

Génétique et pin maritime dans le Sud-Est de la France

par Annie RAFFIN

Dans le cadre du dépérissement du pin maritime, les généticiens de l'INRA ont d'abord travaillé sur les provenances résistantes à *Matsucoccus*. Cela a conduit à la mise en place de vergers à graines des provenances résistantes marocaine : Tamjout et espagnole : Cuenca. Mais la voie de l'hybridation reste à approfondir en vue d'une meilleure productivité sylvicole. Enfin, les ressources locales doivent également être conservées, afin de laisser agir la pression de sélection naturelle, et obtenir, à terme, l'acquisition d'une résistance à *Matsucoccus*.

Suite au dépérissement du pin maritime dans le Sud-Est dans les années 60, les généticiens des arbres forestiers à l'Institut national de la recherche agronomique (I.N.R.A.) ont d'abord recherché une source de résistance à *Matsucoccus feytaudi* parmi les différentes provenances de l'aire naturelle du pin maritime. En effet, lorsqu'une provenance locale est décimée par un nouveau ravageur, il est plus rapide de rechercher une source de résistance génétique au niveau des provenances de l'aire naturelle (résistance acquise lors de nombreuses générations de co-évolution entre l'arbre et son parasite), plutôt que de rechercher des individus apparemment indemnes dans une population déperissante, ce qui impliquerait ensuite de vérifier sur leur descendance le contrôle génétique de cette résistance.

Dès 1964, un premier test de comparaison de six provenances a été installé à Lambert (Forêt domaniale des Maures, Var). Un test de comparaison de provenances consiste à observer dans un même environnement, le comportement de provenances récoltées en différents lieux, en général représentatifs de la diversité de l'aire naturelle de l'espèce. Le suivi pendant plus de 30 ans du test de "Lambert" a montré une très bonne résistance à la cochenille (taux de survie et d'arbres indemnes) pour deux provenances : Tamjout, originaire du Moyen Atlas au Maroc, et Cuenca, originaire d'Espagne de l'Est (SCHVESTER et UGHETTO, 1986).

Puis en 1982, un deuxième test plus complet comparant 25 provenances, dont 12 du Sud-Est, a été installé à La Mole, également en Forêt domaniale des Maures. Des deux provenances identifiées précédemment, seule celle de Tamjout y est représentée à nouveau. Elle confirme sa résistance totale à *Matsucoccus* (100% de survie à 12 ans), et présente en outre la meilleure rectitude du tronc, mais aussi une croissance (hauteur totale) parmi les plus faibles (HARFOUCHE *et al.*, 1995). Les résultats montrent d'autre part, que toutes les provenances



Photo 1 :
Verger de la provenance
Tamjout en forêt
domaniale des Maures.

du Sud-Est et de la Corse sont très sensibles à la cochenille. Dans ce même dispositif, une trentaine de combinaisons hybrides interraciales sont également testées. Toutes les combinaisons issues de la provenance Tamjout se montrent résistantes, avec pour certaines des performances sylvicoles intéressantes, supérieures à celles des provenances locales (croissance et forme, mesurées à 13 ans).

Les résultats acquis sur ces deux dispositifs, bien que comportant des limites cer-

taines (les deux tests sont mono-stationnels), offrent des perspectives pour le reboisement en pin maritime dans le Sud-Est.

Suite à ces résultats, deux vergers à graines ont été installés par l'I.N.R.A. Le premier verger implanté en 1989 sur 5 ha à La Guitranière (Forêt domaniale La Colle-du-Rouet, Var), comportait 300 familles de provenance Cuenca. Il a malheureusement brûlé presque entièrement en 2003. Le deuxième verger installé en 1991 sur 6 ha à Lambert, comporte 208 familles de provenance Tamjout. Après une première éclaircie génétique qui visera à améliorer la croissance, ce verger devrait entrer en production prochainement.

