

Intérêt et production des hybrides interraciaux pour le pin maritime

Application à la forêt méditerranéenne

par Pierre ALAZARD

***Il est parfois intéressant
de réunir au sein d'une variété,
les caractéristiques favorables
que l'on trouve sur deux
provenances différentes.
Cela passe par la création
d'hybrides interraciaux.
Pierre Alazard nous décrit ici, les
étapes et les itinéraires techniques
pour la production d'hybrides.
En région méditerranéenne,
cette complémentarité entre races
pourrait être recherchée
avec la race marocaine Tamjout,
dont la résistance à *Matsucoccus*
est bien connue, mais dont
les caractéristiques de vigueur
et de forme sont nettement
insuffisantes.***

Introduction

L'aire naturelle de répartition du pin maritime est vaste (pourtour occidental du bassin méditerranéen) et est morcelée en différentes provenances ou races correspondant à des entités géographiques bien définies (races atlantiques, corse, ibériques, portugaise ou d'Afrique du Nord). Chaque race présente des caractéristiques bien connues, et d'une manière générale, les races locales sont celles qui sont les mieux adaptées à leur milieu naturel.

Toutefois, compte tenu des particularités très fortes de chacune d'entre elles, il est parfois intéressant de réunir au sein d'une variété les caractéristiques favorables que l'on ne peut trouver que sur deux provenances différentes : dans ce cas, la création d'hybrides interraciaux est la seule alternative possible pour créer ces variétés. C'est cette voie qui a été choisie pour le massif landais par la création d'une variété lande*corse réunissant la bonne adaptabilité et le bon niveau de croissance de la race landaise, à l'excellente rectitude de la race Corse.

Cette complémentarité entre races pourrait aussi être recherchée pour la forêt méditerranéenne pour répondre aux problèmes liés au ravageur *Matsucoccus feytaudi*, responsable du dépérissement du pin maritime dans cette région.

On se propose d'aborder les aspects liés à la production d'hybrides interraciaux suivant les trois points suivants :

- intérêt et exemples d'utilisation d'hybrides interraciaux,
- les différentes étapes et les itinéraires techniques de la production des plants,
- les applications possibles pour le pin maritime en forêt méditerranéenne prenant en compte les aspects liés aux délais et aux coûts de production des plants.

Intérêt et exemples d'utilisation d'hybrides interraciaux

Les hybrides ont pour objectif la complémentarité entre espèces ou races : on cherche ainsi à faire bénéficier la nouvelle variété de caractères favorables pour une meilleure adaptation (au sol ou au climat) ou pour une amélioration des performances, notamment dans le cas de critères antagonistes.

De nombreux exemples d'hybrides existent de par le monde : citons entre autres les eucalyptus et les pins tropicaux pour les hybrides interspécifiques ; le mélèze, le pin maritime pour les hybrides interraciaux.

Les hybrides entre pin caribea (PCH) et pin elliottii (PEE), dénommés PCH*PEE sont largement utilisés en Australie (province du Queensland) ; ils donnent une bonne illustration des potentialités des hybrides comparativement aux races parentales :

- le pin caribea a une très bonne croissance et une branchaison très favorable, mais il est mal adapté aux zones humides, et sa rectitude est très mauvaise ;
- le pin elliottii est, à l'inverse, très bien adapté aux sols mal drainés, il a une bonne rectitude, et cette espèce est bien adaptée aux vents très forts.

Pour la plupart de ces critères, l'hybride combine de manière favorable tous les caractères intéressants présents dans les deux races parentales.

Un autre exemple peut être donné avec le pin maritime pour l'hybride interracial entre les races landaises et corse :

- le pin maritime landais est très bien adapté au sol landais, au froid mais sa rectitude est très déficiente notamment dans les zones fertiles (fertilité naturelle ou liée à l'apport d'une fertilisation phosphorique) ;

- le pin maritime de race corse est sensible au froid, sa croissance est plus faible comparativement à celle du pin landais, mais sa rectitude basale est très bonne.

