

# LA SÉLECTION PARTICIPATIVE EN FRANCE : DES PLANTES ANNUELLES AUX LIGNEUX

JONATHAN MIGEOT – FRÉDÉRIQUE SANTI – ARNAUD DOWKIW – JEAN DUFOUR

Très peu de bonnes variétés de feuillus précieux (catégorie qualifiée ou testée) sont disponibles en France. Citons les vergers à graines de Merisier à composants testés, disponibles à la vente depuis fin 2011, celui de Frêne, mais qui depuis l'arrivée de la charlarose impose un nouveau travail d'amélioration, et les vergers à graines produisant les noyers hybrides. Aux cultivars forestiers de Merisier et d'Orme on peut rajouter les cultivars fruitiers de Châtaignier, dont la qualité du bois est réputée. Le plus souvent, les plantations sont réalisées avec des plants issus de graines récoltées en forêt (variété « provenances », catégorie sélectionnée ou identifiée), ou parfois d'un verger à graines composé d'individus simplement sélectionnés en forêt (Cormier). Ce matériel est très hétérogène et son adaptabilité sur des sites variés est inconnue. En forêt, la densité de jeunes plants permet ensuite une certaine sélection inter- et intraspécifique. En agroforesterie, la densité de plantation est actuellement si faible (autour de 50 plants par hectare pour les espèces de haut jet) que cela élimine les possibilités d'éclaircie. En revanche, les jeunes arbres y font plus souvent qu'en forêt l'objet de soins attentifs. Or, pour obtenir des tiges de qualité et pour que la croissance des plants soit satisfaisante, un excellent suivi sylvicole est certes indispensable, mais il ne suffit pas.

Le choix des essences et variétés pour boiser une station ne peut plus uniquement se faire en fonction des caractéristiques pédoclimatiques actuelles mais doit également prendre en compte l'évolution possible du climat. Face à la rapidité de ce changement, une stratégie efficace est l'évitement : produire rapidement (en 20 à 40 ans) des grumes de valeur, puis replanter, éventuellement une nouvelle espèce ou variété plus adaptée. La mise en place de cette stratégie nécessite d'avoir accès à des variétés plus performantes destinées à une récolte rapide.

Les programmes d'amélioration d'espèces forestières sont très lourds quand ils sont menés par les instituts publics de recherche (pour la France, voir dans le numéro spécial de la *Revue forestière française* de 1986). Seules quelques espèces ont ainsi pu bénéficier d'un effort de recherche en Europe. Quelle solution alternative envisager ? El-Kassaby et Lstiburek (2009) ont proposé une méthode d'évaluation se basant sur des plantations d'arbres ordinaires plutôt que des plantations comparatives spécifiques, mais elle n'est en réalité pas si simple, car les distinctions entre familles sont retrouvées grâce à des marqueurs génétiques, dont le coût d'utilisation est très sous-estimé : nous ne l'avons pas retenue. Une autre démarche récente pourrait se révéler une solution : la sélection participative.

## HISTORIQUE ET AVANTAGES DE LA SÉLECTION PARTICIPATIVE

### Émergence du concept pour les plantes annuelles

Dans les années 1980, des chercheurs ont constaté qu'il était impossible de généraliser le modèle de la révolution verte dans des régions à forte diversité environnementale et culturelle. Les savoirs

et les préférences des agriculteurs ont alors été replacés au centre de la création variétale : plus d'une centaine de programmes de sélection participative existent dans le monde à la suite des travaux pionniers de l'équipe de L. Sperling sur le haricot en Afrique de l'Est, de J. Witcombe sur le riz au Népal et de S. Ceccarelli au Moyen-Orient sur l'orge (Bonneuil et Demeulenaere, 2007).

La sélection participative consiste à décentraliser la sélection variétale de la station de recherche vers les producteurs. Les méthodes de test sont de même nature, mais les tests variétaux comportant des témoins récurrents, le choix des meilleurs reproducteurs pour la production de semences pour l'année suivante, voire les croisements, se font dans les fermes, et les détails de l'organisation sont adaptés à ce contexte. L'institut de recherche n'intervient plus que dans l'accompagnement de la démarche de sélection et ne considère plus le producteur comme simple pourvoyeur de sites de test ou comme utilisateur final : le producteur est associé aux décisions, à divers degrés. Les programmes de sélection participative peuvent démarrer à l'initiative des chercheurs avec la participation d'agriculteurs ou à l'initiative d'agriculteurs avec la participation des chercheurs et la collaboration peut augmenter au cours du temps (Dawson J. *et al.*, 2011).

Le faible coût de l'expérimentation en sélection participative permet d'accroître le nombre d'essais et d'atteindre une puissance statistique qui compense le caractère moins contrôlé des essais. Le sélectionneur est remplacé par de multiples yeux permettant d'évaluer en sélection une masse de génotypes bien supérieure. La capacité des agriculteurs à estimer la santé des plantes et leurs performances, notamment pour des caractères plus subtils que la hauteur, a été démontrée dans plusieurs travaux (Ceccarelli *et al.*, 2000 ; Chable et Berthelot, 2006). Il est alors possible de couvrir une plus large gamme d'environnements, d'identifier des interactions locales spécifiques entre génotype et environnement et d'aboutir à des innovations variétales « sur mesure » pour de multiples environnements comme pour la grande diversité des préférences et des besoins des agriculteurs (Bonneuil et Demeulenaere, 2007). Pour Goldringer *et al.* (2012), l'échange d'observations et d'idées dans les projets de sélection participative développés en France est très riche à la fois pour les agriculteurs et pour les scientifiques, par contraste avec l'approche traditionnelle où les communications se font entre agriculteurs individuels et l'institut de recherche. Une force de ces projets réside dans la motivation éthique qui constitue la base fondamentale de la démarche (Chable et Berthelot, 2006) : la plupart sont initiés ou pilotés par les agriculteurs, ce qui permet une durabilité bien supérieure à un projet lié à des subventions ou sources de financement particulières. Globalement l'efficacité est meilleure : les variétés acceptables sont identifiées plus rapidement, le mode de diffusion des variétés est moins coûteux.

