Importance de la re-domestication pour la conservation de l'agrobiodiversité : le cas du châtaignier

Cathy Bouffartigue

▶ **To cite this version:**

Cathy Bouffartigue. Importance de la re-domestication pour la conservation de l'agrobiodiversité : le cas du châtaignier. Sciences agricoles. Institut agronomique, vétérinaire et forestier de France, 2020. Français. NNT : 2020IAVF0016 . tel-03439538

HAL Id: tel-03439538

https://pastel.hal.science/tel-03439538

Submitted on 22 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

NNT: 2020IAVF0016

THÈSE DE DOCTORAT

préparée à l'Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (AgroParisTech)

pour obtenir le grade de

Docteur de l'Institut agronomique vétérinaire et forestier de France

Spécialité : Sciences agronomiques

École doctorale n°581
Agriculture, alimentation, biologie, environnement et santé (ABIES)

Par

Cathy BOUFFARTIGUE

Importance de la re-domestication pour la conservation de l'agrobiodiversité : le cas du châtaignier

Directeur de thèse : **Laurent HAZARD**
Co-encadrement de la thèse : **Nathalie COUIX, Timothée FLUTRE**

Thèse présentée et soutenue à Paris, le 4 décembre 2020

Composition du jury :

Mme Cécile ROBIN, Directrice de recherche, INRAE Centre Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux	Présidente
Mme Isabelle GOLDRINGER, Directrice de recherche, INRAE Centre IdF-Versailles-Grignon	Rapporteur & Examinatrice
Mme Pascale MOITY-MAÏZY, Maitre de conférences (HDR), Institut Agro-Montpellier SupAgro	Rapporteur & Examinatrice
M. Christian LECLERC, Chercheur, CIRAD	Examinateur
M. Laurent HAZARD, Directeur de recherche, INRAE Centre Occitanie-Toulouse	Directeur de thèse
Mme Nathalie COUIX, Chargée de recherche, INRAE Centre Occitanie-Toulouse	Co-Encadrante & Examinatrice
M. Timothée FLUTRE, Chargé de recherche, INRAE Centre IdF-Versailles-Grignon	Co-encadrant & Examinateur

INRAE- UMR AGIR
24, chemin de Borde-Rouge CS 52627. F-31326 Castanet-Tolosan Cedex

« C'est un fait bien connu que la plupart de nos plantes cultivées ne se maintiennent pas en dehors des cultures lorsque celles-ci sont abandonnées. L'intervention constante de l'Homme est nécessaire à la survie de ces plantes dans la concurrence vitale. Pour ces raisons (...) les végétaux que l'Homme cultive pour son usage nous apparaissent en étroite dépendance de l'action humaine. (...). Dès que l'action humaine intervient, le processus biologique de l'évolution des végétaux se trouve plus ou moins profondément modifié. »

A. Haudricourt, L. Hédin, L'Homme et les plantes cultivées, Gallimard, 1943, p

« Le plus important en science, c'est de garder le plaisir de la curiosité ! »

T. Flutre

REMERCIEMENTS

De nombreuses personnes ont rendu cette thèse possible. Certains de bien loin, il y a bien longtemps, qui m'ont donné le goût de la recherche, du mélange des disciplines et l'idée de faire une thèse, je pense en particulier à Thierry Doré et aux stages réalisés avec Pierre Rivière et Isabelle Goldringer, Jo Smith et Thomas Döring.

Quelques années plus tard, Timothée Flutre et Nathalie Couix ont su me tendre la main lors d'un comité de thèse mouvementé en juin 2016. Laurent Hazard a accepté de prendre la direction de ma nouvelle thèse. Je vous en remercie chaleureusement. Avec pédagogie, rigueur et créativité, vous avez su m'accompagner dans la construction de ma problématique, la présentation de mon travail aux acteurs de terrain, dans la rédaction d'articles et du manuscrit, et ce ne fut pas une mince affaire d'unifier le tout!

Je remercie les membres de mon comité de thèse pour leur soutien et relectures : Lucie Dupré et Mathieu Thomas. Je remercie également les rapportrices et membres du jury qui ont accepté de lire et d'évaluer ce travail, je leur en suis sincèrement reconnaissante : Isabelle Goldringer, Pascal Moity-Maïzy, Cécile Robin et Christian Leclerc.

Je remercie Patrick Léger, Olivier Fabreguettes et Sandrine Debille pour m'avoir introduite avec patience et pédagogie à la cuisine de la paillasse de laboratoire. Je remercie Luc Harvengt et Teresa Barreneche pour l'aide matérielle et les échanges sans lesquels les analyses génétiques et une certaine mise en perspective de mon travail n'auraient pas été possibles. Gracias Santiago Pereira-Lorenzo et Ana Ramos Cabrer por su ayuda en el análisis y la redacción del artículo de genética. Merci à Benjamin et Diala pour leur accueil lors de mes séjours Bordelais et Montpelliérains. Merci à l'équipe DAAV de l'UMR AGAP pour leur accueil, l'aide au codage sur R et des discussions enrichissantes.

C'est avec émotion que je pense à toutes les rencontres, aux échanges et amitiés qui se sont tissées ces dernières années sur le terrain. De nombreux moments resteront gravés dans ma mémoire qui ont rendu cette expérience de thèse si riche, qu'il n'est pas possible de les mettre en mots et encore moins dans un

manuscrit de thèse. Merci aux aveyronnais Loïc Vincent et Laëticia Faliez, Guy Ginisti, Yvon et Georgette Viala. Merci aux pyrénéens Stéphane Artigues, Xavier Vallier, Xavier de Muyser, Sophie Maillé, Christian Barbat, Jérôme Desjouis, Renan Latuga, Isabelle Marret et Jacques Desconnet. Merci aux ariégeois Brigitte Boitel, Francis Michaux, José Clivilié, Martine Hayraud, Paulo Garcia, Maria Eberhardt et ses parents, Gabriel Diaz et Camille, Pierre-Yves Calvet, Emmanuel Desjobert, Franck Pagès, Sabine Mazenq, Rémi Aymé, Théo Churoux. Je remercie également Michel Gauthier des Croqueurs de Pommes du Limousin et Romain Barret du SPCV. Je remercie aussi les personnes qui ont bien voulu prendre le temps d'un entretien ou d'un échange plus informel et ont nourri mes réflexions.

J'ai réalisé ma thèse au sein de l'UMR AGIR et remercie pêle-mêle pour leur bonne humeur, leur coups de gueule, coups de pouces scientifiques, logistiques, administratifs et discussions stimulantes, Sandrine Allain, Camille Lacombe, Hélène Cristofari, Maëlys Bouttes, Elise Audouin, Gwen Christiansen, Julien Quenon, Jean-Pierre Theau, Guillaume Martin, Jacques-Eric Bergez, Camille Launay, Myriam Grillot, Julie Brechemier, Sandrine Longis, Jay-Ram Lamichhane, Neila Ait-Kaci-Ahmed, David-Camilo Corrales-Munoz, Aïcha Bourad, Eleonore Schebelin, Sophie Gallino-Visman, Hugo Fernandez-Inigo, Noémie Bechet, Marine Leschiutta, Tristan Salord, Lucie Viou, Antoine Doré, Nathalie Girard, Amélie Gonçalves, Camille Berrier, Gaël Plumecocq, Isabelle Duvernoy et Pierre Triboulet, Justine Rivers-Moore, Martin Vigan, Michel Goulard, Sylvie Ladet, Véronique Batifol, Pierre Casel, Patrick Portale, Bruno Bade, Olivier Cazaubon, Christel Moder, Marina Lefebvre, Mathieu Solle et Thierry Courbun. Je remercie également Lucie Barbier pour son intérêt et son aide précieuse dans le cadre de son stage.

Merci à Jocelyn Parot, Charline Ducottet et Emma Flipon pour leur enthousiasme à travailler ensemble sur d'autre sujets que le châtaignier. J'espère que nous mènerons à bon port nos projets de publication et de groupe de réflexion.

Je remercie enfin la Fondation de France et plus particulièrement Thierry Gissinger et le comité scientifique d'attribution des bourses de thèse de l'appel à projet « Agroforesterie » pour leur oreille attentive et leur compréhension face aux difficultés rencontrées. Je remercie également l'école doctorale ABIES, Alexandre

Pery, Irina Vassileva et Pierre Laraufie. Sans eux, je n'aurais pu réaliser cette thèse dans de bonnes conditions.

La période de rédaction fut à la fois réjouissante et éprouvante, mi-confinée et mi-déconfinée et si je pus mettre un point final à ce manuscrit c'est avec le soutien d'un hydrogéomorphologue épris de sciences politiques qui se mit au pragmatisme, quitta son sac à dos pour les stabylos, et troqua le CESEDA pour les Belles Histoires. Merci à toi Adrien. Merci Sol pour ta patience du haut de tes 2 ans, « le livre sur le châtaignier » est enfin terminé ! Merci Rocío pour la sérénité de tes premiers mois de vie, au rythme du transat et du tapotement de mes doigts sur le clavier de l'ordinateur ! Merci aux nivernais pour leur accueil chaleureux dans la dernière ligne droite : Emeline et Bacchus, Kéké et Phil, Tom et Charlie.

Merci à la team des « Lovetiti » Sam Estellou Sevsev Romrom et Ninou, merci aux vieux de la vieille Tinmar, Sam, Dodo, Chloé, Sonja, Batou, Léa, Ced, Rabatte, Jay, Inès, Aerlin, Jakob, Philipp, Jérem, merci à mes parents, mon frérot, les couz' et les tatas qui m'ont toujours encouragée dans la voie que je m'étais choisie. J'ai aimé l'exercice de la thèse et suis bien contente de tourner la page pour rouvrir les horizons à explorer en votre compagnie, merci pour votre soutien et votre patience !

AIDE À LA LECTURE

- Les termes suivis d'un astérisque (*) sont définis dans le glossaire
- Les citations sont en *« gris italique »*
- Les citations sont tronquées à l'aide de crochets et de points de suspension : […]. Lorsqu'une précision est nécessaire à la compréhension, elle est ajoutée entre crochets.
- Les titres d'ouvrages sont en *italique*
- Les parties II et III comportent des chapitres publiés ou en projet de publication. Elles sont introduites par quelques paragraphes « contexte et insertion dans la thèse » qui les situent dans la problématique générale. Ces parties peuvent comporter des répétitions avec d'autres parties de la thèse. Le chapitre de contexte et la partie I sont des chapitres plus « classiques » et ne sont pas introduits.

LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS UTILISÉS

Acronymes

ACRC Aveyron Conservatoire Régional de la Châtaigne

AOC Appellation d'Origine Contrôlée

AOP Appellation d'Origine Protégée

CTPS Comité Technique Permanent de la Sélection

FCBA Institut Technologique : Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement

GML Génotype Multi Locus

IGP Indication géographique protégée

INRAE Institut national de la recherche agronomique pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (anciennement INRA, avant janvier 2020)

RSP : Réseau Semences Paysannes

MLG Multi Locus Genotype

NSU Espèces négligées et sous-utilisées (NUS en anglais)

SIQO Sigle de Qualité et d'Origine

SPCV Syndicat des producteurs de châtaignes du Var

SSR Single Sequence Repeat / marqueurs microsatellites / microsatellites

UPOV Union Internationale pour la Protection de Obtentions Végétales

Abréviations

C. Pyrénées Châtaigne des Pyrénées

C. pommes Croqueurs de pommes du Limousin

Renova Fédération Rénova

P. Rance Paysans du Rance

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS I
AIDE À LA LECTURE V
LISTE DES ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS UTILISÉS VII
SOMMAIRE IX
TABLE DES MATIÈRES IX
PARTIE INTRODUCTIVE 1
A. Introduction 2
B. Problématique et plan de la thèse 8
CONTEXTE DE L'ÉTUDE 11
A. Le châtaignier : biologie et usage d'un arbre domestiqué 13
A.1. Le châtaignier 13
A.2. Principaux facteurs de sélection du châtaignier en France 15
B. Une filière fragile malgré une revalorisation des châtaignes 19
B.1 Une requalification des marrons en châtaignes accompagne la revalorisation de la production 19
B.2 Une filière fragile en France 20
C. L'émergence du monde associatif 25
C.1 Importance du monde associatif autour de la châtaigne et du châtaignier 25
C.2 Le châtaignier dans le piémont pyrénéen : description des deux associations qui constituent mon terrain d'étude 26
1. Cas d'étude en Ariège : Rénova 27
2. Cas d'étude en Hautes-Pyrénées : Association Châtaigne des Pyrénées 29
PARTIE I : ÉVOLUTION DE LA CONSERVATION DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DU CHÂTAIGNIER EN FRANCE 33
A. Introduction 35
B. Conserver les « ressources génétiques » du châtaignier par la sélection variétale 37
C. Les conséquences du transfert vers le privé : homogénéisation de la diversité génétique à l'échelle des paysages et abandon progressif de la conservation génétique 40
D. Territorialisation de la relance de la production de châtaignes 45
E. Le tournant des années 80 : logique civique et conservation de l'agrobiodiversité 47
F. Conclusion 51
PARTIE II : DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE ET STRUCTURE DES POPULATIONS DE CHÂTAIGNIER EN FRANCE ET DANS LE PIÉMONT PYRÉNÉEN 53
Contexte et insertion dans la thèse 55

A. Deux principaux groupes génétiques et un important brassage génétique entre les châtaigniers (Castanea sativa Mill.) forestiers et cultivés en France 57
A.1 Résumé 57
A.2 Article: Two main genetic clusters with high admixture between forest and cultivated chestnut (Castanea sativa Mill.) in France 59
B. Analyses phylogénétique et clonale des châtaigniers cultivés 90
B.1 Introduction 90
B.2 Matériel et méthode 92
1. Stratégie d'échantillonnage dans les Pyrénées 92
2. Génotypage 95
3. Analyse des données 95
4. Analyse clonale 96
5. Phylogénies 96
6. Partager les résultats de génétique 97
B.3 Résultats 99
1. Absence d'endémisme stricte des variétés cultivées de châtaignier 99
2. Clonalités 101
2.1 Les variétés nommées par les actrices et acteurs sont polyclonales 102
2.2 Le nombre de clones détectés d'une variété donnée ne semble pas dépendre de la façon dont a été définie cette variété 103
2.3 Des clones portant ou non le même nom sont détectés dans plusieurs régions échantillonnées 104
2.4 Les variétés transportées entre régions par le passé sont aussi celles qui sont les plus appréciées aujourd'hui 105
2.5 L'analyse de clonalité permet d'identifier de nouvelles variétés et de rattacher des châtaigniers de variété inconnues à des variétés connues des actrices et acteurs 106
2.6 Plusieurs variétés sont détectées par châtaigneraie 106
3. Phylogénies 107
3.1 Ariège 107
3.2 Hautes-Pyrénées 110
3.3 Analyse croisée entre les résultats de Rénova et de Châtaigne des Pyrénées 113
B.4 Discussion 113
C. Conclusion 115
PARTIE III : IMPORTANCE DE LA VALUATION DU CHÂTAIGNIER POUR SA RE-DOMESTICATION ET LA CONSERVATION DE SA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DANS LE PIÉMONT PYRÉNÉEN 117
Contexte et insertion dans la thèse 119
A. Introduction 121

B. La théorie de la valuation de J. Dewey comme cadre d'interprétation 122
C. Matériel et méthode 125
C.1 Présentation des cas d'étude 125
1. Le châtaignier 125
2. Présentation des associations 126
2.1 Cas d'étude en Ariège : Rénova 127
2.2 Cas d'étude en Hautes-Pyrénées : Association Châtaigne des Pyrénées 127
C.2 Choix des activités étudiées 128
C.3 Recueil et analyse des données 129
D. Résultats 132
D.1 La diversité cultivée du châtaignier 132
D.2 La patrimonialisation de la nature 134
D.3 Le développement de relations au vivant 138
D.4 L'autonomisation technique ou décisionnelle 142
D.5 L'action collective 146
E. Discussion 150
E.1 Intérêt de la théorie de la valuation pour l'étude de la re-domestication et de la conservation de la diversité génétique 150
1. Sur le plan méthodologique 150
1.1. Éviter l'écueil du discours, révéler l'implicite 150
1. 2 Mettre en évidence le temps long des valuations 151
2. Sur le plan thématique 152
E.2 Importance des valuations identifiées pour la re-domestication et la conservation de la diversité génétique du châtaignier 153
1. Importance des valuations autres que la diversité cultivée du châtaignier 153
2. Des valuations contribuent à des actions favorables à la conservation de la diversité génétique du châtaignier 154
3. Une diversité de valuations qui limite le risque d'une « monoculture des esprits », des pratiques et de la perte d'une diversité locale du châtaignier 156
F. Conclusion 157
Discussion générale 159
A. De la conservation de l'agrobiodiversité à la re-domestication 160
B. Synthèse des apports de connaissances 163
B.1 Quels apports de la re-domestication pour la conservation de la diversité génétique et de la diversité cultivée du châtaignier ? 163
1. Diversité des gènes : pas d'effet attendu mais un élargissement de la base génétique dans laquelle il est possible de sélectionner des châtaigniers 163
2. Diversité cultivée : hébergée, conservée, diffusée 165

B.2 Quels apports de la re-domestication pour la conservation de la diversité des savoirs, des usages et de la diversité culturelle du châtaignier ? 167
C. Contribution aux enjeux de la transition agroécologique 170
D. Retour réflexif 173
E. Perspectives de recherche 178
E.1 Accompagner les collectifs vers des modalités de participation favorables à la conservation de l'agrobiodiversité 178
E.2 Mobiliser les résultats de génétique sur le plan opérationnel 180
CONCLUSION 183
BIBLIOGRAPHIE 187
GLOSSAIRE 199
ANNEXES 204
Annexe 1 : Liste des associations créées entre 1997 et 2018 et en cours d'activité dont l'objet est lié à la châtaigne 204
Annexe 2: Electronic Supplementary Material (ESM) 207
ESM_1 Boxplots of null alleles according to Brookfield's formula 207
ESM_2 Plots of genotype accumulation curves for the 18Unik and 10Unik data sets 208
ESM_3 Genetic diversity parameters per locus for the Unik data sets (without MLGs) 209
ESM_3A Genetic diversity parameters per locus for the 18Unik data set 209
ESM_3B Genetic diversity parameters per locus for the 10Unik data set 210
ESM_4 Tests for Hardy-Weinberg equilibrium (HWE) on the 18Unik and 10Unik data sets 211
ESM_4A Tests for HWE over all sampling regions (18Unik) 211
ESM_4B Heatmap of analytical p values from HWE tests per sampling region (18Unik). 212
ESM_4C Tests for HWE over all sampling regions (10Unik) 213
ESM_4D Heatmap of analytical p values from HWE tests per sampling region (10Unik) 213
ESM_5 Genetic diversity parameters per chestnut sampling region genotyped at 10 SSRs without MLGs (10Unik data set) 214
ESM_6 Hierarchical AMOVA and F-statistics 215
ESM_6A Hierarchical AMOVA and F-statistics for 17 French sampling regions genotyped at 10 SSRs without MLGs (10Unik data set) 215
ESM_6B Hierarchical AMOVA and F-statistics for six genetic clusters genotyped at 10 SSRs without MLGs (10Unik data set) 215
ESM_6C Hierarchical AMOVA and F-statistics for six genetic clusters genotyped of strongly assigned individuals (ql≥ 80%) at 10 SSRs without MLGs (10Unik data set) 216
ESM_7 Detection of genetic clusters 217
ESM_7A 18UNIK data set 217
BIC of the 18Unik data set 217
Cross-entropy criterion of the 18Unik data set 217

DeltaK of the 18Unik data set 218
ESM_7B 10Unik data set 218
BIC of the 10Unik data set 218
Cross-entropy criterion of the 10Unik data set 219
DeltaK of the 10Unik data set 219
ESM_7C 18Unik data set with spanish samples 220
BIC of the 18Unik data set with spanish samples 220
Cross-entropy criterion of the 18Unik data set with spanish samples 221
DeltaK of the 18Unik data set with spanish samples 221
ESM_7D 10Unik data set with spanish samples 222
BIC of of the 10Unik data set with Spanish samples 222
Cross-entropy criterion of the 10Unik data set with Spanish samples 222
DeltaK of the 10Unik data set with Spanish samples 223
ESM_8 Classification of European chestnut genotypes in reconstructed panmictic populations 224
ESM_8A Classification of 529 European chestnut genotypes, in reconstructed panmictic populations (RPPs) when K=2, based on 18Unik data set with spanish samples. 224
ESM_8B Classification of 1050 European chestnut genotypes. in reconstructed panmictic populations (RPPs) when K=2 and K=6 225
K=2 225
K=6 227
ESM_8C Classification of 1060 European chestnut genotypes. in reconstructed panmictic populations (RPPs) when K=2 and K=6 with Spanish samples 229
K=2 229
K=6 232
ESM_9 Within-cluster genetic variability at 10 loci without MLGs 236
Annexe 3 : Résultats de structuration des châtaigniers cultivés génotypés à 17 SSRs 237
AMOVA hiérarchiques et f-statistiques 237
AMOVA hiérarchique et F-statistiques pour 7 régions génotypées à 17 SSRS sans MLGs (Jeu de données 24Cult) 237
AMOVA hiérarchique et F-statistiques pour 4 groupes génétiques à 17 SSRS sans MLGs (Jeu de données 24Cult) 237
Choix du nombre de groupes génétique des châtaigniers cultivés génotypés à 17 SSRS sans MLGs 238
BIC of the 17Unik_cult data set 238
Cross-entropy criterion of the 17Unik_cult data set 238
DeltaK of the 17Unik_cult data set 239
Classification des 211 châtaigniers cultivés en 4 groupes génétiques à partir du jeu de données 17Unik_cult 239

Structuration en 4 groupes issu de l'analyse avec le logiciel STRUCTURE 239

Tables des pairwise Fst entre les groupes génétiques sur l'ensemble des châtaigniers et sur les châtaigniers présentant une probabilité d'assignation aux groupes supérieure à 80% (ql≥ 80%) 240

Annexe 4 : Fiches variétales 241

Annexe 5 : Entretiens et observation participante 244

Annexe 6 : Grilles d'entretiens 2017 et 2019 247

Grille d'entretien 2017 248

Grille d'entretien 2019 250

LISTE DES TABLES 255

PARTIE INTRODUCTIVE

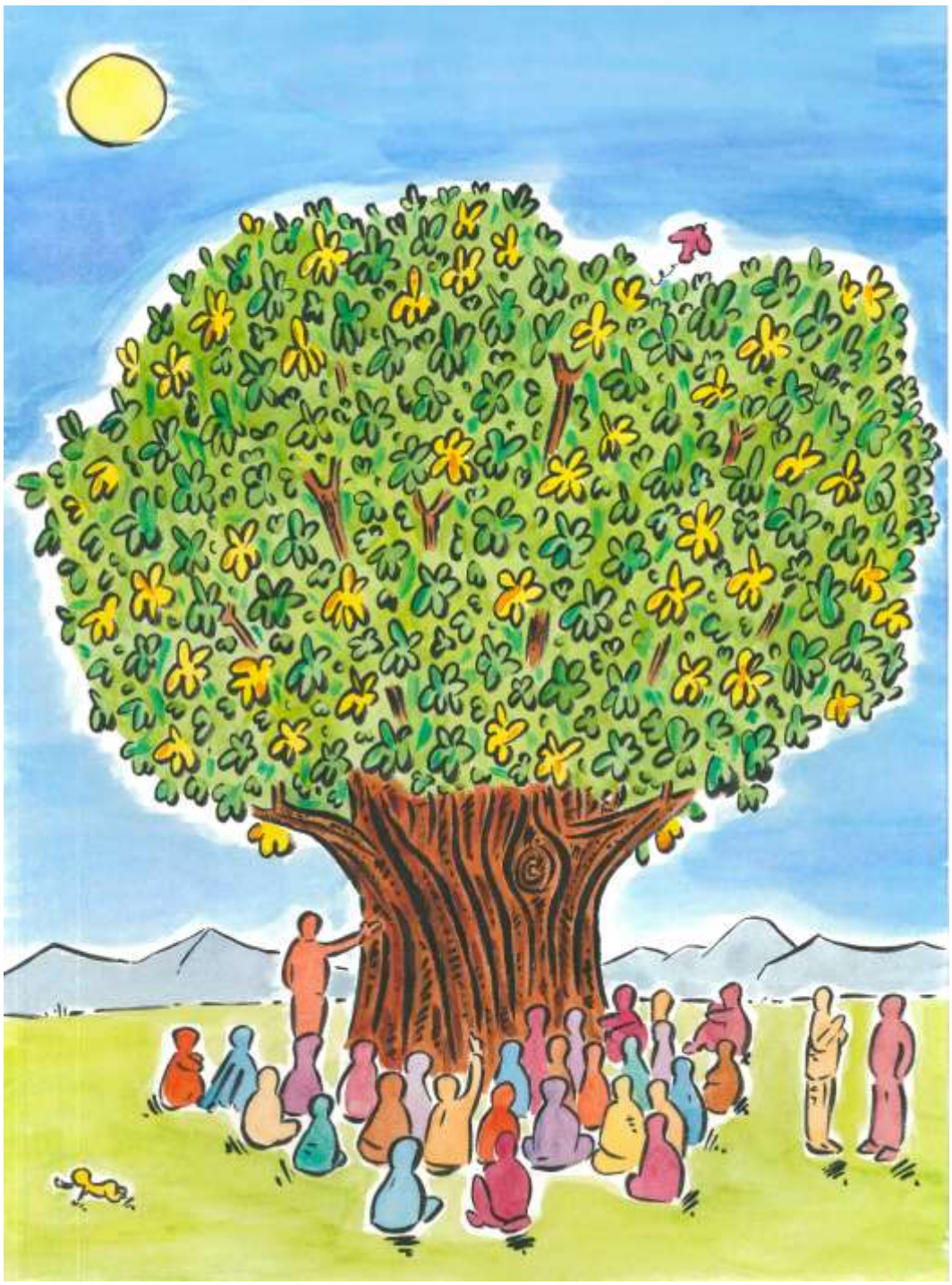


Figure 1: Affiche réalisée pour les rencontres "Châtaignier parmi les arbres nourriciers" organisées par Rénova en janvier 2019. Dessin A. Alber

A. Introduction

L'agrobiodiversité* est la biodiversité des systèmes agricoles envisagée à différentes échelles spatiales et temporelles (Zimmerer et al., 2019). L'agrobiodiversité recouvre la diversité des gènes, des variétés et races, des espèces utilisées directement ou indirectement par l'agriculture et celle des agroécosystèmes. Elle comprend également les interactions que les humains établissent avec les dimensions biologiques de l'agrobiodiversité telles que la diversité des savoirs, des usages et la diversité culturelle (FAO, 1999 ; Pautasso et al., 2013).