Comme pour les pins tropicaux, l'hybride réunit tous les caractères favorables des deux races parentales et, dans la plupart des cas, les performances pour un critère sont proches de celles du parent le plus favorable pour ce critère donné.

Dans le massif landais, la multiplication et l'utilisation en reboisement des ces hybrides sont devenues une pratique courante pour améliorer la croissance et la rectitude de cette espèce.

Les étapes et les itinéraires techniques pour la production d'hybrides

Pour la production des hybrides en vue de reboisement, deux étapes sont nécessaires :

- création de hybrides ;
- multiplication des hybrides pour la production des plants.

Ces deux étapes sont décrites ci-après, en prenant comme exemple celui de l'hybride pin maritime lande*corse.

Création des hybrides

Cette phase consiste à créer, par pollinisation artificielle, les hybrides entre les deux races parentales. Cette voie est la règle du fait de décalages phénologiques importants entre les deux races : la réceptivité des fleurs femelles et la maturité des pollens ne sont pas synchrones entre les deux provenances (il y a près de 15 jours de retard pour la maturité des châtons et la réceptivité des fleurs pour la race corse, par rapport à la race landaise).

Les arbres retenus pour la production des hybrides sont sélectionnés dans chacune des deux races parentales : d'une manière générale, cette sélection est faite sur l'aptitude générale à la combinaison, c'est-à-dire sur la faculté qu'a un géniteur, en se croisant avec un grand nombre d'autres arbres, à donner des performances moyennes de celles des deux parents incriminés dans le croisement.

Les critères de sélection à l'intérieur de chaque race, portent sur les caractères spécifiques pour chacune d'entre elles : pour le

pin maritime landais, les critères retenus sont la croissance et la rectitude basale ; pour la race corse la sélection porte essentiellement sur la résistance au froid et le comportement vis à vis des agents pathogènes (*Dioryctria* et *Matsucoccus*)

Pour la création des hybrides en vue de reboisement, on considère qu'il faut une vingtaine de mères non apparentées et un nombre de pères à peu près identique : ces pollens, récoltés sur les géniteurs sélectionnés sont utilisés en mélange. Cette base génétique permet d'assurer une diversité suffisante, garante d'une bonne adaptation et d'une stabilité des performances dans le temps.

Pour la réalisation pratique des croisements, une race en général la plus fructifère, est choisie en tant que race mère. Le pollen, récolté sur l'autre race, est alors apporté sur les fleurs femelles (protégées de la contamination par une poche cellulosique) lorsque celles-ci sont réceptives.

Multiplication des hybrides pour la production des plants

Plusieurs voies sont disponibles pour mettre à la disposition des reboiseurs les plants hybrides issus de l'étape précédente :

- création de masse de croisements contrôlés,
- amplification par bouturage des variétés hybrides,

- création d'hybrides de deuxième génération en verger à graines de clones F1,
- embryogenèse somatique et multiplication clonale.

Production de masse d'hybrides par pollinisation artificielle

L'objectif est ici de créer, à grande échelle, des graines hybrides selon le même processus que celui décrit à l'étape précédente.

Cette production peut être réalisée en verger à graine classique où toutes les fleurs sont isolées, puis pollinisées artificiellement : dans ce cas, les opérations sont longues et coûteuses, car le développement des arbres rend les opérations difficiles (nécessité de nacelle). Afin de rationaliser les opérations de pollinisation, il est préférable d'installer des vergers à vocation spécifique pour la pollinisation artificielle : dans ce cas, seuls les géniteurs sélectionnés de la race choisie en tant que race mère sont plantés dans le verger.

Les arbres sont taillés et maintenus près du sol, afin de limiter l'utilisation de nacelles et ainsi faciliter les opérations de pollinisation.

La production de graines dans ce type de verger est très rapide : 4 ans après son installation, on peut réaliser les premières campagnes de pollinisation permettant ainsi de pouvoir récolter les graines dans des délais très courts.