Par ailleurs, pour mieux évaluer l'adaptation écologique de ces deux provenances exogènes, un réseau de pré-développement a été mis en place progressivement depuis 1995 par et sous l'impulsion du Centre régional de la propriété forestière (C.R.P.F.), des propriétaires forestiers (U.R.S.P.F.S.), et de l'Office national des forêts (O.N.F.), sur la base d'un protocole rédigé par l'I.N.R.A. Ce réseau doit comparer les performances des deux provenances Cuenca et Tamjout à des témoins locaux.

En effet, les ressources locales (Maures et Esterel) ne doivent pas être négligées pour le long terme : bien qu'elles aient subi un dépeuplement catastrophique et qu'elles soient surclassées en termes de survie, croissance ou forme de l'arbre, par des provenances exo-

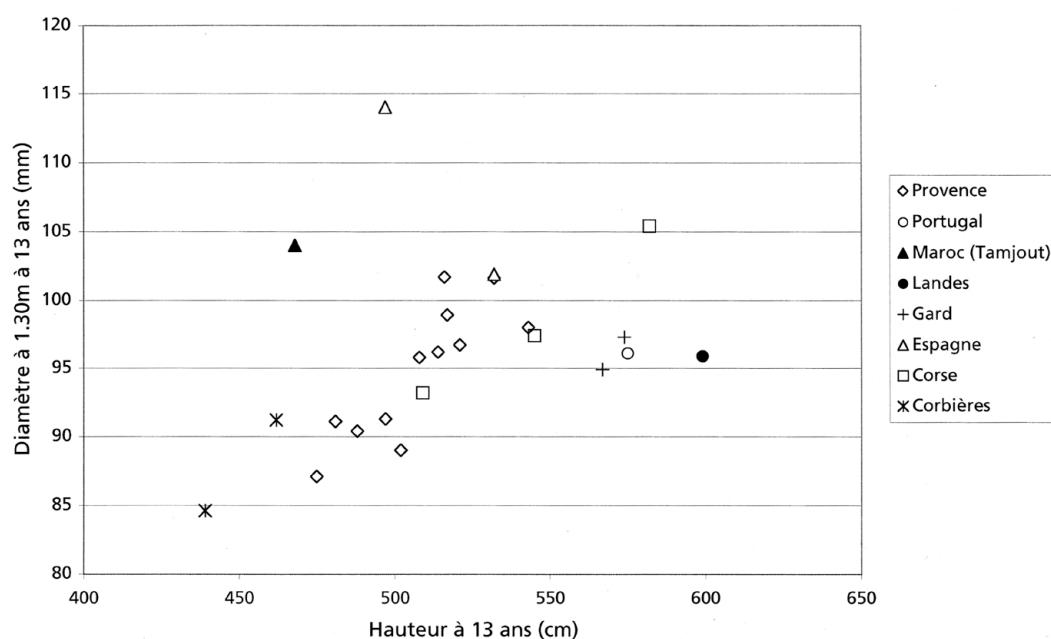
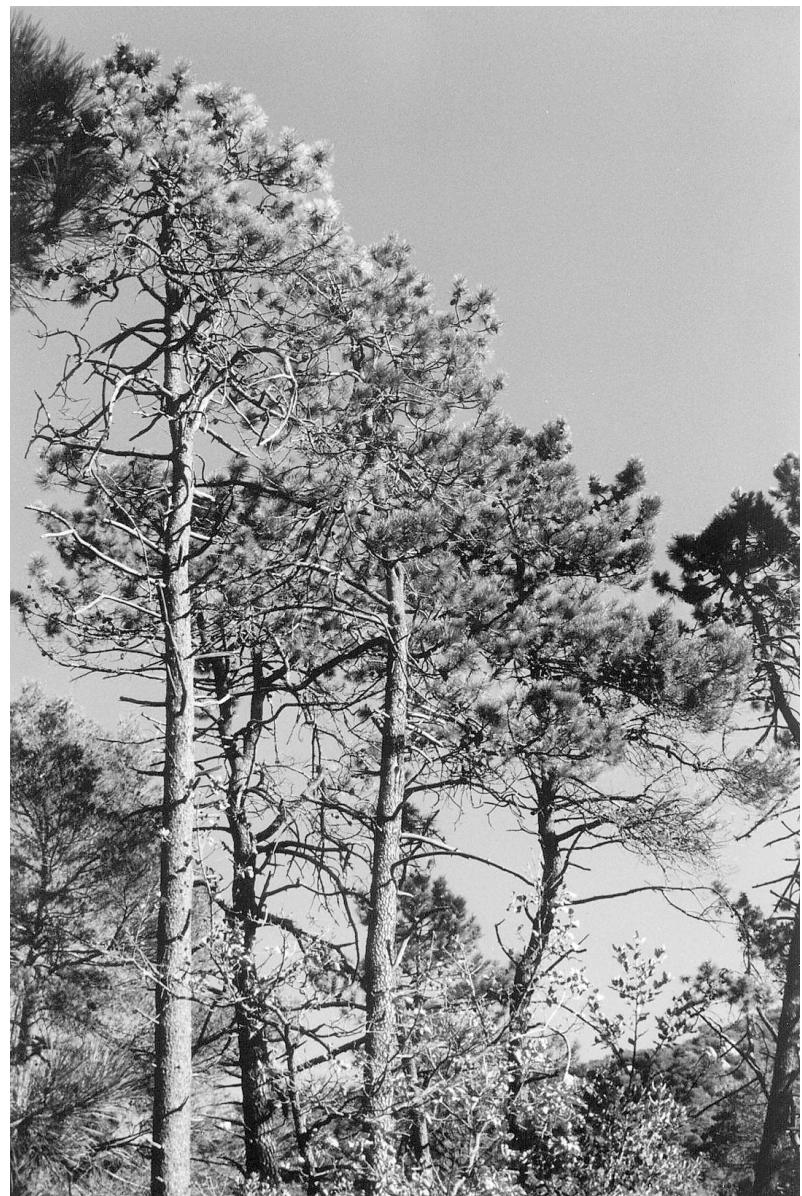