La diversité génétique agricole est la part biologique de l'agrobiodiversité et peut se conceptualiser, comme la résultante des interactions entre les génotypes (G), les environnements où ils vivent (E) et les sociétés humaines qui les reproduisent (Leclerc, 2015 ; Leclerc et Coppens d'Eeckenbrugge, 2011).

Des études font état d'une érosion importante de la diversité génétique agricole à l'échelle mondiale, causée par l'industrialisation des filières agroalimentaires et le développement des techniques de la Révolution Verte (FAO, 2019 ; Thrupp, 2000). Dans les pays du sud certains auteurs nuancent cette affirmation à l'échelle locale, et assurent qu'elle se maintient dans les agroécosystèmes sous la forme de variétés traditionnelles (Brush, 2000 ; Jarvis et al., 2011). Les arguments avancés sont la coexistence des variétés traditionnelles* et modernes* dans les champs des agricultrices et agriculteurs du fait d'un usage différencié plutôt que le remplacement des variétés traditionnelles par les modernes, ainsi que la meilleure performance des variétés traditionnelles en contexte de changement climatique (Brush, 2000 ; Jarvis et al., 2011).

Au-delà des difficultés et débats sur les façons d'appréhender la diversité génétique agricole (Montenegro de Wit, 2016), la nécessité de sa conservation fait aujourd'hui consensus (Jarvis et al., 2011). En effet, de nombreux travaux ont montré que dans un contexte d'augmentation de la population et de changement climatique, la conservation de la diversité génétique agricole serait favorable à la résilience des agroécosystèmes (Altieri et al., 2015 ; Bellon, Hodson et Hellin, 2011 ; Ehsan Dulloo et al., 2017 ; FAO, 2019 ; Padulosi et Bioversity International, 2012 ; Pascual et al., 2011 ; Ruiz-Mallén et Corbera, 2013 ; Vigouroux et al., 2011).

Il s'agit donc d'un enjeu pour la sécurité et la souveraineté alimentaire (Ehsan Dulloo et al., 2017 ; Esquinas-Alcázar, 2005 ; Jacobsen et al., 2013 ; Thrupp, 2000 ; Toledo et Burlingame, 2006 ; Zimmerer et de Haan, 2017).

De plus, la conservation de l'agrobiodiversité apparaît comme une dimension nécessaire à la mise en œuvre de la transition agroécologique (Magrini et al., 2019 ; Meynard et al., 2013, 2018 ; Plumecocq et al., 2018) définie comme *« un changement de modèle agricole pour mettre en œuvre les principes de l'agroécologie et répondre ainsi aux crises que traverse ce secteur. Elle repose, en particulier, sur i) la création et mobilisation de savoirs issus de l'agroécologie, ii) l'engagement des acteurs (agriculteurs, conseillers agricoles…) dans la construction de ces savoirs pour une adaptation aux territoires, et iii) la territorialisation de l'agriculture impliquant notamment une reconnexion de la production agricole avec l'alimentation locale. »* (Hazard, Magrini et Martin, 2017).

Dans cette perspective, la conservation de l'agrobiodiversité des espèces pérennes représente un enjeu particulier. Les bénéfices de la culture des espèces pérennes pour des systèmes agricoles plus durables et résilients sont connus de longue date (Hart, 1996 ; Mollison et Holmgren, 1981 ; Nair, 1993 ; Smith, 1929 ; Whitefield, 2000) et sont utilisés dans la conception de systèmes agroécologiques (Altieri et al., 2015). Cependant, ce n'est que depuis une dizaine d'années que l'on connaît une accélération du phénomène en France. Cela se traduit par une augmentation du nombre de travaux scientifiques et de vulgarisation consacrés à certaines approches agroécologiques telles que l'agroforesterie et à la permaculture (Dupraz et Liagre, 2011 ; Hervé-Gruyer et Hervé-Gruyer, 2016) et surtout du nombre de praticiens à l'échelle mondiale (4th World Congress on Agroforestry, 2019). Les effets bénéfiques attendus de la culture des espèces pérennes sont nombreux : stockage du carbone, amélioration de la fertilité et du fonctionnement biologique des sols, conservation de la biodiversité et régulation des bioagresseurs, amélioration de la qualité de l'air et de l'eau, etc. (Lamichhane, 2020 ; Lasco et al., 2014 ; Lauri et al., 2016 ; Noordwijk, 2020).

Schématiquement, on distingue deux grands modèles de conservation de l'agrobiodiversité : la conservation *ex situ* et la conservation *in situ*. La conservation

ex situ conserve un stock de ressources génétiques* (Bonneuil, 2019), en dehors de l'environnement dans lequel elles ont évolué. La conservation est réalisée par des actrices et acteurs professionnel·le·s de la conservation pour des sélectionneur·se·s et agricultrices et agriculteurs utilisateur·rice·s. La conservation *in situ* en réserve ou institutionnalisés cible souvent les plantes sauvages apparentées aux cultivées qui sont porteuses de caractères d'intérêt pour la sélection de nouvelles varitétés. Ce type de conservation considère les humains comme des éléments perturbateurs de la co-évolution entre les plantes et leur environnement (Contreras-Toledo et al., 2019). La gestion à la ferme (*on farm*) ou dans les jardins est aussi appelée gestion dynamique. La gestion dynamique[1] prend le contre-pied de la conservation *in situ* puisqu'elle n'établit pas de séparation fonctionnelle entre la conservation et l'utilisation de la diversité (Bonneuil et Thomas, 2009). Il s'agit plutôt de préserver le processus évolutif qui s'opère entre les génotypes, l'environnement où ils vivent et les sociétés humaines qui les reproduisent (Leclerc et Coppens d'Eeckenbrugge, 2011) tandis que le terme de conservation évoque des approches plus statiques qui visent à conserver des collections de plantes ou de gènes *ex situ*.

Depuis la fin du XX^{e} siècle, le développement de la gestion dynamique repose sur des agricultrices et agriculteurs qui se sont réapproprié des activités de gestion et d'utilisation de la diversité génétique agricole dont ils avaient été exclus au siècle précédent. De nouveaux actrices et acteurs émergent également tel.le.s que des amatrices et amateurs, associations, etc. (Bonneuil et Thomas, 2009). Son développement repose sur la reconnaissance de l'importance d'une gestion dynamique de l'agrobiodiversité au-delà d'une vision de conservation statique et sur la reconnaissance de la pleine capacité des agricultrices et agriculteurs à maintenir la diversité génétique agricole dans leurs champs, notamment dans les pays du Sud (Brush, 2000 ; Jarvis et al., 2011). Il repose également sur une critique

[1] Suite aux échanges avec le jury de ma thèse j'ai choisi d'utiliser le terme de gestion dynamique dans ma thèse plutôt que celui de conservation dynamique, ce dernier étant un oxymore. Le terme de gestion fait référence à la conservation et à la valorisation conjointe des ressources génétiques en science de gestion. L'usage du terme de « gestion dynamique » qui est fait dans la suite de ma thèse fera référence à la logique de circulation des semences qui prévaut sur les terrains étudiées plûtôt qu'à la valorisation économique qui est faite des châtaignes locales.

de l'insuffisance des banques de gènes pour la conserver, fondée sur des raisons techniques et financières (Louafi, Bazile et Noyer, 2013).

Longtemps opposés, les stratégies de conservation *ex situ* et de gestion dynamique sont aujourd'hui plutôt considérés comme complémentaires (Bonneuil et Fenzi, 2011 ; Louafi, Bazile et Noyer, 2013). Des auteurs suggèrent de renforcer encore cette complémentarité (Demeulenaere et al., 2008 ; Hammer, Gladis et Diederichsen, 2003 ; Maxted, Ford-Lloyd et Hawkes, 2000 ; Negri et Tiranti, 2010 ; Volis et Blecher, 2010), notamment par des échanges des collections *ex situ* vers les champs et réciproquement (Demeulenaere et al., 2008).

Les espèces propagées de façon clonale, les espèces pérennes, les espèces sous-utilisées* et les espèces sauvages apparentées à des espèces cultivées, sont considérées comme insuffisamment conservées *ex situ* (Contreras-Toledo et al., 2019 ; McKey et al., 2010 ; Miller et Gross, 2011 ; Padulosi et al., 2002). L'inadaptation de leur biologie au modèle de conservation *ex situ* (Migicovsky et al., 2019) et le coût économique d'une telle conservation au regard de l'estimation de leur valeur économique (Louafi, Bazile et Noyer, 2013) sont les deux raisons principales qui font peser un risque accru sur leur conservation. Pour ces espèces, la gestion dynamique est souvent considérée comme la meilleure des deux options pour conserver leur diversité génétique (Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, 2010).

Depuis une quarantaine d'années en France, des associations revendiquent une participation à la conservation de la diversité génétique agricole. Ces initiatives s'inscrivent dans des conditions sociales originales qui contrastent avec les organisations sociales héritées sur le temps long et étudiées par de nombreux·ses auteur·rice·s (Badstue et al., 2005 ; Labeyrie et al., 2016 ; Reyes-García et al., 2013 ; Stromberg, Pascual et Bellon, 2010). Elles reposent en effet sur des communautés d'appartenances, minoritaires dans leurs territoires et organisées en réseaux, porteuses de valeurs particulières (Demeulenaere et Bonneuil, 2011). De plus, elles produisent des savoirs et des organisations sociales innovantes sur les semences et l'agrobiodiversité (Balázs et Aistara, 2018 ; Demeulenaere et Goldringer, 2017 ; Demeulenaere et Goulet, 2012) en l'absence ou quasi absence de savoirs écologiques traditionnels (Marchenay, 1981 ; Negri, 2005).

Certaines de ces associations se concentrent sur des espèces pérennes et prospectent les variétés régionales en voie de disparition dans les territoires plutôt que dans les banques de gènes et centres de ressources génétiques, comme c'est souvent le cas pour les espèces annuelles[2] (Bocci et Chable, 2008 ; Chable et al., 2008 ; Demeulenaere et al., 2008). Elles les conservent ensuite dans des vergers conservatoires[3] (Bocci et Chable, 2008 ; Bonneuil et Thomas, 2009) : Croqueurs de Pommes, Conservatoire Régional d'Aquitaine, Aveyron Conservatoire Régional de la Châtaigne, etc., et poursuivent éventuellement un objectif de remise en production par des agricultrices et agriculteurs et jardinier·e·s amatrices et amateurs, c'est-à-dire que leur objectif de conservation de l'agrobiodiversité passe également par une stratégie de gestion dynamique[4] (Paysans du Rance, Rénova, Châtaigne des Pyrénées, etc.). Cependant la qualification précise des actions entreprises par les associations en actions de conservation ou bien de gestion dynamique n'est pas aisée dans le cas d'une espèce pérenne à reproduction clonale telle que le châtaignier. En effet, une même action, telle que le greffage, peut être réalisée à des finalité de conservation statique (*ex situ*) lorsqu'elle est réalisée en verger de collection (ACRC). Elle peut être réalisée à des fins de gestion dynamique dans un verger de production si l'objectif de conservation de l'agrobiodiversité est poursuivi. Elle peut être réalisée sans préocupation de conservation et multiplier une seule variété sans enjeu du point de vue de la conservation de l'agrobiodiversité. Les associations étudiées dans le cadre de ma thèse ont un objectif de conservation de l'agrobiodiversité mais les actions entreprises participent de diverses stratégies : conservation statique, gestion dynamique, production, ect. Pour autant, ces stratégies ne sont pas exclusives les unes des autres. Je les explicite autant que faire ce peux dans la suite du manuscrit et qualifie la démarche générale des associations Rénova et Châtaigne des Pyrénées de gestion dynamique.

Certaines populations d'espèces pérennes font l'objet de domestications et d'abandons périodiques dans les zones de faible production et de faible valorisation

[2] Bien conservées *ex situ*.
[3] C'est-à-dire *ex situ*
[4] C'est-à-dire *in situ* plutôt que *on farm* puisque des jardinier·e·s amatrices et amateurs sont impliqué·e·s

économique (zones qualifiées par la suite de « marginales »). C'est le cas dans certaines régions du châtaignier, de l'olivier ou encore de l'amandier. En effet, *« Les arbres ont une durée de vie beaucoup plus longue que les humains […]. Ils sont façonnés par le greffage, l'éclaircissage, le palissage, l'élagage et la taille. […] Les arbres, en tant qu'objets transformés qui incorporent la mémoire culturelle, mais aussi en tant qu'êtres vivants, se régénèrent et s'enracinent dans les territoires en lien avec les modes de vie et les organisations sociales. Ces interactions complexes entre arbres et êtres humains créent un système de relations, de catégorisations, de symboles, qui donne lieu à différentes formes de domestication. La domestication des arbres peut être décrite comme le résultat de l'interaction entre la biologie des arbres, leur long cycle de vie, l'allogamie*[5] *(la nécessité d'une pollinisation croisée), la plasticité morphologique et physiologique, d'une part, et les conceptions et actions entreprises par les agriculteurs d'autre part. »* (traduit d'Aumeeruddy-Thomas et Michon, 2018). Des agricultrices et agriculteurs s, jardinier·e·s amatrices et amateurs, passionné·e·s, seul·e·s ou réuni·e·s en associations prospectent les arbres abandonnés, rénovent des vergers abandonnés, prospectent et caractérisent des variétés locales, regreffent des variétés et diffusent des greffons, mettent en place des outils de récolte et de transformation, mettent au point des recettes de cuisine, organisent des formations, des évènements festifs et culturels, etc. Dans ce contexte économique et social, des activités sont dirigées vers une ou plusieurs populations locales ou régionales de l'espèce considérée et visent sa réappropriation progressive pour des usages domestiques et agricoles. C'est ce que je qualifie de re-domestication* dans la suite du manuscrit.

D'un côté, ce travail part d'un constat que « la diversité génétique peut contribuer à la conception de systèmes agroécologiques » (Caquet, Gascuel et Tixier-Boichard, 2020) mais est encore insuffisamment mobilisée car les travaux scientifiques s'arrêtent souvent au niveau taxonomique. D'autre part, je fais l'hypothèse que le temps long des espèces pérennes et le phénomène de re-

[5] Il y a quelques exeptions d'autogamie préférentielle chez les fruitiers qui concernent en général certaines variétés de l'espèce. Sont dans ce cas, certaines espèces d'abricotier, de pêcher, de cognassier, de prunier, d'amandier, d'agrumes, de noyers, de noisettiers ou encore les nèfles sauvages.

domestication dont certaines bénéficient pose de façon renouvelée le problème de la conservation de l'agrobiodiversité. En particulier, l'articulation entre conservation *ex situ* et gestion dynamique *in situ* est à préciser avec les contraintes biologiques qui sont celles des espèces pérennes et en complémentarité avec les différents actrices et acteurs qui s'y impliquent.

B. Problématique et plan de la thèse

Dans le cadre de ma thèse je me suis intéressée plus spécifiquement à la conservation de la diversité génétique du châtaignier en France. J'ai d'abord décrit l'évolution de la prise en charge de la conservation de la diversité génétique du châtaignier en France afin de situer le contexte dans lequel deux associations du piémont pyrénéen s'inscrivent. Puis, j'ai évalué la diversité génétique et la structure des populations de châtaigniers en France afin de situer ces associations du point de vue de la diversité génétique qu'elles connaissent. Enfin, j'ai étudié ce à quoi les actrices et acteurs impliqués dans ces associations accordent de l'importance lorsqu'elle·il·s re-domestiquent le châtaignier. L'approche pluridisciplinaire que j'ai choisie d'adopter me permet finalement de discuter de l'importance de la re-domestication pour conserver l'agrobiodiversité du châtaignier en France.

Ma thèse est organisée autour de trois questionnements détaillés ci-dessous et précédés d'une mise en contexte qui permet de présenter le châtaignier (biologie et usage) et de situer les associations étudiées dans la filière castanéicole française.

- Comment a évolué la conservation de la diversité génétique du châtaignier en France – quels acteurs, quel modèle de conservation privilégié et quels dispositifs – depuis les années 1950?

Dans cette partie j'analyse l'histoire de la conservation de la diversité génétique du châtaignier et l'état des connaissances disponibles, à partir des travaux généraux en histoire des sciences (Bonneuil et Thomas, 2009 ; Maeght-Bournay et al., 2018) et en sciences politiques (Louafi, Bazile et Noyer, 2013), ainsi que sur ma propre enquête (documents d'archives et de presse, entretiens et échanges avec des acteurs de la conservation du châtaignier). Je m'intéresse plus particulièrement à l'évolution de la prise en charge par différents acteurs (recherche publique, acteurs privés, groupements de producteurs, associations, etc.) de sa conservation depuis

les années 1950, et des relations entre sélection variétale, dispositifs de conservation et formes de valorisation économique des châtaignes. Finalement, je discute de la situation actuelle au regard des enjeux de transition agroécologique et de l'émergence de nouveaux acteurs.

- Quelle est la diversité et la structure des populations de châtaigniers en France? Que conservent les initiatives étudiées et comment décrivent-elles la diversité génétique qu'elles cherchent à conserver?

Ce questionnement est divisé en deux sous-parties. La première analyse la diversité et la structure des populations de châtaigniers cultivés et forestiers en France (article publié dans Annals of Forest Science). Pour cela, j'ai constitué un échantillonnage de châtaigniers conservés *in situ* (en forêts et en châtaigneraies) et dans des châtaigniers cultivés conservés *ex situ* (en conservatoires privés) que j'ai génotypés à l'aide de marqueurs microsatellites. Cela a permis de constituer le premier état des lieux de la diversité et de la structure des populations forestières et cultivées de châtaigniers réalisé à l'échelle de la France. Dans un deuxième temps, j'analyse la clonalité et la phylogénie des châtaigniers cultivés et en particulier des génotypes connus des associations en Ariège et en Hautes-Pyrénées. Je précise la part des génotypes connus localement parmi un échantillonnage plus large ainsi que les concordances et différences entre les variétés locales identifiéeset les résultats en génétique des populations.

- À quoi les actrices et acteurs de terrain accordent elle·il·s de l'importance lorsqu'elle·il·s re-domestiquent le châtaignier ?

Les initiatives étudiées affirment un objectif de conservation de l'agrobiodiversité du châtaignier. Pour cela, elles réalisent la conservation de variétés locales et participent d'une gestion dynamique au travers notamment de l'organisation de formations et du développement d'une production locale de châtaignes. Cependant, les échanges avec l'ensemble des membres des associations ont révélé que seule une minorité d'entre eux agissaient avec un objectif explicite de conserver des génotypes de châtaignier. À partir de ce constat, il m'a semblé nécessaire d'étudier plus largement ce qui est important pour les actrices et acteurs de terrain au cours d'un ensemble d'actions qui relèvent de ce que je nomme la re-

domestication du châtaignier dans ma thèse. À cette fin, j'ai choisi une approche pragmatiste* pour étudier les valeurs qui sous-tendent les actions de re-domestication. Il s'agit d'observer dans le cours de l'action et dans les récits de ce qu'elle·il·s font en lien avec le châtaignier, ce qu'ils valuent[6] c'est-à-dire ce qui devient important pour eux, en s'affranchissant de l'idée selon laquelle les valeurs préexistent et orientent de façon déterministe l'action. Pour cela, je mobilise la « théorie de la valuation* » de John Dewey (Dewey, 1939, 2008) et m'appuie sur des observations participantes et des entretiens compréhensifs* (Kaufmann, 2011).

Finalement, ces trois questionnements sont mis en perspective dans la partie discussion afin de répondre à l'objectif général de la thèse : discuter dans quelle mesure et à quelles conditions la re-domestication du châtaignier contribue à la conservation de l'agrobiodiversité de cette espèce.

[6] Le terme de « valuer » est un néologisme en français, proposé par le traducteur du livre de Dewey « L'enquête » dans le chapitre portant sur l'évaluation. Il dit à son sujet qu'il transpose plus qu'il ne traduit le terme de « to value » (Deledalle, 1967). Valuer peut se comprendre comme « attribuer de la valeur à… »

agreenium
l'institut agronomique, vétérinaire & forestier de France

AgroParisTech

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Photo 1: "Lafitte", châtaignier remarquable ariégeois (Photo C. Bouffartigue, Juillet 2016)

A. LE CHÂTAIGNIER : BIOLOGIE ET USAGE D'UN ARBRE DOMESTIQUÉ

A.1. LE CHÂTAIGNIER

Le châtaignier (*Castanea sativa* Miller) est une espèce d'arbre endémique d'Europe (Conedera et Krebs, 2008). Traditionnellement ses fruits servaient à l'alimentation humaine et animale, son feuillage à l'alimentation animale et la litière et son bois était à destination du chauffage, de la menuiserie, du bois d'œuvre, de le production de piquets, de la vannerie et du tannin (Bruneton-Governatori, 1999). Le châtaignier est monoïque* mais auto-incompatible* c'est-à-dire que le pollen d'un châtaignier donné ne peut féconder ses fleurs femelles. En conséquence, pour reproduire des caractères d'intérêt tels un calibre, un goût, une résistance à des maladies, etc., quand on ne connaît pas leur déterminisme génétique, il est nécessaire de reproduire végétativement l'arbre portant ce(s) caractère(s), par greffage (Pereira-Lorenzo et al., 2016). Cela signifie également que dans les paysages qui présentent des peuplements cultivés et forestiers, les migrations de gènes par des flux de pollen entre peuplements sont fréquents, bien que les mécanismes et les distances auxquelles ils opèrent soient encore mal connus (Nishio et al., 2019 ; Pereira-Lorenzo et al., 2016).