Photo 1 :
Empochage
de fleur femelle
pour la pollinisation
contrôlée
Photo AFOCEL

Photo 2 :
Vergers de pollinisation
artificielle
Photo AFOCEL



Cette voie de production de graines est parfaitement maîtrisée pour le pin maritime en France pour la production de variétés landaises ou hybrides avec la race corse ; celle-ci est aussi développée à l'étranger : pin maritime en Australie, pin radiata en Nouvelle-Zélande, pin taeda aux USA.

Multiplication végétative de masse en « vrac »

Cette voie consiste à amplifier, par bouturage horticole, des plants hybrides issus de croisements contrôlés.

Le processus de multiplication est le suivant : les graines hybrides produites selon le processus de l'étape 1 sont semées très tôt en saison (en serre chauffée dès le mois de février) ; à la fin du mois de mai, les jeunes semis sont étêtés, et le matériel végétal ainsi prélevé est bouturé. Dès que cette taille est pratiquée, les rameaux axillaires se développent et peuvent ensuite être prélevés au cours de l'été, pour être bouturés à leur tour.

Photo 3 :
Embryons somatiques
de pin maritime
Photo AFOCEL



L'ambiance de bouturage est constituée d'une aire sur laquelle les boutures sont mises sous ombrage permanent et sous arrosage intermittent.

Cette technique permet :

- d'obtenir des taux d'enracinement élevés (> 90%) ;
- de multiplier très rapidement un lot de graines présent en quantité limitée : ainsi, selon le mode de gestion du pied mère adopté, le taux de multiplication varie entre 5 et 10 ;
- de produire des plants conformes (morphologie identique à des plants issus de graines) ;
- de conserver les performances des lots de graines en terme de croissance et de rectitude.

Au cours des années 90, cette technique a été développée à grande échelle chez le pin maritime, avec une production de plus de un million de plants par an.

Production de variétés hybrides de deuxième génération en verger de clones F1

Cet itinéraire consiste à sélectionner des arbres d'élite dans des familles hybrides puis à tester leur performances dans des tests de descendance.

Les arbres se révélant les plus performants sont alors installés en vergers de clones selon les mêmes règles (en terme de nombre de clones, de répartition...) que celles retenues pour un verger de race pure.

La graine produite sera alors une graine hybride de deuxième génération : cet itinéraire est prospectif, car il a encore été peu développé, mais quelques exemples existent pour certaines espèces (pins tropicaux hybrides, pin rigida*taeda...) : dans la plupart des cas, l'hybride de deuxième génération a des performances comparables à celles de l'hybride de première génération.

Cette voie mériterait d'être explorée pour le pin maritime

Embryogenèse somatique

Cette technique consiste, en partant de l'embryon d'une graine immature, à le faire proliférer de manière à obtenir des masses embryonnaires. Celles-ci permettent la production d'embryons qui, après avoir été iso-

lés, passent par une phase de maturation de manière à favoriser leur germination ; après acclimatation, le plant est alors prêt pour la plantation.

L'embryogenèse somatique est à l'heure actuelle la technique de propagation la plus intéressante à développer, car en raison de sa capacité théorique de multiplication en masse des génotypes sélectionnés, elle ouvre la porte à un véritable développement de la sylviculture clonale.

Cette technique suppose néanmoins que :

- la cryoconservation à long terme (pendant toute la phase d'évaluation au champ des embryons testés) des masses embryonnaires soit maîtrisée (multiplication conforme morphologiquement et génétiquement des clones sélectionnés après stockage à -196°C). A ce jour le recul en la matière est de plus de 5 ans et aucun problème n'a pu être soulevé ;

- les plants issus de ce mode de propagation soient conformes comparativement à des plants issus de graines ou de boutures ; pour la propagation par bulk¹ il faudra en plus vérifier que le classement des meilleures familles est conservé (absence de dérive génétique) ;

- la multiplication horticole qui fera éventuellement l'interface entre la multiplication au laboratoire et la production commerciale soit validée techniquement ;

- les contraintes réglementaires et les verrous économiques soient levés ;

Sachant que les techniques classiques de propagation végétative par « bulk » sont déjà opérationnelles chez le pin maritime, le créneau le plus porteur de l'embryogenèse somatique est la multiplication de clones sélectionnés après évaluation en test clonal.