Fig. 1 :
Hauteur et diamètre
à 13 ans, de 24
provenances de pin
maritime testées
dans le Var
d'après Harfouche, 1995

gènes en test de comparaison (HARFOUCHE *et al.*, 1995), elles présentent néanmoins des caractéristiques génétiques originales (des marqueurs neutres de l'ADN permettent de les distinguer sans ambiguïté des provenances des Landes ou de Corse par exemple – DERORY *et al.*, 2002), et elles sont susceptibles de porter des caractères adaptatifs propres à leur milieu naturel : massifs siliceux en région méditerranéenne française. De plus, quelques sources de résistance supposée à *Matsucoccus feytaudi* ont été observées (arbres isolés, bouquets, peuplements).

Un repérage a été effectué par l'I.N.R.A. en collaboration avec l'O.N.F. du Var en 1994 : 14 peuplements adultes avec peu de symptômes d'attaque (mais toujours avec présence de la cochenille) ont été décrits en forêt domaniale ou communale du Var. Suite à cette opération, sept de ces peuplements (situés en forêt des Maures, de Mourières, de Mazaugues, de Moissac-Bellevue, et de l'Esterel) ont été à nouveau prospectés en 1997 et 1999 pour la récolte de matériel : graines et greffons ont été prélevés dans chaque peuplement sur des arbres indemnes et des arbres attaqués voisins. Ce matériel a permis de constituer deux lots de graines (provenance locale indemne et attaquée) utilisés comme témoins dans le réseau de pré-développement des provenances Tamjout et Cuenca. Le reliquat des graines sous forme de descendance individualisées ainsi que les greffons sont conservés à l'I.N.R.A. en tant que collection *ex situ* des ressources locales du Sud-Est. Si besoin, ce matériel pourrait être le support d'études sur les mécanismes et les paramètres génétiques de la résistance à *Matsucoccus*, voire une base génétique pour la sélection de générations résistantes.