Les châtaigneraies sont des « forêts domestiques» (Michon et al., 2007), caractérisées comme *« dominées par un arbre emblématique, multi-usages, bases de la subsistance et supports de la construction des territoires et des terroirs locaux, historiquement déterminantes dans l'économie et la culture »* (Michon, Simenel et Sorba, 2012). Le châtaignier cultivé pour ses fruits dans les châtaigneraies est la plupart du temps greffé tandis que le châtaignier planté en forêt pour son bois est issu de repousses en taillis après une coupe ou de plantations de châtaigniers issus de semis de châtaignes (Bourgeois, Servin et Lemaire, 2004). Les châtaigniers sont plantés à espacements relativement grands dans les châtaigneraies (10×10 mètres en ordre de grandeur soit 50-80 arbres/ha[7] contre environ 150

[7] http://www.ctifl.fr/DocPdf/Agenda/Presentation/473/3ChataignierEnhauteDensiteChataigne070416.pdf?20/07/2016%20131424 consulté le 11 juin 2020.

arbres/ha en forêt au moment de la coupe pour du bois d'œuvre[8] et environ 400 pour du taillis[9]).

Photo 2: Taillis, châtaigneraie traditionnelle et châtaignier isolé en Ariège. Photos C. Bouffartigue

Le sol est nettoyé par pâturage ou débroussaillage afin de faciliter la récolte des châtaignes qui tombent au sol entre fin septembre et fin octobre, selon les variétés. Les forêts de châtaigniers et les châtaigneraies ont aussi des usages récréatifs, paysagers, pour la chasse et la cueillette de champignons ainsi que la production de miel de châtaignier. On appelle sylvopastoralisme l'association de châtaigniers à l'élevage comme l'élevage de porcs en Corse, Espagne et Portugal et historiquement dans les Hautes-Pyrénées. Récemment des parcours de volailles et bovins ont été installés dans des parcelles de châtaigniers en Haute-Vienne et Corrèze[10]. On appelle agroforesterie l'association de châtaigniers à d'autres espèces végétales. Historiquement, il s'agissait surtout du seigle cultivé en terrasses dans les Cévennes, et de nos jours il peut s'agir de cultures de céréales entre des allées de châtaigniers très espacés (*alley cropping* en anglais), notamment durant les premières années qui suivent l'implantation des châtaigniers[11].

La domestication des châtaigniers dans un environnement donné peut être décrite comme le résultat de l'interaction entre la biologie des arbres, leur long cycle de vie, l'auto-incompatibilité, la plasticité morphologique et physiologique, d'une

[8] https://www.foretpriveefrancaise.com/n/chataignier/n:913 consulté le 11 juin 2020.
[9] https://www.allianceforetsbois.fr/wp-content/uploads/2016/08/RTG-MP-Fiche-1-Le-taillis-simple.pdf consulté le 13 juin 2020
[10] https://wikiagri.fr/articles/lagroforesterie-se-developpe-en-limousin/1192 consulté le 18/07/2020
[11] http://draaf.nouvelle-aquitaine.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/synthese_AgroForEVERI_cle4781fd.pdf et http://www.giee.fr/fileadmin/user_upload/National/086_eve-giee/PDF-GIEE/Nvlle_Aquitaine/87_Agroforesterie/87_agroforesterie_fiche_individuelle_P_COSTE.pdf consultés le 18/07/2020

part, et les actions entreprises par les êtres humains (semis, plantation, greffage, élagage, etc.) d'autre part. La plasticité morphologique et physiologique des arbres répond aux pratiques humaines (Aumeeruddy-Thomas et Michon, 2018). Après une phase d'abandon, cette plasticité permet d'identifier dans un territoire les châtaigniers qui ont bénéficié d'attention par le passé : traces du point de greffe, de tailles, proximité avec les habitations ou les lieux de culture, tailles qui renseignent sur l'âge et donc sur le soin continu dont les arbres ont bénéficié pour traverser les siècles, etc. Aumeeruddy-Thomas et Michon (2018) parlent de «mémoire culturelle incorporée : *« Les arbres, en tant qu'objets transformés qui incorporent la mémoire culturelle, mais aussi en tant qu'êtres vivants, se régénèrent et s'enracinent dans les territoires en lien avec les modes de vie et les organisations sociales. »*

Ces interactions complexes entre arbres et êtres humains, à l'échelle du châtaignier ou de la population d'arbres, ici la châtaigneraie, créent un système de relations, de catégorisations, de symboles, qui donne lieu à différentes pratiques de domestication (Aumeeruddy-Thomas et Michon, 2018) telles que le greffage (photo 1), l'élagage ou la rénovation d'une châtaigneraie qui implique fréquemment du débroussaillage, de l'élagage et éventuellement du greffage.

A.2. Principaux facteurs de sélection du châtaignier en France

Depuis l'Antiquité, des taillis de châtaigniers ont été plantés et le bois des vieux châtaigniers fruitiers coupé en vue de la production de bois d'œuvre ou de chauffage. Si l'usage est ancien, il varie en importance avec les époques et constitue parfois une pression de sélection non négligeable sur les populations de châtaigniers. Par exemple, après les gelées de 1709, beaucoup d'arbres ont été coupés, y compris alors qu'ils étaient en pleine production et leur bois vendu comme combustible. Plus tard, l'invention du procédé d'extraction du tanin du bois de châtaignier (vers 1818-1820 par un teinturier lyonnais) fournit un nouveau débouché au bois de châtaignier. Il se conjugue à l'abandon des châtaigneraies causé par la révolution agricole et l'exode rural, et aux ravages de la maladie de

l'encre (voir paragraphe ci-dessous) pour réduire considérablement les surfaces de châtaigneraies[12] (Pitte, 1986 ; Sauvezon, Sauvezon et Sunt, 2000).

« [les châtaigneraies en Ariège] ont dépéri avec la déprise qui était déjà très avancée dans les années 70 mais qui a continué. Parce qu'il y avait quand même des paysans qui avaient des terres plus petites et qui s'occupaient de leurs châtaigniers. Les terres étaient mieux traitées, il n'y avait pas des grands troupeaux de vaches, il y avait moins de machines, moins grosses, on fumait les prés. On mettait les bêtes un peu à faire manger partout. Donc le, les châtaigneraies elles étaient mieux soignées et il y avait encore des belles châtaigneraies. » (Agriculteur, membre fondateur de Rénova, 2019)

Localement, cela conduit à des changements d'usage des terres qui deviennent labourables, et des paysages.

« […] dans le coin, il devait y avoir beaucoup de châtaigniers, mais à l'inverse d'Argelès, même des Baronnies, tout a été arraché. Il en reste très peu. En fait, je m'en rends compte maintenant, car comme les gens savent plus ou moins, que j'ai des châtaigniers, certains me disent, il y avait telle châtaigneraie, et c'est vrai j'en ai vu, des traces de châtaigneraies. » (Salarié, Membre de C.Pyrénées, 2017)

Depuis le début du XX^{e} siècle, plusieurs maladies et ravageurs sont arrivés en Europe qui ont contribué au recul des surfaces plantées en châtaigneraies et de la production de châtaignes à l'hectare. Dans l'ordre d'arrivée chronologique, on peut citer :

- L'**encre** est une maladie racinaire causée par *Phytophthora cinnamomi* et *P. cambivora* originaires d'Amérique du Nord. Arrivée au début XX^{e} siècle, elle décime des vallées entières. Dans les années 1950-1980, en réponse à l'avancée de la maladie, les espèces de châtaigniers asiatiques *Castanea crenata* et *Castanea mollissima* sont distribuées dans certaines régions du fait de leur résistance à l'encre. L'INRA s'appuie sur ces espèces pour

[12] En Corrèze, la surface est presque diminuée par 3 entre 1882 et 1921, p289 (Pitte, 1986)

démarrer un programme de création variétale en France qui a produit des porte-greffes résistants à l'encre (ex : Marsol), un phytophtora racinaire et des variétés modernes, précoces, de gros calibres, facilement épluchables (ex : Marigoule et Bouche de Bétizac). Ces porte-greffes et variétés sont issus de croisement entre l'espèce européenne de châtaignier (*Castanea sativa*) et des espèces asiatiques (*Castanea mollissima* et *Castanea crenata*). Ces porte-greffes sont multipliés par marcottage, adaptés aux sols profonds et irrigables, compatibles pour le greffage de variétés hybrides. Cependant ils peuvent poser des problèmes d'adaptation à des climats méditerranéens ou secs, et de compatibilité de greffage avec des porte-greffes ou greffons *sativa.* L'encre risquerait de connaître une recrudescence de son impact du fait du changement climatique. En effet, *Phytophtora cinnamomi* pourrait ne plus voir sa survie hivernale limitée par les basses températures (Desprez-Loustau et al., 2007).

- Le **chancre** est une maladie de l'écorce causée par *Cryphonectria* ou *Endothia parasitica* originaires d'Asie. L'espèce américaine de châtaignier, *Castanea dentata* est plus sensible que *Castanea sativa* ou *crenata* et a presque disparu suite à l'arrivée du chancre aux États-Unis. À partir des années 70, l'INRA a développé des souches hypovirulentes qui permettent des dommages moins importants une fois qu'elle est bien installée. Le chancre aurait tendance à être plus présent dans les châtaigneraies abandonnées (communication personnelle : Robin Cécile – UMR Biogéco, Vincent Loic – salarié de l'ACRC) et de nombreuses techniques, autres que l'application de souches hypovirulentes, sont développées par les acteurs de terrain, avec plus ou moins de succès.

- Le **cynips (***Dryocosmus kuriphilus*) est arrivé en 2007 en France[13]. C'est un micro-hyménoptère qui pond dans les bourgeons en été, il passe l'automne et l'hiver sous forme d'œuf et des galles se forment au printemps lorsque le

[13]https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjOn8zd5fnpAhUPCxoKHWvNCeAQFjAEegQIBhAB&url=https%3A%2F%2Fagriculture.gouv.fr%2Ftelecharger%2F82775%3Ftoken%3Dfbda3fd353f1147e3738f299f1f36cd9&usg=AOvVaw30TF_UBYcSeIx5lnM02WsX consulté le 11 juin 2020.

châtaignier débourre. Les larves sortent au printemps et pondent dans l'été. Il est originaire du Japon et de la Corée où il a un prédateur naturel, un autre microhyménoptère, le *Thorymus sinensis*. Le Thorymus pond uniquement dans la galle du cynips, il est spécifique du cynips. Le Thorymus est utilisé en lutte biologique par des lâchers au printemps. Son efficacité est reconnue en Italie où le cynips est arrivé plus tôt et on commence à voir ses effets en France. La présence du cynips en Europe est connue et réglementée, il est reconnu *Organisme de Quarantaine de Zone Protégée* nuisible pour les végétaux, ce qui a conduit les autorités sanitaires françaises à interdire la vente et les échanges de matériel végétal entre novembre 2010 et avril 2020 (date à laquelle il est considéré comme présent sur l'ensemble du territoire)[14]. Les variétés Marigoule et le porte-greffe Marsol se sont révélés très sensibles au cynips tandis que Bouche de Bétizac apparaît plus résistante (Brachet et al., 2017). Une diversité de sensibilité au cynips est également observée sur les variétés locales (communication personnelle : Vincent Loïc - salarié ACRC, Artigues Stéphane - animateur de l'association Châtaigne des Pyrénées et Michaux Francis - membre fondateur de Rénova).

« Conduire ce travail sur le cynips je pense que ça il faut le faire c'est une nécessité, une nécessité. […] je pense à la variété Lesage qui est tolérante, il n'y a pas énormément de cynips dessus […] les variétés on les connaît déjà et voir après leur sensibilité au cynips et s'il y en a qui sont beaucoup moins sensibles que d'autres, que si on a à proposer du greffage, partir sur ces variétés-là. » (Artigues Stéphane, 2017)

- Les **sécheresses estivales** empêchent le grossissement du fruit et fragilisent l'état sanitaire des arbres jusqu'à entraîner des dépérissements dans certains cas. Elles sont de plus en plus fréquentes et m'ont été rapportées dans le Var

[14]https://www.fredonoccitanie.com/surveillance/wp-content/uploads/sites/9/2017/08/Arr%C3%AAt%C3%A9_du_22_novembre_2010_version_consolidee_au_20170808.pdf et https://www.fredonoccitanie.com/surveillance/wp-content/uploads/sites/9/2020/04/Arr%C3%AAt%C3%A9-16_04_2020-nouvelle-liste-organismes-nuisibles-France.pdf consulté le 11 juin 2020

(communication personnelle : Barret Romain, animateur du Syndicat des producteurs varois, SPCV) mais également dans les Pyrénées (communication personnelle : Artigues Stéphane, animateur de l'association Châtaigne des Pyrénées) et en Aveyron (communication personnelle : Briane Gérard, membre fondateur de l'ACRC). Dans le Var, une solution envisagée pour maintenir ou augmenter la production sur les territoires est la plantation de vergers irrigués en plaine (communication personnelle : Barret Romain).

B. UNE FILIÈRE FRAGILE MALGRÉ UNE REVALORISATION DES CHÂTAIGNES

B.1 UNE REQUALIFICATION DES MARRONS EN CHÂTAIGNES ACCOMPAGNE LA REVALORISATION DE LA PRODUCTION

Les châtaignes sont vendues fraîches, grillées ou transformées en châtaignons (châtaignes sèches épluchées), farine, crème de marron, pâtisseries, etc. L'appellation « marron » est apparue au XIX^{e} siècle pour désigner les châtaignes aptes à l'industrie de la confiserie. Un marron est une châtaigne dont la peau interne (le tan) ne pénètre pas l'amande et se pèle bien à l'épluchage. L'appellation « châtaigne » a été un temps disqualifiante, synonyme de nourriture du pauvre et de famine.

Dès les années 2000, des initiatives de relance de la production revalorisent la châtaigne auprès du public par des évènements festifs (fêtes et castagnades) comme en Ardèche (Dupré, 2005). Une autre manifestation de cette revalorisation est l'obtention d'AOC et d'AOP mettant en avant le terme de « châtaigne » plutôt que celui de « marron » (Dupré, 2002). C'est le cas en Corse avec la farine de châtaignes Corse qui a obtenu l'AOC depuis 2016 et l'AOP depuis 2010, et en Ardèche avec l'AOC châtaignes d'Ardèche obtenue en 2015 (INAO, 2015). En Ariège et Hautes-Pyrénées, l'apparition de l'appellation « crème de châtaignes » qui remplace sur les étiquettes celle de « crème de marrons » est parfois une revendication d'une agriculture paysanne (communication personnelle de producteurs).

Ces initiatives, comme c'est le cas en Hautes-Pyrénées, peuvent rencontrer des résistances pour se développer car les propriétaires de châtaigneraies sont aussi ceux qui ont abandonné la production lorsqu'elle n'était plus rentable.

« Aujourd'hui le biais qu'on a c'est que les vieux sont toujours là qui eux ont ramassé les châtaignes à la main, se sont piqués les doigts, ont porté des sacs de 50 et 60 kg dans les marchés, se sont crevés le dos, ont connu l'âge d'or de la châtaigne parce qu'ils ont gagné des sous avec au point d'en acheter des bagnoles, là c'est l'anecdote. La déprise agricole a fait qu'il y avait moins de monde pour ramasser les châtaignes à la mano, sont arrivées les usines de tanins et les usines à bois à Saint-Gaudens et les châtaigniers sont tombés à coup de tronçonneuse, des dizaines d'hectares. Et aujourd'hui les vieux qui sont toujours là la réponse c'est « qu'est-ce que tu veux t'embêter avec ça, ça vaut plus rien, va t'en ramasser quatre pour te les griller à la cheminée », c'est tout. D'où la difficulté nous pour trouver des gens motivés pour nous laisser faire leur châtaigneraie en récolte, en chantier collectif. » (Salarié, membre de C.Pyrénées)

Malgré tout, l'augmentation du nombre de personnes intolérantes au gluten et atteintes de maladie cœliaque participe au regain d'intérêt pour la châtaigne dont les qualités nutritionnelles sont reconnues : sans gluten, riche en glucides (133 Kcal pour 100g, proche des pâtes), riche en fibres, pauvre en lipides, source de potassium, de vitamines B6 et B9 ainsi que de polyphénols (antioxydants) dont des tannins[15]. En revanche, malgré sa bonne image, la consommation reste faible et occasionnelle, autour de 300g par personne et par an[16].

B.2 Une filière fragile en France

Des représentants des filières française, espagnole, portugaise et italienne posent un premier constat dans le Livre Blanc de la Châtaigne (A.R.E.F.L.H, 2017):

« Un impératif, une ambition, une volonté « Enrayer le déclin de la châtaigneraie européenne pour répondre aux besoins du marché intérieur, et préserver l'équilibre économique, social et environnemental des zones de production à fort handicap naturel. » ("Livre Blanc Châtaignes," 2017)

---

[15] Agence pour la Recherche et l'Information en Fruits et Légumes (http://www.aprifel.com/fiche-nutri-produit-references-marron-chataagne,93.html) consulté le 6 juillet 2018

[16] https://www.lesfruitsetlegumesfrais.com/fruits-legumes/fruits-a-coque/chataigne/carte-identite consulté le 6 juillet 2018

Le châtaignier a en effet vu s'éroder ses surfaces cultivées, quantités et zones de production avec pour conséquences la perte de connaissances le concernant et de la diversité variétale historiquement associée à sa culture. Au niveau mondial, plus de 2 millions de tonnes de châtaignes sont produites par an. L'Asie est le bassin de production le plus important (Chine, Corée, Japon) suivi par l'Australie, le Chili et les États-Unis. Ces marchés sont en croissance tandis que la production européenne stagne depuis une dizaine d'années[17].

D'après les chiffres de FranceAgriMer [18] en 2016, la châtaigneraie représente 5 % de la surface de production de fruits (équivalent à la surface en cerisiers, pêchers/nectariniers, deux fois plus que la surface en kiwis ou fraisiers et moins de la moitié de la surface plantée en noyers). Les premiers départements producteurs sont l'Ardèche, la Dordogne, la Lozère, le Gard et le Lot. D'autres départements comme la Corse et dans une moindre mesure le Var, l'Aveyron, l'Ariège, les Hautes-Pyrénées ont encore une production de châtaignes mais dont la quantité commercialisée est largement inférieure (l'autoconsommation et l'utilisation des châtaignes pour la consommation animale ne sont pas comptabilisées), allant de quelques tonnes à une centaine de tonnes par an.

La production nationale oscille autour de 7000 à 8000 tonnes/an en 2018-2019[19] ce qui fait de la France le 6e pays producteur européen derrière la Turquie, l'Italie, la Grèce, le Portugal et l'Espagne[20].

Deux espaces de production, peuvent être distingués :

- Les châtaigneraies anciennes (>100 ans) dont les rendements sont faibles, autour d'une tonne/ha et dont la mécanisation est souvent rendue difficile par la pente. Ces châtaigneraies sont diverses dans leur importance locale

[17] http://www.fao.org/faostat/fr/#search/ch%C3%A2taigne consulté le 11 juin 2020
[18] L'Établissement national des produits de l'agriculture et de la mer, également appelé FranceAgriMer, est un office agricole français ayant pour mission d'appliquer, en France, certaines mesures prévues par la Politique agricole commune, et de réaliser certaines actions nationales en faveur des différentes filières agricoles
[19] https://rnm.franceagrimer.fr/bilan_campagne?chataigne consulté le 11 juin 2020
[20] http://www.fao.org/faostat/fr/#search/ch%C3%A2taigne consulté le 11 juin 2020

passée et présente ainsu que dans les variétés implantées. Elles sont situées en Ardèche, Lozère, Gard, Lot, Var et Corse.

- Des châtaigneraies modernes dans certaines régions comme le Limousin et la Dordogne, qui ont engagé des programmes de plantation de variétés créées par l'INRA dans les années 1960 et inscrites au catalogue officiel français [21] (Marigoule et Bouche de Bétizac par exemple). Ces châtaigneraies sont mécanisables, parfois irrigués, plus homogènes génétiquement (quelques variétés seulement) et les rendements sont meilleurs, autour de deux à trois tonnes/ha. Une partie des châtaignes issues de ce verger sont valorisées par label Rouge du Sud-Ouest obtenu en 2015[22] et une demande d'IGP « Marron du Sud-Ouest » obtenue en 2016.

La France exporte des châtaignes fraîches principalement vers l'Allemagne, l'Italie et la Belgique (>60 % des exports) et en importe principalement de l'Espagne, du Portugal et de l'Italie (>85 % des imports). La balance commerciale est nulle mais en termes de volume, on importe environ 10 000 tonnes nettes par an. La grande majorité des châtaignes transformées par l'industrie provient de l'importation (88%)[23], ce qui signifie que nous consommons plus de châtaignes que nous n'en produisons[24]. Quelques politiques publiques tentent d'encourager la production aux niveaux régional et départemental comme avec le Plan Départemental Châtaignes en Dordogne et le Pass Agri Plantation initié en 2020 en région Occitanie[25]. Une stratégie de filière intégrée (Société Agriverger par exemple) se développe également dans le bassin du Sud-Ouest comme une solution pour redynamiser la filière. Ailleurs, la tendance est plutôt à l'utilisation de signes

[21] L'INRA a sélectionné des variétés qui sont ensuite inscrites au catalogue par le CTPS.
[22] https://www.inao.gouv.fr/Espace-presse/Le-Marron-obtient-le-Label-Rouge-19-10-2015 consulté le 11 juin 2020
[23] http://www.eurocasta.org/uploads/1/7/0/4/17040934/pr%C3%A9sentation_g%C3%A9raldine_ss_animation.pdf consulté le 6 juillet 2018
[24] http://www.eurochestnut.com/wp-content/uploads/2015/09/Le-commerce-de-la-ch%C3%A2taigne-en-France.pdf consulté le 6 juillet 2018
[25] Il finance la plantation, le greffage et la rénovation de variété sans condition sur le matériel végétal (pas de variétés imposées) https://www.laregion.fr/Pass-Agri-Plantation-Soutien-aux-plantations-de-PPAM-chataigne consulté le 6 juin 2020

d'identification de l'origine et de la qualité (SIQO : AOC/AOP, label rouge, bio, équitable) pour valoriser la production et relocaliser la transformation.

Au niveau du commerce intérieur, les prix sont légèrement à la hausse depuis quelques années. La plupart des Marchés d'intérêt national (MIN) ont un cours pour le « marron » qui est accessible sur le Réseau des Nouvelles du Marché[26]. Le cours est meilleur en début de saison (mi-septembre) et pour les gros marrons qui se négocient près du double des petits calibres. Les gros marrons sont des châtaignes non cloisonnées. Ce sont des variétés modernes telles que Marigoule et Bouche de Bétizac qui ont été sélectionnées par l'INRA et inscrites au catalogue français par le Comité Technique Permanent de la Sélection (CTPS). Les petits calibres sont les variétés anciennes, plus ou moins cloisonnées, inscrites ou non au catalogue français. Elles ne sont pas forcément classées par variétés au moment de la vente malgré des différences entre variétés sur les autres critères que celui du calibre pour le mangeur (goût, épluchabilité, etc.). Le bio se négocie à près de 50 % plus cher que le cours le plus élevé (soit en 2019, entre 6 et 7 euros mi-octobre[27] contre 4-5 euros pour les plus gros calibres en conventionnel). Au détail, le kilo de châtaigne coûte environ 8 euros en grandes et moyennes surfaces (GMS) et 10 euros au détail en bio[28]. Sur les marchés locaux et fêtes de la châtaigne, le prix est plutôt de 4-5 euros le kilo (Fête de la châtaigne à Bourg-de-Bigorre en 2017 et 2019).

Les derniers chiffres disponibles du recensement agricole datent de 2010 et comptabilisent 2052 exploitants pour une surface cultivée d'environ 7500 hectares. La moitié d'entre eux cultivent entre 1 et 5 ha de châtaigneraie. Il est difficile de trouver des données à l'échelle nationale caractérisant les exploitations castanéicoles (données Agreste [29] manquantes notamment). En revanche, la synthèse que l'on peut faire de différentes sources (Breisch, 1995 ; Demené et Audibert, 2017 ; Dupré, 2002 ; Parc National des Cévennes, 2008 ; Sauvezon, Sauvezon et Sunt, 2000 ; Volle, 1993) amène à penser que la culture de la châtaigne

[26] https://rnm.franceagrimer.fr/
[27] https://rnm.franceagrimer.fr/prix?MARRON
[28] https://rnm.franceagrimer.fr/prix?MARRON
[29] Service de la statistique et de la prospective du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/

n'est que rarement une culture spécialisée et qu'elle est, le plus souvent, un complément de revenu pour la plupart des exploitations agricoles. Lorsqu'elle est une culture spécialisée, c'est la transformation et la vente directe qui permettent la viabilité économique de l'exploitation. La transformation peut avoir lieu à la ferme (Grange, 2016), dans des ateliers associatifs (Rénova, Paysans du Rance) ou à façon (ateliers Verfeuille[30)].

