



Les ressources génétiques forestières et la restauration écologique

Présenté par: Dr. Mohamed Larbi Khouja

**1- IMPORTANCE DES RECHERCHES SUR
L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DES ESPÈCES
FORESTIÈRES EN RELATION AVEC LA POLITIQUE
FORESTIÈRE NATIONALE**

Depuis l'indépendance, la Tunisie s'est résolument orientée vers une politique de reforestation. A ce titre, de nombreux efforts de reboisement ont été déployés dans un but essentiel **de protection et de production.**

Le recours à des opérations de reboisement d'envergure a pleinement justifié l'intervention des généticiens et l'élaboration de programmes d'amélioration d'espèces d'intérêt forestier et économique.

C'est ainsi que de nombreuses activités sur la génétique forestière ont vu le jour à partir de 1960 et se sont notablement intensifiées au cours de ces 15 dernières années.

2. Particularités des arbres forestiers

Les particularités biologiques et physiologiques des arbres forestiers conditionnent si fort leur amélioration.



Particularités biologiques

- Les arbres forestiers présentent une **hétérozygotie** très élevée, habituellement interprétée comme une nécessité adaptative. **L'allogamie** est la règle générale chez les arbres forestiers: dans la nature, les produits d'autofécondation sont rapidement éliminés.
- Les espèces forestières sont dotées d'une très **large répartition géographique**, d'où une grande diversité des conditions écologiques et l'émergence de races géographiques souvent très différentes au sein d'une même espèce

Cette diversité est **une source potentielle de gains génétiques.**

- Chez ce type de végétaux très longévifs, l'expression stable des caractères économiquement importants n'est acquise que tardivement à **un âge très avancé.**
- Après le semis, il faut attendre 4 ou 5 ans pour juger la phénologie des arbres, au moins une dizaine d'années pour la croissance et la branchaison, douze à quinze ans ou plus pour les propriétés internes du bois.

- La maturité sexuelle n'est déclenchée que tardivement : 5-12 ans chez les pins, 12-15 ans chez les chênes.
- La sensibilité aux aléas climatiques extrêmes et aux contraintes édaphiques ne peut être jugée qu'après de longues périodes d'évaluation.
- Certaines maladies ne se manifestent que sur les arbres adultes.

**De ce fait, l'identification précoce
des meilleurs prédicteurs juvéniles
prend donc une importance toute
particulière.**

CONSÉQUENCES EN MATIÈRE D'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE

- Les contraintes que nous venons d'exposer rendent les programmes d'amélioration des arbres forestiers **très longs et très coûteux**. Ce qui limite l'intervention aux seules espèces qui présentent un intérêt économique ou environnemental majeur.
- En pratique, elles exigent un certain nombre de précautions et entraînent un certain nombre de conséquences dont l'améliorateur doit tenir compte :

- Les objectifs d'amélioration doivent être raisonnés, ne pas se limiter au contexte économique actuel et éviter la création de variétés très spécialisées (le cas du caroubier est un exemple illustratif).
- Les procédures d'évaluation doivent faire appel à des expérimentations multi-locales normalisées, avec pour objectif la sélection de génotypes combinant performances élevées et excellente stabilité spatiale et temporelle.

- Le recours à des tests précoces dans un objectif de prédire à un âge juvénile des caractères adultes d'intérêt économique.
- L'application systématique de la sélection multi-caractère combinée, de manière à améliorer un nombre maximal de caractères en une seule génération.

3. Objectifs de la sélection

La diversité écologique du milieu et la pérennité des arbres conduisent à donner la priorité absolue à **l'adaptation au milieu.**

L'adaptation au milieu est jugée localement, par rapport aux divers facteurs limitants (hydromorphie permanente ou temporaire, calcaire actif, froids hivernaux, gelées tardives ou précoces, sécheresse estivale...). La résistance aux agents biotiques peut être aussi un objectif prioritaire de sélection et d'amélioration.

- **La croissance en hauteur et en volume et la vigueur juvénile** constituent généralement le deuxième objectif de la sélection.
- Selon l'espèce, la notion de **la qualité** du produit recouvre des réalités différentes. La sélection pour la rectitude du tronc, la grosseur et l'angle des branches, les qualités intrinsèques du bois, revêt une importance particulière et peut être plus ou moins poussée.