Les applications possibles pour le pin maritime en forêt méditerranéenne

L'utilisation des hybrides interraciaux pour le pin maritime en région méditerranéenne se base sur le constat suivant : les origines locales (Provence ou Corse) ont une faible croissance et une faible résistance à *Matsucoccus*. Selon JACTEL (2003), les provenances marocaines (Tamjout) sont plus résistantes vis-à-vis de ce pathogène par rapport

1- Le terme "bulk" signifie "en vrac" : c'est une expression couramment employée par les améliorateurs pour indiquer que l'on multiplie végétativement des individus, mais sans les identifier un à un.



Photo 4 :
Pin maritime de race marocaine (Tamjout) en région méditerranéenne
Photo AFOCEL

Itinéraires de production	Années										Délais
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Voie 1 : Croisements de masse											6 ans
Installation verger											
Croisement											
Production plants											
Voie 2 : Bulk											3 ans
Croisement											
Multiplification végétative											
Plantation											
Voie 3 : Verger F2											9ans
Installation verger											
Production graines											
Production plants											
Voie 4 : Embryogenèse											> 10 ans
Croisement											
Initiation											
Multiplification-testage											
Production plants											

Tab. I (ci-dessus) :
Délai de production des plants en fonction des itinéraires choisis

aux races locales ; la race landaise étant intermédiaire avec une croissance meilleure par rapport aux autres races.

Cette complémentarité entre races pourrait ainsi être recherchée pour la forêt méditerranéenne : des hybrides interraciaux entre Tamjout et d'autres races (Vivario, Leiria, Landes) ont été proposés par HARFOUCHE (1995) pour la création d'hybrides résistants à ce parasite, et potentiellement performants pour la croissance et la rectitude.

A court terme, la création d'hybrides entre les races marocaine et landaise pourrait être envisagée ; à plus long terme, d'autres hybrides entre les races marocaines d'une part, et des races portugaises ou corse d'autre part, pourraient être proposés. Ces hybrides offriraient aux propriétaires de la région, des variétés bien adaptées au cortège parasitaire, tout en permettant des gains de croissance significatifs.

Les délais de production de telles variétés hybrides sont fonction des itinéraires de production choisis. Toutefois, en l'état actuel des connaissances, seules les deux premières voies sont envisageables : en effet la création d'une variété F2 demande à être validée pour le pin maritime. L'embryogenèse somatique est encore une technique prospective et qui, compte tenu des contraintes diverses (technique, économique) ne pourra pas se développer à court terme.

Les délais de production des quatre itinéraires retenus sont indiqués dans le tableau I.

Le tableau montre que c'est la voie "propagation de masse par bouturage horticole" qui permet de développer des hybrides dans un délai très court (3 ans) ; la propagation par croisement de masse requiert un délai de 6 à 7 ans. Pour les autres techniques il faut au moins 10 ans avant de développer des variétés selon ces itinéraires.

Les aspects de coût de production doivent également être pris en compte dans le choix d'un itinéraire de production : le tableau II donne, pour le pin maritime, la comparaison des coûts de production, en prenant comme base la valeur 100 pour un plant de semis de variété verger deuxième génération (VF2).

Pour les deux techniques opérationnelles actuellement, c'est la production de masse

Tab. II :
Coût de production plants (base 100 = semis de graines de verger)

	Coût des plants
Croisement de masse	120
Propagation par bouturage	150
Verger de clones F1	100
Embryogenèse somatique	250

par croisement contrôlé qui constitue l'option la moins onéreuse ; la propagation par bouturage horticole est moins performante sur ce plan-là car cette technique nécessite des besoins importants en main d'œuvre.

Il est important de noter que l'option "verger de clones hybride" constitue la solution la moins chère en terme de déploiement de variétés hybrides.

Conclusion

La création d'hybrides interraciaux chez le pin maritime est une voie à explorer en forêt méditerranéenne pour répondre aux objectifs d'adaptation de l'espèce.