Dans les pays développés, l'intérêt pour la sélection à la ferme a émergé pour l'agriculture biologique ou à faibles intrants en raison des conditions environnementales plus hétérogènes, de l'absence de variétés adaptées et du manque d'intérêt de la part du secteur privé pour la production de variétés pour ces systèmes. En France, des programmes de sélection participative ont ainsi été lancés depuis 15 ans, impliquant des agriculteurs, des industriels, des associations (dont le Réseau Semences Paysannes) et l'INRA : choux-fleurs de Bretagne, choux à choucroute d'Alsace, blé dur de Camargue et du Lauragais, blé tendre pour plusieurs régions, maïs et tournesol dans le Sud-Ouest, tomate en Languedoc-Roussillon, choux d'été, fenouil, radis et panais en Pays-de-la-Loire. Parfois seule une association est impliquée, c'est le cas de potagères, de la vigne et d'arbres fruitiers (Chable et Berthelot, 2006).

La sélection participative est donc en plein essor tant au niveau mondial que national et a déjà prouvé son efficacité. Ce concept est-il adapté aux arbres forestiers ?

### **Sélection participative pour des arbres forestiers**

En milieu tropical, un important travail de domestication participative d'arbres a été développé, à l'initiative du World Agroforestry Center (ICRAF), avec différents partenaires. L'effort a d'abord été

important en Afrique de l'Ouest puis étendu au reste de l'Afrique, à l'Amérique latine, l'Asie et l'Océanie (Leakey *et al.*, 2012 ; Dawson I. *et al.*, 2011). Les espèces visées sont le plus souvent principalement intéressantes pour leurs fruits, leurs propriétés médicinales mais aussi parfois pour leur bois (ex : le Maobi ou *Baillonella toxisperma*, arbre africain menacé, exporté pour le bois mais encore plus valorisable pour ses fruits et ses graines).

Au Cameroun, au Nigéria, en Guinée équatoriale, au Gabon, en République démocratique du Congo et au Ghana (Tchoundjeu *et al.*, 2006), un temps important est consacré au début à la mise en confiance des villageois, en particulier grâce à des visites auprès des villages pionniers. Un idéotype correspondant à un marché particulier est défini, puis les meilleurs individus sont sélectionnés. Des méthodes robustes de multiplication végétative sont transmises progressivement aux villageois.

En Amazonie péruvienne, Weber *et al.* (2001) ont utilisé la sélection participative avec des communautés pratiquant une agriculture sur brûlis en conditions de surexploitation liée à une surpopulation croissante. La durée de jachère arborée ayant été divisée par 4, la régénération naturelle des plus de 250 espèces arborées utilisées (construction, piquets, énergie, fibres, pharmacie, nourriture...) est compromise, le nombre de semenciers de valeur baisse. Ils ont d'abord identifié les préférences des agriculteurs, tout en recueillant les avis d'experts de la filière forestière. Sur les plus de 150 espèces souhaitées, 23 ont été choisies. Pour *Callycophyllum spruceanum* et *Guazuma crinita*, espèces exploitées pour le bois en 3 à 20 ans, chercheurs et agriculteurs ont identifié 11 provenances, dont ils ont échantillonné les graines (35 arbres séparés d'au moins 100 m par provenance). Vingt agriculteurs ont été choisis en fonction de leur intérêt, de leurs connaissances sylvicoles et de leur rôle comme innovateurs ou leaders pour accueillir une partie du test multisites de provenances, car ils participent activement aux évaluations, à la définition des critères de sélection ainsi qu'à la sélection. La mise à disposition de variétés est rapide quand les agriculteurs sont également les multiplicateurs : les tests de provenances sont convertis au bout de 3 ans en vergers à graines, les arbres coupés pouvant être exploités pour leurs produits. L'organisation en réseau permet aux producteurs de produire leurs propres plants, du bois de qualité mais aussi de vendre leurs graines et plants.

Aucun programme de sélection ou domestication participative sur les arbres forestiers n'a été développé en milieu tempéré, donc rien n'a été fait en Europe. Cependant, une mobilisation du public ou des propriétaires est possible, comme le montre l'exemple des cormiers rassemblés en verger par l'Association Cormier Fruitier Forestier (AC2F, [http://www.sepenes.fr/verger\\_dans\\_la\\_meuse2d2.pdf](http://www.sepenes.fr/verger_dans_la_meuse2d2.pdf)).

## AMORCER LA SÉLECTION PARTICIPATIVE POUR LES ARBRES FORESTIERS EN FRANCE

Un modèle de sélection participative pour la forêt et l'agroforesterie tempérée est actuellement initié par l'INRA à Orléans, avec la volonté d'impliquer fortement les principaux acteurs : agriculteurs, forestiers, pépiniéristes et leurs associations, acteurs institutionnels.

### Évaluation et sélection dans les plantations

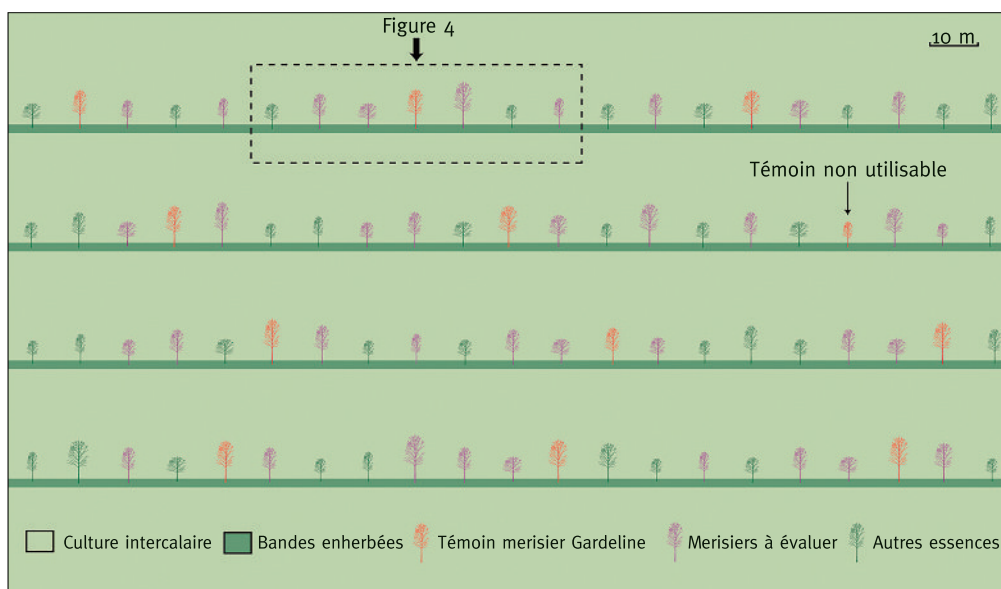
- *Des témoins récurrents pour évaluer la croissance, exemple du Merisier*

