardéchoise», «A la dame». Entre 1960 et 1970 plus de 30 variétés furent ainsi croisées et environ 1500 hybrides réalisés.

Ce premier travail devait déboucher sur plusieurs résultats:

- comprendre comment s'effectuait la transmission des caractères chez l'Amandier;
- repérer les géniteurs intéressants;
- sortir quelques variétés présentant un intérêt soit directement pour la production comme «Ferragnès», soit comme géniteurs pour la suite du programme.

Les croisements sont effectués comme sur toutes les espèces en apportant sur le pistil des fleurs de la variété choisie comme femelle (pour des raisons pratiques) le pollen préparé et séché à l'avance après prélèvement des anthères de l'autre variété. Les graines récoltées sont au printemps suivant mises à germer, les jeunes semis élevés une année en pépinière puis replantés en verger à 2 m d'intervalle sur la ligne. Les premières observations commencent en général à la troisième année en verger soit 5 ans après l'hybridation.

Tous les caractères morphologiques et physiologiques observables sont notés, souvent de manière rapide par l'attribution d'une note (de 0 à 5). Ces notations concernent par exemple l'abondance des fleurs, l'époque de floraison puis l'époque de maturité, etc...

A partir de la 4<sup>ème</sup> année en verger tous les hybrides ne présentant pas d'intérêt sont supprimés. Ainsi en quelques années ne subsisteront dans le verger que 5 ou 6% des individus qui sont repris en greffage pour subir à nouveau en vergers de collection de nouveaux tests de comparaison.

## 2.4 Transmission des caractères

La majorité des caractères morphologiques et physiologiques de l'Amandier sont polygéniques c'est-à-dire qu'ils sont liés à plusieurs gènes. Deux caractères semblent se transmettre comme des caractères simples:

- L'amertume de l'amande
- La dureté de la coque

L'amertume de l'amande est un caractère récessif, le caractère doux est dominant (SS) (Sweet).

Pour la coque, le caractère dur est dominant (DD) et tendre (dd) récessif.

Certaines variétés peuvent être homozygotes dures DD comme «Cristomorto». Tous ses descendants quel que soit l'autre parent, seront à coque dure. D'autres variétés peuvent être dure hétérozygotes Dd comme «Marcona» ou «Bartre». Leur descendance sera donc selon l'autre parent soit 100% dure, soit 75% dure et 25% tendre soit 50% dure et 50 tendre.

	D	D
D	DD	DD
d	dD	dD

	D	d
D	DD	Dd
d	dD	dd

	d	d
D	Dd	Dd
d	dd	dd

Pour tous les autres caractères comme la proportion de doubles, l'époque de floraison, de maturité, la distribution des caractères dans les familles issues d'hybridations s'effectue selon la loi normale. La représentation sous forme d'histogramme des stades de Début de floraison par exemple, permet de constater cette distribution. (Fig. 1)

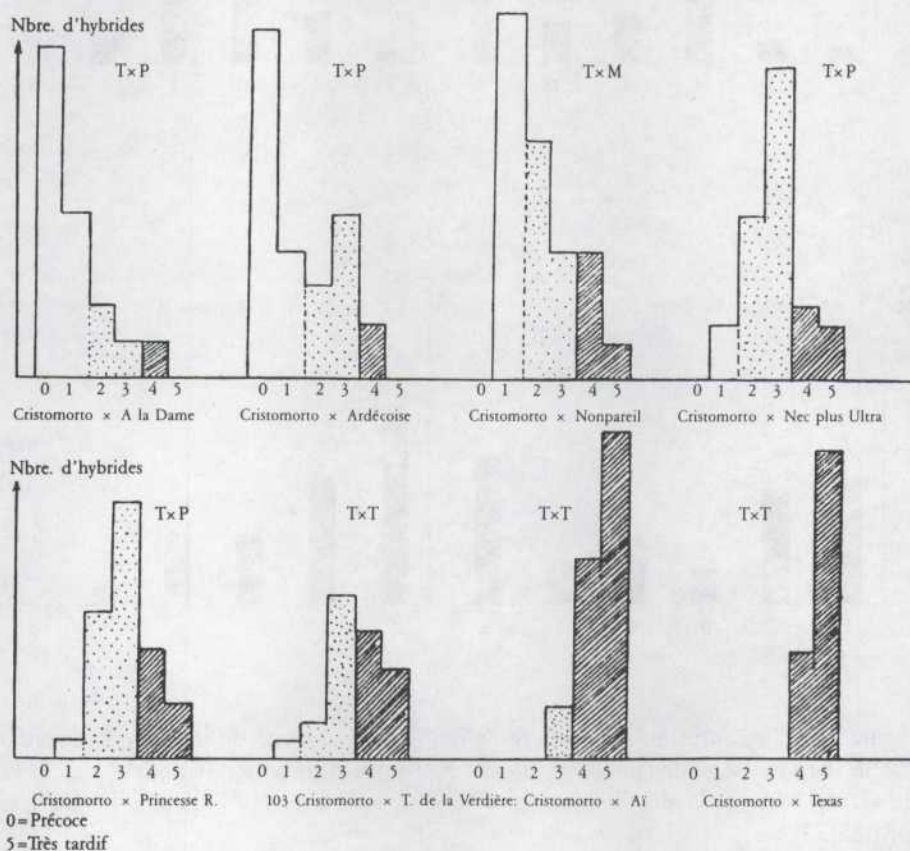


Figura n° 1. Notation de tardivité de floraison dans huit familles issues de la variété «Cristomorto».