Enfin, en dehors des actions concernant la sélection de pins maritimes résistants à *Matsucoccus* pour le reboisement en Provence, l'I.N.R.A. est également impliqué dans la conservation des ressources génétiques : dans le cadre d'un réseau national de conservation *in situ* des ressources génétiques du pin maritime (en cours de constitution), une ou des unités de conservation devraient être définies dans le Sud-Est, de façon représentative des stations de l'espèce. Chaque unité de conservation doit comporter en théorie une zone "noyau" de 10 ha minimum avec quelques dizaines de semenciers par ha, ainsi qu'une zone tampon destinée à réduire la pollution pollinique lors de la régénération naturelle du noyau. L'objectif est de



conserver *in situ* une population locale sauvage en coévolution avec *Matsucoccus* de façon à la faire évoluer vers l'acquisition d'une résistance.

Dans les populations naturelles de pin maritime, le problème posé par *Matsucoccus* est que d'une part ce ravageur provoque des dégâts considérables sur les populations sensibles, mais que d'autre part la résistance sera probablement très longue à fixer dans ces peuplements : il faut noter que le pin maritime peut commencer à produire des cônes à partir de 5 ans alors que *Matsucoccus* ne colonise de façon importante les arbres que lorsqu'ils atteignent 8-10 ans (fissuration suffisante de l'écorce). De plus, les arbres atteints produisent des graines en

Photo 2 :
Pins maritimes indemnes repérés en 1997 dans les Maures et sauvagés sous forme de graines et de greffons à l'INRA.

grande quantité pendant plusieurs années avant leur mort, et ces graines peuvent rester enfouies plusieurs années avant de germer. Cela ne favorise donc pas la sélection naturelle pour la résistance, les individus "sensibles" ayant un fort pouvoir reproducteur. Ainsi, on risque de voir se succéder régulièrement des jeunes régénérations vigoureuses et des peuplements adultes le plus souvent dépérissants.

Pour la gestion des unités conservatoires, deux options sont donc possibles : laisser agir uniquement la pression de sélection naturelle (présence de *Matsucoccus*), ou "aider" l'acquisition d'une résistance en pratiquant des éclaircies sanitaires de façon à éliminer les individus attaqués par *Matsucoccus*, régulièrement au cours de la vie du peuplement. Le choix entre ces deux options est une question actuellement débattue.

En conclusion, on peut donc souligner qu'en 40 ans, délai raisonnable pour un programme d'amélioration, les recherches menées par l'I.N.R.A. ont permis d'aboutir à la mise en place de vergers à graines de provenances résistantes à *Matsucoccus* (celui de Tamjout devrait prochainement entrer en

production), et à l'établissement progressif de mesures de conservation des ressources génétiques locales.

A.R.

Références

- Derory J, Mariette S, Gonzales-Martinez SC, Chagné D, Madur D, Gerber S, Brach J, Persyn F, Ribeiro MM, Plomion C (2002) What can nuclear microsatellites tell us about maritime pine genetic resources conservation and provenance certification strategies? *Annales des Sciences Forestières*, 59, 699-708.
- Harfouche A., Baradat P. et Durel C.E., 1995a. Variabilité intraspécifique chez le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) dans le Sud-Est de la France. I - Variabilité des populations autochtones et de l'ensemble de l'aire de l'espèce. *Annales des Sciences Forestières*, 52, 307-328 .
- Harfouche A., Baradat P. et Kremer A., 1995b. Variabilité intraspécifique chez le pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) dans le Sud-Est de la France. II - Hétérosis et combinaison de caractères chez des hybrides inter-raciaux. *Annales des Sciences Forestières*, 52, 329-346.
- Schvester D. et Ughetto F., 1986. Différences de sensibilité à *Matsucoccus feytaudi* Duc (*Homoptera : Margarodidae*) selon les provenances de pin maritime (*Pinus pinaster*, Ait). *Annales des Sciences Forestières*, 43 (4), 459-474.