Les travaux de sélection variétale classique du Merisier par l'INRA d'Orléans ont abouti à l'homologation de cultivars de qualité grâce à la sélection d'arbres en forêt suivie de leur évaluation dans des dispositifs de comparaison. D'une part, l'exploitation possible sous un nouvel angle de ces dispositifs fait du Merisier un modèle pour étudier des aspects méthodologiques. D'autre part, une adaptation de la méthode des témoins récurrents utilisée pour comparer des variétés ou de

potentielles variétés en plusieurs sites chez les plantes annuelles (y compris en sélection participative, Ceccarelli et Grando, 2007) est possible en utilisant ces cultivars.

Le témoin récurrent est utilisé comme référence pour évaluer par comparaison les performances de croissance des arbres qui sont plantés à proximité. La récurrence permet de faire des comparaisons intrasites (détection possible des meilleurs individus et comparaisons de variétés) et intersites (plages d'utilisation de variétés). Le témoin doit être invariable génétiquement pour servir de point de comparaison dans un environnement variable : pour les arbres placés à proximité, on pourra ainsi séparer effet génétique et effet terrain par un traitement statistique approprié. C'est le cas des variétés témoins de céréales autogames, et des cultivars de Merisier qui sont multipliés par voie végétative. Dans une parcelle, les conditions de milieu (sol, exposition...) peuvent varier à courte distance. La distance entre les arbres testés et le témoin le plus proche ne doit donc pas être trop importante, ce qui doit être quantifié en analysant des dispositifs anciens. Par exemple, nous avons utilisé un dispositif contenant des descendances de merisiers et des copies de leurs parents, que l'on traite chacun indépendamment comme témoin : les 4 à 9 copies par hectare suffisent pour que l'effet terrain soit bien séparé de l'effet génétique pour les autres arbres. Les témoins récurrents peuvent être répartis régulièrement (figure 1, ci-dessous) ou irrégulièrement sur les lignes.

FIGURE 1 EXEMPLE DE PLANTATION AGROFORESTIÈRE EN SÉLECTION PARTICIPATIVE



- *Des témoins récurrents pour évaluer la croissance pour d'autres espèces*

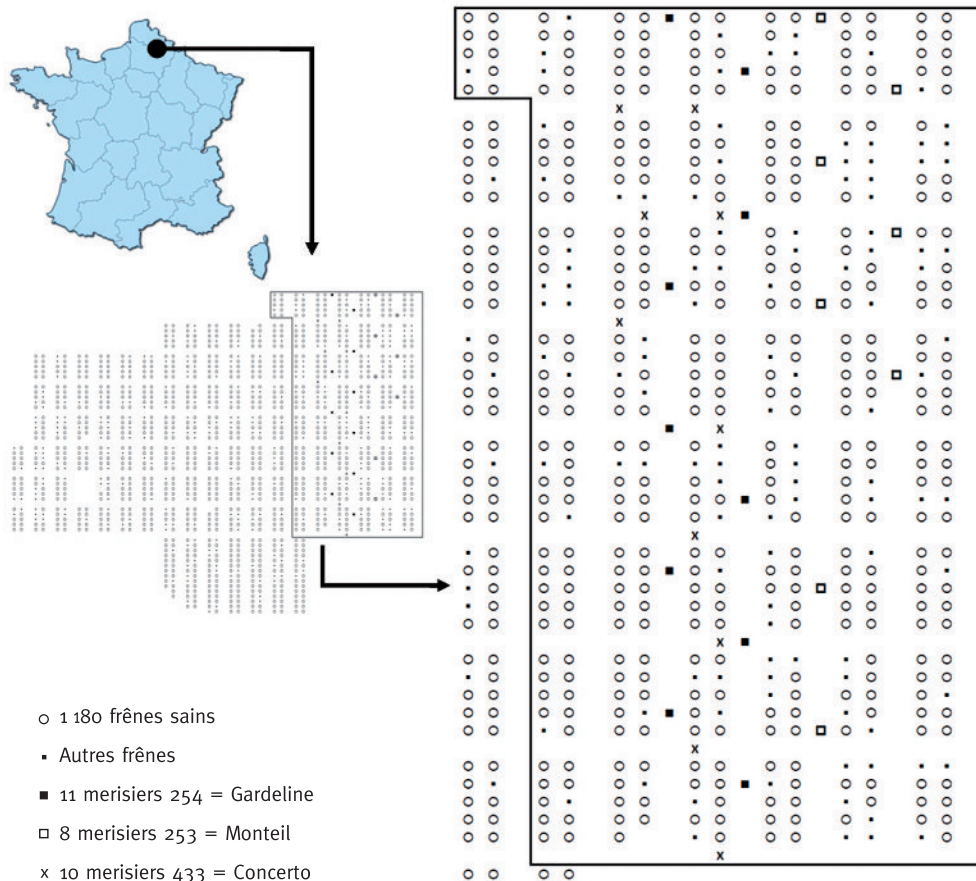
Le choix des témoins potentiels est limité par l'offre en individus multipliés par bouturage ou marcottage : en France, l'Orme hybride résistant à la graphiose, le Châtaignier double fin (bois et châtaignes), et le Merisier, voire le Pommier si l'on accepte les cultivars utilisés comme porte-greffes. Comment faire pour des essences utilisées en agroforesterie et en enrichissement en forêt comme l'Alisier torminal, le Cormier, le Poirier, les Érables, les Aulnes... ? L'idéal théorique serait de développer

plusieurs témoins pour chaque essence à sélectionner, mais cela suppose la création (ou l'importation éventuelle d'autres pays européens, par exemple des poiriers d'Espagne) puis le maintien de multiples cultivars dans les pépinières, ce qui n'est pas réaliste pour des essences plantées en petite quantité globale, et de plus à densité faible car souvent en mélange ou en enrichissement.

