

VERS LA SÉLECTION DE VARIÉTÉS FORESTIÈRES DE CHÂTAIGNIER DEFINITION D'UN SCHEMA DE SÉLECTION

Outre l'importance alimentaire de la production de fruits, le bois de châtaignier était traditionnellement utilisé pour de nombreux usages. Des maladies et ravageurs ainsi que l'abandon de nombreuses parcelles de taillis les ont fait dépérir. L'espèce reste néanmoins très importante au niveau de l'économie de la filière bois, en particulier en région Nouvelle Aquitaine. Les problématiques sont très similaires à l'échelle nationale et inter filière forêt et fruit. La progression des dommages aux châtaigneraies par le changement climatique et l'expansion des insectes (principalement le cynips, agent de la galle des feuilles et bourgeons) et pathogènes (encre et dans une moindre mesure le chancre) rend de plus en plus urgente la mise au point de variétés adaptées.

Signalons au passage qu'alors que le châtaignier est régulièrement cité comme une espèce exotique, en particulier dans la moitié Nord de la France, les découvertes archéologiques en attestent la présence à des époques les plus reculées jusqu'aux rivages du Nord (20 à 30 000 ans en Bretagne, 6000 ans dans les hauts de France, Krebs et al. 2019).

Panorama de la sélection du châtaignier

La problématique numéro un reste la résistance à la maladie de l'encre (causée par plusieurs espèces de champignon *Phytophthora*); les autres pathologies (chancre et cynips) étant plus maîtrisables par le choix entre les variétés existantes et la lutte biologique. Les gènes de résistance semblent plus nombreux, moins forts et moins fréquents qu'espéré initialement chez le châtaignier européen, obligeant au recours à l'hybridation avec les châtaigniers asiatiques. Cependant, tous les autres caractères de production qualitative et quantitative de bois et de fruits sont très variables, et majoritairement très héritables et corrélés favorablement entre eux. Cette configuration permettra une sélection efficace dont les produits (et donc les travaux) peuvent être partagés entre la filière fruitière et la filière forêt-bois, en particulier parce qu'un bon matériel forestier, même dénué de qualités fruitières, serait intéressant comme porte-greffe permettant la résistance à l'encre et une plus grande adaptabilité des variétés fruitières greffées aux conditions régionales. L'adaptation à des conditions éloignées de celles des zones océaniques de basse altitude et très fertiles est le point faible des hybrides existants.

Un seul programme de sélection de châtaignier européen (*Castanea sativa*) pour la production de bois est actuellement actif. Il s'agit de celui du CIF (Centro de Investigación Forestal) de Lourizan en Galice. Un autre acteur a réalisé des sélections (également en Galice). Il s'agit de l'entreprise parapublique TRAGSA. Ces travaux ont été basés sur l'identification d'arbres bien conformés et résistants à la maladie de l'encre. Bien que tous les individus suspectés d'être hybrides sur la base de leur morphologie aient été écartés, il s'est finalement avéré que tous les clones sélectionnés sont des hybrides avec le châtaignier japonais (*C. crenata*) ou le châtaignier chinois (*C. mollissima*).

