

Les apports de la recherche scientifique : si l'on a décidé de planter, que planter ? ¹

par Bruno FADY et Michel BARITEAU *

INTRODUCTION

Bien que moins utilisé depuis quelques années pour différentes raisons, liées, entre autres, à une nouvelle perception du paysage par l'homme (la forêt occupe déjà suffisamment de place !) et au contexte des aides financières qui en ont découlé, le (re)boisement est cependant une des interventions possibles sur le milieu naturel après une perturbation (incendie, ouverture du milieu, abandon de terre agricole, etc). Pour qu'il soit efficace et présente quelque chance de succès, ce type d'intervention doit faire appel à un matériel végétal adapté à son milieu d'introduction potentiel. La sélection de matériel forestier adapté au milieu méditerranéen et péri-méditerranéen a été l'une des activités principales des généticiens forestiers de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Bormes-les-Mimosas et d'Avignon depuis la fin des années 1960, en collaboration avec les services gestionnaires de la forêt publique et privée pour l'installation des sites expérimentaux. Le but de cette présentation est d'explicitier la démarche qui permet d'arriver au choix de ce matériel végétal adapté, en insistant sur :

- le protocole expérimental conduisant au choix du matériel végétal et le dispositif expérimental mis en place par l'INRA en région méditerranéenne française ;

- les moyens réglementaires de la diffusion des résultats de la recherche.

LE PROTOCOLE EXPERIMENTAL

En forêt naturelle, il est très difficile de séparer, dans la diversité d'expression d'un caractère d'intérêt forestier donné, la part revenant au milieu dans lequel les arbres sont plantés, de la part revenant au patrimoine génétique héréditaire, transmis par descendance. Par exemple, dans un boisement de cyprès vert (*Cupressus sempervirens*), certains individus pourront être résis-

tants au chancre cortical *Seridium cardinale* alors que leurs proches voisins y sont sensibles (Cf. Photo 1). De même, dans les peuplements de pin maritime (*Pinus pinaster*) des Maures, certains individus ou groupes d'individus pourront être résistants à la cochenille *Matsucoccus feytaudi* alors que l'ensemble du peuplement y est sensible. Ou encore, dans un boisement de cèdres certains individus pourront montrer une vigueur bien plus faible que leurs proches voisins. Cette variabilité est-elle due à des conditions de milieu variables ou à une variation dans la transmission héréditaire des caractères lors de la formation des semences ?

La démarche scientifique développée par les généticiens forestiers consiste à établir un protocole expérimental qui permette de donner une



Photo 1 : La variabilité des individus : une origine génétique et des effets du milieu. Plantation comparative pour la résistance du cyprès vert au chancre coloré à Vitrolles (Bouches-du-Rhône)

1 - Conférence donnée par Bruno Fady dans le cadre des 10^{èmes} Rencontres Régionales de l'Environnement ("Réseau des Acteurs de la Forêt : Prévention et Réhabilitation") le Mercredi 28 octobre 1998 à Hyères les Palmiers (83)