Nous avons testé une autre stratégie, plus rapide et plus réaliste à mettre en œuvre, pour l'évaluation de la croissance d'autres espèces. Les cultivars existants seraient utilisés comme témoins pour des espèces ayant des exigences pédoclimatiques proches, chaque arbre témoin permettant de refléter les conditions microenvironnementales. L'analyse d'un double dispositif expérimental (figure 2, ci-dessous) nous a permis d'évaluer la capacité des cultivars de Merisier à prédire suffisamment efficacement les variations de fertilité du sol pour les Frênes. Une méthode spatiale efficace de prise en compte des effets milieu et génotype (Pichot, 1993) a été utilisée en prenant en compte comme effet génotype soit l'effet provenance pour les Frênes (estimation de référence

**FIGURE 2** DISPOSITIF DE L'INRA VAL DE LOIRE – UNITÉ AGPF À ESNES (Nord)

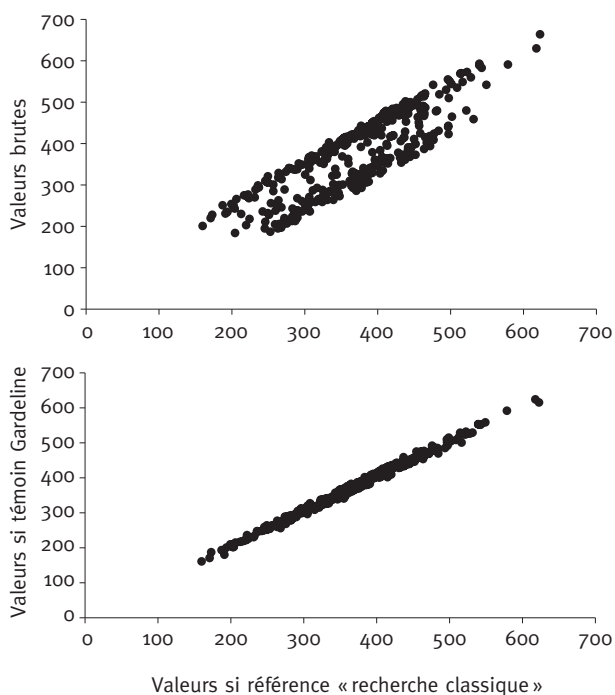
16 provenances de Frênes communs en parcelles unitaires de 2 x 5 arbres séparées par des lignes et colonnes comportant Aulnes, Érables (non figurés) et trois cultivars de Merisiers.



« recherche classique »), soit l'effet Frêne (donc sans tenir compte de la composition en provenances) plus un cultivar de merisier : simulation d'une plantation ordinaire de Frênes dans lesquels auraient été disséminés quelques plants d'un cultivar de Merisier, qui correspond au cas d'une plantation de type « sélection participative ».

**FIGURE 3**  
**CIRCONFÉRENCES (à 1,30 m, en mm) À 10 ANS DES FRÊNES,**  
**COMPARAISON ENTRE LES VALEURS AJUSTÉES, EN TENANT COMPTE**  
**DE LA COMPOSITION EN PROVENANCES DES FRÊNES (recherche classique)**  
**AVEC LES VALEURS BRUTES (en haut) OU LES VALEURS AJUSTÉES**  
**GRÂCE AU TÉMOIN GARDELINE DISPERSÉ DANS LA PLANTATION DE FRÊNES INDIFFÉRENCIÉS**  
**(recherche participative, en bas)**

L'ajustement spatial a concerné les 1 180 frênes vivants de croissance non affectée par la charlarose (moins de 10 % d'atteinte mesurée sur le houppier à 10 ans), soit 79 % de l'effectif initial, dans le dispositif entier (recherche classique), ou dans les 4 blocs où les cultivars de Merisier étaient présents (recherche participative). La maille de calcul des moyennes mobiles utilisée tient compte de la taille des parcelles unitaires de Frêne et des espacements de plantation (3,5 m x 3 m) : 13 (abscisse) x 15 (ordonnée) soit un carré de 45 m de côté. Pour les comparaisons, seuls les 375 individus communs sont pris en compte.



La corrélation entre ces estimations est excellente : 0,997 (et figure 3 en bas) en utilisant comme témoin Gardeline, 0,994 et 0,996 avec comme témoins Monteil ou Concerto. Par comparaison, la corrélation observée entre les valeurs brutes et les valeurs estimées en condition de référence « recherche classique » est plus lâche (0,84) : en particulier, l'hétérogénéité induite par les deux précédents culturaux dans cette parcelle (visibles dans la figure 3 en haut) n'est pas prise en compte avec les valeurs brutes. Pourtant, les cultivars de Merisier n'étaient pas bien répartis dans la zone de mélange frênes-merisiers (figure 2, p. 155). La pertinence de cette approche qui paraît *a priori* audacieuse est ainsi validée. Si l'objectif était seulement de sélectionner les meilleurs individus, notons que les trois meilleurs frênes (selon l'analyse « recherche classique ») auraient été détectés

avec seulement les valeurs brutes, mais que les témoins permettent de comparer ces meilleurs avec les meilleurs d'autres sites.

- *Le devenir des arbres placés en présence de témoins récurrents*

Comment évaluer les arbres coplantés avec des témoins récurrents ? Juger de la croissance peut se faire après le traitement statistique des données spatialisées si les arbres mesurés sont repérés par leurs coordonnées : cela nécessite qu'un plan détaillé soit établi, ce qui est systématique en cas de plantation agroforestière, mais rare en forêt. Les circonférences peuvent alors être mesurées ligne après ligne et relevées à la main, ou sur smartphone ou tablette grâce à une application (à développer). Pour la forêt, une alternative serait un traitement plus simple des mesures des arbres testés par simple différence avec le témoin voisin. La seule référence associée à chaque arbre serait la valeur du témoin le plus proche. Si ces témoins sont géoréférencés (coordonnées GPS relevées avant que les arbres ne se développent trop), un traitement statistique plus complet pourra être effectué. Si un individu témoin est chétif, comparé aux arbres environnants et aux autres individus témoins (figure 1, p. 154), c'est qu'il a probablement subi un accident. Un mécanisme d'éviction de ces individus devra être mis en place lors de l'analyse automatisée des résultats. Les caractères de forme ou de phénologie, peu dépendants du terrain, peuvent être jugés sans témoins récurrents. Les caractères de résistance aux maladies et aux parasites sont plus délicats à juger et sortent du cadre de réflexion générale de cet article car cela dépend beaucoup des espèces en jeu.