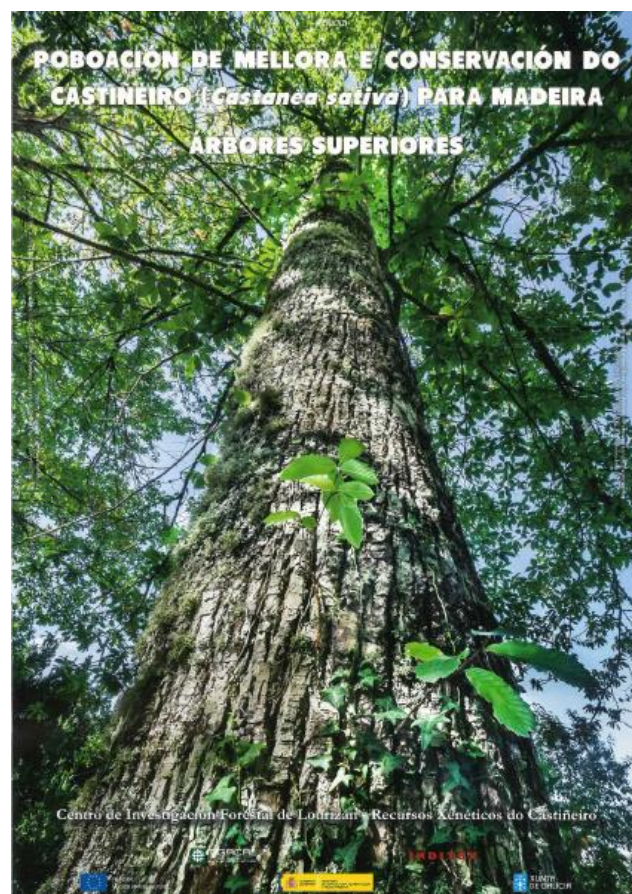


Figure 1: Poster du CIF de Lourizan présentant un arbre + intégré dans la population d'amélioration du programme de sélection Galicien.

Les obtentions du CIF et de TRAGSA ont été homologuées MFR en Espagne (une dizaine de clones en catégorie qualifiée et autant en catégorie testée). Leur observation en essais forestiers et en parcelles de production permet d'affiner progressivement la connaissance de leur comportement, notamment en termes de précocité et d'adaptation aux conditions pédoclimatiques dans le nord de l'Espagne.

Certains de ces clones possèdent une bonne résistance au cynips (guêpe responsable d'une formation massive de galles qui nuisent à la croissance) et au chancre de l'écorce.

Alors qu'en France l'INRA a stoppé la création variétale, qui reste menée pour le fruit par le CTIFL et Invenio, aucune activité n'existe en termes de sélection pour la production de bois.

La situation est similaire dans les autres pays européens.

Le potentiel de l'espèce pour la production de bois

Outre l'essor passé de l'exploitation des taillis de châtaignier pour l'alimentation d'industries locales en bois énergie (porcelaine de Limoges, forges, verreries...), le châtaignier reste une ressource localement importante pour le bois de chauffage y compris en mélange avec d'autres feuillus.

Troisième essence feuillue la plus importante en termes de superficie après le chêne et le hêtre, le châtaignier occupe en France 740 000 hectares pour un volume sur pied de 118 millions de mètres cubes (IGN 2018). La France détient ainsi la plus grande réserve européenne, suivie de l'Italie (498 000 ha) et de l'Espagne (100 000 ha, données 2011). Malgré ses nombreux atouts, le bois de châtaignier est peu utilisé en structure en France. Ses caractéristiques sont méconnues, et les professionnels manquaient, jusqu'ici, d'une visibilité sur sa qualité et de normes techniques adéquates. Cette lacune a été comblée par une action de FCBA financée par France Bois Forêt en 2013-2014 consistant à décrire l'essence à partir de plusieurs centaines de grumes provenant de 24 départements (collaboration avec le CNPF). Le châtaignier fait désormais partie des essences reconnues par les normes constructives (Reuling, 2015, Lanvin et Reuling, 2016, France Bois Forêt, 2015 et 2018).



Hybrides et résistance à l'encre

Les tentatives de confirmation de « traces » de résistance dans des populations forestières françaises (non hybrides) ont échoué à ce jour, peut-être pour des questions méthodologiques. Si plusieurs initiatives espagnoles d'ampleur visant à sélectionner en forêt des châtaigniers élite *purs sativa* (non hybrides) résistants à l'encre se sont toutes conclues par la révélation de leur caractère hybride lors d'une validation par l'ADN en fin de sélection, un espoir semble encore exister dans un cadre très contraint. Il s'agit du cas particulier de sites avec une pression très forte de la maladie et la présence de châtaigniers résistants qui pourront se remarquer nettement à l'œil nu. Ce contexte particulier semble avoir été trouvé en Ardèche et