Malgré un prix au kilo plutôt à la hausse, les problématiques phytosanitaires (chancre, encre, cynips, pourritures du fruit et carpocapse), climatiques (sécheresses estivales qui gênent la fructification ou le grossissement du fruit), le long retour sur investissement (pleine production lorsque les châtaigniers ont une vingtaine d'années), le long travail de récolte pas toujours mécanisable (châtaigneraies anciennes en pente, arbres non alignés) et le manque d'infrastructures pour valoriser les fruits (la majorité des châtaignes reste vendue au marché de gros), sont des freins à la rénovation et l'implantation de châtaigneraies.

Suite aux dégâts provoqués par le cynips et afin de dynamiser la filière, un Syndicat national des producteurs de châtaignes a été créé le 1er octobre 2012. Il regroupe les principales régions de production, d'Est et Ouest : Corse, Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Aquitaine, Limousin. Actuellement, Eric Bertoncello (chambre d'agriculture d'Ardèche) est l'animateur du syndicat. Aujourd'hui, le cynips est un ravageur contrôlé par la lutte biologique et le syndicat poursuit ses collaborations avec l'INRAE de Bordeaux (Cécile Robin, UMR Biogéco et Teresa Barreneche, UMR Biologie du Fruit et Pathologie) et le CTIFL sur d'autres sujets tels que la recherche variétale, la recherche de résistances à l'encre et au chancre et l'amélioration des techniques culturales.

[30] https://www.verfeuille.fr/ consulté le 18/07/2020

Au terme de cette partie il apparaît que la châtaigne a retrouvé un public, plutôt festif et occasionnel, dont la production française ne couvre pas les besoins en raison de la fragilité de la filière évoquée ci-dessus.

C. L'ÉMERGENCE DU MONDE ASSOCIATIF

C.1 IMPORTANCE DU MONDE ASSOCIATIF AUTOUR DE LA CHÂTAIGNE ET DU CHÂTAIGNIER

En faisant une recherche exhaustive dans le journal officiel qui consigne tous les événements législatifs, réglementaires, déclarations officielles et publications légales[31] avec les mots clés « châtaigne » et « châtaignier », j'ai trouvé 50 associations créées entre 1997 et 2018 et en cours d'activité dont l'objet est lié à la châtaigne (Annexe 1). Dans ce décompte je n'ai pas intégré les associations relatives à l'exploitation forestière, la transformation de bois ou la vannerie de châtaignier (environ 5 relatives à la construction de tonneaux en bois de châtaignier et 2-3 concernant la vannerie à partir de châtaignier). Ces associations loi 1901 sont quelque fois des associations de producteurs ou liées au monde professionnel comme c'est le cas de l'union interprofessionnelle de la châtaigne Périgord-Limousin-Midi-Pyrénées mais la plupart du temps leur objet social relève plus du culturel et du social que de la production : organisation d'une fête de village, mise en place d'actions pédagogiques, de conservatoire, d'actions de promotions de la châtaigne et de la culture castanéicole.

Les associations que j'ai étudiées dans le cadre de ma thèse sont des associations loi 1901 et ne font pas partie du syndicat professionnel des producteurs de châtaigne ou de toute autre organisation professionnelle. Ce sont des initiatives qui ont un mode d'action singulier puisque, à but non lucratifs, elles poursuivent d'autres objectifs que la valorisation des produits du terroir au travers des SIQO comme cela peut être le cas en Ardèche, en Corse ou dans le Var. Elles comptent moins d'une centaine d'adhérents et sont implantées dans des territoires marqués par l'abandon de la production de chataignes et où la valorisation économique est peu importante.

[31] https://www.journal-officiel.gouv.fr consulté le 6 juillet 2018.

Dans ma thèse, je centre mon étude sur le piémont pyrénéen qui n'est pas un bassin de production castanéicole en France. Le volume de production est en effet trop faible pour apparaître dans les statistiques nationales. Historiquement, la châtaigne y était un aliment de soudure[32] et n'a jamais constitué la base de l'alimentation[33] (Bruneton-Governatori, 1980, 1984). L'arrêt des marchés locaux au début des années 80 (Bruneton-Governatori, 1980) et de la venue des marchands ambulants, conjugué à l'arrivée de l'encre, la modernisation agricole et la déprise rurale ont conduit à une dépréciation de la culture du châtaignier et à son abandon progressif. Les châtaigneraies se sont fermées, ont été coupées pour les usines à tannins puis ont été transformées en taillis pour la pâte à papier. Les noms des variétés ont été oubliés. Vendues uniquement en frais, les châtaignes ne faisaient pas l'objet d'une culture très développée en comparaison de l'Ardèche, des Cévennes ou de la Corse. Peu d'écrits et de témoignages subsistent et rendent difficile d'apprécier ce qui a été perdu en terme de diversité génétique et oublié en termes de savoirs. Ce contexte peu favorable économiquemen est cependant assez actif du point de vue de la re-construction de savoirs sur les châtaigniers, les variétés ainsi que sur l'importance que les actrices et acteurs attachent à cet arbre. C'est dynamisme présent sur d'autres plans que le plan économique qui m'a semblé fécond pour étudier l'importance de la re-domestication sur la conservation de l'agrobiodiversité.

C.2 Le châtaignier dans le piémont pyrénéen : description des deux associations qui constituent mon terrain d'étude

Depuis les années 2000, les associations Rénova en Ariège et Châtaigne des Pyrénées en Hautes-Pyrénées, réalisent un travail de prospection et de caractérisation des variétés locales à l'aide de l'ACRC en Aveyron. La Fédération Rénova (ci-après Rénova) est située en Ariège et au sud de la Haute-Garonne limitrophe (cartes 1 et 2) et l'Association Châtaigne des Pyrénées (ci-après C. Pyrénées) en Hautes-Pyrénées (cartes 1 et 3). Elles s'organisent également pour former à l'élagage et au greffage afin de remettre en culture les châtaigneraies

[32] Consommation saisonnière courte, d'un à trois mois.
[33] Consommation répartie sur toute l'année, tous les repas, à la place des céréales comme en Corse et dans les Apennins.

abandonnées et développent des outils collectifs (ateliers de transformation, filets de récolte, séchoir, etc) et des débouchés (fêtes de la châtaigne) afin de relancer une production locale de châtaignes.

Ces associations m'intéressent car elles affirment un objectif de conservation des variétés locales associé au re-développement d'une production locale de châtaignes, dans une situation de production marginale et d'abandon de la production. Par les activités qu'elles développent, elles contribuent à re-domestiquer le châtaignier localement.

Carte 1: Situation géographique des associations Rénova et C. Pyrénées

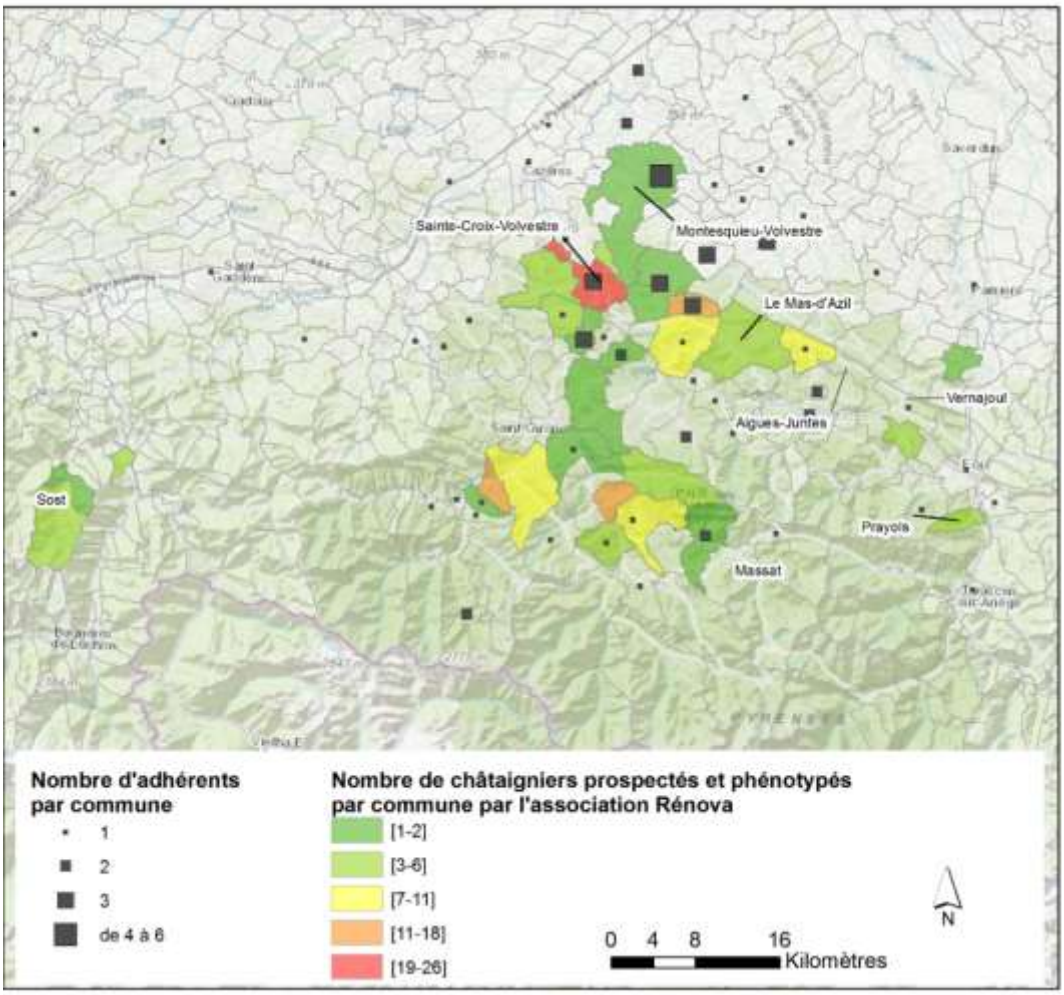
1. Cas d'étude en Ariège : Rénova

La Fédération Rénova[34] est une association loi 1901 créée en 1994. Elle se donne pour objectifs la sauvegarde et la revalorisation du patrimoine fruitier, principalement en Ariège. Elle mène des actions pour connaître et faire connaître la richesse des variétés et des vergers cultivés dans le Piémont et la montagne Pyrénéenne : inventaire et description des variétés locales de fruits toutes espèces confondues, sensibilisation au rôle des vergers dans la conservation de la biodiversité, des paysages et des écosystèmes. Elle mène également des actions de réhabilitation des vergers par la rénovation et la replantation des vergers haute-tige

[34] Site internet : https://renova.arize-leze.fr/

(aussi appelés « de plein vent »). Elle a participé à la création des Ateliers Rénova qui permettent la transformation des fruits et ainsi leur valorisation économique en jus de fruit et produits de terroir. Rénova est reconnu comme organisme de formation et en organise autour des techniques d'arboriculture traditionnelle telles que la greffe de châtaignier et la transformation des châtaignes. Rénova a eu entre 0 et 8 salarié·e·s depuis sa création et fonctionne avec l'aide de deux personnes en emplois-aidés en 2020.

L'association a bénéficié du soutien de plusieurs programmes de subventions pour rénover des châtaigneraies et greffer des châtaigniers. L'ensemble des actions de formations et de rénovation des châtaigniers nécessite l'adhésion des personnes qui souhaitent en bénéficier. Le nombre d'adhérent·e·s s'élève à environ 80 chaque année. Les adhérent·e·s sont des agriculteur·rice·s qui veulent développer une activité autour des fruits, des actrices et acteurs qui ont un projet agricole, des retraité·e·s ou encore des passionné·e·s d'arboriculture et de la diversité fruitière. Quelques tonnes de châtaignes sont ramassées chaque année par les adhérent·e·s sans qu'une estimation plus précise ne puisse être faite.



Carte 2 : communes de résidence des membres de l'association en 2017 et communes dans lesquelles des châtaigniers ont été phénotypés

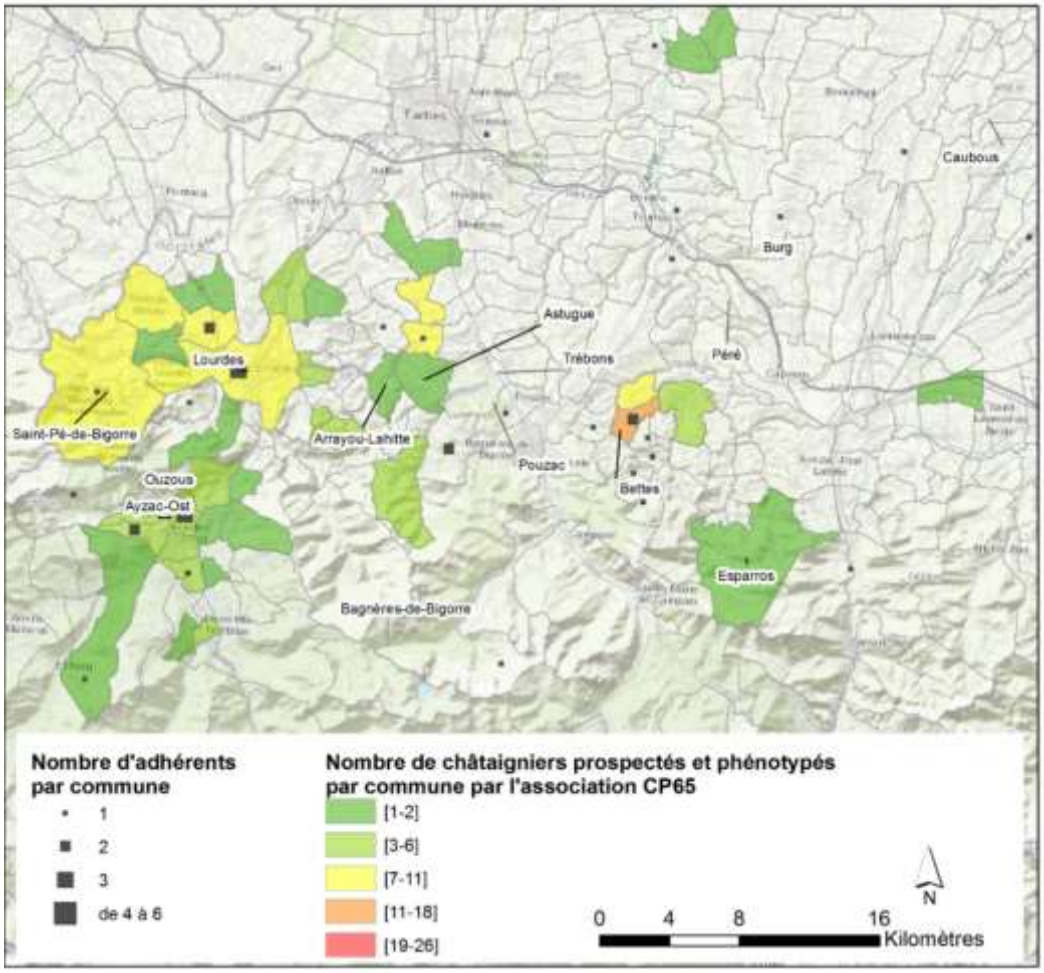
2. Cas d'étude en Hautes-Pyrénées : Association Châtaigne des Pyrénées

L'association Châtaigne des Pyrénées (C. Pyrénées) a été créée en 1996. C'est une association de producteur·rice·s loi 1901 qui s'emploie à faire reconnaître les châtaignes, à réunir une base de données sur les châtaigniers et leurs fruits (culture, production, commercialisation, cuisine), à rechercher ou à créer une variété locale de châtaigniers résistante aux maladies et bien adaptée au terroir, et à mettre en place un programme d'actions visant à sauvegarder la châtaigneraie traditionnelle et à conduire des actions de relance de cette production sur le département des Hautes Pyrénées.

Un conseiller agricole de la chambre d'agriculture des Hautes-Pyrénées est mis partiellement à disposition pour animer l'association. Il recherche des châtaigneraies à exploiter et contractualise la récolte avec les propriétaires. Des

chantiers collectifs d'entretien de la châtaigneraie et de récolte sont organisés. Les chantiers sont conduits par des membres actifs répartis sur le territoire et sollicités pour les différentes actions à mener en fonction de leur proximité géographique. Une fête de la châtaigne est organisée à Bourg-de-Bigorre qui écoule la quasi-totalité de la récolte collective et des récoltes individuelles des membres de l'association.

Cette dernière est plus petite que Rénova et compte entre 60 et 70 adhérent·e·s dans l'association dont une petite dizaine de membres actifs et de productrices et producteurs de châtaignes. Les productrices et producteurs ont en général plusieurs activités professionnelles, agricoles ou non. La châtaigne représente pour eux un complément de revenu saisonnier. Un couple à plein temps récolte une dizaine de tonnes tandis que les chantiers collectifs représentent 1 à 2 tonnes. Les autres membres individuels produisent entre 500 kg et 2 tonnes et la production est en augmentation car leurs châtaigneraies sont plutôt récentes (plantation et greffage sur rejet).



Carte 3: communes de résidence des membres de l'association en 2017 et communes dans lesquelles des châtaigniers ont été phénotypés

PARTIE I : ÉVOLUTION DE LA CONSERVATION DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DU CHÂTAIGNIER EN FRANCE

Photo 3 : : De gauche à droite, José montre un rejet de châtaignier greffé, semis de châtaignes pour produire des porte-greffes à la pépinière Rénova, verger de Marigoules en Aveyron, vaches en bordure de châtaigneraie en Aveyron. Photos : C. Bouffartigue

A. INTRODUCTION

L'érosion de la diversité génétique agricole, pointée lors de la conférence de Stockholm organisée par la FAO en 1972 (Thomas, 2011), apparaît comme un problème d'actualité et non plus comme une menace planant sur les générations futures. Or l'agrobiodiversité est importante pour la sécurité alimentaire mondiale, une agriculture plus durable et la fourniture de services écosystémiques aux populations humaines (Hainzelin, 2013). Dans ce contexte, une attention particulière est portée à la conservation de la diversité génétique agricole de l'ensemble des espèces et non plus seulement des quelques espèces les plus cultivées, comme cela a été longtemps le cas.

La conservation des fruitiers constitue un enjeu particulier dans un contexte de changement climatique et de transition agroécologique qui exigent la culture d'une plus grande diversité d'espèces et de variétés adaptées localement. Intégrés dans des systèmes agroforestiers tels que les pré-vergers ou les vergers hautes tiges, dans les haies bocagères et dans les cultures, ils fournissent, en tant qu'arbres, un ensemble de services : stockage du carbone, amélioration de la fertilité et du fonctionnement biologique des sols, conservation de la biodiversité et régulation des bioagresseurs, amélioration de la qualité de l'air et de l'eau (Lamichhane, 2020 ; Lasco et al., 2014 ; Lauri et al., 2016 ; Noordwijk, 2020).

Les analyses historiques de la conservation de la diversité génétique agricole portent essentiellement sur les espèces à forts enjeux économiques telles que le blé et le maïs (Bonneuil et al., 2007 ; Bonneuil et Fenzi, 2011 ; Bonneuil et Hochereau, 2008 ; Bonneuil et Thomas, 2002, 2009 ; Thomas, 2006, 2014, 2017). En particulier, C. Bonneuil et F. Thomas (2009) ont retracé l'histoire des transformations conjointes de la génétique et de la société depuis 150 ans en France. Ils définissent trois grands régimes de production des savoirs et des innovations : le *régime de la semence domestique* avant la seconde guerre mondiale, le *régime du progrès génétique planifié par l'État* (années 1940 – années 1970) dans lequel la recherche publique remplissait des fonctions centrales et bien définies pour moderniser la « ferme France », et le *régime de la valeur ajoutée mondialisée* (années 1970 – aujourd'hui) qui fait suite au désengagement de l'État. Ce dernier, plus hétérogène, est caractérisé par la tension entre le modèle d'innovation intégrée

des grandes firmes (régulation consumériste, marchande et globalisée : OGM, variétés réservées à l'industrie (VUIR) et marques) et celui d'une innovation coproduite territorialisée (régulations territoriales de l'innovation : recherche participative décentralisée) (Bonneuil et Thomas, 2009).

Cependant, ces travaux ne rendent que partiellement compte de l'évolution des dispositifs de conservation des espèces considérées aujourd'hui comme à moindre enjeu économique ou d'importance économique localisée. C'est par exemple le cas de nombreux arbres fruitiers tels que le châtaignier, l'amandier, le noyer, l'olivier, le cerisier ou encore les agrumes.

Ce chapitre a pour objectif de synthétiser et discuter l'évolution des dispositifs de conservation de la diversité génétique agricole des espèces fruitières de moindre intérêt économique en France (aussi appelées espèces mineures). Il repose sur une analyse bibliographique basée essentiellement sur les travaux disponibles et généraux de Bonneuil et Thomas (2009) et quelques références complémentaires (Maeght-Bournay et al., 2018 ; Louafi, Bazile et Noyer, 2013), puis sur ma propre enquête (documents d'archives et de presse, entretiens et échanges avec des acteurs de la conservation de l'agrobiodiversité).

Au travers d'un récit chronologique, je mets en évidence l'évolution des dispositifs de conservation et d'utilisation de l'agrobiodiversité du châtaignier en France, suite au basculement d'un *régime du progrès génétique planifié par l'État* vers un *régime de la valeur ajoutée mondialisée*, tels que définis par Bonneuil et Thomas (2009). L'exemple du châtaignier permet de mettre en lumière des dynamiques contrastées à l'œuvre dans différents contextes. La Corse, les Cévennes et l'Ardèche correspondent à des territoires traditionnels de production de châtaignes qui ont résisté à la modernisation agricole et connaissent un renouveau de l'intérêt pour la châtaigne (Aumeeruddy-Thomas et al., 2012 ; Dupré, 2002 ; Michon, 2011). Le Sud-Ouest connaît le développement d'un verger moderne (Guérin, 2015). Enfin, le piémont pyrénéen fait l'objet d'un renouveau à la marge de l'intérêt pour la châtaigne qui passe par l'action d'associations (Milian, Eychenne et Barthe, 2012).

B. CONSERVER LES « RESSOURCES GÉNÉTIQUES » DU CHÂTAIGNIER PAR LA SÉLECTION VARIÉTALE

Dans la période du régime de progrès génétique planifié par l'État (1940-1970), la conservation de la diversité génétique repose sur la valorisation de « ressources génétiques » constituées des variétés et des semences issues de la sélection variétale (Bonneuil et Thomas, 2009).

Le terme de « ressources génétiques » a été forgé dès les années 1980 et est défini dans la Convention sur la Biodiversité comme un « matériel d'origine végétale, animale, microbienne ou autre, contenant des unités fonctionnelles de l'hérédité » ou un « matériel génétique ayant une valeur effective ou potentielle » (United Nations, 1992). Ce terme est empreint d'une vision fixiste selon laquelle les « ressources génétiques » sont considérées comme un « stock » (Bonneuil, 2019), à la différence des termes de « biodiversité cultivée » ou d'« agrobiodiversité » qui intègrent les « ressources génétiques » et l'ensemble des processus contribuant au maintien de la diversité génétique. Ces dernières notions renvoient donc à un « flux », et incluent également les pratiques humaines (FAO, 1999). Le terme de « ressources génétiques » est également empreint d'une vision « ressourciste » héritée de la génétique Mendélienne qui considère que la diversité est contenue dans des gènes. Le « pool de gènes » que constituent les « ressources génétiques » est mobilisable par les humains, en particulier pour la sélection variétale (Bonneuil et Fenzi, 2011).

Pendant cette période, la recherche publique représentée en France par l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique crée en 1946, devenu en 2020 INRAE), a initié de nombreux programmes de sélection de nouvelles variétés pertinentes pour la Révolution Verte et la modernisation de la « ferme France » (Bonneuil et Thomas, 2009). Pour cela il a fallu collecter et conserver les « ressources génétiques » nécessaires à la sélection. Historiquement, la conservation *ex-situ* des ressources génétiques en France est donc étroitement liée aux instituts de recherche et aux entreprises privées d'amélioration variétale, qui y

ont recours pour la sélection variétale et constituent à cette fin des collections privées[35].