Qui décide des mesures à faire, qui les réalise et comment implémenter les calculs aboutissant aux évaluations ? Les mesures pourront être effectuées par le propriétaire ou le gestionnaire si cela l'intéresse ou bien des personnes extérieures (organisation par le groupe d'intérêt). Chez les plantes annuelles, les données relevées par chaque agriculteur sont regroupées pour être traitées statistiquement : un tel développement est prévu pour les ligneux. Les critères de sélection, leurs combinaisons et le taux de sélection souhaité seront décidés par le propriétaire ou le groupe selon les besoins et les possibilités de réalisation, pour chaque espèce. Un minimum commun à toutes les espèces peut être décidé dans un cadre consensuel : *a priori*, ce pourrait être la croissance en circonférence qui reflète le niveau général d'adaptation de l'individu à son environnement.

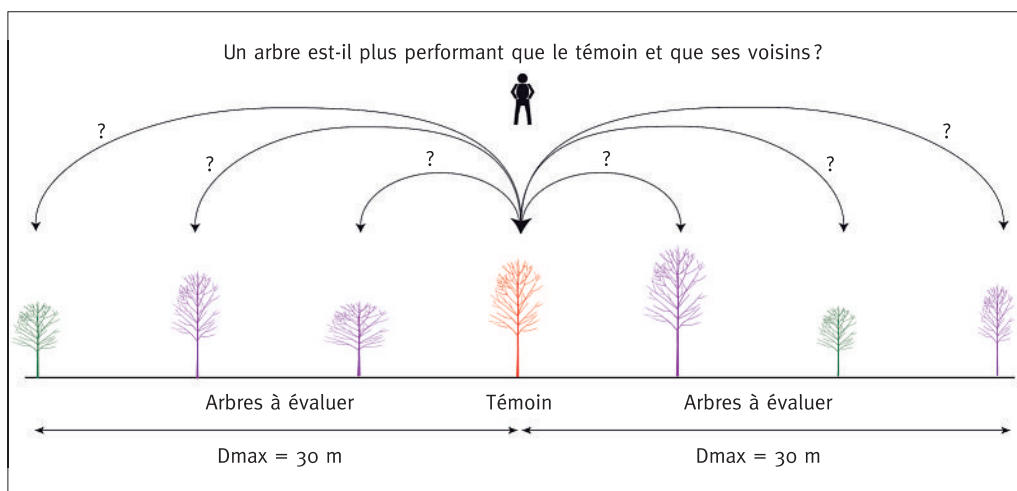
Que faire des arbres détectés ? Si un arbre est vraiment remarquable en croissance comparé au témoin proche et à ses voisins, et en plus conforme aux autres critères définis, son devenir possible est la multiplication végétative directe par son propriétaire ou un collaborateur pour sa ferme ou sa forêt, si l'espèce s'y prête (Aulnes, bouturage facile en miniserre à partir de rejets de collet, Martin et Guillot, 1982 ; Charme, Alisier torminal, Bouleau verruqueux, Cormier, Robinier). Mais il est impossible qu'un arbre soit vraiment remarquable dans chaque ferme ou forêt. En combinant les résultats provenant de nombreuses fermes ou forêts, la pression de sélection augmente. Deux façons de rassembler les informations peuvent être envisagées : soit des mesures sont faites seulement sur les arbres les plus prometteurs repérés à l'œil dans chaque parcelle (figure 4, p. 158), ainsi que sur le témoin proche, soit des mesures sont faites systématiquement. Il faudra tester expérimentalement la première méthode à partir d'expériences où les mesures sont connues, afin de définir un protocole. Après présentation des résultats de toutes les parcelles, le groupe d'intérêt (la station de recherches ne décide pas seule dans son coin !) déciderait quels arbres remarquables en croissance et en forme choisir, et les ferait greffer pour créer un verger à graines dit « qualifié ». Certains pourraient également être multipliés végétativement, pour être testés dans plusieurs lieux, et ainsi devenir des cultivars après homologation en catégorie testée. Cette évolution est lourde mais pourrait être utile pour des espèces à très fort potentiel économique par individu (Alisier) ou à double fin (Cormier).

Comment comparer des variétés, ou juger de la zone d'utilisation optimale d'une variété ? L'évaluation de variétés d'espèces ligneuses pourrait se faire de façon comparable aux évaluations de plantes

annuelles mises en place par les réseaux d'agriculteurs, qui sèment plusieurs variétés et un ou deux témoins. Mais la plupart du temps, seule une variété par espèce (provenance, verger à graines, cultivar) serait testée par parcelle. Cette évaluation peut certes guider le propriétaire pour de futures plantations, mais elle a surtout un sens collectif pour des zones très larges (région ou pays entier), ce qui est différent du retour possible pour les plantes annuelles, les résultats étant réutilisables rapidement dans la ferme, ou chez des collègues proches. La plus faible implication attendue oblige à créer des protocoles très simplifiés et, surtout, à ne mesurer ou noter que peu d'individus dans la parcelle. Par exemple, le protocole pourrait être : « mesurer les 5 arbres les plus proches de chaque témoin, au total 50 à 100 arbres par espèce ; mesurer ces témoins ». Les métadonnées utilisables seraient ensuite la moyenne des différences entre les arbres et leur témoin proche. La robustesse de tels protocoles s'obtient en réutilisant certaines données des réseaux expérimentaux des programmes de sélection « classiques ».

**FIGURE 4** **ÉVALUATION DES ARBRES**  
**(même espèce et autre espèce d'exigences pédoclimatiques similaires pour ce site)**  
**PAR RAPPORT AU TÉMOIN RÉCURRENT LE PLUS PROCHE**

Légende : cf. figure 1 (p. 154)