Occitanie où les chambres d'agriculture ont repéré une poignée de candidats correspondant à des repousses d'arbres âgés (fruitiers ou porte-greffes). L'ADN nous dira si les candidats confirmés par les tests d'inoculation artificielle menés par l'INRA de Bordeaux (C. Robin et al.) sont ou non des hybrides ayant un parent asiatique. Qu'il soit ou non hybride, ce matériel constitue une base de haute valeur pour la conservation voire le retour en production de variétés anciennes et le développement de variétés modernes, au minimum de porte-greffes, adaptées à la sécheresse, en particulier dans les conditions du Sud-Est.

L'hybridation a été tentée dès le début du 20^{ème} siècle, particulièrement au Portugal et dans tout le nord de l'Espagne jusqu'au Pays basque espagnol et français (pépinière Laffite), avec très rapidement une commercialisation régionale de quelques variétés hybrides. Les châtaigniers asiatiques (le japonais C. crenata et le chinois C. mollissima) avaient été cultivés par exotisme puis pour leur résistance à l'encre, certains pour leurs châtaignes. Telle "la Japonaise" (vallée du Lot en Aveyron), des variétés régionales affichées comme crenata (mais peut-être hybrides) sont appréciées et conservées avec les variétés traditionnelles. L'hybridation s'est étendue à diverses populations forestières dans les régions où elle a été initiée en fruitier. Ainsi en Pays basque français, la présence d'individus résistants à l'encre en forêt et bocages correspond en totalité à la présence d'hybrides spontanés résultant de la dissémination du pollen de fruitiers asiatiques ou hybrides (résultats INRA et FCBA).

Mais l'hybridation n'est pas en soi une garantie de résistance à l'encre car d'une part le contrôle génétique de la résistance est complexe, ce qui fait qu'un nombre nul ou insuffisant de composants peut être transféré, et d'autre part seule une partie des châtaigniers crenata ou mollissima sont résistants.



Figure 2: Jeunes semis de châtaigniers quatre mois après leur sortie de stratification) issus de fruits cueillis sur les adultes de la population aveyronnaise prospectée dans le projet FCBA 2015-2018. Outre leur analyse ADN complétant l'information recueillie sur les adultes, ces individus ont ensuite été soumis à une inoculation artificielle de la maladie de l'encre par l'INRA de Bordeaux (C. Robin) qui n'a pas mis en évidence de résistance significative.

Les châtaigniers japonais sont également une source de résistance vis-à-vis du chancre de l'écorce (causé par le champignon *Cryphonectria parasitica*) mais une solution curative (hypovirus "désamant" le chancre) est progressivement déployée avec une efficacité croissante. Cette maladie est très présente en Europe mais bénigne la plupart du temps.

Cette maladie est beaucoup plus grave pour le châtaignier américain (*C. dentata*) qu'elle a presque fait disparaître. La restauration des populations de cet arbre est en cours grâce à des croisements avec *C. mollissima* impliquant des croisements successifs avec des châtaigniers américains d'origines multiples. Cette action vise à obtenir des arbres résistants les plus à même de restaurer des populations adaptées aux conditions locales et ayant intégré le minimum possible mais nécessaire à la résistance au chancre de caractères exotiques. Une partie de ces sélections prend également en compte la résistance à l'encre.



Figure 3: Carte des régions de provenances françaises de châtaignier (mise à jour de Décembre 2016) définie par un groupe d'experts sous la coordination d'IRSTEA pour le ministère de l'agriculture. ZN = zones sans récolte. Ces zones constituent la base des recommandations officielles de plantation (conseils d'utilisations des MFR).



Figure 4: Carte des peuplements classés de châtaigniers ("peuplements sélectionnés admis pour la récolte de semences forestières"). Il s'agit des seules sources de châtaignes réglementairement utilisables pour la production de plants forestiers en France continentale (liste ministère agriculture 2015 non modifiée à ce jour).