Une particularité a été observée dans la transmission du caractère de très grande Tardivité de floraison à partir du génotype «Tardy Nonpareil», mutant naturel de «Nonpareil». A partir de ce géniteur, la transmission de ce caractère très exceptionnel s'effectue de façon bimodale c'est-à-dire qu'une partie des hybrides (environ 50%) fleurit aussi tardivement que le mutant, l'autre partie à l'époque où auraient fleuri les hybrides de «Nonpareil». (Fig. 2)

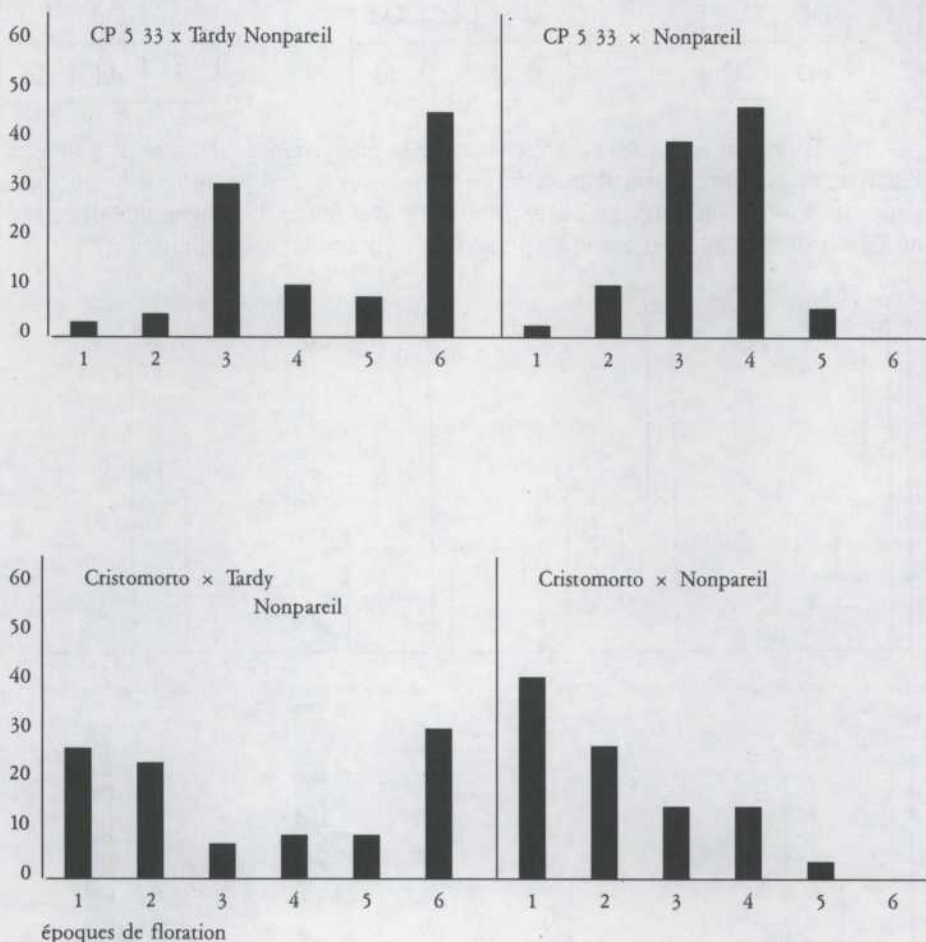


Figura n° 2. Transmission du caractère de très grande tardivité du mutant «Tardy Nonpareil» dans une série de familles hybrides. Observer la distribution bimodale chez les F1 de «Tardy N.P.» et la distribution normale chez les F1 de N.P. (d'après KESTER et GRASELLY).



L'observation de ces hybrides a mis en évidence une liaison entre deux caractères: cette très grande tardivité de floraison et une mise à fruit lente et toujours faible. Ceci avait été observé déjà par KESTER en Californie et représentait un obstacle à l'obtention de variétés a la fois de très grande tardivité de floraison et d'un bon niveau de productivité.

Il fallut pour «casser» la liaison entre ces deux caractères effectuer des croisements «frère x soeur» pour que dans la deuxième génération, la recombinaison des caractères permette de trouver des individus possédant les deux caractères souhaités.

L'autocompatibilité (autofertilité) qui est exceptionnelle chez cette espèce trouvée chez des variétés de la région des Pouilles en Italie. Ces variétés présentant des défauts, en particulier une proportion importante d'amandons doubles, des hybridations ont été effectuées depuis 1972 pour introduire ce caractère d'autocompatibilité dans des variétés nouvelles. Plusieurs croisements ont été réalisés représentant plus d'un millier d'hybrides.

La transmission de ce caractère dans les croisements semble pour le moment s'effectuer selon deux modes: soit à 100 pour cent des individus dans certains croisements soit à 50% dans d'autres. Il faut préciser que chez les individus considérés comme autocompatibles (au-dessus du seuil 6% de fruits par rapport au nombre de fleurs ensachées avant l'ouverture) on observe une assez grande variabilité, de 6 à 40%. Ces différences peuvent être liées à des différences morphologiques des fleurs, en particulier la longueur du style par rapport au niveau des étamines mais aussi peut être à des niveaux différents d'aptitude à l'auto pollinisation.

Ces études sont en cours mais d'ores et déjà on peut présager que les futures variétés d'Amandier seront probablement autocompatibles.