### Création rapide de vergers à graines simples par sélection très intensive en pépinières

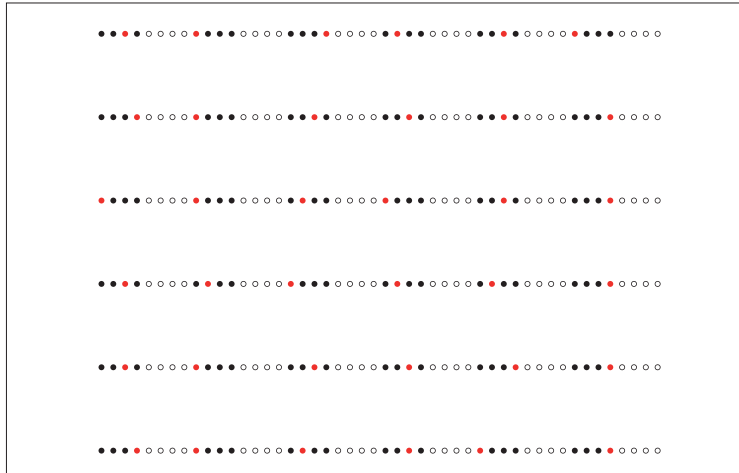
Chaque année, le matériel destiné à être planté est rassemblé au sein des planches de semis des pépinières commerciales : sélectionner dans celles-ci permet d'accéder à la plus grande variabilité possible. L'environnement intrapépinière est assez homogène, ce qui facilite les comparaisons. Cependant, dans quelle mesure les meilleurs individus repérables en pépinière sont-ils de bons candidats pour la création de vergers à graines, alors que le milieu d'élevage en pépinière est particulier (composition du sol, arrosages...) ? Nanson (2004) tire de l'analyse de plus de 100 expériences, sur de nombreuses espèces, que les corrélations entre hauteurs en pépinière et en plantation sont moyennes ou élevées, exceptionnellement neutres. Cependant, une forte densité de semis peut faire disparaître cette corrélation intéressante (ex : *Pinus sylvestris*, Jonsson *et al.*, 2000 et *Picea abies*, Delvaux, 1977). Chez le Douglas, Adams *et al.* (2001) ont montré que la sélection familiale en pépinière est seulement moitié moins efficace qu'une sélection après 15 ans, pour un coût nettement inférieur. Ma et Lin (sur *Taxodium ascendens*, 1979), Perevertailo (sur *Quercus robur*, 1977) et Camussi *et al.* (sur *Fraxinus oxyphilla*, 1995) ont montré que la sélection sur la hauteur des tout meilleurs jeunes semis était efficace.



FIGURE 5

**EXEMPLE POSSIBLE DE VERGER À GRAINES  
ÉTABLI APRÈS SÉLECTION INTENSIVE EN PÉPINIÈRE**

Les 144 arbres d'élite ● sont éclaircis (1/4) : grâce aux évaluations réalisées quelques années après, restent 36 arbres ● et les arbres témoins ○ sont supprimés, dès lors que leur valeur moyenne est montrée plus faible que celle des arbres d'élite (dans le cas contraire, le verger ne serait pas homologué).



Une sélection très intensive (1 sur 1 000 à 10 000) peut être effectuée en pépinière, pour aboutir à des vergers à graines de faible taille (30 à 60 arbres après éclaircie, figure 5, ci-dessus). Chaque arbre sélectionné n'est représenté que par un plant, et non greffé en plusieurs exemplaires. En effet, d'une part Atangana *et al.* (2010) ont montré qu'il suffit de 20 arbres par population d'amélioration pour maintenir la diversité pour un cycle de sélection, d'autre part il vaut mieux multiplier les vergers (multiples espèces, au moins deux vergers par espèce) afin de multiplier les opportunités et limiter les risques (chaos économique et social possibles dans le futur ; Kumhof et Muir, 2012).

## DISCUSSION ET CONCLUSION

La sélection participative n'est envisagée que récemment pour les ligneux car la création variétale s'est concentrée dans les stations de recherche au cours du XX<sup>e</sup> siècle. En sortir signifie multiplier les acteurs et alourdir l'organisation, mais les professionnels y voient de l'intérêt quand on le leur propose. Ainsi pour la France, le syndicat des Pépiniéristes forestiers a accepté d'être l'acteur majeur du processus de création rapide des vergers à graines, quand nous l'avons proposé en 2013 au CTPS (comité technique permanent de la sélection), section arbres forestiers. L'INRA intervient en proposant le schéma initial (comment créer un réseau de vergers à graines en quelques années), et l'aide tout au long de la démarche, y compris pour les sélections, mais tous les choix sont du ressort des pépiniéristes : choix des espèces, de la répartition dans le temps et dans l'espace des vergers à graines, organisation du travail. Avec cette structure, nous nous rapprochons de la sélection participative chez les espèces annuelles : sélection rapide après le semis dans des planches semblables à des champs, interactions importantes entre acteurs grâce à leur organisation préexistante, et le suivi stratégique, méthodologique et réglementaire des créations variétales (des choix initiaux jusqu'aux conseils d'utilisation) au sein du CTPS, qui rassemble tous les acteurs forestiers. La question de la propriété des vergers à graines (privés mais à valeur collective quand ils sont établis chez un pépiniériste et publics quand ils sont établis dans une pépinière d'État), et de la distribution des graines produites est en cours de traitement par les acteurs, à travers une convention.

Les espèces prioritaires, le nombre de vergers à établir par espèce (minimum 2 par sécurité), le nombre d'arbres finaux par verger ont été déterminés en fonction du nombre de plants vendus et des éléments sur les fructifications par arbre connus du GIE « Graines et plants forestiers » : en ordre décroissant de besoins en plants, Charme (200 000 plants, 3 vergers d'environ 50 arbres), Érable sycomore, Érable champêtre, Aulne glutineux, Alisier torminal, Bouleau verruqueux, Érable plane, Pommier sauvage, Poirier sauvage, Tilleul à petites feuilles et Cormier (35 000 plants, 2 vergers d'environ 50 arbres en plus du verger conservatoire déjà établi par l'INRA). Ont été rajoutés le Tilleul à grandes feuilles et l'Érable de Montpellier, dans la catégorie « coup de cœur ». Deux à trois vergers à graines sont prévus par espèce, dont souvent un en pépinière d'État, et au moins 10 sont commencés en 2014 chez des pépiniéristes. Pour la France, nous manquons de recul pour juger de l'efficacité de cette nouvelle méthode par rapport à la méthode « classique », mais vu le champ choisi (espèces négligées par les programmes de sélection classique), la différence sera soit nulle en cas d'échec, soit positive.