Concernant le châtaignier, le régime du progrès génétique planifié semble se prolonger au-delà des années 1970 sur une période de vingt à trente ans. En 1959, l'INRA installe la station d'amélioration du châtaignier et du noyer, à Malemort-sur-Corrèze près de Brive-la-Gaillarde (Corrèze), et une pépinière de châtaigniers sur l'un des deux domaines acquis, le domaine de Puymaret. La prospection et l'identification des variétés de châtaignier dans les régions de production recensent entre 400 et 500 variétés (Pitte, 1986; Hennion et al., 2009). Pour les variétés les plus reconnues (par exemple Marron de Redon et Bouche Rouge), différentes provenances ont été plantées et caractérisées pendant plusieurs années. L'objectif était d'identifier au sein de chaque dénomination, l'accession[36] ou les accessions les plus performantes.

Au même moment, un premier programme d'identification d'hybrides naturels (par exemple Bouche de Bétizac) et de croisement de châtaigniers européens (*Castanea sativa*) avec des châtaigniers asiatiques (*Castanea crenata* et *Castanea Mollissima*) par hybridation contrôlée (par exemple Marlhac) a été mené à la station expérimentale de Malemort-de-Corrèze. La collection INRA a été étendue par l'apport d'espèces exotiques dans les années 1980 pour répondre aux besoins d'un nouveau programme de sélection initié par MM. Salesses et Chapa (1987-1996). Ce programme était conduit par Maria Lafargue en étroite collaboration avec Nathalie Lebarbier de la Station d'expérimentation de la filière « fruits et légumes » en Nouvelle Aquitaine (Invenio) pour l'axe « variétés fruitières » et avec Bernard Hennion pour l'axe « porte-greffe ».

En 1983, le Bureau des Ressources Génétiques (BRG) a été créé pour identifier, mobiliser et fédérer des acteurs en différents réseaux de conservation à

[35] A titre d'exemple, « Vilmorin & Cie consacre plus de 20 millions d'euros par an pour la conservation de la diversité génétique des espèces travaillées. Pour le maïs en Europe, cela représente 30 000 variétés (lignées et populations) préservées dans les collections du groupe. », https://www.vilmorincie.com/flipbook/20181030/39/ consulté le 27/09/2020

[36] Lot identifié de semences d'une collection de semences.

l'échelle nationale. Dans les années 2000, un Centre de Ressources Génétiques (CRG) *Prunus, Castanea, Juglans* a été créé à l'INRA de Bordeaux. Il contient une collection de ressources génétiques *ex situ* vivante[37] de châtaigniers, du matériel scientifique ainsi qu'une collection spécifique au programme d'amélioration (communication personnelle : Teresa Barreneche). En 2004, le directeur de l'Unité de Recherche Espèces Fruitières et Vigne (UREFV) du Centre de recherche INRA à Bordeaux a souhaité que le réseau « espèces fruitières, fruits secs et à coques » au sein du BRG, qui rassemblait châtaignier, noisetier et noyer, soit réactivé, Maria Lafargue a été chargée de l'animation et de l'organisation de ce réseau. Plusieurs réunions ont eu lieu pour réunir les différents acteurs de la conservation des ressources génétiques du châtaignier (bassin Sud-Ouest et Sud-Est) ; à ce titre le Centre technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL) et Invenio ont participé aux réunions (à l'époque, Henri Breisch, Bernard Hennion pour le CTIFL et Nathalie Lebarbier pour Invenio ont participé). En parallèle, une initiative nationale pour la création d'une collection nationale rassemblant les variétés des différentes régions a commencé en 2004 sous l'égide du Bureau des Ressources Génétiques (BRG). Au même moment, l'INRA s'est désinvesti de l'innovation variétale, aujourd'hui limitée à quelques espèces pour quelques caractères cibles contre 70 espèces travaillées vers 1970, dont le châtaignier faisait partie ((Bonneuil et Thomas, 2009 ; Lefort et Riba, 2006), Bonneuil p 454-455).

Les réarrangements au sein du département « Génétique et Amélioration des Plantes » (GAP) de l'INRA gérant le châtaignier et la dissolution du BRG (fusion avec la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (FRB) en 2008) n'ont pas permis de mener à terme la constitution d'une collection nationale. Par conséquent, le CRG est le seul conservatoire institutionnel des ressources génétiques du châtaignier et n'a pas eu les moyens techniques et financiers de construire une collection représentative de la diversité génétique du châtaignier en France.

[37] Comme de nombreuses espèces pérennes à multiplication végétative, le châtaignier ne se prête pas très bien à la conservation en banque de gènes ni à la cryoconservation de tissus (Louafi, Bazile et Noyer, 2013 ; Vidal et al., 2005)

Plusieurs programmes d'innovation variétale arrêtés par l'INRA ont été transférés à la filiale de l'INRA Agri Obtention[38] qui est une société indépendante. Les capacités expérimentales du département GAP ont été réorientées vers les projets de génomique, partagées avec d'autres départements ou transformées en « plateformes d'innovation variétale et de transfert » qui fournissent des prestations de services aux acteurs privés et professionnels (Bonneuil et Thomas, 2009). Concernant le châtaignier, le transfert vers le privé passera par la poursuite de la valorisation des croisements effectués par l'INRA dans le cadre d'un accord tripartite entre l'INRA, le CTIFL et Invenio.

C. Les conséquences du transfert vers le privé : homogénéisation de la diversité génétique à l'échelle des paysages et abandon progressif de la conservation génétique

Le basculement d'un *régime du progrès génétique planifié par l'État* vers un *régime de la valeur ajoutée mondialisée*, s'est opéré plus tard et n'a pas totalement abouti en ce qui concerne le châtaignier. En effet, la longueur du cycle reproducteur dans la sélection des fruitiers ralentit la sortie de nouvelles variétés sélectionnées. Elle est donc un frein à la prise en charge de la sélection par le secteur privé du fait des faibles retours sur investissement à court terme (Salesses, 1998). Qui plus est, elle est aussi un frein à la collection de ressources génétiques à des fins de sélection dans des entreprises privées. Depuis l'arrêt du programme de sélection à l'INRA, une convention tripartite entre l'INRA, le CTIFL et Invenio a été mise en place pour développer des variétés à partir d'hybrides interspécifiques créés par l'INRA. La conservation des ressources génétiques dans le Centre des Ressources Génétiques (CRG) *Prunus Castanea Juglans* n'est pas concernée par cet accord et reste à la charge de l'INRA. Le CTIFL a pour rôle l'évaluation des nouvelles variétés tandis qu'Invenio a celui des nouveaux porte-greffes.

« Les industries de transformation ont obtenu la création de listes de variétés à usages industriels réservés (VUIR) dérogeant aux règles classiques d'inscription (arrêtés du 22 juillet 1992 et du 30 août 1994). Ces listes dérogatoires

[38] https://www.agriobtentions.fr

permettent d'inscrire des variétés « développées en exclusivité dans le cadre de contrats entre transformateurs et agriculteurs. » (Bonneuil et Thomas, 2009), p544).

C'est le cas de la variété hybride Bellefer® développée à partir d'un croisement hybride réalisé en 1994 par l'INRA et sélectionnée en 2004 dans le cadre d'essais encadrés par l'accord INRA-CTIFL-Invenio[39]. Inscrite en 2008, elle est présentée comme la variété qui permettra la relance de la filière châtaigne en France[40] en répondant à la demande en châtaignes d'industrie, dont les besoins sont actuellement couverts par l'importation[41]. La filière châtaigne ne produit en effet qu'entre 7000 et 9000 tonnes par an[42] et les industriels importent environ 13500 tonnes[43]. Bellefer® est un fruit non cloisonné de petit calibre, s'épluchant facilement, elle est sucrée et résistante à la maladie de l'encre, et répond bien au besoin de l'industrie en châtaigne pelée crue ou cuite. La variété Bellefer® engage tout nouveau producteur dans une filière intégrée de l'achat des plants à la livraison des châtaignes à l'usine pendant 15 ans, à l'inverse des démarches orientées par une recherche d'autonomie paysanne comme celles portées par les associations étudiées. Ce dispositif permet de contrôler la diffusion variétale afin de contrôler le marché de la châtaignier épluchée sous vide[44]. Une inscription variétale récente telle que celle de Bellefer®, s'appuie donc sur la valorisation du programme d'innovation variétale aujourd'hui abandonné.

Les variétés Marigoule, Bournette et Bouche de Bétizac sont trois variétés hybrides interspécifiques développées par l'INRA et inscrites au Catalogue respectivement en 1986 pour les deux premières, et en 1996 pour la troisième. Variétés phares du « verger moderne » que l'on retrouve principalement dans le

[39] http://www.ctifl.fr/DocPdf/Agenda/Presentation/473/1PointNouvellesSelections%20Ch%C3%A2taigne70416.pdf?20/07/2016%20131159 consulté le 18 juin 2020
[40] https://www.sival-innovation.com/variete-chataigne-bellefer/ consulté le 05 mars 2020
[41] https://www.pleinchamp.com/fruits-legumes/actualites/chataigne-des-varietes-pour-relancer-la-filiere consulté le 05 mars 2020
[42] http://www.fao.org/faostat/
[43] http://www.eurochestnut.com/wp-content/uploads/2015/09/Le-commerce-de-la-ch%C3%A2taigne-en-France.pdf consulté le 26/03/2020
[44] https://www.youtube.com/watch?v=thlRHw2NoFg et https://www.reussir.fr/fruits-legumes/ud-ouest-la-chataigne-veut-developper-une-filiere-transformation

bassin de production du Sud-Ouest de la France, elles disposent d'un Label Rouge depuis 2015 et une IGP « Marron du Sud-Ouest » est en cours de reconnaissance, au bénéfice de l'Union Interprofessionnelle Châtaigne Périgord, Limousin, Midi-Pyrénées (UICPLM). Le Label Rouge qualifie la haute qualité visuelle et gustative des châtaignes d'un calibre supérieur à 31mm[45]. De qualité « marron » (sans cloisonnement interne de l'amande), de gros calibre et plus précoces que les variétés traditionnelles, elles sont présentes sur les étals pour la vente en frais et utilisables en transformation. Leur prix au kilo au marché de gros est environ d'un euro supérieur à celui des variétés traditionnelles[46]. Il s'agit donc d'une valorisation de quelques variétés clonales élites sans retour vers des préoccupations de conservation des ressources génétiques. Le risque d'homogénéisation génétique de la production semble non négligeable. En effet, la production sous Label Rouge concerne environ 200 producteurs et un potentiel de production de 1000 tonnes[47], soit entre 1/7 et 1/9 de la production française. De plus, la production de variétés hybrides de châtaignes dans l'ensemble du « verger moderne » représente environ un tiers de la production française[48], à laquelle on peut ajouter une production de variétés hybrides greffées dans des vergers traditionnels dont les récoltes sont difficiles à estimer.

Ces deux exemples montrent une valorisation par la filière castanéicole des croisements hybrides réalisés par la recherche publique. Cette valorisation des variétés modernes est renforcée par des labels de qualité et la logique de VUIR dans le cas de Bellefer®.

Pour des espèces à fort enjeu économique comme le blé, le maïs ou la tomate, la recherche privée a pris le relais de la majorité de la sélection variétale[49]

---

[45] https://www.marronduperigord.fr/marrons-perigord-actualites.php consulté le 14 juin 2020
[46] Estimation faites à partir des calibre de vente sur https://rnm.franceagrimer.fr/prix?MARRON consulté le 05 mars 2020
[47] https://www.inao.gouv.fr/Espace-presse/Le-Marron-obtient-le-Label-Rouge-19-10-2015 consulté le 27/03/2020
[48] http://www.eurocastanea.org/uploads/1/7/0/4/17040934/vernol_presentation_chataigne_france_09_2013.pdf
[49] En réalité le retrait de la création variétale au sein du département GAB de l'INRA s'effectue moins vite dans les stations que dans les schémas stratégiques du département. Un exemple bien documenté par Bonneuil et Thomas (2009, chapitre 11) est celui de chercheurs, ingénieurs et

et conserve une partie des « ressources génétiques »[50]. La recherche publique continue la recherche fondamentale sur ces espèces tandis que le secteur privé utilise les ressources génétiques et les connaissances produites par la recherche publique pour la sélection variétale, à l'instar du colza et du maïs (Bonneuil et Thomas, 2009). Dans le cas du châtaignier, la relance de la production dans le Sud-Ouest passe par un régime d'innovation qui voit la coordination de la filière châtaigne entre coopératives de producteurs et acteurs privés (Invenio), institut technique (CTIFL) et recherche publique (INRA). Cette coordination conduit à l'évaluation puis à la valorisation d'innovations variétales datant de plus de 20 ans et issues de la recherche publique.

Ce fonctionnement semble proche du régime d'innovation des grandes firmes mais il s'en démarque par l'absence de transfert de la conservation des ressources génétiques du public vers le privé car leur coût est trop élevé. Les longs cycles de développement, la multiplication des variétés par clonage et la récalcitrance des châtaignes à la conservation en banque de graines (Vidal et al., 2005) imposent une conservation en vergers *ex situ*. De son côté, la recherche publique a stoppé ses programmes sur les variétés et porte-greffes, le verger conservatoire n'est ni utilisé ni enrichi, au risque que, celui-ci soit délaissé pour des raisons financières et dépérisse. De plus, le développement d'outils d'analyse génétique et génomique se développe avec du retard voire pas du tout. À titre d'exemple, si le développement des marqueurs microsatellites pour l'analyse de la diversité génétique et de la structure des populations a été réalisé à la fin des années 1990 pour le pommier et le châtaignier. Aujourd'hui, les scientifiques ne disposent pas d'autres outils d'analyse pour le châtaignier[51] alors que le pommier a vu son génome séquencé en 2010 (Velasco et al., 2010), 10 ans après celui de l'arabette

techniciens de l'INRA de Rennes qui poursuivent à l'ombre des orientations prioritaires du département, un programme de sélection des blé rustiques.

[50] Par exemple, sur la tomate, entreprises semencières (Gautier, Vilmorin, Clause Tézier, Syngenta, etc.) et l'INRA, le GEVES et le CIRAD forment un réseau de conservation des ressources génétiques. http://w3.avignon.inra.fr/rg_tomate/presentation_reseau.html consulté le 27/09/2020.

[51] Des marqueurs SNP

(Arabidopsis thaliana), l'espèce végétale modèle en biologie (Somerville et Koornneef, 2002).

Les efforts de production de connaissances sur les espèces dépendent d'enjeux de recherche en partie liés à des enjeux économiques. Les espèces moins valorisées économiquement sont aussi celles dont les « ressources génétiques » sont les moins bien conservées par la recherche publique et privée ; ce ne sont pas forcément les moins intéressantes dans une perspective de transition agroécologique*.

En conséquence, la gestion de la collection INRAE a été découplée de la valorisation des produits de la recherche. Celle-ci se base sur un stock de croisements réalisés par l'INRAE dont les plus récents ont 25 ans d'âge sans que des croisements adaptés à de nouveaux enjeux de sélection n'aient été réalisés depuis. Dans la mesure où il n'y plus de programme de sélection INRAE et que la gestion de la collection n'est pas transférée hors INRAE, les châtaigniers de la collection perdent de leur utilité et sont à ce titre, menacés, à terme.

« […] les professionnels pour l'instant je vous dis ne sont pas très enclins à mettre des billes parce qu'ils en ont déjà pas beaucoup, sur du matériel végétal et sur de la conservation. Même si on sait pertinemment tous que c'est indispensable. […] l'INRA essaye de se débarrasser de ce type de matériel végétal parce que ça fait longtemps qu'is ont arrêté le châtaignier – comme d'autres espèces, noyer, noisetier. […] Il y a encore des chercheurs à la base qui maintiennent le matériel végétal parce qu'ils savent pertinemment que ce serait une erreur mais gravissime de le couper, de l'arracher. Donc on essaye d'avancer sur les déplacements de cette collection et la multiplication. Parce que l'idée, c'est qu'on n'en ait pas un seul exemplaire mais qu'on en ait deux au moins pour être certain. Et puis le mieux c'est de l'avoir à deux endroits différents, mais séparés géographiquement pour avoir un peu le comportement des variétés en fonction des changements du climat. Donc voilà, c'est toujours en stand-by malheureusement. À mon grand regret. Mais pour des raisons strictement pour beaucoup financières. C'est triste à dire. » (Entretien avec un ingénieur, chargé de recherche au CTIFL, 2019)

Ainsi, les enjeux économiques à court terme et celui d'une recherche à long terme qui n'est pas rentable freinent la sélection de nouvelles variétés et fragilisent la conservation de la diversité génétique du châtaignier.

D. TERRITORIALISATION DE LA RELANCE DE LA PRODUCTION DE CHÂTAIGNES

Dans le bassin de production du Sud-Est de la France, aussi appelé « verger traditionnel », les syndicats et comités interprofessionnels de producteurs de châtaignes ont émergé dans les années 2000. Ils visent à promouvoir la production par la mise en place de labels de qualité comme les Appellations d'Origines Contrôlées (AOC, règlementation française) et Protégées (AOP, règlementation européenne), qui lient la production et la transformation des produits à une aire géographique déterminée et à des savoir-faire reconnus de producteurs locaux. L' AOP Corse (Farine de châtaigne AOP) et l'AOP et AOC Ardéchoises (AOC/AOP Châtaigne fraîche, châtaigne sèche et farine de châtaigne d'Ardèche)[52] protègent les variétés anciennes et interdisent l'utilisation des variétés hybrides. Les variétés ardéchoises sont répertoriées et décrites précisément dans l'ouvrage « Marrons et châtaignes d'Ardèche », écrit par Jacky Reyne en 1984. Les variétés corses sont décrites par François de Casabianca et Dominique Vincensini dans « Châtaignes et Marrons de Corse », SOMIVAC, 1980. Malgré les dégâts liés à la maladie de l'encre en France et y compris en Corse, le cahier des charges corse impose un porte-greffe de châtaignier européen (*Castanea sativa* Mill.), sensible à la maladie, tandis que le cahier des charges ardéchois accepte les porte-greffes hybrides, résistants à l'encre. En revanche, ceux-ci sont mieux adaptés aux climats océaniques et correspondent mal aux attente des producteurs du sud-est et de montagne (communications personnelles : Barreneche Teresa -UMR Biologie du Fruit et Pathologie, Robin Cécile – UMR Biogéco, Barret Romain - animateur Syndicat des Producteurs de Châtaignes du Var). Des recherches portées par les Chambres d'agriculture d'Ardèche et d'Occitanie sont en cours pour sélectionner des porte-greffes *Castanea sativa* Mill. résistants à l'encre. INRAE s'implique pour apporter une expertise. Le FCBA (Institut Technologique **F**orêt **C**ellulose **B**ois-

[52] https://www.inao.gouv.fr/ consulté le 10/04/2020

construction **A**meublement) mène un projet similaire avec les filières bois et fruits et développe de nouveaux outils d'analyse génétique à cette fin (SNP).

Une meilleure valorisation économique des produits est recherchée par les labels, qui autorise l'investissement des producteurs dans la restauration des châtaigneraies. Cela se traduit par la rénovation des châtaigneraies abandonnées en châtaigneraies productives et par des pratiques d'élagage, regreffage et marginalement par la multiplication de certains châtaigniers issus de semis pour créer de nouvelles variétés[53]. Aumeeruddy-Thomas et al (2012) qualifie ces pratiques de « processus de domestication ». La domestication est alors entendue comme *« le résultat de l'interaction entre la biologie des arbres, leur long cycle de vie, l'allogamie (la nécessité d'une pollinisation croisée), la plasticité morphologique et physiologique, d'une part, et les conceptions et actions entreprises par les agriculteurs d'autre part. »* (traduit de (Aumeeruddy-Thomas et Michon, 2018).

Dans les régions concernées, la territorialisation de la relance de la production de châtaignes et la revalorisation des variétés traditionnelles se sont faites dans un premier temps en opposition aux variétés hybrides modernes, ces dernières ayant poussé à la caractérisation des variétés ardéchoises (Dupré, 2003). Tandis qu'en Corse, elles se sont appuyées sur une patrimonialisation des savoir-faire (Michon, 2011 ; Michon et al., 2012), notamment ceux associés à la production de farine et sur le bâti (terrasses, moulins, séchoirs), plus que sur un investissement du patrimoine vivant, à savoir les variétés de châtaigniers. Les travaux de recherche en Corse et Cévennes s'accordent sur un risque de perte de la diversité génétique conservée *in situ* du fait d'une moindre connaissance des variétés par les nouvelles générations, en particulier les néo-ruraux (Aumeeruddy-Thomas et al., 2012 ; Michon, 2011 ; Michon et al., 2012).

L'AOC « Châtaigne d'Ardèche » et l'«AOP Farine de châtaigne corse » ont un cahier des charges assez favorables à la conservation de la diversité génétique.

[53] Le châtaignier étant allogame, chaque châtaigne est le produit unique du croisement entre une fleur femelle et une fleur mâle ayant un génotype différent.

Une large gamme de variétés traditionnelles y sont inscrites et l'usage de cultivars locaux et de semences de ferme (greffons non certifiés en ce qui concerne le châtaignier) est autorisé avec l'objectif de conserver une large part de la diversité génétique. Cela a été une première par rapport à d'autres AOC qui ne conservent qu'une variété (Coco de Paimpol, Noix de Grenoble) et s'appuient sur des cultivars sélectionnées ou multipliés hors de la zone de production (Lentille du Puy, Pomme de terre de l'île de Ré, Pommes du Limousin) (Bonneuil et Thomas, 2009). La perte de savoirs des nouvelles générations et une valorisation du patrimoine qui investit peu ces variétés sont identifiées comme des risques pour leur conservation *in situ* (Aumeeruddy-Thomas et al., 2012 ; Dupré, 2002 ; Michon, 2011). Cependant, en l'absence de connaissances fines sur les variétés et les surfaces cultivées par variété dans ces régions, nous ne pouvons pas apprécier l'état de la conservation *in situ* du châtaignier.

E. LE TOURNANT DES ANNÉES 80 : LOGIQUE CIVIQUE ET CONSERVATION DE L'AGROBIODIVERSITÉ

Dans les années 1980, de nouveaux acteurs s'emparent de la question de la conservation de la diversité génétique agricole et le châtaignier suscite lui aussi un certain intérêt. Il·elle·s sont collectionneurs, de la « mouvance patrimoniale ou écologique » comme les qualifie un rapport du Sénat de 1991 (Chevallier, 1991). Certains de ces acteurs associatifs, à l'instar du Conservatoire Végétal d'Aquitaine, conservent de nombreuses espèces fruitières et sont parties prenantes des initiatives institutionnelles de conservation des ressources génétiques[54].

Le recensement d'initiatives concernant le châtaignier, la consultation de documents d'archives et des communications personnelles avec des chercheur·se·s et des actrices et acteurs de la conservation des ressources génétiques montrent que

[54] Participation à la rédaction de la charte du BRG (BRG, 1999)(BRG, 1999)(BRG, 1999), publication d'articles scientifique (Bernhard et al., 1994 ; Flamant, Cabannes-Audiot et Leterme, Juillet 89)(Bernhard et al., 1994 ; Flamant, Cabannes-Audiot et Leterme, Juillet 89)(Bernhard et al., 1994 ; Flamant, Cabannes-Audiot et Leterme, Juillet 89) et reconnaissance en mars 2020 du conservatoire régional d'Aquitaine comme gestionnaire des ressources génétiques par l'état suite à l'avis du CTPS : https://www.geves.fr/actualites/premieres-reconnaissances-officielles-de-gestionnaires-de-collections-de-ressources-phytogenetiques-pour-lagriculture-et-lalimentation/ consulté le 14 juin 2020

ces initiatives apparaissent déconnectées de la filière castanéicole professionnelle. En effet, elles n'ont pas participé au BRG et n'ont que peu ou pas du tout été en contact avec la recherche publique et les instituts techniques. Il semble que l'on puisse conclure qu'elles se déroulent en parallèle des initiatives institutionnelles de conservation des ressources génétiques. Les Croqueurs de pommes du Limousin[55], la Maison de la châtaigne de Mourjou dans le Cantal, le conservatoire de la châtaigneraie Solognote dans le Loiret, l'Association « Aveyron Conservatoire Régional du Châtaignier » (ACRC), la Fédération Rénova en Ariège, les Paysans du Rance en Aveyron ou encore l'association Châtaigne des Pyrénées, en sont quelques exemples. Cela ne signifie pas qu'elles soient totalement coupées des logiques institutionnelles puisqu'elles bénéficient souvent de subventions de politiques publiques pour le développement rural ou à des fins non économiques (paysagères et écologiques). Le soutien peut venir des municipalités (lieux pour installer des conservatoires ou organiser des fêtes de la châtaigne), les Conseils départementaux (paiement des deux salariés de l'ACRC et lieu du conservatoire), des Conseils régionaux (budget participatif en Occitanie pour Rénova et les Paysans du Rance), de l'Europe (FEADER par le passé pour Rénova puis projet H2020 avec l'aide du Réseau Semences Paysannes), de conservatoires régionaux émanant de la Chambre d'agriculture (Conservatoire du Patrimoine Biologique Régional d'Occitanie (CPBR)), de dispositifs nationaux tels que les Espaces Naturels Sensibles (ACRC) ou les Sites Remarquables du Goût (Maison de la Châtaigne de Mourjou).