Il faut remarquer que les différents caractères n'ont pas la même importance économique et n'offrent pas la même prise à la sélection.

Ils doivent être de ce fait **hiérarchisés et bien ciblés.**

4. Principes généraux et stratégie de l'amélioration génétique des arbres forestiers

La démarche d'amélioration s'établit en 2 étapes :

- La première étape consiste à identifier les meilleures espèces pour une région et des objectifs sylvicoles donnés. Les outils en sont les **arboretums d'élimination**, qui permettent un premier tri à partir des critères purement adaptatifs, puis les **arboretums sylvicoles** qui permettent une évaluation de l'intérêt forestier des espèces confirmées dans les essais précédents.

- La seconde étape consiste à identifier des populations ou **provenances** qui soient bien adaptées et qui présentent une croissance et une morphologie satisfaisantes dans des conditions de milieu données.
- Qu'il s'agisse d'espèces autochtones ou exotiques, cette étape est indispensable et procure en général des **gains génétiques très importants**.

**5. Principales thématiques
développées par l'INRGREF en
matière de génétique forestière**

Les activités menées en matière de génétique forestière combinent d'une manière optimale :

- conservation et réhabilitation des milieux naturels,
- introduction et acclimatation de nouvelles espèces,
- sélection d'espèces et sélection et de provenances particulièrement pour des espèces appelées à jouer les premiers rôles en tant qu'essences de reboisement.

5.1 Objectifs

- Les objectifs spécifiques des différents programmes de recherche sont les suivants :
- Découvrir le matériel végétal le mieux adapté et le plus performant pour les différentes gammes du milieu.
- Avoir des informations sur la structuration et l'amplitude de la variabilité génétique des espèces forestières en vue d'une meilleure utilisation et valorisation des ressources génétiques.
- Créer un matériel de plus haute valeur économique qui soit génétiquement de plus en plus amélioré.
- Contribuer à l'optimisation de la gestion, de l'exploitation et de la conservation des ressources génétiques présentes dans notre pays.

5.2 Principales réalisations

👉 Création d'un réseau d'arboretums pour la sélection d'espèces :

Un premier réseau comprenant une trentaine d'arboretums a été créé à partir de 1959. Cet important réseau regroupe au départ plus de 200.000 arbres et arbustes répartis entre 208 espèces autochtones et allochtones.

- L'une des tâches que nous menons actuellement est **d'assurer la gestion technique et scientifique** des anciennes collections (remise en état, préservation et renouvellement des plantations, réalisation de nouvelles mesures et observations et publication des résultats).
- Un premier bilan « qualitatif » des anciens arboretums a été déjà établi. Il a permis d'identifier une liste des espèces les mieux adaptées et les plus performantes au niveau de chaque arboretum.

👉 Création d'un réseau expérimental pour l'étude de la variabilité intraspécifique et le choix des provenances:

- Ce réseau comprend une série d'anciens essais d'espèces potentiellement intéressantes en tant qu'espèces de reboisement, installé dans les années 60 et enrichi par **de nouveaux essais** portant sur une vingtaine d'espèces d'intérêt forestier, agroforestier et de grande valeur économique (PAM, espèces bioénergétiques).
- Comme espèces forestières, nous en citons : *Pinus halepensis*, *Pinus brutia*, *Pinus pinea*, *Quercus suber*, *Acacia tortilis*, *Acacia nilotica*, *Acacia albida* et *Prosopis tamarugo*.

👉 Conservation des ressources phytogénétiques locales :

- Les travaux de conservation et de sauvegarde d'espèces locales menacées de disparition ou d'appauvrissement génétique ont concerné une douzaine d'espèces forestières, agroforestières, médicinales et aromatiques dont : *Pistacia atlantica*, *Acacia tortilis*, *Ceratonia siliqua*, *Celtis australis*, *Crataegus sp.*, *Acer monspelliensis*.
- Le programme établi s'est fixé comme objectif principal la récolte de semences des espèces retenues en vue d'évaluer leurs potentialités et de préconiser des solutions pratiques permettant leur conservation.

👉 Conservation des ressources phytogénétiques locales :

- Des résultats très encourageants ont été obtenus en ce qui concerne la recherche des conditions optimales de germination et de multiplication par voie de bouturage horticole et de culture *in vitro* notamment pour les espèces suivantes : *Pistacia atlantica*, *Acacia tortilis*, *Capparis spinosa*, *Cupressus sempervirens* et *Laurus nobilis*.