Résumé

Suite au dépérissement du pin maritime dans le Sud-Est dans les années 60, l'INRA a d'abord recherché une source de résistance à *Matsucoccus feytaudi* parmi les différentes provenances de l'aire naturelle du pin maritime. Dès 1964, un premier test de comparaison de six provenances a été installé à Lambert (Forêt domaniale des Maures, Var). Le suivi pendant plus de 30 ans de ce test a montré la résistance totale à la cochenille pour deux provenances : Tamjout, originaire du Moyen Atlas au Maroc, et Cuenca, originaire d'Espagne de l'Est. Puis en 1982, un deuxième test plus complet comparant 25 provenances, dont 12 du Sud-Est, a été installé à La Mole, également en Forêt domaniale des Maures. Des deux provenances identifiées précédemment, seule Tamjout y est représentée à nouveau. Elle confirme sa résistance totale à *Matsucoccus*, et présente en outre la meilleure rectitude du tronc, mais aussi une vigueur parmi les plus faibles. Les résultats montrent d'autre part que toutes les provenances du Sud-Est et de la Corse sont très sensibles. Dans ce même dispositif, une trentaine de combinaisons hybrides inter-raciales sont également testées. Toutes les combinaisons issues de la provenance Tamjout se montrent résistantes, avec pour certaines des performances sylvicoles intéressantes, supérieures à celles des provenances locales (croissance et forme, mesurées à 13 ans). Les résultats acquis sur ces deux dispositifs, bien que comportant des limites certaines (2 tests mono-stationnels), offrent des perspectives pour le reboisement en pin maritime dans le Sud-Est.

Suite à ces résultats, deux vergers à graines ont été installés par l'INRA : en 1989, un verger de provenance Cuenca à La Guitranière (Forêt domaniale La Colle-du-Rouet, Var), avec 300 familles sur 5 ha. Ce verger a brûlé entièrement en 2003. Et en 1991 un verger de provenance Tamjout à Lambert (Forêt

domaniale des Maures, Var), avec 208 familles sur 6 ha. Ce verger devrait entrer en production prochainement.

Par ailleurs, pour mieux évaluer l'adaptation écologique de ces deux provenances exotiques, un réseau de pré-développement a été mis en place progressivement depuis 1995 par et sous l'impulsion du CRPF, des propriétaires forestiers (URSPFS), et de l'ONF, sur la base d'un protocole rédigé par l'INRA. Ce réseau doit comparer les performances des deux provenances Cuenca et Tamjout à des témoins locaux.

En effet, les ressources locales ne sont pas à négliger : c'est le deuxième volet de notre programme "pin maritime pour le Sud-Est".

D'une part, les provenances locales (Maures et Esterel), indépendamment de leur comportement vis-à-vis de *Matsucoccus*, constituent une ressource originale (sur la base de marqueurs moléculaires neutres ainsi que de caractères adaptatifs propres aux conditions des massifs siliceux en région méditerranéenne française). Dans le cadre d'un réseau national de conservation *in situ* des ressources génétiques du pin maritime (en cours de constitution), une unité de conservation devrait donc être définie dans le Sud-Est, avec l'objectif de laisser agir la pression de sélection naturelle (présence de *Matsucoccus*), en complément des mesures de conservation *ex situ* (une dizaine de provenances du Var et des Alpes Maritimes récoltées en 1978 sont conservées dans le Sud-Ouest).

D'autre part, dans les peuplements actuels du Sud-Est, on peut repérer une gamme de résistance vis-à-vis de *Matsucoccus* (arbres plus ou moins infestés). Ils ont fait l'objet de récoltes de greffons et de graines en 1997 et 1999. Une partie de ce matériel est testée *in situ* (témoins locaux du réseau de pré-développement), le reliquat restant disponible pour une utilisation en sélection (graines et clones conservés dans le Sud-Ouest).