Ces initiatives locales ont toutes des trajectoires différentes et s'inscrivent dans des territoires dont la culture castanéicole était plus ou moins ancrée ou plus ou moins oubliée. D'autres ont été fondées sur la base du constat de la perte de la diversité des variétés traditionnelles et cherchent à les retrouver pour les conserver, en lien avec la mémoire et le patrimoine local, comme c'est le cas de l'ACRC, de la maison de la châtaigne de Mourjou ou des Croqueurs de Pommes du Limousin.

[55] http://www.chataignier-limousin.com/ consulté le 27/03/2020

L'ACRC a été créé en 1995 et s'est appuyé sur le témoignage d'Anciens et la grille phénotypique de l'Union Internationale pour la Protection de Obtentions Végétales (UPOV) adaptée aux variétés locales par Maria Lafargue, assistante ingénieure à l'INRAE et aujourd'hui à la retraite. Cette approche sur le temps long nécessite deux ou trois ans d'observation par arbre. La comparaison *ex situ* (en verger conservatoire) des variétés locales est considérée comme suffisamment fiable pour publier des catalogues variétaux. En revanche, en condition *in situ*, le technicien salarié de l'ACRC ne la considère pas assez fiable pour publier des catalogues variétaux. D'autre part, une telle approche scientifique et technique de la catégorisation des châtaigniers n'est pas toujours possible matériellement ni forcément souhaitée par les acteurs qui s'intéressent au châtaignier.

Par exemple, Gauthier Michel, membre des « Croqueurs de pommes », un réseau de conservation de la diversité cultivée crée en 1978, a décrit les variétés traditionnelles de sa région en recoupant les témoignages multiples et concordants d'Anciens. Il a publié un catalogue variétal, installé un conservatoire privé et dupliqué dans plusieurs sites tout ou partie de la collection afin de sécuriser la conservation (entretien avec Michel Gauthier, 2017).

D'autres associations cherchent à valoriser une ressource locale dépréciée et abandonnée comme c'est le cas des Paysans du Rance qui centralisent depuis 2010 la collecte de châtaignes pour la coopérative Ethicable au travers de la charte « Paysans d'ici ». Ethicable commercialise la crème de châtaigne et rémunère à un prix considéré comme équitable par les paysans (2 euros le kilo), pour un total d'une dizaine de tonnes de châtaignes « tout-venant »[56] récoltées chaque année. Dans ce cas, bien que certaines personnes âgées aient encore la mémoire de la culture locale et des noms de variétés, la valorisation se fait indifféremment des variétés et l'initiative favorise l'entretien des châtaigneraies, et par là la pérennité des châtaigniers. Il n'y a en revanche pas de conservation intentionnelle des variétés traditionnelles à ce jour mais des diagnostics de l'état sanitaire et du potentiel de production des châtaigneraies réalisés par l'ACRC afin de mener des campagnes

[56] Châtaignes non calibrées

d'élagage, en partie subventionnées. Cela pourrait devenir un objectif avec la mise en place d'un atelier collectif de transformation qui devrait permettre d'augmenter la plus-value, y compris une valorisation différenciée par variétés, grâce à la maîtrise de la transformation et la commercialisation (communication personnelle Yvon Viala et Jacques Alvernhe– membres de l'association des Paysans du Rance).

Enfin, certaines initiatives prennent place dans des régions moins connues pour la production de châtaignes, comme en Ariège ou en Hautes-Pyrénées. L'association Châtaigne des Pyrénées est animée par la Chambre d'agriculture et vise à relancer une production locale. La Fédération Rénova vise à retrouver les variétés fruitières locales et à mettre en place de petites unités de production et de transformation afin de faire vivre cette diversité sur le territoire. Ces deux associations considéraient la recherche des variétés traditionnelles comme un passage obligé mais n'ont pu bénéficier du savoir et des savoir-faire des personnes âgées que de façon très minime. Elles ont opté pour une caractérisation variétale *in situ* pluriannuelle sur la base des critères UPOV, qui bien qu'imparfaite, leur a permis de retrouver quelques phénotypes et parfois quelques noms avec l'appui technique de l'ACRC. Ces variétés créées *de novo* sont aujourd'hui diffusées par greffage. On observe également la multiplication de châtaigniers issus de semis comme l'ont rapportée Aumeerudy et al (2012). Cette situation est spécifique des régions de pays post-industriels dans lesquels la production de châtaignes a été abandonnée depuis longtemps et où la prospection a commencé après l'érosion de la plupart des savoirs locaux. Dans ces régions, la logique marchande n'est pas de la même ampleur que dans les bassins de production et il s'agit surtout de retrouver un usage domestique ou agricole, de re-domestiquer le châtaignier. Les variétés sont récoltées ensemble et difficiles à différencier les unes des autres. Elles ne sont pas reconnues individuellement pour leurs différentes qualités et ne peuvent donc pas être valorisées économiquement pour elles-mêmes. Cette absence de valorisation variétale questionne les liens entre conservation et utilisation de l'agrobiodiversité. L'existence d'un phénomène de re-domestication dans certaines régions pose la question de son importance pour conserver une part de l'agrobiodiversité du châtaignier au côté des autres actrices et acteurs identifié·e·s (INRAE, CTIFL, InVenio et actrices et acteurs de la filière castanéicole), et plus largement pour la

transition agroécologique dans la mesure où il pourrait permettre la sélection de caractères adaptatifs dans des environnements marginaux.

F. Conclusion

J'ai montré qu'il n'y a pas d'état des lieux récent de la conservation de la diversité génétique du châtaignier en France et que celle-ci résulte d'actions disparates et non coordonnées à partir d'outils différents, génétiques et phénotypiques. Le cas du châtaignier cultivé illustre bien la fragilisation de la conservation *ex situ* de la diversité génétique de certaines espèces fruitières par le désengagement de la sélection variétale et de la conservation des ressources génétiques par la recherche publique, sans transfert de compétences vers le privé. L'absence de volonté forte de sélection variétale de la part des professionnels de la filière s'explique en partie par l'absence de retour sur investissement escompté (coût de la conservation en verger *ex situ*, longueur des cycles de sélection et le faible nombre d'hectares plantés chaque année en châtaigniers). Le châtaignier illustre également comment une relance territorialisée de la production peut s'appuyer plus (AOC/AOP d'Ardèche et de Corse) ou moins (Paysans du Rance) sur des variétés traditionnelles identifiées et reconnues. Cependant et y compris lorsque la relance s'appuie sur les variétés traditionnelles, rien ne garantit l'existence d'une gestion dynamique *in situ.* En effet, les actrices et acteurs que j'ai identifiés mobilisent des savoirs et des pratiques variés, susceptibles de changer au cours des générations et suivant les lieux. Par exemple des savoirs techniques et scientifiques sur la base des critères UPOV sont utilisés à l'ACRC, la Fédération Rénova et Châtaigne des Pyrénées pour caractériser les châtaigniers et les classer. Des savoirs traditionnels hérités ont été mobilisé par les Croqueurs de Pommes du Limousin pour retrouver les variétés locales. Certains membres des Paysans du Rance connaissent les variétés et les savoir-faire traditionnels mais la valorisation des châtaignes « tout-venant » les invibilisent. S'agit-il d'une question de temps et d'organisation, l'initiative n'ayant que dix ans d'âge, ou peut-on envisager une re-domestication du châtaignier qui ne s'appuie pas sur une conservation explicite des variétés locales ? Quelles seraient alors les conséquences sur la conservation de la diversité génétique du châtaignier et des savoirs et savoir-faire associés ?

Bien que malmenées, les prédictions pessimistes des années 90 sur la disparition en France de populations d'espèces cultivées en co-évolution avec leur environnement (Lefort et al., 1998 ; Marchenay, 1981) ne semblent pas s'être réalisées, comme ne s'est pas réalisée la prédiction de *La fin des Paysans* (1967) d'Henri Mendras (Hervieu et Purseigle, 2013). Nous observons la poursuite ou le renouveau d'initiatives qui se revendiquent d'une conservation *in situ* de l'agrobiodiversité du châtaignier dans les Pyrénées et celles d'autres espèces (blé, maïs, tomate, etc.) dont certaines sont coordonnées par le Réseau Semences Paysannes (RSP) (Demeulenaere et Bonneuil, 2011 ; Thomas et al., 2012). Les associations pyrénéennes qui re-domestiquent le châtaignier, allient une démarche intentionnelle de conservation de l'agrobiodiversité (prospection des châtaigniers la caractérisation des variétés locales et le regreffage) à une démarche de relance de la production (formation à l'autoproduction de plants, greffage, remise en production des châtaigneraies et la mise en commun d'outils de transformation). Afin de mieux comprendre l'importance de la re-domestication pour la conservation de l'agrobiodiversité du châtaignier il est nécessaire d'étudier ce qui est important pour les actrices et acteurs qui re-domestiquent le châtaignier, en lien avec la part de diversité génétique du châtaignier qu'elle·il·s hébergent

PARTIE II : DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE ET STRUCTURE DES POPULATIONS DE CHÂTAIGNIER EN FRANCE ET DANS LE PIÉMONT PYRÉNÉEN

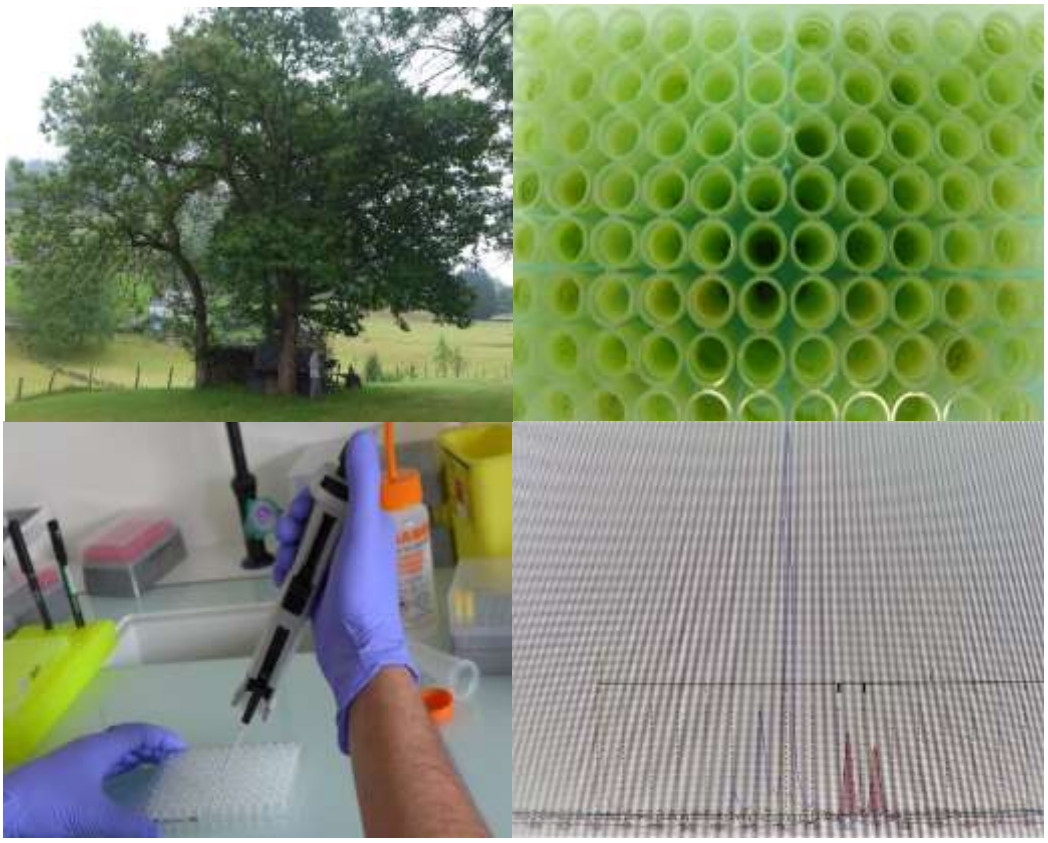


Photo 4 : Photos de prospection (Hautes-Pyrénées) et au laboratoire de Pierroton (Bordeaux) C.Bouffartigue, 2017

CONTEXTE ET INSERTION DANS LA THÈSE

Cette partie est divisée en deux sous-parties. La première analyse la diversité et la structure des populations de châtaigniers cultivés et forestiers en France (article publié dans Annals of Forest Science). La deuxième analyse la clonalité des variétés dans l'ensemble de l'échantillon de châtaigniers cultivés (à l'échelle de la France) et la phylogénie des variétés conservées *in situ* par les initiatives locales étudiées dans la partie 4 (Rénova en Ariège et Châtaigne des Pyrénées en Hautes-Pyrénées).

Cette partie permet (1) d'effectuer un état des lieux de la diversité génétique et de la structure des populations de châtaigniers en France et (2) de préciser la part de diversité génétique conservée à l'échelle des initiatives étudiées. Enfin, cette partie mobilise des savoirs produits par les actrices et acteurs de terrain sur les variétés locales et aborde (3) la question des concordances et différences entre ces savoirs et ceux produits en génétique des populations.

A. Deux principaux groupes génétiques et un important brassage génétique entre les châtaigniers (Castanea sativa Mill.) forestiers et cultivés en France

Cette partie est rédigée sous la forme d'un article de recherche accepté dans Annals of Forest Science le 8 juillet 2020. Le résumé est traduit pour le lecteur non anglophone. L'article est inséré en anglais à la suite du résumé traduit. Les annexes de l'article ont été reproduites en annexe 2.

A.1 Résumé

Message central

Une diversité génétique modérée, une absence de différentiation significative entre châtaigniers forestiers et cultivés, et une structure génétique en deux groupes de tous les châtaigniers échantillonnés ont été observés en France à l'aide de deux jeux de données différents à 10 et 18 marqueurs microsatellites.

Contexte

Le regain d'intérêt pour le châtaignier européen en France est concentré sur la recherche de populations locales partiellement adaptées à la maladie de l'encre et sur l'identification des variétés locales. Une collaboration sur la collecte des données et le génotypage a été mise en place avec le FCBA pour mener cette étude.

Objectifs

Nous avons génotypé des châtaigniers pour évaluer (i) la diversité génétique des châtaigniers sauvages et cultivés à travers la plupart de la distribution de sa population en France, (ii) leur structure génétique en lien avec les régions échantillonnées et (iii) dans une moindre mesure les relations entre les châtaigniers français et 10 variétés cultivées du nord-ouest de l'Espagne qui ont été précédemment classifiées dans les groupes génétiques espagnols et italiens.

Méthode

Un total de 693 arbres dans 16 régions échantillonnées en France a été génotypé à 24 SSRs. 1401 arbres dans 17 régions échantillonnées l'ont été à 13 SSRs.

Résultats

La diversité génétique est modérée dans la plupart des régions échantillonnées, avec de la redondance entre régions. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les châtaigniers forestiers et cultivés. L'analyse de la structure génétique sans information *a priori*, trouve une structure faible mais significative entre deux groupes à 18 SSRs. Un groupe rassemble les châtaigniers du sud-est de la France et de la Corse (RPP1). L'autre groupe rassemble des châtaigniers échantillonnés dans toutes les autres régions (RPP2). Une sous-structure a été détectée à 10 SSRs. Elle suggère une différenciation au sein des groupes RPP1 et RPP2. RPP1 a été partagé entre le sud-est de la France et la Corse. RPP2 a été partagé entre le nord-ouest de la France, l'Aveyron, les Pyrénées et un dernier groupe qui rassemble des individus de plusieurs autres régions.

Conclusion

La structure génétique au sein et entre les régions échantillonnées est probablement le résultat d'évènements naturels (recolonisation après la dernière glaciation) et des activités humaines (migration et échanges). Cette avancée notable dans les connaissances sur la diversité génétique et la structure du châtaignier, bénéficiera à la conservation et aidera nos partenaires locaux dans leurs efforts de valorisation.

A.2 Article: Two main genetic clusters with high admixture between forest and cultivated chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in France

Cathy Bouffartigue[a]*, Sandrine Debille[b], Olivier Fabreguette[c], Ana Ramos Cabrer[d], Santiago Pereira-Lorenzo[d], Timothée Flutre[e]†, Luc Harvengt[b]†

a INRAE - AGIR, Université de Toulouse, INPT, INP-EI PURPAN Castanet Tolosan, France.

b Genetics and Biotechnology team, Biotech and Advanced Forestry Department, FCBA tech institute, Campus Recherche Forêt-Bois de Pierroton, 71 route d'Arcachon, 33610 Cestas, France.

c INRAE - Université de Bordeaux, UMR 1202 BIOGECO Biodiversité, Gènes et Communautés. Centre de recherche Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux, Cestas, France. INRA - Bordeaux Sciences Agro, UMR 1065 SAVE Santé et Agroécologie du Vignoble. Centre de recherche de Bordeaux Aquitaine, Villenave D'Ornon, France.

d Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería, Escola Politécnica Superior, Campus de Lugo, Universidade de Santiago de Compostela, Lugo, Spain.

e Université Paris-Saclay, INRAE, CNRS, AgroParisTech, GQE - Le Moulon, 91190, Gif-sur-Yvette, France

† Contributed equally

* Corresponding author

Email address: cathy.bouffartigue@inra.fr; sandrine.sebille@fcba.fr; olivier.fabreguettes@inra.fr; ana.ramos@usc.es; santiago.pereira.lorenzo@usc.es; timothee.flutre@inra.fr; luc.harvengt@fcba.fr

Short title: Genetic diversity and structure of chestnut

Keywords: *Castanea sativa* Mill.; chestnut; genetic diversity; genetic structure; microsatellite markers; landraces

Contributions of the co-authors

Conceptualization: Cathy Bouffartigue, Timothée Flutre and Luc Harvengt; **Methodology**: Cathy Bouffartigue, Sandrine Debille, Ana Ramos Cabrer, Timothée Flutre, Luc Harvengt; **Software**: Cathy Bouffartigue, Timothée Flutre; **Validation**: Cathy Bouffartigue, Timothée Flutre; **Formal Analysis**: Cathy Bouffartigue, Ana Ramos Cabrer, Santiago Pereira-Lorenzo, Timothée Flutre; **Investigation**: Cathy Bouffartigue, Sandrine Debille, Olivier Fabreguette, Ana Ramos Cabrer**; Resources**: Cathy Bouffartigue, Sandrine Debille, Olivier Fabreguette, Ana Ramos Cabrer, Santiago Pereira-Lorenzo, Luc Harvengt; **Data curation**: Cathy Bouffartigue, Sandrine Debille; **Writing-original draft**: Cathy Bouffartigue, Timothée Flutre; **Writing-review&editing**: Cathy Bouffartigue, Sandrine Debille, Ana Ramos Cabrer, Santiago Pereira Lorenzo, Timothée Flutre, Luc Harvengt ; **Visualization**: Cathy Bouffartigue; **Reproducible analysis**: Timothée Flutre, Cathy Bouffartigue ; **Supervision**: Timothée Flutre, Luc Harvengt; **Project administration**: Cathy Bouffartigue, Timothée Flutre, Luc Harvengt; **Funding acquisition**: Cathy Bouffartigue, Luc Harvengt.

Acknowledgments

This paper is part of the PhD of the first author who is grateful of her supervisors Laurent Hazard and Nathalie Couix of the INRAE, AGIR and Timothée Flutre, INRAE, Le Moulon.

We would thank the local partners who introduced the first author to the chestnut, helped in sampling and shared their knowledge. In particular members of ACRC, Châtaigne des Pyrénées, Rénova, SPCV and Paysans du Rance.

We would like to thank the people who provided access to forest samples or sampling regions:

In Corsica: GRPTCMC and INRAE Corsica; In Limousin: Croqueurs de pommes du Limousin and the Parc Naturel Régional Perigord-Limousin; In Ardèche and Eastern Occitanie: Chambre départementale d'agriculture d'Ardèche (CDA Ardèche), Syndicat des producteurs de châtaigne d'Ardèche (SDCA) and chambre régionale d'agriculture d'Occitanie (CRA Occitanie). Other public and private landowners who granted us access to their forest stands in Brittany, Gard, Aveyron, Basque country and Cantal

We are very grateful to advisors and partners taking part to other aspects of our work on chestnut, Invenio, and CTIFL, INRA, Biogeco, INRA, Biologie du Fruit et Pathologie, CIF-Lourizan (Spain), and the members of the national workgroup on chestnut forestry set up by the National Center for Private Forest owners (CNPF) and particularly its chairman René Lempire as well as, Jean Lemaire and Sabine Girard.

We would also like to thank FCBA colleagues involved in sampling.

The authors thank the anonymous reviewers for critically reading the manuscript and suggesting substantial improvements.

Funding

A grant of The Fondation de France and a regional research program for and on rural development (PSDR4-Occitanie, France) fund the PhD of the first author.

In 2016/2017, local partners (Rénova, ACRC and Châtaigne des Pyrénées) collected subsidies from the Conservatory of the Regional Biological Patrimony (CPBR) for the genotyping.

The FCBA project on forest samples was funded by the Conseil Régional de Nouvelle Aquitaine through the "sélection châtaignier à bois" project (2015-2016) contrat number 15007198-046 and grant "FEDER-FSA 2014-2020 Dossier 47010", and "sélection châtaignier" project, grant n°16008302-043 and "FEDER-FSE 2014-2020 – AXE 1 n° 3296610". The two FEDER grant parts are funds obtained from European Union by the Conseil Régional de Nouvelle Aquitaine. We thank the members of the FCBA external advisory board on Forestry and members of the National Center for private forest owners for its help to setup and manage the above-mentioned projects

The Xylobiotech platform is funded through the Equipe Xyloforest project (grant ANR-10-EQPX-16).

Data availability:

The datasets analysed during the current study are available in the data.inrae repository at : https://data.inrae.fr/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.15454/E2DFNJ&version=DRAFT&faces-redirect=true

Declaration on conflicts of interest:

The authors declare that they have no conflict of interest.

Abstract

- ***Key message***: A moderate genetic diversity, the absence of a significant genetic differentiation between wild and cultivated stands and a highly admixed genetic structure of sweet chestnut with two main clusters were observed in France using two different data sets with 10 and 18 microsatellites.
- ***Context***: Renewed interest in European chestnut in France is focused on finding locally adapted populations partially resistant to ink disease and identifying local landraces.
- ***Aims:*** We genotyped trees to assess (i) the genetic diversity of wild and cultivated chestnut across most of its range in France, (ii) their genetic structure, notably in relation with the sampled regions, and (iii) to a lesser extent the relations between French chestnuts with 10 cultivated chestnuts from the Northwest of Spain that were previously classified in the Iberian or Italian groups.
- ***Methods:*** A total of 693 trees in 16 sampling regions in France were genotyped at 24 SSRs and 1401 trees in 17 sampling regions at 13 SSRs.
- ***Results:*** Genetic diversity was moderate in most sampling regions, with redundancy between them. No significant differentiation was found between wild and cultivated chestnut. A genetic structure analysis with no a priori information found a low yet significant structure and identified two clusters at 18 SSRs. One cluster gathers trees from south-east France and Corsica (RPP1), and another cluster gathers trees from all other sampled regions (RPP2). A substructure was detected at 10 SSRs suggesting differentiation within both RPP1 and RPP2. RPP1 was split between south-east France and Corsica. RPP2 was split between northwest France, Aveyron, Pyrenees, and a last cluster gathering individuals from several other regions.
- ***Conclusion***: The genetic structure within and between our sampling regions is likely the result of natural events (recolonization after the last glaciation) and human activities (migration and exchanges). These advances on our knowledge of chestnut genetic diversity and structure will benefit conservation and help our local partners' valorization efforts.