* INRA URFM, Avenue A. Vivaldi, 84000 Avignon

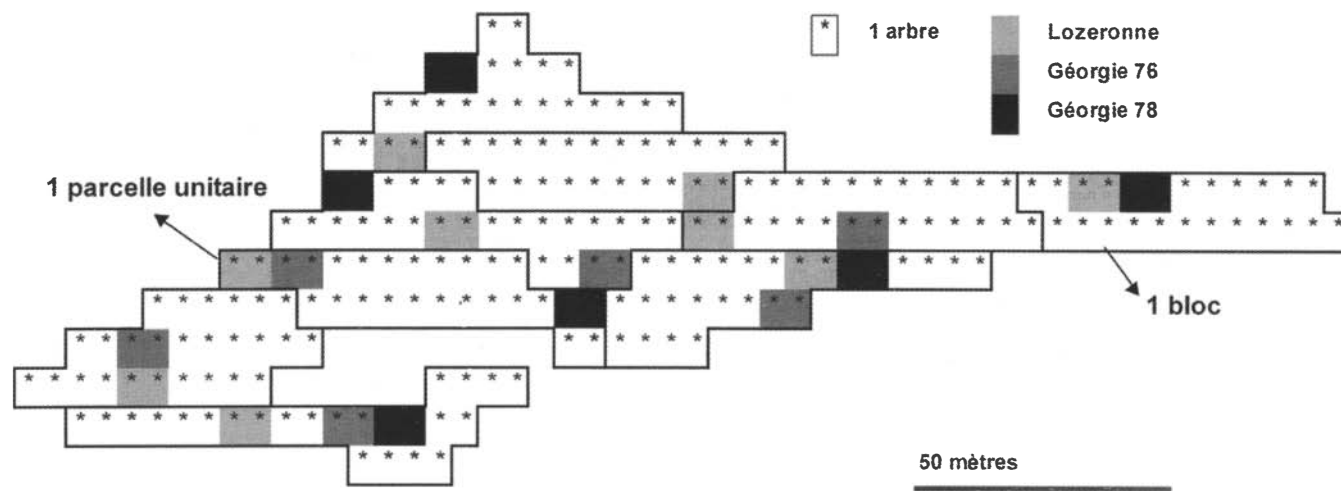


Fig 1 : Les méthodes d'expérimentation et d'analyse statistique sont essentielles pour séparer les effets génétiques des facteurs du milieu dans l'étude des caractères complexes.

Exemple de répartition aléatoire de 3 géotypes différents dans un test de descendance de noyer commun à Barret le Bas (05).

réponse à ces interrogations. Cette démarche se traduit concrètement par l'installation de dispositifs expérimentaux dans la région potentielle de (re)boisement de l'espèce, en tâchant d'échantillonner des conditions écologiques aussi diverses que possibles. La surface expérimentale d'un site est structurée en parcelles élémentaires aux conditions écologiques homogènes, les blocs. Les blocs sont eux-mêmes divisés en parcelles unitaires, contenant une seule variante du facteur à estimer (par exemple la provenance). Cette structuration permet de contrôler l'hétérogénéité du milieu écologique. Les différences entre géotypes à l'intérieur d'un même bloc seront ainsi attribuées à des effets génétiques, les effets du milieu étant considérés comme constant. Le nombre et la forme des parcelles unitaires et des blocs varient en fonction de la diversité écologique du milieu, du nombre de facteurs à comparer, et du nombre de fois où ces facteurs sont répétés dans le dispositif. Pour une validité statistiquement acceptable des résultats, le nombre de répétition doit être relativement élevé (Cf. Fig. 1). De même, les dispositifs expérimentaux doivent être répétés sur plusieurs sites. L'entretien sylvicole des sites expérimentaux est assuré par les gestionnaires de la forêt publique ou privée, selon le statut de la parcelle ; il doit être représentatif de la pratique forestière habituelle pour pouvoir généraliser les résultats acquis. A contrario, les performances mesurées pourront changer si le mode de gestion change (espacement notamment).

A titre d'exemple, le tableau I donne une idée générale du réseau expérimental mis en place par l'INRA dans le cadre de l'étude de la diversité des arbres forestiers méditerranéens. La figure 2 indique la répartition des sites expérimentaux par département. Ce réseau expérimental est relativement jeune : 2/3 des dispositifs ont moins de 20 ans d'existence. La densité peut y être forte, afin de tester précocement un maximum de géotypes sur la plus petite surface possible, notamment pour des raisons d'homogénéité de la surface expérimentale. En règle générale, la densité tend cependant à approcher celle des normes forestières. Les conifères sont mieux représentés que les feuillus, étudiés depuis une période plus récente. Même si certaines espèces ne sont plus étudiées, les résultats escomptés ayant été acquis (choix des espèces pour l'eucalyptus, sélection de provenances pour le pin noir, le sapin pectiné, le sapin de Céphalonie), les sites expérimentaux restent identifiés au sein de bases de données et doivent tous être considérés comme un patrimoine conservatoire de la richesse intraspécifique des taxons représentés.