Les exemples pris sur d'autres pins montrent que cette voie est tout à fait envisageable : dans le massif landais, l'utilisation d'hybrides entre les races landaise et corse confirme également que cette stratégie peut être retenue.

Différents itinéraires sont possibles pour cette production, mais ceux qui sont les plus

maîtrisés techniquement et économiquement sont représentés par la pollinisation artificielle de masse et par le bouturage horticole de jeunes semis.

Les autres voies sont plus prospectives, mais la création de vergers de clones hybrides semble tout à fait envisageable.

Les combinaisons hybrides les plus intéressantes sont celles réalisées avec la provenance marocaine de Tamjout qui apporte une résistance très marquée vis à vis de *Matsucoccus* ; les autres races parentales pouvant être au choix, la provenance landaise voire d'autres provenances (Portugal, Espagne, voire races locales).

A très court terme, il semblerait intéressant d'installer des parcelles « pilotes » avec des hybrides interraciaux de manière à valider les résultats de la recherche et constituer ainsi des références qui pourront servir d'appui aux développements futurs.

P.A.

Pierre ALAZARD
AFOCEL Sud-Ouest
Domaine de Sivaillan
33480
Moulis-en-Médoc
Tél. 05 57 88 82 33
Fax. 05 57 88 82 34
pierre.alazard@
afocel.fr

Résumé

L'aire naturelle de répartition du pin maritime est vaste (pourtour occidental du bassin méditerranéen) et est morcelée en différentes provenances (Littoral atlantique, région méditerranéenne, races ibériques, Portugal, Afrique du Nord). Chaque race présente des caractéristiques bien connues et d'une manière générale, les races locales sont celles qui sont les mieux adaptées à leur milieu naturel.

Toutefois, compte tenu des particularités très fortes de chaque provenance, il est parfois intéressant de réunir au sein d'une variété les caractéristiques favorables que l'on ne peut trouver que sur deux provenances différentes : dans ce cas, la création d'hybrides interraciaux est la seule alternative possible pour créer ces variétés. C'est cette voie qui a été choisie pour le massif landais par la création d'une variété landes*corse réunissant la bonne adaptabilité et le bon niveau de croissance de la race landaise à l'excellente rectitude de la race Corse.

Cette complémentarité entre races pourrait aussi être recherchée pour la forêt méditerranéenne avec les races Marocaines (Tamjout notamment) dont la résistance à *Matsucoccus* est bien connue mais qui ne peut être proposée au reboisement en tant que race pure, car ses caractéristiques de vigueur et de forme sont nettement insuffisantes : des hybrides interraciaux entre Tamjout et d'autres races (Vivario, Leiria, Landes) ont été proposées par Harfouche (1995) pour la création d'hybrides résistants à ce parasite et potentiellement performants pour la croissance et la rectitude.

La création de ces variétés doit faire appel à des techniques de pollinisation artificielle qui sont bien maîtrisées pour le pin maritime car l'espèce a une très bonne aptitude à la floraison (abondance et précocité) et des développements à l'échelle commerciale ont été réalisés dans le massif landais pour la race landaise et se poursuivent pour les variétés landes*corse.

Le choix des variétés hybrides étant défini, plusieurs filières de déploiement de ces variétés auprès des sylviculteurs sont possibles : (1) création de masse de croisements contrôlés, (2) amplification par bouturage des variétés hybrides, (3) sélection clonale et multiplication de clones avec ou sans relais de l'embryogénèse somatique, (4) création d'hybrides de deuxième génération.

Les techniques de chaque filière de production sont présentées avec, pour chacune d'entre elles, les conséquences en terme de coût de production de plant et de délai de mise à disposition de ces variétés auprès des sylviculteurs.

Summary

Advantages and production of cross-strain hybrids of maritime pine : application in Mediterranean forests

The natural area of the maritime pine is vast (the western part of the Mediterranean Rim) but fragmented, so giving different provenances (Atlantic seaboard, Mediterranean region, Spain, Portugal, North Africa). Each strain displays well-known features and generally it is local strains that are best suited to their particular habitats.