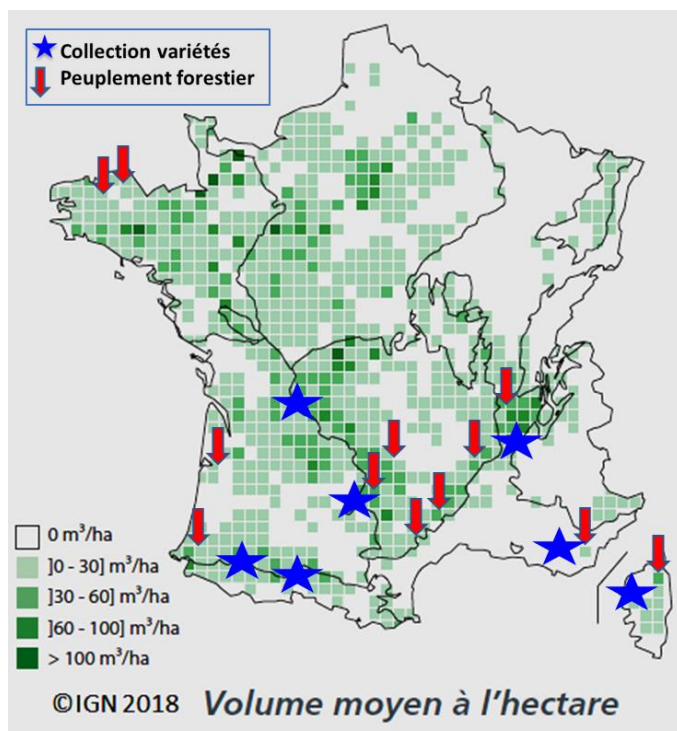
Figure 5: Position géographique des populations de châtaignier échantillonnées pour les analyses ADN (réalisées pour une partie des collections fruitières avec C. Bouffartigue, étudiante en thèse à l'INRA de Toulouse). Hormis celles du nord-ouest de la France, toutes les régions à forte productivité en châtaigne et bois de châtaignier ont été traitées. Le fond de carte est coloré d'après les volumes sur pied de bois de châtaignier estimés par l'IFN-IGN (mémento 2018).

La diversité génétique, base de toute action de sélection

Afin de préciser quelles sont les différences génétiques à prendre en compte pour sélectionner des châtaigniers adaptés à la diversité des terroirs français, nous avons entrepris un échantillonnage progressif dans les régions les plus représentatives. Nos données actuelles couvrent le sud du pays (Corse incluse) ainsi que la Bretagne (figure 2). Les populations forestières (échantillonnées en forêts sur des arbres âgés et leurs châtaignes) et fruitières (échantillonnées dans des collections de variétés anciennes) ont été analysées avec de très nombreux marqueurs ADN (11 à 24 microsatellites et 40 à 120 SNP selon les populations), révélant une grande zone homogène sur le continent à laquelle ne font exception que la Corse et le Sud-Est (Hérault, Ardèche, Var; Bouffartigue et al., article en préparation). Le Pays basque se distingue principalement par la présence d'hybrides naturels issus de la dissémination du pollen de châtaigniers asiatiques et des hybrides artificiels. Cette hybridation explique la résistance localement très forte à la maladie de l'encre comme nous avons pu le vérifier par des inoculations artificielles réalisées par l'INRA Biogeco (Robin et al., article en préparation) sur les semis issus des fruits récoltés sur les arbres d'une dizaine de populations forestières.

Il nous reste bien sûr à analyser des populations des zones de la moitié Nord. Mais nous voyons déjà qu'à l'intérieur de ces grandes zones, les variétés fruitières d'une région donnée sont les plus proches des populations forestières de la même région, ce qui va dans le sens d'un échange fréquent entre ces deux types de châtaigniers, à la fois par le pollen et par l'action humaine mêlant la sélection parmi les sauvages et la dissémination active ou passive (abandon) d'arbres fruitiers en zone forestière.