Un problème potentiel dans un verger à graines créé à partir d'individus dont on ne connaît pas les parents est que les meilleurs individus soient issus d'une même famille, ou de peu de familles différentes, sans que l'on s'en rende compte. La précaution envisagée consiste à placer dans un verger des plants venant de différentes pépinières, d'années de sélection différentes, de lots et de provenances différents. L'idéal serait de retrouver les liens génétiques avec des marqueurs afin de limiter les risques de consanguinité lors de l'éclaircie finale intraverger, mais cela suppose que l'on en dispose pour l'espèce, et cela augmente le coût. Quel sera le devenir des arbres après l'éclaircie aboutissant à l'homologation en catégorie « qualifié » ? La traçabilité sera assurée (adaptation à partir de la base de données utilisée à l'INRA du Moulon, pour le blé), ainsi ces vergers pourront servir de conservatoires, et les individus pourront éventuellement être utilisés à d'autres fins, ou pour des programmes plus vastes. Une fois les vergers en production, leurs produits pourront être testés dans des plantations, et conduire à l'évolution des vergers en catégorie « testé ».

Le potentiel de la méthode de sélection participative reposant sur un grand nombre de plantations avec des témoins paraît élevé, mais trois obstacles et une précaution sont à mentionner. La démarche repose sur le volontariat d'agents très dispersés, au contraire des groupes d'agriculteurs concernés habituellement par la sélection participative, très localisés. Or si un site internet peut être un outil pratique, il ne remplace en rien les interactions entre acteurs. Une tentative pour remédier à cela sera faite dans le cadre d'un projet de recherches financé par la région Centre, où sera conduite une sélection participative pour des espèces annuelles et ligneuses dans un territoire d'une surface réaliste pour des interactions entre personnes (SPEAL, 2013-2016). D'autre part, le délai important entre la plantation et l'évaluation pourrait occasionner la perte de la motivation initiale, ou la perte d'informations. Enfin, si l'évaluation variétale est intéressante même si très peu de sites sont concernés, l'efficacité de la sélection de bons individus est liée à l'intensité de sélection possible, et donc au nombre d'arbres évalués. Cette pression ne peut qu'être faible pour des espèces plantées sur de faibles surfaces, et dont de surcroît seule une très faible fraction est accessible *via* la démarche volontaire des planteurs. Obtenir une bonne pression de sélection sur de nombreuses espèces nécessite d'utiliser des témoins d'une espèce pour d'autres espèces, or si nous avons vu que cela paraît possible, la prudence reste de mise : les conditions pédoclimatiques doivent être également adaptées pour l'espèce témoin et l'espèce testée, sinon les erreurs potentielles augmentent en raison d'interactions génotype-milieu différenciées.

Un premier site internet a été créé en France sur la sélection participative des feuillus précieux pour expliquer la démarche et indiquer comment participer ([www.selection-participative-arbres.fr](http://www.selection-participative-arbres.fr)).

Le contenu du site a été orienté par les résultats d'une enquête qui s'est intéressée à l'amélioration de la méthode ainsi qu'aux attentes des premiers participants. Dans le futur, il permettra de réaliser des calculs de façon simple, puis de visualiser les résultats, sur le modèle d'autres recherches participatives comme « l'observatoire des saisons » (<http://www.obs-saisons.fr>)

Jonathan MIGEOT – Frédérique SANTI – Arnaud DOWKIW – Jean DUFOUR  
 INRA Val de Loire  
 UR 0588  
 2163 avenue de la Pomme de Pin, CS 40001  
 Ardon  
 F-45075 ORLÉANS CEDEX 2  
 (Frederique.Santi@orleans.inra.fr)  
 (Jonathan.Migeot@orleans.inra.fr)  
 (Arnaud.Dowkiw@orleans.inra.fr)  
 (emile.dufour@free.fr)

### Remerciements

Les auteurs remercient la Fondation de France et la région Centre qui ont participé au financement de ces travaux, les deux lecteurs arbitres anonymes pour leurs suggestions, l'UEO995 GBFOR Génétique et biomasse forestières Orléans, et le propriétaire de la plantation expérimentale d'Esnes (Nord).

Vous avez prévu de planter des feuillus précieux (agroforesterie ou forêt) et êtes intéressé par la démarche de sélection participative ? Après envoi du descriptif du projet de plantation (essences, distances sur et entre les lignes), une proposition d'organisation de la plantation autour de témoins récurrents vous est soumise à discussion en bouleversant le moins possible le projet initial.

<http://www.selection-participative-arbres.fr/>  
 frederique.santi@orleans.inra.fr, téléphone : 06 63 15 32 39.

### BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS (W.T.), AITKEN (S.N.), JOYCE (D.G.), HOWE (G.T.), VARGAS-HERNANDEZ (J.). — Evaluating efficacy of early testing for stem growth in coastal douglas-fir. — *Silvae genetica*, vol. L, n° 3-4, 2001, pp. 167-175.
- Amélioration génétique des arbres forestiers. — *Revue forestière française*, vol. XXXVIII, numéro spécial 1986, 288 p.
- ATANGANA (A.R.), BEAULIEU (J.), KHASA (D.P.). — Wild genetic diversity preservation in a small-sized first generation breeding population of *Allanblackia floribunda* (*Clusiaceae*). — *Tree Genetics & Genomes*, vol. VI, n° 1, 2010, pp. 127-136.
- BONNEUIL (C.), DEMEULENAERE (E.). — Vers une génétique de pair à pair ? L'émergence de la sélection participative. In : Des sciences citoyennes ? La question de l'amateur dans les sciences naturalistes / F. Charvolin, A. Micoud, L.K. Nyhart, Eds. — Éditions de l'Aube, 2007. — pp. 122-147.
- CAMUSSI (A.), STEFANINI (F.M.), GIANNINI (R.). — Early growth analysis of half-sib families in ash (*Fraxinus oxyphylla* Bieb., *Fraxinus oxycarpa* Willd.): consequence for early selection and for breeding. — *Forest Genetics*, vol. II, n° 4, 1995, pp. 181-187.
- CECCARELLI (S.), GRANDO (S.), TUTWILER (R.), BAHA (J.), MARTINI (A.M.), SALAHIEH (H.), GOODCHILD (A.), MICHAEL (M.). — A methodological study on participatory barley breeding : I. Selection phase. — *Euphytica*, vol. CXI, n° 2, 2000, pp. 91-104.
- CECCARELLI (S.), GRANDO (S.). — Decentralized-participatory plant breeding : an example of demand driven research. — *Euphytica*, vol. CLV, n° 3, 2007, pp. 349-360.
- CHABLE (V.), BERTHELLOT (J.-F.). — La Sélection participative en France : présentation des expériences en cours pour les agricultures biologiques et paysannes. — *Les Dossiers de l'Environnement de l'INRA*, vol. XXX, 2006, pp. 129-138.
- DAWSON (I.), HARWOOD (C.), JAMNADASS (R.), BENIEST (J.). — Agroforestry tree domestication : a primer. — Nairobi, Kenya : The World Agroforestry Centre, 2011. — 148 p.
- DAWSON (J.), RIVIÈRE (P.), BERTHELLOT (J.-F.), KOCHKO (P.), GALIC (N.), PIN (S.), SERPOLAY (E.), THOMAS (M.), GIULIANO (S.), GOLDRINGER (I.). — Collaborative plant breeding for organic agricultural systems in developed countries. — *Sustainability*, vol. III, n° 8, 2011, pp. 1206-1223.
- DELVAUX (J.). — Contribution à l'étude de l'éducation des peuplements. XII. Épicéa (*Picea abies* Karst.) sélection massive et conditionnement. — Groenendaal-Hoeilaart, Belgique : Ministère de l'Agriculture, Station de Recherche des Eaux et des Forêts, 1977. — 16 p.