Keywords:

Castanea sativa Mill . Chestnut . Genetic diversity . Genetic structure . Microsatellite markers . Landraces

1 Introduction

Sweet chestnut (Castanea sativa Mill.) is an endemic, multipurpose tree species cultivated for its wood and nuts. It is the third broad-leaved tree species in France in forest area (750,000 ha) and in 2016 accounted for 5% of land used for fruit production (FranceAgriMer 2017). With an annual production of 7000–9000 t in the last 10 years, France is the fifth European producer (FAO 2018). Sweet chestnut has been intensively cultivated in coppices and orchards for centuries in France. However, since the beginning of the eighteenth century, it has suffered from abandonment, leading to a sharp decrease

in production (Pitte 1986; Sauvezon et al. 2000). Many landraces and associated knowledge were lost. In the early twentieth-century, the Laffite tree nursery in Basque Country started to breed hybrid chestnut followed in the 1960s by the French National Institute for Agricultural Research (INRA) (Pereira-Lorenzo et al., 2016). These breeding programs aimed at developing interspecific hybrids resistant to ink disease caused by a Phytophthora oomycete, by crossing two Asiatic tolerant species, Castanea crenata and Castanea mollissima, with local landraces from regions with an oceanic climate. These hybrids are now mainly used for fruit production and as rootstock (particularly Marigoule and Bouche de Bétizac varieties and more recently BelleFer). However, they are not adapted to continental and Mediterranean conditions (Martín et al. 2017; Míguez-Soto et al. 2019). Their fruit quality has also been criticized by some growers and by chestnut lovers, particularly in comparison with landraces. Action was thus taken by these actors, involving survey of old chestnut trees, phenotypic observations, and the establishment of conservatory orchards.

Strong geographical structure was reported in wild populations in Italy, Spain, Greece, and Turkey (Mattioni et al. 2013). A study of wild chestnut in Spain, Italy, and Greece (Fernández-Cruz and Fernández-López 2016) found two main gene pools in Europe, and another study of wild, natural, or naturalized populations across Europe (Mattioni et al. 2017) found three. These findings agree with evidence of spontaneous establishment originating from the Last Glacial Maximum refugia in the North of the Iberian, Italian, and Balkan peninsulas and in northern Anatolia (Krebs et al. 2004, 2019; Roces-Díaz et al. 2018). In southern France, there is possible evidence for chestnut refugia in palaeobotanical data (Krebs et al. 2019). The preferred hypothesis is therefore that most pre-cultivation Castanea in France are the result of the spontaneous spread of the species from neighboring southern European refugia, i.e., in Spain and Italy. However, the most recent genetic analyses conducted exclusively on French populations were published in the 1990s on wild chestnut and at a regional scale (Frascaria et al. 1991, 1992; Frascaria and Lefranc 1992), and the results obtained in the CASCADE project (Eriksson et al. 2005) have not yet been published (T. Barreneche pers. com.). Mattioni et al. (2008) compared naturalized, coppice, and orchard populations in Italy, Greece, Spain, the UK, and France and showed differences in withinpopulation genetic parameters between fruit orchards and other types of chestnut management. This result implies that long-term management techniques can influence the genetic makeup of the

populations. Differences between and within countries have also been reported (Pereira-Lorenzo et al. 2016). For these reasons, specifically French, finer-scale sampling of both wild (forest) and cultivated chestnut trees (orchards and alignments) was needed to help distinguish between natural and anthropogenic evolutionary factors.

In terms of sampling, many authors have genotyped tree collections ex situ, i.e., in conservatories (Martín et al. 2010a), and in situ (Pereira-Lorenzo and Fernandez-Lopez 1997; Gobbin et al. 2007; Martín et al. 2010b; Pereira-Lorenzo et al. 2010, 2019; Beccaro et al. 2012; Mellano et al. 2012, 2018; Beghè et al. 2013; Quintana et al. 2014; Fernández-López and Fernández-Cruz 2015). In this study, we used both in- and ex situ sources to assess the known and currently used genetic diversity of sweet chestnut. As a result, we often sampled several individuals belonging to the same landrace. Hereafter, we use the term "landrace" as defined by Villa et al. (2005) rather than "variety" or "cultivar," as it better covers the variety of sampling situations we encountered in the field. However, we do use the term "cultivar" when known cultivars were encountered.

The main aims of this work were to assess (i) the genetic diversity of wild and cultivated chestnut in most of its range in France, (ii) their genetic structure, notably in relation with the sampling regions, and (iii) to a lesser extent the relations between French chestnuts with 10 cultivated chestnuts from the northwest of Spain that were previously classified in the Iberian or Italian groups. For this purpose, we sampled natural chestnut populations, ancient grafted chestnut identified in situ by local partners and ex situ local landraces in conservatories in the main nut-producing regions, and in most of the distribution of natural chestnut forests in France. We used microsatellite markers from the EU chestnut database to genotype all sampled trees at 13 SSRs and a subset at 24 SSRs (Pereira-Lorenzo et al. 2017). By also including Iberian samples cited in the Pereira-Lorenzo et al. publication, we also provide some evidence for the origin of the trees we sampled.

Fixation of genotypes by grafting from spontaneous chestnut, or "instant domestication" as defined by (Harris et al. 2002), is reported in the literature (Aumeeruddy-Thomas et al. 2012) and was recently documented in Italy and Spain (Pereira-Lorenzo et al. 2019). As a working hypothesis, this suggested a possible lack of genetic structure between wild and cultivated chestnut. It is common knowledge that grafts and nuts travel by means of markets, historically via occupational travelers such as

glass blowers (Pitte 1986) and now via local and internet-mediated exchange fairs. However, the extent and impact of this phenomenon on the genetic structure of cultivated chestnut were previously unknown in France. We hypothesized that it is sufficiently frequent to have a significant impact, leading to a low genetic structure of cultivated chestnut in France. As reported in Pereira-Lorenzo et al. (2019), we also expected to find a high overall genetic diversity but without marked differences between the wild and cultivated sets. In addition, we expected in situ local landraces to be multiclonal due to repeated grafting over the centuries and the accumulation of mutations or the use of seedlings from these landraces.

2 Materials and methods

Terminology: we avoid the use of "population" and instead use "sampling region" to describe a geographically or socially meaningful region where a non-profit association has prospected and conserved chestnut or a group of sampling sites located close by. We use "genetic cluster" to denote a cluster of genotyped trees resulting from the analysis of their genetic structure. "Chestnut type" is used as a category with two levels, "forest" and "cultivated."

2.1 Sampling scheme

To characterize and understand the genetic diversity and population structure of the European chestnut (C. sativa Mill.) in France, we genotyped 693 trees in 16 sampling regions in both forest and cultivated areas. Table 1 lists sampling details, and Fig. 1 shows the location of the sampling regions (GPS of sampled trees are available upon request). We added the genotyping of 12 more Spanish trees to allow the insertion of the French genotypes into the European database (Pereira-Lorenzo et al. 2017).

French department	Sampling region	Contributing partners to the sampling	*In/Ex-situ* Off.	n18 (n10)	Sum N_18 (Sum N_10)	u18 (u10)	Sum U_18 (Sum U_10)
Hérault, Gard, Drôme and Ardèche	CultArdech	CDA Ardèche + CRA Occitanie + SDCA	E	75 (74)	336 (492)	49 (47)	219 (333)
Ariège	CultAriege	Renova	I	60 (89)		35 (64)	
Aveyron	CultAveyron	ACRC + P.Rance	E+I	37 (97)		24 (70)	
Corsica	CultCorsica	GRPTCMC	I	48 (48)		38 (38)	
Hautes-Pyrénées	CultHtpyr	Châtaigne des Pyrénées	I	29 (51)		25 (42)	
Corrèze + Haute-Vienne	CultLimousin	C.Pommes + PNR	E	83 (113)		44 (59)	
Var	CultVar	SPCV	I	4 (20)		4 (13)	
Isère	ForArdech	FCBA	I	0 (86)	306 (722)	0 (86)	301 (717)
Aveyron	ForAveyron	FCBA	Off.	29 (140)		29 (140)	
Pyrénées-Atlantiques	ForBasque	FCBA	Off.	1 (24)		1 (24)	
Cantal	ForCantal	FCBA	I	24 (24)		22 (22)	
Corsica	ForCorsica	FCBA	Off.	71 (116)		71 (116)	
Finistère	ForFinistere	FCBA	I + Off.	97 (248)		97 (248)	
Gard	For Gard	FCBA	I	30 (30)		30 (30)	
Gironde	ForGironde	FCBA	I	8 (8)		5 (5)	
Hérault	ForHerault	FCBA	I	16 (16)		16 (16)	
Var	ForVar	FCBA	I	30 (30)		30 (30)	
Total					642 (1214)		520 (1050)

Table 1: Description of the sampling regions and sampled trees. Each sampling region contains one or several sampling sites in geographically close stands (For = high forest, Cult = cultivated). *In/Ex situ*/Off.: I = *in situ*, E = *ex situ*, Off. = offspring originating from nuts harvested in forests. Even though the total number of genotyped trees was 693 at 18 SSRs (respectively 1,401 at 10 SSR), the numbers of trees listed in Table 1 are limited to those with no more than 20% of missing alleles and after detected interspecific hybrids were removed. The number of SSRs are those remaining after the removal of loci with null alleles and more than 5% of missing data. n18 (respectively n10): refers to the number of samples genotyped at 18 SSRs (respectively 10 SSRs). Sum N_18 (respectively Sum N_10): refers to the number of samples per chestnut type genotyped at 18 SSRs corresponding to the *18All* data set (respectively 10 SSRs corresponding to the *10All* data set). u18 (respectively u10): refers to the number of unique samples genotyped after the removal of loci with null alleles, at 18 SSRs (respectively 10 SSRs). Sum U_18 (respectively U_10): refers to the number of unique samples per chestnut type at 18 SSRs corresponding to the *18Unik* data set (respectively at 10 SSRs corresponding to the *10Unik* data set).

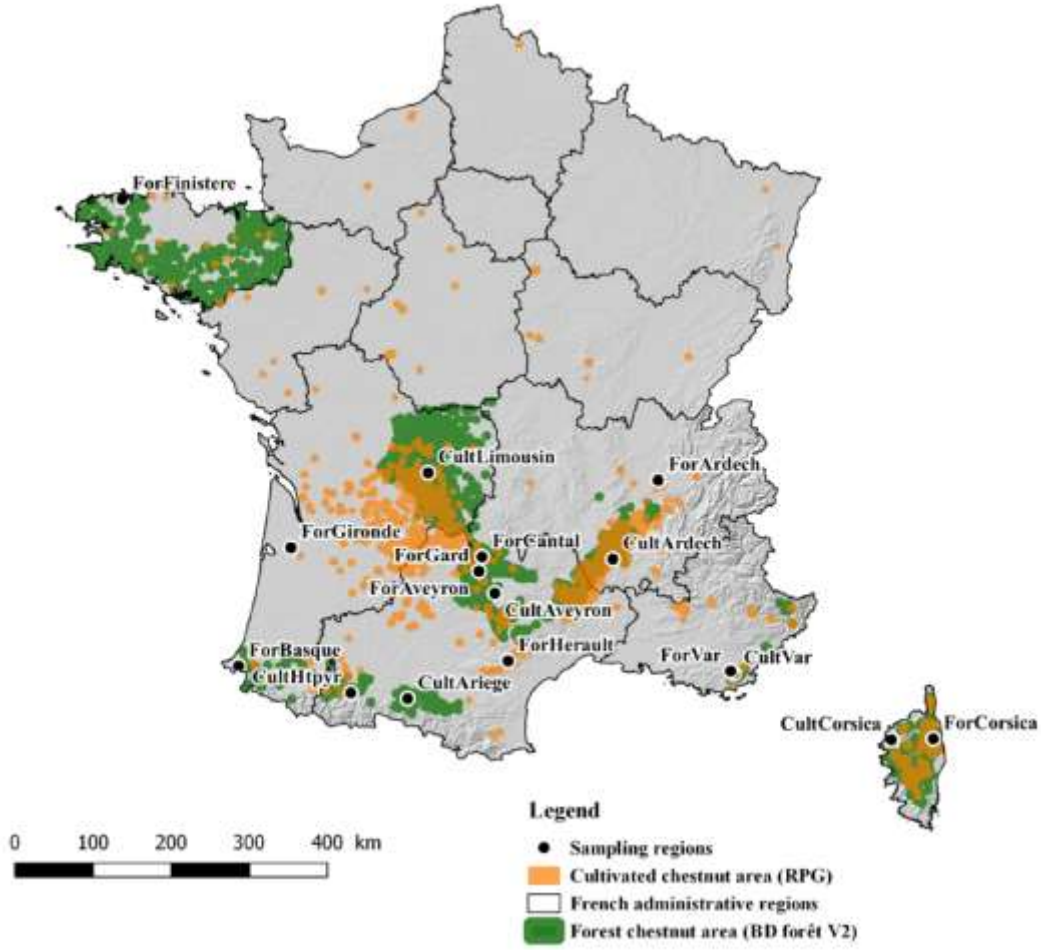


Fig. 1 Map of sampling regions. The distribution of chestnut forest areas where chestnut accounts for at least 75% of the leaf cover, which represents about 50% of the total chestnut-comprising forest area in France (IGN 2007) (in green) and the distribution of cultivated chestnut and orchards (IGN 2016) (in orange). Each dot represents a sampling region where chestnut forest or orchard is present (this qualitative information does not reflect the relative areas or number of trees)

2.2 Geographical sampling

In forest stands, trees were chosen randomly, located several dozen meters apart in the middle of forest patches. Their exact locations were recorded by GPS. In Brittany, Auvergne- Rhône-Alpes, Occitanie, Provence-Alpes-Côtes d'Azur (PACA), and Corsica, mature leaves were sampled and immediately enclosed in plastic bags with silica gel. In Gironde, dormant buds were sampled from trees close to the laboratory to facilitate frequent resampling when assessing the accuracy of genotyping protocols. In Corsica, nuts and dried leaves were also sampled in the field, whereas cultivated chestnut was provided as DNA extract. Whenever we sampled offspring as groups of half sib fruits, we also sampled leaves from their mothers. Nuts harvested in the Finistère, Corsica, Basque Country, and Aveyron forest sampling regions were germinated and sown in the greenhouse.

2.3 Expert-based sampling

Field surveys of cultivated chestnut were conducted in 2016–2017 in collaboration with producer and amateur organizations. In 2016, we focused our sampling effort on the landraces they knew and were interested in. In 2017, we expanded sampling to most known landraces and grafted trees, supplemented by random sampling in a few chestnut orchards. Associative conservatories were also sampled. We sampled several chestnut trees that had the same name to test the genetic diversity of landraces. When attributing sampled trees to a given landrace, when known, we followed the field expert's determination.

2.4 SSR genotyping

A total of 693 trees were genotyped at 24 SSRs and 1401 trees at 13 SSRs. Total genomic DNA was extracted from fresh leaves, silica-dried leaves, or dormant buds using the DNeasy 96 Plant kit (Qiagen, Hilden, Allemagne). Twentyfour SSR markers previously selected to study chestnut genetic diversity were used for this study (Buck et al. 2003; Gobbin et al. 2007; Kampfer et al. 1998; Marinoni et al. 2003; Steinkellner et al. 1997) based on the protocol of Pereira- Lorenzo et al. (2017). We amplified these 24 SSRs into 5 multiplex and 2 singleplex PCRs using one of the FAM, NED, PET, and VIC fluorophore-labeled primers (PE Applied Biosystems, Warrington, UK) modified following Pereira-Lorenzo et al. (2017, 2019). The PCR final reaction volume was 15 µl (7.5 µl of QIAGEN Multiplex Master Mix, 0.075 to 0.3 µMof each primer, 4 to 4.9 µl RNase Free Water, and 2 µl of ADN at 5–10 ng/µl). The amplification conditions were 95 °C for 5 min, followed by 30 cycles at 95 °C for 30 s, annealing at a specific temperature depending on the multiplex set, for 1.5 min and 1 min at 72 °C, and final extension at 60 °C for 30 min. Negative controls were included in all PCR reactions to enable detection of cross-contamination of the samples. Amplifications at 13 SSRs corresponded to sets 1, 2, and 3. Amplifications at 24 SSRs corresponded to all sets. The descriptions of all sets are displayed in Table 2. Amplification products were diluted with water, and 2 µl of the diluted amplification product was added to 0.12 µl of 600LIZ size standard (Applied Biosystems, Foster City, USA) and 9.88 µl of formamide.

Genotyping was performed partly on an ABI 310 capillary sequencer (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA) at the Xylobiotech FCBA facility of Cestas-Pierroton with further work on an ABI 3500 XL capillary sequencer (Applied Biosystems, Foster

City, CA, USA) at the CIRAD GenSeqUMplatform in Montpellier, France. Allele sizes were read independently by two investigators using GENEMAPPER 4.1 and 5.0, respectively (Applied Biosystem, Foster City, USA). The output files in the fsa format were made compatible for GENEMAPPER 4.1 using a Python script from the Montpellier platform.

Table 2: SSRs markers and multiplex

Multiplex (Set, Dye)	Locus	Primer forward	Primer reverse	Linkage group (LG)	Annealing temperature (Ta)
1, VIC	EMCs14	GTGCTTCAGGGACCTTTCTTCTC	GCCGCCGCCTCCTGCTGCTC	5	57°C
1, FAM	EMCs15	CTCTTAGACTCCTTCGCCAATC	CAGAATCAAAGAAGAGAAAGGTC	9	57°C
1, FAM	EMCs38	TTTCCCTATTTCTAGTTTGTGATG	ATGGCGCTTTGGATGAAC	4	57°C
1, NED	EMCs2[a]	GCTGATATGGCAATGCTTTTCCTC	GCCCTCCAGCCTCACCTTCATCAG	6	57°C
1, PET	CsCAT14	CGAGGTTGTTGTTCATCATTAC	GATCTCAAGTCAAAAGGTGTC	2	57°C
1, VIC	CsCAT2[b]	GTAACTTGAAGCAGTGTGAAC	CGCATCATAGTGAGTGACAG	10	57°C
2, PET	CsCAT16[a]	CTCCTTGACTTTGAAGTTGC	CTGATCGAGAGTAATAAAG	6	50°C
2, FAM	CsCAT41[b, d]	AAGTCAGCCAACACCATATGC	CCCACTGTTCATGAGTTTCT	8	50°C
2, PET	QpZAG110	GGAGGCTTCCTTCAACCTACT	GATCTCTTGTGTGCTGTATTT	7	50°C
2, VIC	QpZAG36	GATCAAAATTTGGAATATTAAGAGAG	ACTGTGGTGGTGAGTCTAACATGTAG	1	50°C
2, NED	CsCAT3	CACTATTTTATCATGGACGG	CGAATTGAGAGTTCATACTC	12	50°C
3, NED	QrZAG4[c]	CGTCTATAAGTTCTTGGGTGA	GTAACTATGATGTGATTCTTACTTCA	3	48°C
3, NED	QrZAG96[c]	CCCAGTCACATCCACTACTGTCC	GGTTGGGAAAAGGAGATCAGA	10	52°C
4, Ned	CsCAT6	AGTGCTCGTGGTCAGTGAG	CAACTCTGCATGATAAC	1	50°C
4, PET	CsCAT1	GAGAATGCCCACTTTTGCA	GCTCCCTTATGGTCTCG	8	50°C
4, FAM	CsCAT15	TTCTGCGACCTCGAAACCGA	GCTAGGGTTTTCATTTCTAG	8	50°C
4, VIC	CsCAT8	CTGCAAGACAAGAATTACAC	GAATAACCTGCAGAAGGC	6	50°C
5, FAM	RIC	AAGACAGAGACAGTGGTTTTTGC	TCTGGGGAAACACGAAGC	-	58°C
5, PET	CsCAT17	TTGGCTATACTTGTTCTGCAAG	GCCCCATGTTTTCTTCCATGG	2	58°C
5, VIC	EMCs22	GTGCCTCTGTATGCATGGTAAGC	CCAGGTTTAAGAAAGCAAGCATAAC	2	58°C
6, FAM	EMCs25	ATGGGAAAATGGGTAAAGCAGTAA	AACCGGAGATAGGATTGAACAGAA	-	60°C
6, NED	CIO	TCTGGGGAAACACGAAGC	TATTCCCATTCTGTCCCAAACAT	-	60°C
6, PET	OCI	GGAATAAGTGGGGTGGGTTT	GGGCCAAAGCATCACATTAC	-	60°C
6, VIC	OAL	CAATCTGAAAAGGTAATAGCCAGT	CCCAGGACATAAAATAGAAGCTG	-	60°C

a SSRs belonging to the same linkage group separated over 50 cm and therefore considered as being unlinked
b Loci with null alleles
c Post-PCR multiplexing
dAmplification in 2 loci called CsCAT41A and CsCAT41 B (Pereira Lorenzo et al. 2010)

2.5 Data analysis

2.5.1 Data filtering : detection of interspecific hybrids, clonal groups, and null alleles

All individuals with more than 20% of missing alleles were removed along with individuals showing Asiatic alleles. Asiatic genotypes present initially in our data, and Asiatic alleles identified in a previous study (Pereira-Lorenzo et al. 2010) were used to detect exotic germplasm in the European populations.

The presence of uninformative loci was tested with the informloci function in the R/poppr package version 2.8.3 (Kamvar et al. 2015; Kamvar et al. 2014) in both data sets. The percentages of missing data were obtained using the info_table function in R/poppr. The frequency of null alleles per locus was calculated with the R/PopGenReport package version 3.0.4 (Adamack and Gruber 2014) based on Brookfield formula (Brookfield 1996). Following Lassois et al. (2016), we discarded loci with more than 10% of null alleles. After removing loci, the genotype curve function implemented in the R/poppr. was applied to both data sets to determine the minimum number of loci necessary to discriminate between individuals. Repeated genotypes were searched within each sampling region to identify multi-locus genotypes (MLGs) for each data set, using the clonecorrect function in R/poppr. When detected, these repeated MLGs were removed. Note that some MLGs may be repeated between sampling regions, but those were kept for the rest of the analyses as they provide information on population structure.

2.5.2 Genetic diversity

The observed number of alleles (Na), expected heterozygosity (He), and observed heterozygosity (Ho) were calculated at each locus across sampling regions, per sampling region, and per genetic cluster, using the summary function in the R/adegenet package 2.1.1 (Jombart 2008). The Fst and corrected Fst (Fstp) and Fis and Dest per locus (Jost 2008; Nei 1987) were calculated using the basic.stats function in the R/hierfstat package version 0.04-22 (Goudet 2005). The poppr function in R/poppr was used to report other basic statistics per sampling region including the Shannon-Weiner diversity index (H), the index of association (Ia), and the standardized index of association (rbarD) and the effective number of alleles (Ne) with Ne = 1/(1-He) (Kimura and Crow, 1964; Jost, 2008). The significance of Ia and rbarD was tested with 1000 permutations, shuffling the

genotypes at each locus while maintaining the heterozygosity and allelic structures. The Fis per sampling regions and per genetic cluster was calculated using the basic.stats function in the R/hierfstat package version 0.04-22 (Goudet 2005). Bootstrapping of Fis per sampling regions and per genetic cluster was calculated using the boot.ppfis function in the R/hierfstat package version 0.04-22 (Goudet 2005). Deviation from the Hardy-Weinberg equilibrium (HWE) was tested on both loci and populations with 1000 permutations using the hw.test function in the R/pegas package version 0.11 (Paradis 2010). The Chi2 statistic was calculated over the entire data set, and two p values were computed, one analytical and one derived from 1000 Monte Carlo permutations. The significance threshold was set at 0.05.