However, given the individualised features characterising each provenance, it can be well worth while combining in one variety favourable characteristics found separately on two different strains. Given such a perspective, the only possible option is the creation of cross-strain hybrids. It is this option that has been chosen for the forests of the Landes region in South-West France by creating Landes*Corsica hybrid varieties allying the good adaptability and rate of growth of the Landes provenance with the upright habit of the Corsican strain.

Such complementary unification of strains might also profit Mediterranean forests through recourse to the Moroccan strains (especially Tamjout) : their resistance to *Matsuccoccus* is well recognised but they are unsuitable for planting as a pure strain because they show inadequate vigour and shape. Cross-strain hybrids associating Tamjout strains with other provenances (Vaivario, Landes, Leiria) have been proposed by Harfouche (1995) as resisting the parasite yet with potential as good and straight growers. The creation of these varieties requires artificial pollination whose techniques are well mastered for the maritime pine since it flowers well (abundantly and early). Commercial development has been carried out in the Landes area for the local strain and is being pursued for the Landes*Corsican hybrids.

Once the choice of hybrids has been settled, different ways exist of making them available to silviculturists : (1) setting up large-scale controlled hybridization stands, (2) reduplication of the hybrid varieties by cuttings, (3) clonal selection and subsequent reproduction with or without embryo genesis, (4) creation of second generation hybrids.

The techniques of each method of production are presented, along with the repercussions in terms of the cost of making a plant and the time period needed before the varieties can be made available to the forestry profession.

Riassunto

Interesse e produzione degli ibridi interrazziali per il pino marittimo, applicazione alla foresta mediterranea

L'area naturale di ripartizione del pino marittimo è vasta (perimetro occidentale del bacino mediterraneo) ed è frazionata in diverse provenienze (litorale atlantico, regione mediterranea, razze iberiche, Portogallo, Africa del Nord). Ogni razza presenta caratteristiche conosciute bene e in linea generale, le razze locali sono quelle che sono meglio adattate al loro ambiente naturale.

Tuttavia, tenuto conto delle particolarità assai forti di ogni provenienza, è talvolta interessante di riunire in seno a una varietà le caratteristiche favorevoli che si possono trovare soltanto su due provenienze differenti : in questo caso, la creazione d'ibridi interrazziali è l'unica alternativa possibile per creare queste varietà. È questa via che è stata scelta per il massiccio delle Landes dalla creazione di una varietà Landes*Corse che riunisce la buona adattabilità e il buon livello di crescita della razza delle Landes all'ottima rettitudine della razza corsa.

Questa complementarità tra razze potrebbe essere pure ricercata per la foresta mediterranea colle razze marocchine (Tamjout in particolare) di cui la resistenza a *Matsuccoccus* è bene conosciuta ma che non può essere proposta al rimboschimento in quanto razza pura perché le sue caratteristiche di vigore e di forma sono chiaramente insufficiente : ibridi interrazziali tra Tamjout e altre razze (Vivarario, Leiria, Landes) sono state proposte da Harfouche (1995) per la creazione di ibridi resistenti a questo parassita e potenzialmente ottimi per la crescita e la rettitudine.

La creazione di queste varietà deve fare appello a tecniche di impollinazione artificiali che sono bene domate per il pino marittimo perché la specie ha un'ottima attitudine alla fioritura (abbondanza e precocità) e sviluppi a scala commerciale sono stati realizzati nel massiccio delle Landes per la razza delle Landes e si perseguono per le varietà Landes*Corsica.

La scelta delle varietà ibride essendo definita, parecchie trafe di spiegamento di queste varietà presso i silvicoltori sono possibili : (1) creazione di massa di incroci controllati, (2) amplificazione dalla riproduzione per talca delle varietà ibride, (3) selezione clonale e moltiplicazione dei cloni con o senza sostituzione dall'embriogenesi somatica, (4) creazione d'ibridi di seconda generazione.

Le tecniche di ogni trafia di produzione sono presentate con, per ognuna, le conseguenze in termine di costo di produzione di piantina e scadenza di messa a disposizione di queste varietà presso i silvicoltori.