Les caractères habituellement mesurés dans les sites expérimentaux concernent en premier lieu l'adaptation. C'est le premier niveau de sélection. Des caractères tels que la survie, la croissance en hauteur et la date de débournement, ou des caractères particuliers de résistance comme ceux mentionnés au début de ce chapitre, sont de bons indicateurs d'une adapta-

tion générale ou à une contrainte particulière. Pour des niveaux de sélection plus poussés, on pourra s'intéresser à la qualité du bois (forme du tronc, branchaison, densité, couleur, etc), l'aptitude au bouturage, etc.

LES RESULTATS ET LE PASSAGE A LA PRATIQUE

La validité des résultats obtenus tient dans le fait de la structure des dispositifs expérimentaux utilisés et de l'utilisation de l'outil statistique pour analyser la variabilité des réponses du matériel végétal testé. L'expérimentateur sera ainsi capable, non seulement de classer le matériel végétal en fonction de sa performance, mais d'indiquer si ce classement reste constant lorsque le milieu écologique change. Ce point est fondamental pour le gestionnaire. En terme de stratégie de gestion, il lui faut en effet savoir si une provenance présente une adaptation stable, par exemple toujours meilleure que celle de l'ensemble des autres provenances disponibles quelque soit la fertilité du milieu (c'est par exemple le cas de la provenance Mainalon de sapin de Céphalonie), ou si, au contraire, le classement de sa performance par rapport à la moyenne des autres provenances varie lorsque la fertilité du milieu change (c'est en général le cas des provenances de cèdre de l'Atlas). Un géotype stable demandera une connaissance écologique générale

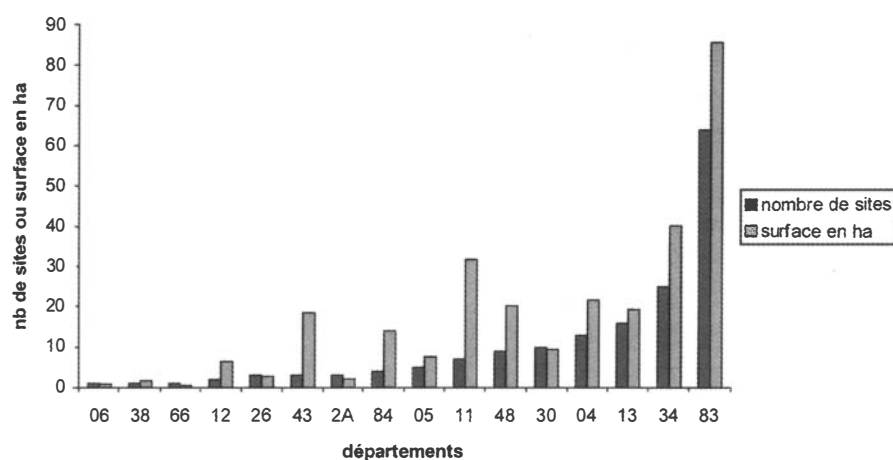


Fig 2 : Dispositifs expérimentaux de génétique forestière de l'INRA dans les départements du sud-est de la France

du milieu d'introduction alors qu'un génotype spécialisé demandera une analyse écologique plus fine du milieu d'introduction.

Les analyses des mesures de la performance des génotypes et de la stabilité de leur comportement sont régulièrement publiées dans des revues scientifiques et techniques spécialisées (voir par exemple BARITEAU et al, 1993). Elles sont aussi intégrées dans la pratique forestière par les recommandations et directives du Ministère de l'Agriculture (Direction

de l'Espace Rural et de la Forêt, DERF) contenues dans deux documents de référence : le "Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) pour la fourniture de plants forestiers en région méditerranéenne" et le "Répertoire national des matériels de base français des essences forestières" (voir bibliographie). Le Répertoire National s'adresse aux 22 espèces forestières pour lesquelles la réglementation française et européenne impose un contrôle des matériels forestiers de reproduction