6. Variabilité intraspécifique et sélection, Etude de cas : l'exemple du pin d'Alep

6.1 Quelques définitions et éléments méthodologiques

6.1.1 Expression théorique de la variabilité

La variabilité, une des caractéristiques essentielles des êtres vivants, est particulièrement marquée chez les espèces forestières.

Cette variabilité se trouve sous la dépendance de deux ensembles de facteurs de nature génétique et environnementale difficiles à dissocier et qu'on a l'habitude d'exprimer par la quantité suivante :

$$P = G + E \quad (1)$$

P : valeur phénotypique mesurable G : valeur génotypique induite par les facteurs génétiques, E : valeur environnementale induite par les facteurs du milieu

La tâche de l'améliorateur forestier consiste à estimer la part de la variabilité phénotypique ou visible et d'identifier des génotypes performants et bien adaptés qui ne peuvent être reconnus que par la seule observation des phénotypes.

6.1.2 Notion de Provenance et type de variabilité

- La provenance est un terme purement forestier qui désigne également race ou écotype dans un contexte plus général (agronomique ou écologique).
- BOUVAREL (1974) la définit comme étant un lieu déterminé où se trouve un peuplement forestier et par extension les semences récoltées sur ce peuplement et les plants issus de celles-ci.
- Malgré la clarté de cette définition, la notion de la provenance reste floue, en effet si la provenance indique un lieu géographique précis, on n'a aucune idée sur son étendue ni sur ses limites.

On distingue, généralement, deux types de variabilité géographique :

- une variabilité continue ou clinale suivant généralement un gradient géographique ou climatique...
- une variabilité discontinue ou en "mosaïque" très tranchée est de nature à engendrer une différenciation d'écotypes bien distincts.

- Il est impossible de tester toutes les provenances au sein d'une espèce. Il est nécessaire de procéder par échantillonnage sur la base des connaissances acquises sur les conditions climatiques ou édaphiques des stations d'origine.
- Le nombre de provenances est dicté par des considérations d'ordre pratique et économique

→ tributaire des moyens dont on dispose pour mettre en oeuvre les expérimentations depuis la récolte des graines jusqu'à l'installation des essais

- La supériorité d'une provenance n'est jamais absolue, si elle est très performante dans un site expérimental donné, il n'est pas évident qu'elle le soit partout ailleurs.

Afin de contrôler le comportement des provenances, on doit les tester dans le maximum de sites possible ; là aussi les mêmes contraintes matérielles évoquées plus haut s'opposent à la multiplication indéfinie des sites expérimentaux et il serait plus raisonnable d'installer un essai par région d'utilisation (ou par région de reboisement).

6.2 Recherches entreprises sur le pin d'Alep et principaux résultats obtenus

Pourquoi le pin d'Alep ?



De toutes les espèces forestières du pourtour méditerranéen, le pin d'Alep est des rares espèces qui soit en mesure de réussir sur des sols et sous des bioclimats les plus variés. Ce tempérament particulier lui confère une rusticité remarquable dans des conditions écologiques parfois les plus ingrates.

Afin d'améliorer la productivité et de réduire le nombre de défauts de forme chez cette espèce, l'amélioration génétique constitue une voie intéressante et permet d'apporter des solutions durables.

Les nombreuses qualités propres à cette espèce, dont nous reprendrons ci-après les plus importantes, constituent des atouts susceptibles d'apporter des réponses avantageuses et rapides à l'amélioration :

- Une vaste aire de répartition qui laisse supposer une importante variabilité génétique et présager d'importants gains génétiques suite à la sélection des meilleurs écotypes.
- Une fructification précoce et abondante.
- Des qualités physico-mécaniques et technologiques de bois comparables à celles d'autres pins les plus couramment utilisés (entre autres le pin maritime, dont les usages sont bien connus).

Le but essentiel des travaux de recherche sur la variabilité génétique du pin d'Alep est d'évaluer les potentialités des provenances testées en vue de sélectionner les plus performantes en utilisant à profit la variabilité géographique de cette espèce.

Le choix des meilleures provenances est basé sur les informations procurées par les tests de provenances installés dans différents milieux écologiques de la Tunisie.