Les analyses ADN sont par ailleurs un outil utile aussi bien aux sélectionneurs qu'aux gestionnaires de collections ou d'appellations d'origine. Leurs résultats alimentent également les réflexions ethnographiques sur le mode de vie de nos ancêtres notamment au travers de considérations linguistiques et de leur gestion des variétés.



Une analyse poussée de ces données est en cours de finalisation pour une publication scientifique à la fin 2019 (Bouffartigue et al. en préparation). En date de juin 2019, nos résultats montrent une situation complexe où coexistent plusieurs lignées génétiques (en quelque sorte plusieurs origines familiales), chaque individu portant une contribution à une ou plusieurs lignées et chaque lignée étant représentée dans plusieurs zones géographiques dans des proportions très variables.

La figure 6 ci-après n'en représente qu'une vision simplifiée traduisant les niveaux de similarité génétique globale (tous individus confondus) entre populations.

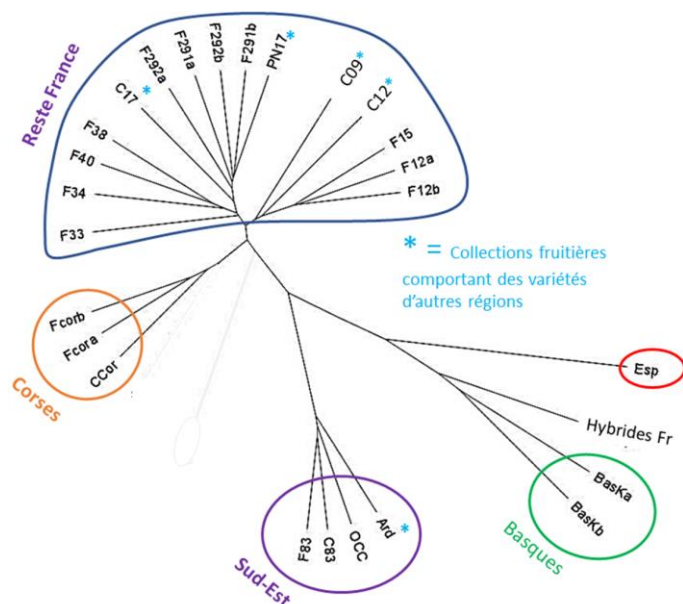


Figure 6: Vision schématique de la structuration génétique des populations de châtaignier des régions échantillonnées sous l'angle particulier de la proximité entre populations entières (dendrogramme des distances génétiques de Ward basées sur 13 microsatellites nucléaires). Les éléments significatifs sont les 5 groupes délimités (enveloppés) par des lignes colorées et la proximité entre variétés régionales et populations forestières des mêmes régions. Les collections de variétés fruitières repérées par un astérisque sur le graphique, particulièrement celle de l'Aveyron (conservatoire de Rignac, C12) sont constituées pour la plupart d'un échantillonnage de plusieurs régions. Légende: Cnn : conservatoire de variétés anciennes du département nn, Fna et Fnb : peuplement forestier du département nn; a = adultes, b = descendants et "Esp" : groupe de 8 variétés espagnoles de référence ; Basques: échantillonnage en forêt et bocage présentant des signes morphologiques évidents d'hybridation avec *C. crenata*.