destinés au commerce international. Il est fait une distinction, pour les peuplements naturels, entre peuplements contrôlés (pour lesquels une expérimentation génétique a été faite, voir ci-dessus) et peuplements classés (dont la valeur est uniquement estimée phénotypiquement). En matière de matériel de reproduction, le CCTP incite à l'utilisation de matériels particuliers pour toutes les essences forestières de reboisement généralement utilisées en région méditerranéenne française. La combinaison de ces deux informations indique, par exemple pour le cèdre de l'Atlas, qu'il est obligatoire d'utiliser en reboisement des individus issus des peuplements contrôlés "étiquette bleue" (Ventoux, Ménerbes, Saumon) ou, à défaut des peuplements classés "étiquette verte", et qu'il est conseillé que ces peuplements classés soient ceux de la région méditerranéenne ; de même, il est conseillé que les zones de reboisement concernent les étages supraméditerranéens ou l'arrière pays méditerranéen (Cf. **Photo 2**). Ces recommandations sont rendues incitatrices par la politique d'aide financière de la DERF. Des recommandations similaires existent pour la plupart des essences mentionnées dans le tableau I.

Situation en 1998

| Genre et espèces | Années d'installation | Départements de présence | Nombre de dispositifs | Surface totale en ha | Nombre total de plants | Caractères étudiés |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|---|
| Cèdre de l'Atlas | 1972 - 1985 | 04/11/26/34/83 | 28 | 25,40 | 63391 | adaptation générale et croissance |
| Cèdre du Liban | 1993 - 1998 | 04/11/30/34/83/84 | 15 | 30,80 | 34250 | adaptation générale et croissance |
| Cormier | 1995 - 1998 | 04/30/34/66/83/84 | 12 | 11,30 | 5118 | conservation, adaptation et croissance |
| Cyprès de l'Arizona | 1978 - 1988 | 13/83 | 10 | 7,86 | 10849 | croissance, forme et résistance à <i>Seridium</i> |
| Cyprès de Duprez et de l'Atlas | 1978 - 1995 | 13/83 | 5 | 1,97 | 2211 | conservation |
| Cyprès vert | 1979 - 1988 | 13/34/83 | 10 | 11,03 | 16408 | croissance, forme et résistance à <i>Seridium</i> |
| Douglas | 1966 - 1992 | 04/2A/11/12/30/34/48/83 | 16 | 35,83 | 55077 | croissance et qualité du bois |
| Epicea | 1960 - 1994 | 34/38/43/48 | 9 | 28,56 | 45864 | croissance et qualité du bois |
| Eucalyptus | 1954 - 1983 | 83 | 5 | 5,68 | 5221 | adaptation générale et croissance |
| Merisier | 1988 - 1994 | 2A/66/83 | 3 | 1,94 | 965 | adaptation générale et croissance |
| Noyers commun et noir | 1974 - 1997 | 04/05/06/30/34/83 | 14 | 20,98 | 16989 | croissance, forme et résistance |
| Pin d'Alep et brutia | 1976 - 1997 | 11/13/34/83/84 | 7 | 10,78 | 14202 | croissance, forme et résistance |
| Pin maritime | 1964 - 1992 | 83 | 5 | 13,80 | 15769 | résistance à <i>Matsucoccus</i> |
| Pin noir | 1971 - 1981 | 04/05/11/34/83 | 7 | 10,58 | 21052 | adaptation générale et croissance |
| Pin pignon | 1993 - 1995 | 13/34/83 | 8 | 13,35 | 16260 | adaptation générale et croissance |
| Sapin de Céphalonie | 1970 - 1981 | 34/83/84 | 5 | 18,78 | 34117 | adaptation générale et croissance |
| Sapin pectiné | 1963 - 1973 | 05/34/48 | 7 | 11,42 | 27491 | adaptation générale et croissance |
| Sapins de Turquie | 1960 - 1998 | 04/11/12/34/83 | 7 | 10,11 | 11984 | adaptation générale et croissance |
| Mélange (arboretum) | 1963 - 1977 | 13/48/83 | 7 | 22,44 | 54831 | adaptation générale |
| Total | | | 180 | 292,61 | 452049 | |