Les critères de sélection ont concerné:

- l'adaptation écologique à des milieux très variés (notamment vis-à-vis des facteurs limitants),
- l'adaptation biologique (résistance aux attaques de chenille processionnaire),
- la vigueur (production en volume),

- la qualité extrinsèque du fût (rectitude, branchaison, fourchaison)
- et la qualité intrinsèque du bois (caractéristiques physiques du bois).

La stabilité dans l'espace et dans le temps a été également considéré comme un critère prioritaire de sélection.

Les résultats obtenus, à l'âge de 29 ans, pour chacun des caractères étudiés, à savoir la hauteur totale, la forme des arbres et la densité du bois estimée indirectement à l'aide d'un pénétromètre (le pilodyn), ont mis en évidence l'existence d'une **variabilité marquée** entre les provenances expérimentées, aussi bien au niveau intrastationnel qu'au niveau interstationnel, une variabilité qui est génératrice d'un **gain génétique appréciable**.

- Du point de vue pratique, ces résultats se traduisent par une sélection des provenances les plus performantes combinant à la fois une bonne survie, une bonne forme et une meilleure croissance.
- En se limitant aux provenances tunisiennes, la récolte des semences devrait être orientée préférentiellement vers les peuplements naturels suivants: Selloum, Bérino, Dernaïa, M'Guila, Oum Jedour et Mellègue.
- Par ailleurs, la grande variabilité phénotypique et la forte héritabilité des caractères étudiés autorisent un gain génétique élevé et montrent de réelles possibilités de sélection et d'amélioration génétique des provenances tunisiennes

En effet, l'utilisation des provenances les plus performantes permet d'espérer des gains génétiques moyens de :

- **14 %** (variant de 9 à 21 % selon les sites expérimentaux) pour la hauteur ;
- **25 %** (variant de 15 à 35 % selon les sites expérimentaux) pour le diamètre ;
- **7 %** (variant de 5 à 12 % selon les sites expérimentaux) pour la forme ;
- **12 %** (variant de 7 à 21 % selon les sites expérimentaux) pour la densité du bois.

Sur la base d'une sélection multicaractère (forme, croissance en hauteur et en diamètre) établie sur index, il a été possible d'identifier un ensemble de **600 "arbres plus"** répartis entre les quatre dispositifs expérimentaux.

Ce sont ces arbres qui sont retenus pour constituer la population d'amélioration de base et sur les quels sera mené le reste des opérations prévues dans le programme d'amélioration génétique de cette espèce.

Si les résultats du programme d'amélioration ne se feront sentir pleinement que dans une trentaine d'années avec des semences hautement sélectionnées, la souplesse de gestion, d'une part, et la combinaison des deux voies longues et courtes, d'autre part, devraient permettre **des sorties variétales régulières, toutes les dizaines d'années.**

Les variétés obtenues à la fin de chaque cycle de sélection pourront être utilisées avantageusement pour la création de nouveaux reboisements de plus en plus productifs et de meilleure qualité.

La grande variabilité écologique constatée au niveau de l'ensemble de l'aire naturelle du pin d'Alep a suscité, dans un cadre international (projet INCO cofinancé par l'UE), la poursuite de l'effort pour la recherche de provenances plus résistantes à la sécheresse.

D'après les premiers résultats obtenus au laboratoire et au champs, l'utilisation de nouvelles provenances de pin d'Alep, notamment grecques et palestiniennes, laissent supposer des possibilités réelles de sélection pour **l'adaptation à la sécheresse et le reboisement en zone aride.**

Ainsi, une autre évolution du programme d'amélioration est donc possible avec **l'injection" de nouveaux gènes** apportés par ces provenances.

- En outre, la productivité du pin d'Alep sur les deux plans quantitatif et qualitatif, pourrait être aussi amélioré par des **hybridations interspécifiques avec le pin brutia** représenté dans les nouveaux essais de provenances par une trentaine de populations échantillonnées en Turquie.

- En plus des possibilités d'amélioration du pin d'Alep que peut préjuger cette hybridation notamment pour **la rectitude et la finesse des branches**, on peut s'attendre à **un effet hétérosis** sur les hybrides par la combinaison avantageuse des gènes des parents respectifs.

Merci pour votre attention