En conclusion, le programme d'amélioration mené par l'INRA a permis d'aboutir à la mise en place de vergers à graines de provenances résistantes à *Matsucoccus*. Celui de Tamjout devrait prochainement entrer en production. Mais pour obtenir une meilleure productivité sylvicole, la voie de l'hybridation entre provenances est probablement à poursuivre.

Summary

Genetics and the maritime pine in South-East France

Following the decline of the maritime pine in South-East France during the 1960s, the INRA (French national agricultural research institute) first undertook to identify a strain resistant to *Matsuccoccus feytaudi* among the different provenances from the species' natural habitats. In 1964, a first comparative trial was set up in the state-owned forest at Lambert in the Maures Mountains in the Var (S-E France). Monitoring over a 30-year period revealed that two strains are totally resistant : one from Tamjout, in the mid-altitude Atlas of Morocco; the second from Cuenca, in the east of Spain. Thereafter, in 1982, a second more exhaustive trial was started at La Mole in the same forest. Of the two identified resistant strains, only the Tamjout provenance was included. Its total resistance was again confirmed; it also produced a straighter trunk but its overall growth was among the least vigorous. Other results showed that all provenances from S-E France as well as from Corsica were extremely sensitive to the pest. In this same trial, some thirty cross-strain hybrids were tested. All those with Tamjout lineage proved resistant, also showing definite silvicultural advantages in comparison to local strains (growth and shape, measured at 13 years). The results from the two trials, though they call for a certain reserve (both single-site protocols), offer a good perspective for the maritime pine in S-E France.

Following on the results, the INRA established two plots for seed harvesting : in 1989, for the Cuenca provenance, 300 families on 5 hectares at La Guitranière in the state-owned forest of La Colle du Rouet, Var). This plot was entirely wiped out by wildfire in 2003. The second plot was established in 1991 for the Tamjout provenance, at Lambert, in the Var (S-E France), with 208 families on 6 hectares. This seed plot should come into production shortly.

In addition, as a means to assessing the ecological adaptation of the two foreign strains, a pre-development scheme has been gradually set up since 1995, based on an INRA protocol. The initiative came from the CRPF and the URSPFS (regional private woodland owners organisations) and the ONF (French National Forestry Commission) which together are comparing the behaviour of the Cuenca and Tamjout provenances with local control specimens.

Indeed, the local resource must not be overlooked : it in fact forms the second topic of our « Maritime Pine for S-E France » programme.

In the first place, local strains (from the Maures and Esterel mountains), whatever their behaviour faced with *Matsuccoccus*, constitute an original primary resource (as possessing neutral molecular markers as well as adaptability features specific to siliceous mountain zones in Mediterranean France). Within the framework of a national network (presently being set up) for the *in situ* conservation of the

maritime pine genetic resource, a conservation site should be designated in S-E France for the purpose of allowing full rein to the effects of natural selection (presence of *Matsuccoccus*) in conjunction with conservation measures taken elsewhere (some ten provenances harvested in 1978 from the Var and Alpes-Maritimes départements are preserved in South-West France).

Furthermore, in stands in S-E France there exists some resistance to the *Matsuccoccus* (trees with more or less infestation). Seeds and grafting wood were selected in 1997 and 1999. Some of this material has been tested on-site (local control specimens forming part of the pre-development network), the rest serving as reserves for use in selection (seeds and clones kept in South-West France).

To sum up, the improvement programme run by the INRA has made it possible to set up stands for seed production of strains resistant to *Matsuccoccus*. The plot devoted to Tamjout should very soon be in actual production. Nevertheless, to obtain enhanced silvicultural productivity, cross-strain hybrids will no doubt be necessary.