- EL-KASSABY (Y.A.), LSTIBUREK (M.). — Breeding without breeding. — *Genetical research*, vol. XCI, n° 2, 2009, pp. 111-120.
- GOLDRINGER (I.), ENJALBERT (J.), RIVIÈRE (P.), DAWSON (J.). — Recherche participative pour des variétés adaptées à une agriculture à faible niveau d'intrants et moins sensibles aux variations climatiques. — *Pour*, n° 213, 2012, pp. 153-161.
- JONSSON (A.), ERIKSSON (G.), YE (Z.H.), YEH (F.C.). — A retrospective early test of *Pinus sylvestris* seedlings grown at wide and dense spacing. — *Canadian Journal of Forest Research*, vol. XXX, n° 9, 2000, pp. 1443-1452.
- KUMHOF (M.), MUIR (D.). — Oil and the world economy : some possible futures. — International Monetary Fund, 2012. — IMF Working Paper 12/256. — 30 p.
- LEAKEY (R.R.), WEBER (J.C.), PAGE (T.), CORNELIUS (J.P.), AKINNIFESI (F.K.), ROSHETKO (J.M.), JAMNADASS (R.). — Tree domestication in agroforestry : progress in the second decade (2003-2012). In : The future of global land use / P.R. Nair, D.P. Garrity, Eds. — Dordrecht, Pays-Bas : Springer Science + Business Media, 2012. — pp. 145-173.
- MA (C.G.), LIN (J.F.). — Selection of fast-growing clones of pond baldcypress (*Taxodium ascendens*) from seedling stage. — *Scientia Silvae Sinicae*, vol. XV, n° 3, 1979, pp. 194-198.
- MARTIN (B.), GUILLOT (J.). — Quelques essais de bouturage de l'Aulne. — *Revue forestière française*, vol. XXXIV, n° 6, 1982, pp. 381-391.
- NANSON (A.). — Génétique et Amélioration des arbres forestiers. — Gembloux, Belgique : Presses agronomiques de Gembloux, 2004. — 712 p.
- PEREVERTAILO (B.I.). — Otbor seyantsev duba v pitomnike. — *Lesnoe Khozyaistvo*, n° 4, 1977, pp. 56-57.
- PICHOT (C.). — Analyse de dispositifs par approches itératives prenant en compte les performances des plus proches voisins. — *Agronomie*, vol. XIII, n° 21, 1993, pp. 109-119.
- TCHOUNDJEU (Z.), ASAAH (E.K.), ANEGBEH (P.), DEGRANDE (A.), MBILE (P.), FACHEUX (C.), SIMONS (A.J.). — Putting participatory domestication into practice in West and Central Africa. — *Forests, Trees and Livelihoods*, vol. XVI, n° 1, 2006, pp. 53-69.
- WEBER (J.C.), MONTES (C.S.), VIDAURRE (H.), DAWSON (I.K.), SIMONS (A.J.). — Participatory domestication of agroforestry trees : an example from the Peruvian Amazon. — *Development in Practice*, vol. XI, n° 4, 2001, pp. 425-433.
- WITCOMBE (J.R.), JOSHI (K.D.), GYAWALI (S.), MUSA (A.M.), JOHANSEN (C.), VIRK (D.S.), STHAPIT (B.R.). — Participatory plant breeding is better described as highly client-oriented plant breeding. I. Four indicators of client-orientation in plant breeding. — *Experimental Agriculture*, vol. XLI, n° 3, 2005, pp. 299-320.

---

#### LA SÉLECTION PARTICIPATIVE EN FRANCE : DES PLANTES ANNUELLES AUX LIGNEUX (Résumé)

Obtenir de bonnes variétés pour des espèces forestières marginales n'en disposant pas ne peut passer par un programme de sélection classique, trop coûteux et trop long. Chez certaines plantes annuelles et certaines espèces forestières tropicales, la sélection ou domestication participative parvient à de bons résultats et à une meilleure diffusion des variétés. Cette démarche a été amorcée en France en prenant comme modèle le Merisier, pour lequel on dispose de nombreux dispositifs anciens et de cultivars utilisables comme témoins, pour évaluer des variétés et sélectionner de nouveaux individus tout en réalisant des mises au point méthodologiques. Elle peut s'élargir aux autres espèces : 1) nous montrons que les témoins merisiers sont utilisables pour d'autres espèces quand les exigences pédoclimatiques sont similaires ; 2) la sélection très intensive en pépinière permettrait de créer rapidement des vergers à graines.

#### PARTICIPATORY PLANT BREEDING IN FRANCE - FROM ANNUAL PLANTS TO WOODY PLANTS (Abstract)

Breeding good varieties of uncommon forest species may be achieved through a lengthy, expensive conventional breeding programme. For some annual plants and tropical forest species, participatory breeding or domestication achieves good results and better dissemination of the varieties. This approach was initiated in France taking the wild cherry tree as a model, for which there are many existing schemes and cultivars that can be used as controls to evaluate the varieties and select new individuals while fine-tuning the methodology. The model can be applied to other species: we show that the wild cherry tree controls may be used for other species when soil and climate requirements are similar. Highly intensive breeding in nurseries would rapidly enable seed orchards to be set up.