Tab. I : Principales essences forestières testées en milieu méditerranéen par l'INRA dans un but de sélection de matériel végétal

CONCLUSION

L'investissement scientifique et financier consenti jusqu'à ces dernières années en faveur du réseau expérimental permettant d'étudier la diversité génétique des arbres forestiers est considérable. A l'heure où la politique forestière est à une plus faible utilisation du reboisement comme méthode d'intervention sur le milieu, il convient de ne pas l'oublier. Tout d'abord, et pour de nombreuses espèces forestières, la connaissance de la variabilité adaptative du matériel de reboisement existe et est disponible pour le gestionnaire. Par ailleurs, ce réseau expérimental constitue une richesse patrimoniale en terme de biodiversité et de conservation des ressources génétiques forestières méditerranéennes, qui demande à être entretenue. Si les sites âgés de plus de 20 ans ne nécessitent pas d'investissement financier majeur, il n'en est pas de même pour les sites les plus jeunes. En l'absence d'un effort financier régional mais aussi national, la conservation, en qualité et en quantité, de ce patrimoine commun ne paraît pas correctement assurée.

B.F., M.B.



Photo 2 : Forêt de cèdre du Rialsesse : cette provenance artificielle française est l'une des plus vigoureuses en plantation comparative

Photo Michel Bariteau

BIBLIOGRAPHIE

Anonyme, 1996. Fourniture de plants forestiers en région méditerranéenne. Cahier des clauses techniques particulières. Ministère de l'Agriculture, Direction de l'Espace Rural et de la Forêt.

Bariteau M., Courbet F., Dreyfus Ph., Ducrey M., Dumerle P., Fady B., Oswald H. et Teissier du Cros E., 1993. Faut-il boiser en région méditerranéenne ? Forêt Entreprise 93 (6-7), 23-45.

CEMAGREF, 1996. Répertoire national des matériels de base français des essences forestières. Ministère de l'Agriculture, Direction de l'Espace Rural et de la Forêt, 7^{ème} édition.

Résumé

Pouvoir donner des éléments de réponse à cette question revient, en terme de recherche, à mettre en œuvre une démarche permettant, entre autres, de tester l'adaptation potentielle d'un matériel végétal (espèce, provenance, famille, clone) à son futur milieu d'accueil. En terme de protocole expérimental, ceci se traduit par l'installation, dans la zone potentielle de reboisement, de dispositifs structurés permettant de distinguer entre effets du milieu et effets du patrimoine génétique héréditaire dans l'expression d'un caractère donné.

L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Département des Recherches Forestières, a ainsi mis en place depuis 1970 en région méditerranéenne française un réseau expérimental de plus de 160 placettes sur 16 départements pour un total de plus de 450 000 plants expérimentaux afin d'étudier la structuration de la variabilité adaptative d'une quinzaine d'espèces forestières majeures pour le sud de la France. Une

telle ampleur est justifiée par la nécessité de recourir à l'outil statistique pour valider les résultats.

Les résultats acquis sont intégrés dans la pratique forestière au niveau des recommandations et des directives du Ministère de l'Agriculture (DERF) contenues dans deux documents de référence : le Cahier des Clauses Techniques Particulières "fourniture de plants forestiers en région méditerranéenne" et le "Répertoire national des matériels de base français des essences forestières"

L'investissement financier et en temps que représente une telle démarche a été justifié, jusqu'à ces dernières années, par une politique d'intervention utilisant beaucoup le reboisement pour revaloriser les milieux dégradés, notamment après incendie. A l'heure actuelle, le reboisement est loin d'être la seule forme de gestion possible des milieux dégradés : il n'en reste pas moins que le gestionnaire a maintenant à sa disposition une gamme relativement large de génotypes lorsque son choix se porte sur ce type d'intervention.