Riassunto

Genetica e pino marittimo nel sud-est della Francia

In seguito al deperimento del pino marittimo nel sud-est negli anni 60, l'INRA ha dapprima ricercato una fonte di resistenza a *Matsuccoccus feytaudi* tra le diverse provenienze dell'area naturale del pino marittimo. Sino al 1964, un primo test di confronto di sei provenienze è stato stabilito a Lambert (foresta demaniale dei Maures - Var). Il seguire, durante più di 30 anni di questo test ha mostrato la resistenza totale alla cocciniglia per le due provenienze : Tamjout, originario del Medio Atlante al Marocco, e Cuenca originario di Spagna dell'est. Poi nel 1982, un secondo test più completo confrontando 25 provenienze, tra cui 12 del sud-est, è stato sistemato a La Mole, anche in foresta demaniale dei Maures. Tra le due provenienze identificate da primo, sola Tamjout ci è presentato di nuovo. Conferma la resistenza totale a *Matsuccoccus*, e presenta inoltre la migliore rettitudine del fusto, ma anche, un vigore tra i più deboli. I risultati mostrano d'altra parte che tutte le provenienze del sud-est e della Corsica sono sensibilissimi. Nello stesso dispositivo, una trentina di combinazioni ibridi interrazziali sono anche provate. Tutte le combinazioni uscite delle provenienze Tamjout si mostrano resistenti, con per alcune, prestazioni silvicoli interessanti, superiori a quelle delle provenienze locali (crescenza e forma, misurate a 13 anni). I risultati acquisiti su questi due dispositivi, sebbene comportando limiti sicuri (2 test mono stazionali), offrono prospettive per il rimboschimento in pino marittimo nel sud-est. In seguito a questi risultati, due frutteti da semi sono stati sistemati dall'INRA : nel 1989, un frutteto di provenienza Cuenca alla Guitranière (Foresta demaniale La Colle-du-Rouet, Var), con 300 famiglie su 5 ha. Questo frutteto ha bruciato interamente nel 2003. E nel 1991 un frutteto di provenienze Tamjout a Lambert (Foresta demaniale dei Maures, Var) con 208 famiglie su 6 ha. Questo frutteto dovrebbe intrare in produzione prossimamente.

Peraltra, per valutare meglio l'adattamento ecologico di queste due provenienze esotiche, una rete di pre-sviluppo è stata messa in posto progressivamente dal 1995 da e sotto l'impulso del CRPF, dei proprietari forestali (URSPFS) e dell'ONF, sulla base di un protocollo redigito dall'INRA. Questa rete deve confrontare le prestazioni delle due provenienze Cuenca e Tamjout a campioni locali.

Difatti, le risorse locali non sono da trascurare : è il secondo elemento del nostro programma « pino marittimo » per il sud-est.

Da una parte, le provenienze locali (Maures e Esterel), indipendentemente del loro comportamento di fronte a *Matsuccoccus*, costituiscono una risorsa originale (sulla base di marcatori cellulari neutri come di caratteri adattativi propri alle condizioni dei massicci silicei in regione mediterranea francese. Nel quadro di una rete nazionale di conservazione *in situ* delle risorse genetiche del pino marittimo (in corso di costituzione), un'unità di conservazione dovrebbe dunque essere definita nel sud-est, coll'obiettivo di lasciare agire la pressione di selezione naturale (presenza di *Matsuccoccus*), in complemento alle misure di conservazione *ex situ* (una decina di provenienze del Var e delle Alpi Maritime raccolte nel 1978 sono conservate nel sud-ovest).

D'altra parte, nei popolamenti attuali del sud-est, si può individuare una gamma di resistenza di fronte a *Matsuccoccus* (alberi più o meno infestati). Hanno fatto l'oggetto di raccolte di marze e di semi nel 1997 e nel 1999. Una parte di questo materiale è provata *in situ* (campioni locali della rete di pre-sviluppo), il residuo stando disponibile per un'utilizzazione in selezione (semi e clone conservati nel sud-ovest).

In conclusione, il programma di miglioramento condotto dall'INRA ha permesso di sboccare sulla messa in posto di frutteti da semi di provenienze resistenti a *Matsuccoccus*. Quello di Tamjout dovrebbe prossimamente intrare in produzione. Ma per ottenere una migliore produttività silvicola, la via dell'ibridazione tra provenienze è probabilmente da persegui.