Conclusion

Au travers du projet mené de la mi-2015 à la mi-2018, qui nous a permis de rencontrer les acteurs de la culture (au double sens du mot), de la valorisation, de la conservation et de la sélection et du châtaignier forestier et fruitier, nous avons acquis des informations et des ressources utiles à un futur programme de sélection de châtaigniers à bois et en avons défini les bases méthodologiques. Il sera prioritairement orienté vers la résistance à l'encre combinée à une adaptation à des conditions pédoclimatiques plus difficiles (plus continentales notamment) via le recroisement d'hybrides ou descendants d'hybrides entre eux et avec des châtaigniers indigènes. Un tel programme sera

mutualisé avec la filière castanéicole fruitière (Invenio et CTIFL) et idéalement avec les partenaires étrangers actifs dans ce domaine. Il s'appuiera sur la mise en oeuvre d'outils avancés d'analyse de l'ADN et de traitement des données génétiques et phénotypiques (performances observées). Les outils de traitement des données seront ceux déjà existants tandis que nous avons débuté la mise au point d'un outil ADN spécifiquement adapté au châtaignier (SNP). Ce futur programme exploitera directement les tests clonaux - dans une version un peu aménagée - comme parcs à hybridation et vergers à graines prototypes. Par ailleurs nous compléterons la description de la diversité génétique au niveau national afin de bien localiser les populations où des gènes d'adaptation aux différents terroirs pourront être trouvés. Une collaboration avec la recherche académique sera par ailleurs essentielle pour la connaissance et la prise en compte des clefs de la résistance à l'encre et de l'action des Phytophthora.

Bibliographie

- CNPF-IDF Autécologie et Sylviculture du châtaignier. <https://www.foretpriveefrancaise.com/n/chataignier/n:913>
- Fondation pour le sauvetage du châtaignier américain – The American Chestnut Foundation - <https://www.acf.org/>
- France Bois Forêt (2015) Le technoguide du (bois de) châtaignier. <https://franceboisforet.fr/2015/12/01/le-technoguide-du-chataignier/>
- France Bois Forêt (2018) Les usages du bois de châtaignier. <https://franceboisforet.fr/2018/03/16/le-chataignier-un-bois-pour-construire-2/>
- France Bois région : site web dédié au bois de châtaignier : www.le-chataignier.fr
- Krebs P et al. (2019) Revising the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) refugia history of the last glacial period with extended pollen and macrofossil evidence. *Quaternary Science Reviews* 206: 111-128
- Lanvin J.-D. et Reuling D. (2016) Caractérisation du Châtaignier en vue d'un emploi structural et interaction avec la sylviculture. *Rev. For. Fr.* LXVIII:5: 441-454
- Reuling D. (2015) Une campagne pour qualifier le châtaignier FCBA INFO, octobre 2015. https://www.fcba.fr/sites/default/files/fcbainfo_2015_34_une_campagne_pour_qualifier_le_chataignier_didier_reuling.pdf
- Ministère Agriculture (2016) Conseils d'utilisation des MFR de châtaignier. Coordonnée par IRSTEA <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/82971?token=d078579a514dae0ea4f7e9745154ac6e>

Remerciements :

Nous remercions pour leur collaboration et les discussions :

Les Chambres d'agriculture et CRPF de Corse, Ardèche, Occitanie et Hautes Pyrénées

Le parc naturel Périgord-Limousin

Les associations de conservation de variétés anciennes de châtaignier (ACRC, Rénova, croqueurs de pommes du Limousin, société de pomologie du Berry)

Les membres du groupe de travail Châtaignier du CNPF-IDF

Les groupements de producteurs (National, Varois et Corse)

Fabrice Lheureux du CTIFL

Les propriétaires et gestionnaires publics et privés qui nous ont donné accès à leurs parcelles.

La vingtaine de collègues FCBA (en particulier T. Fauconnier, F. Canlet et S. Canlet-Debille), Invenio (en particulier S. Cavaignac) et INRA (en particulier C. Robin, T. Barreneche, X. Capdevielle, T. Flutre, C. Bouffartigue) impliqués dans ce travail.

Etude réalisée en partenariat avec



Avec le soutien financier de



Contact

Luc HARVENGT • luc.harvengt@fcba.fr
Tél. 05 56 79 95 00



Pôle Biotechnologie Sylviculture Avancée
71 route d'Arcachon, 33610 CESTAS