2.5.3 Population structure

For each data set, three methods were compared to find genetic clusters, by varying the number of clusters, K, between 1 and 15: STRUCTURE (Pritchard et al., 2000; Falush et al., 2003), discriminant analysis of principal components (DAPC: Jombart et al., 2010), and sparse non-negative matrix factorization (SNMF: Frichot et al., 2014). For the first method, the STRUCTURE software v2.3.4 was launched thirty times for each K value using the admixture model with unlinked loci and correlated frequencies (other parameters: usepopinfo = 0, popflag = 0, burn-in = 200,000, MCMC iterations = 200,000). The number of clusters was determined using the DeltaK metric from structureHarvester v0.6.94 (Evanno et al., 2005). At the best K, the assignment probabilities of each individual to each cluster (Q matrix) were averaged over the 30 runs using a suitable permutation to handle label switching. The permutations were obtained with the CLUMPP software v1.1.2 using the LargeKGreedy algorithm with 2000 repeats (Jakobsson and Rosenberg, 2007). For the second method, SSR genotypes were first transformed by a principal component analysis (PCA), followed by the K-means algorithm applied to the principal components using the find.clusters function in R/adegenet v2.1. The number of clusters was determined using the BIC. The DAPC was then performed at the best K with the number of principal components to keep chosen by cross-validation using the xvalDapc function in R/adegenet with 30 repetitions and a maximum of 300 PCs. For the third method, the snmf function of R/LEA v2.0 was launched with 5 repetitions. The number of clusters was determined using the cross-entropy criterion. For all methods, the clusteredness metric was computed to assess the extent to which a randomly chosen individual is inferred to have ancestry in only one

cluster (Rosenberg et al., 2005). The threshold above which individuals were considered as “strongly assigned” was set to 0.8 (qI ≥ 80%).

Hierarchical analysis of molecular variance (AMOVA, Excoffier and Smouse 1992) as implemented in the poppr.amova function in R/poppr was performed using all loci with less than 5% missing data on the preset hierarchy of chestnut types and sampling regions and on genetic clusters. Fis, pairwise Fst, and hierarchical F-statistics were calculated, and 95% confidence intervals were obtained by bootstrapping with 1000 samples over loci using the boot.ppfis, boot.ppfst, and boot.vc functions. Differences between hierarchy levels were tested by randomization with the function randtest in the R/ade4 package version 1.7-13 (Excoffier and Smouse 1992; Chessel et al. 2004). Some components of covariance could have slightly negative estimates due to the absence of significant genetic structure at the corresponding hierarchical level (FAQ List for Arlequin 2000).

2.5.4 Reproducibility

To facilitate method reproducibility (Goodman et al. 2016), most of our analyses were performed in R (R Core Team 2019); the scripts are available on the server data.inrae.fr (Bouffartigue et al., 2020).

3 Results

3.1 Data filtering: detection of interspecific hybrids, clonal groups, and null alleles

For the 24 SSRs data set, 13 genotyped trees with more than 20% of missing alleles were filtered out (respectively, 32 trees at 13 SSRs). Three trees genotyped twice were filtered out at 24 SSRs (respectively, 18 trees at 13 SSRs). Over all our data sets, Asiatic alleles were scored as following: CsCAT41A-196, EMCs15-76, EMCs2-152, QpZAG36-205, QrZAG4-118, QrZAG96-154, EMCs14-135, CsCAT14-136, CsCAT6-138, CsCAT1-188, CsCAT17-135, CIO-160, OCI-160, OCI-167, OCI-169 and OAL-307, CsCAT1-188, CsCAT6-138, CsCAT17-135, CIO-160, CIO-167; CIO-169 and OAL-307. For the 24 SSR data set, 26 interspecific trees were filtered out, 11 were known beforehand and 15 were detected out of specific alleles known from Asiatic species (respectively, 127 trees at 13 SSRs: 18 were known beforehand and 119 were detected out of known Asiatic alleles). Most of the detected interspecific trees were from ForBasque. Nine Spanish trees were filtered out at 24 SSRs (respectively, 10 trees at 13

SSRs). A total of 51 trees were discarded at 24 SSRs (respectively, 187 trees at 13 SSR). For the 24 SSRs data set, 642 trees genotyped (respectively, 1214 at 13 SSRs) remained for further analysis (Table 1).

CsCAT41 is known to amplify two sites: CsCAT41A and CsCAT41B. CsCAT41A was less polymorphic, with only 2 alleles detected in our analyses out of 3 already known (Pereira-Lorenzo et al., 2010): CsCAT41A-196 which matches with CsCAT41A-200 in Pereira-Lorenzo et al. (2010) and CsCAT41A-199 which matches with CsCAT41A-202 in Pereira-Lorenzo et al. (2010). CsCAT41A-188 in Pereira-Lorenzo et al. (2010) did not came out in our data set. CsCAT41A was removed from the subsequent analyzes. CsCAT41B was more polymorphic, with 11 alleles (210–233) in the data set with 24 SSRs and 13 alleles (210–237) in the data set with 13 SSRs.

After filtering for null alleles, EMCs38, CIO, and EMCs25 were discarded from the data set at 24 SSRs (respectively, EMCs38 at 13 SSRs) (ESM_1). EMCs14, EMCs2, and EMCs25 had more than 5% of missing alleles and were discarded from the data set at 24 SSRs (respectively, QrZAG4 at 13 SSRs). The non-phylogenetically informative loci EMCs14 was discarded from both data sets (minor allele frequency MAF < 0.01).

The resulting data sets had 18 SSRs, hereafter called 18All, and 10 SSRs, hereafter called 10All. Repeated multi-locus genotypes (MLGs) were then detected in each sampling region, as they could be the result of both practices (grafting) and sampling choices. They had to be removed to avoid the artefactual detection of genetic structure resulting from the sampling strategy. The resulting data sets (Table 1) are called 10Unik (1050 trees) and 18Unik (520 trees). Four MLGs among sampling regions were detected at 24 SSRs (respectively, 9 at 13 SSRs) but were not discarded as they provide information on populations' structure. In both data sets, the discriminating power of the polymorphic markers to differentiate between genotypes was sufficient to discriminate all individuals irrespective of the number of loci and individuals (ESM_2).

3.2 Description of SSR diversity per sampling region

The 18Unik data set analyzed in this study varied greatly in allele diversity (ESM_3A). The 18Unik data set (respectively, 10Unik; see ESM_3B) had a total of 179 alleles (respectively, 112) with an average of 9.9 alleles per locus (respectively, 11.2). This ranged from 2 for QrZAG4 to 31 for CsCAT3 (respectively, 3 for EMCs2 to 33 for

CsCAT3). In terms of expected heterozygosity (He), QrZAG4 showed the lowest diversity with 0.17 in 18Unik (respectively, EMCs2 with 0.66 in 10Unik) and CsCAT6 the highest diversity with 0.86 in 18Unik (respectively, CsCAT3 with 0.85 in 10Unik). The within-population inbreeding coefficient (Fis) ranged from − 0.427 to 0.153 in 18Unik (respectively, − 0.431 to 0.169 in 10Unik), with a mean of − 0.102 in 18Unik (respectively, − 0.031 in 10Unik). In 18Unik, only QpZAG110, QrZAG4, and RIC were in the HWE (ESM_4A). Across all sampling regions, in 10Unik, none of the SSRs were in HWE at both probabilities (ESM_4C). When tested per sampling region, only ForGard and ForBasque were in the HWE in both data sets. ForAveyron was in the HWE only in 10Unik. Moreover, in both data sets, HWE was rejected for all SSR loci in at least one sampling region except OCI in 18Unik.

3.3 Redundant diversity among sampling regions and no differentiation between chestnut type

Genetic diversity indices calculated for each sampling region genotyped at 18 SSRs without MLGs are listed in Table 3 (results at 18 SSRs are presented in ESM_5). Note that the aim of sampling ForGironde was not to be representative of the region but to facilitate resampling. Moreover, in the 18Unik data set, ForBasque had a single individual. Therefore, diversity and differentiation are discussed excluding ForGironde and ForBasque in the 18Unik data set and excluding ForGironde in the 10Unik data set. The highest effective number of alleles per sampling region was found in the Finistère forest sampling regions in 18Unik (ForFinistere, northwestern France), and the lowest was found in the cultivated sampling region in Var (CultVar, south-east of France). The mean observed heterozygosity was 0.671, and themean expected heterozygosity was 0.605. The sampling regions with the lowest (respectively highest) observed heterozygosity were ForAveyron, the forest sampling region in Aveyron (respectively, CultVar). The sampling regions with the lowest (respectively highest) expected heterozygosity were CultVar (respectively, the forest sampling regions in Finistère, ForFinistere). Excluding ForGironde, positive and significant inbreeding (Fis) was found in the cultivated sampling region in Ariège (CultAriege) and in the forest sampling region in Ardèche (ForArdech). The highest Ia and rbarD were found in CultVar, and the lowest were found in ForFinistere. The results of AMOVA (Table 4 and ESM_6A) revealed no substantial difference in structure in chestnut type between forest stands and cultivated orchards: the variance component did not significantly differ from zero.Moreover,

although the Fct had a confidence intervals excluding zero, it is very close to zero. Instead, more than 80% of the variance was found within each sampling region. At a threshold of 0.001, we rejected the null hypothesis of panmixia, both among sampling regions within chestnut types and within sampling regions. Among sampling regions within chestnut types, the Phi test statistic of the AMOVA indicated greater variance than expected under the null hypothesis. This suggested an underlying structure at this hierarchical level that was confirmed by a positive bootstrapderived confidence interval for Fst (0.088–0.11). Within sampling regions, the Phi test statistic indicated lower variance than expected under the null hypothesis. This suggested some inbreeding at this hierarchical level confirmed by a negative bootstrap-derived confidence interval for Fis, although very close to zero. Note that in the 10Unik data set, a bootstrapderived confidence interval for Fis included zero (ESM_6A).

Table 3: Genetic diversity indices for 16 French sampling regions at 18 loci without MLGs (*18Unik* data set)

N: number of unique individuals genotyped per sampling region; Na: number of alleles; Ne: mean number of effective alleles; Ho: observed heterozygosity; He: expected heterozygosity; H: Shannon-Weiner diversity index; Ia: index of association; rbarD: standardized index of association; Fis: inbreeding coefficient, with 95% confidence interval (CI). Asterisks indicate significant *p* values at the 0.001 threshold. The "Total" row contains the sum of N, total Na and total H, and the mean for the other indices.

Sampling Regions	**N**	**Na**	**Ne**	**Ho**	**He**	**H**	**Ia**	**rbarD**	**mFis**
CultArdech	49	109	3.31	0.754	0.690	3.89	1.534*	0.091*	-0.11 [-0.162;-0.048]
CultAriege	35	106	2.80	0.622	0.634	3.56	1.098*	0.065*	-0.006 [-0.079;0.076]
CultAveyron	24	98	2.83	0.735	0.633	3.18	1.425*	0.085*	-0.16 [-0.221;-0.105]
CultCorsica	38	109	3.08	0.666	0.666	3.64	1.067*	0.064*	-0.013 [-0.074;0.053]
CultHtPyr	25	88	2.54	0.608	0.594	3.22	2.062*	0.131*	-0.023 [-0.138;0.117]
CultLimousin	44	109	2.71	0.686	0.624	3.78	0.626*	0.041*	-0.104 [-0.149;-0.061]
CultVar	4	51	2.85	0.792	0.557	1.39	6.922*	0.529*	-0.333 [-0.474;-0.105]
ForAveyron	29	87	2.58	0.603	0.602	3.37	0.765*	0.045*	-0.024 [-0.080;0.058]
ForBasque	1	29	2.57	0.611	0.306	0.00	NA	NA	NA
ForCantal	22	83	2.53	0.628	0.591	3.09	0.585*	0.035*	-0.064 [-0.132;-0.002]
ForCorsica	71	103	2.85	0.666	0.644	4.26	0.722*	0.045*	-0.044 [-0.122;0.034]
ForFinistere	97	132	3.03	0.668	0.666	4.57	0.498*	0.03*	-0.028 [-0.076;0.023]
ForGard	30	96	2.61	0.700	0.607	3.40	0.973*	0.058*	-0.142 [-0.216;-0.099]
ForGironde	5	68	2.82	0.611	0.581	1.61	2.676*	0.18*	0.048 [-0.126;0.180]
ForHerault	16	86	3.05	0.694	0.651	2.77	0.907*	0.057*	-0.048 [-0.132;-0.038]
ForVar	30	88	2.83	0.690	0.635	3.40	0.589*	0.035*	-0.112 [-0.201;0.054]
Total	520	179	2.81	0.671	0.605	6.24	0.581*	0.034*	-0.095

Table 4: Hierarchical AMOVA and F-statistics for 16 French sampling regions at 18 loci without MLGs (*18Unik* data set). df: degree of freedom, Alter: alternative hypothesis, 95% confidence intervals, ***: p value ≤ 0.001

Source of variation	**df**	**Variance component**	**% variation**	***p* value**	**Alter.**	**F statistic**
Among chestnut type	1	-0.169	-1.54	0.886	greater	Fct -0.01 [-0.013; -0.005]
Among sampling regions within chestnut types	14	1.740	15.81	0.001***	greater	Fst 0.099 [0.088; 0.11]
Within sampling regions	504	9.435	85.73	0.001***	less	Fis -0.036 [-0.062; -0.005]
Total	509	11.006	100.00			Fit 0.058 [0.03; 0.093]

3.4 Two main genetic clusters with a strong admixture among sampling regions

In addition to analyzing genetic diversity per sampling region, we also evaluated the overall genetic structure to detect genetic clusters, if any, and to assess their congruence with respect to the sampling regions.

The number of genetic clusters was determined using three methods, each with its own criterion: DeltaK for STRUCTURE, BIC for DAPC, and cross-entropy for SNMF. For all data sets, BIC and cross-entropy started by decreasing sharply (ESM_7), demonstrating the presence of genetic structure. However, the signal was not so clear,making the choice of the number of genetic clusters rather difficult. By contrast, the signal of DeltaK was clear for all data sets. Therefore, we chose to display in the main and supplementary material the results of STRUCTURE rather than the other methods.

On the 18Unik data set (respectively, 10Unik), the most likely number of clusters, according the DeltaK criterion, gave the highest value for K = 2 (respectively, K = 6).We chose to display the results at K = 2 and K = 6 for the 10Unik (ESM_7B) and 10Unik with Spanish sample data sets (ESM_7D) in order to allow comparison with the 18Unik (ESM_7A) and 18Unik with Spanish sample data set (ESM_7C).

Reconstructed panmictic populations (RPPs) were numbered according to the clustering of the 18Unik data set at K = 2 (RPP1 and RPP2), and the clustering of the 10Unik data set was named in reference to the K = 2 clustering (RPP1a, RPP1b, RPP2a, RPP2b, RPP2c, and RPP2d). In tables and electronic supplementary material (ESM), the numbers of clusters were kept together with the RPPs in order to help the reader to follow the results from both the manuscript and the files hosted on INRAE server.

On the 18Unik (Fig. 2), (respectively, 10Unik; seeESM_8B) data set, for K = 2, 85% (respectively, 85%) of the individuals from Corsica, Var, and Ardèche were grouped in reconstructed panmictic population 1 (RPP1), and 68% (respectively, 62%) of individuals from all sampling regions except Var (respectively, except the forest region in Var) were grouped in RPP2. Cultivated sampling region from Ardèche (CultArdech) and forest sampling region from Hérault (ForHerault) had more than 50%of admixed individuals between RPP1 and RPP2 (Fig. 2b). On the 10Unik data set, for K = 6, 95% of the individuals from Var and 20% of individuals from Ardèche were in RPP1a, 94% of the individuals from Corsica were grouped in RPP1b, 70%of individuals from Limousin and Finistère (west of France) were grouped in RPP2a, 71% of individuals from Aveyron and Cantal (south-west of Massif Central) were grouped in RPP2b, 68% of individuals from Ardèche were grouped in RPP2c, and 80% of individual from Ariège, Hautes-Pyrénées, and Basque Country (French Pyrennées) and 69% of individuals from Hérault were grouped in RPP2d. Cultivated sampling region from Ardèche (CultArdech),

Ariège (CultAriege), Aveyron (CultAveyron), and Corsica (CultCorsica) and forest sampling region from Cantal (ForCantal), Finistère (ForFinistere), and Hérault (ForHerault) hadmore than 50%of admixed individuals between RPPs (ESM_8B for K = 6)

The overall admixed genetic structure in our sample was confirmed by the relatively low pairwise Fst calculated between clusters, as can be seen in Fig. 2 and ESM_8B: 0.09 between RPP1 and RPP2 when ql ≥ 80% on the 18Unik (respectively, 0.088 on the 10Unik) data set. When K = 6 and ql ≥ 80% on the 10Unik data set, the highest Fst values were found between Var and Ardèche (RPP1a) and Aveyron (RPP2b), West of France (RPP2a), and Pyrénées (RPP2d). The lowest Fst values were found between RPP1b, RPP2b, and RPP2d. Taking into account the confidence interval, the genetic differentiation between Var and Ardèche (RPP1a) and Corsica (RPP2b) is of the same magnitude than the genetic differentiation between Var and Ardèche (RPP1a) and Aveyron (RPP2b), West of France (RPP2a), and Pyrénées (RPP2d).On the 18Unik (respectively, 10Unik) data set, eighty-five individuals out of 520, i.e., 16% (respectively, 564 out of 1050, i.e., 54%) had a ql < 80%. A hierarchical AMOVA performed on the strongly assigned individuals (ql ≥80%) of the 18Unik data set (respectively, 10Unik) corroborated this finding (Table 5 and ESM_6C): 86.6% of the variance (respectively, 81.9%) was found among samples within clusters. For the 18Unik (respectively, 10Unik) data set, the variance component between clusters was 13.4% (respectively, 18.1%) and the Fst was of 0.09 (respectively, 0.125), indicating a relatively low but significant genetic structure (Table 5 and ESM_6C).

When the inbreeding coefficient was calculated per cluster on strongly assigned individuals (Table 6 and ESM_9), the 95% confidence interval of both clusters included zero. The mean observed heterozygosity was 0.673 for 18Unik (respectively, 0.657 for 10Unik), and the mean expected heterozygosity was 0.681 (respectively, 0.654 for 10Unik).

In terms of assignment probabilities of individuals to clusters, the “clusteredness” statistic was markedly higher for STRUCTURE and DAPC than for SNMF, for both 18Unik at K = 2 (0.809 and 0.909 versus 0.642) and 10Unik at K = 6 (0.732 and 0.922 versus 0.512).

A.

Sampling Region	RPP1 (ql≥50%)	RPP2 (ql≥50%)	Sum RPP1+RPP2	Admixed (ql≤80%)
CultArdech	28	21	49	27
CultAriege	1	34	35	9
CultAveyron		24	24	2
CultCorsica	31	7	38	17
CultHtPyr		25	25	5
CultLimousin		44	44	
CultVar	4		4	
ForAveyron		29	29	1
ForBasque		1	1	
ForCantal		22	22	
ForCorsica	70	1	71	7
ForFinistere	1	96	97	4
ForGard	1	29	30	
ForGironde		5	5	3
ForHerault	3	13	16	10
ForVar	30		30	
Sum	169	351	520	85

B.

C.

RPPs	RPP1
RPP2	0.069 [0.052;0.084]

RPPs (ql≥ 80%)	RPP1
RPP2	0.09 [0.069;0.108]

Fig. 2 a Classification of 520 European chestnut genotypes, in reconstructed panmictic populations (RPPs) when K = 2, based on the 18Unik data set. In orange, genotypes from southeast of France and Corsica (RPP1). In green, genotypes from other regions (RPP2). b Table of assignment of sampling regions in RPPs when K = 2, based on the 18Unik data set. c Tables of pairwise Fst between RPPs using all individuals and strongly assigned individuals (ql ≥ 80%), when K = 2, based on the 18Unik data set

Table 5: Hierarchical AMOVA and F-statistics for two genetic clusters at 18 loci without MLGs, on strongly assigned individuals (ql≥ 80%)
df: degrees of freedom, Alter: alternative hypothesis, 95% confidence intervals, ***: p value ≤ 0.001

Source of Variation	df	Variance component	% Variation	*p* value	Alter.	F statistic
Among clusters	1	1.58	13.4	0.001***	greater	Fst 0.09 [0.071; 0.108]
Among samples within clusters	433	10.2	86.6			Fis 0.014 [-0.013; 0.046]
Total	434	11.78	100.00			Fit 0.103 [0.07; 0.138]

Table 6: **Within-cluster genetic variability at 18 loci without MLGs, on strongly assigned individuals (ql≥ 80%)**
N: number of unique individuals genotyped per cluster; Ne: mean number of effective alleles; Na: number of alleles; Ho: observed heterozygosity; He: expected heterozygosity; Fis: inbreeding coefficient with 95% confidence interval. The "total" row contains the sum of N, the total number of alleles (Na), and the mean for the other indices.

RPPs (ql≥ 80%)	N	Ne	Na	Ho	He	Fis
Cluster 2 | RPP1	134	3.27	128	0.684	0.691	0.005 [-0.052; 0.086]
Cluster 1 | RPP2	301	3.04	159	0.662	0.67	0.011 [-0.005; 0.034]
Total	435	3.41	179	0.673	0.681	0.008

4 Discussion

4.1 Sampling and genotyping

This work is the first comprehensive survey of genetic diversity and structure of C. sativa Mill. in France. In the 1990's, Frascaria and colleagues sampled chestnut trees at four locations in France, and they used three isozymes loci. In terms of geographical sampling, we sampled trees at more locations partially including theirs and extending it to new locations. As a result, our sampling covers all the main areas of cultivated and forest chestnuts in France. Moreover, our use of DNAbased markers (SSR) presents several advantages over protein-based ones (used by Frascaria et al., 1992) as such markers provide a higher polymorphism per loci, hence a better discriminative ability (Gibson, 2014).

The markers we used were selected after an extensive review of the literature (by us for the 13 SSR and independently by Pereira-Lorenzo et al. (2017), and allele scoring

was the subject of a recent optimization by Pereira-Lorenzo et al. (2017). Nevertheless, we faced the usual difficulties and drawbacks of microsatellites, i.e., errors and uncertainties in allele calling, difficulty in data comparison and transferability across labs and collaborators over time, and the huge amount of time needed to perform the analysis, as emphasized in previous studies (reviewed by Guichoux et al. 2011).

We consequently set up a small project to define nuclear SNPs, at least to check clear duplicates (in the case of good quality genotyping results) and putative duplicate (in the case of low-quality results) among samples from variety repositories. In a few months, we re-genotyped about 500 samples with up to 160 SNPs and confirmed all suspected duplicates. A detailed description of this work will be the subject of a separate article.

4.2 Null allele frequencies and genetic diversity per sampling region

Some SSRs were known to often have a high null allele frequency, such as EMCs25 (Lusini et al. 2013) and CsCAT14, CsCAT2, CsCAT41B, QrZAG4, and CIO (Pereira-Lorenzo et al. 2017). In our data sets, EMCs38 had between 14 and 19 alleles, whereas CIO had 6 and EMCs25 had 7. These two loci likely had a high null allele frequency because of an excess of homozygotes.

Jost (2008) convincingly argued that the effective number of alleles, Ne, is a more relevant metric of diversity than heterozygosity. The range of this diversity metric in our sampling regions (2.53–3.31) is markedly higher than what Mattioni et al. (2008) obtained on their samples from France (1.33) as well as their samples from Spain (1.30) and Italy (1.35). However, it is similar or even lower than the ones from Mattioni et al. (2013) for Spain (3.12–3.41) and Italy (2.83– 4.93) and from Mattioni et al. (2017) for France (3.46–3.82), Spain (3.06–4.31), and Italy (3.24–5.57). In comparison, Skender et al. (2017) obtained a Ne range of 2.15–2.75 in Bosnia-Herzegovina and Croatia. Such comparisons suggest that our sampling regions in France have an intermediate level of diversity, likely similar (resp. lower) to those sampled by colleagues in Spain (resp. Italy). The lower Ne values from Mattioni et al. (2008) may be due to their sample size (26 per sampled site) mostly smaller than the other studies.

4.3 No differentiation between chestnut types and a redundant diversity among sampling regions

The absence of significant genetic structure between forest and cultivated stands and a Fct close to zero between both chestnut types indicate common ancestors, similar to other studies (e.g., Pereira-Lorenzo et al. 2019). This result was not completely unexpected given that chestnut is an outcrossing species and that gene flow between forest and cultivated stands is known to occur, together with changes in usage over time and in certain practices such as forests being used as a source of seedlings for rootstock, good quality fruits as a source of seedlings to plant forests, peasant woods in Limousin (personal communication), and "instant domestication" (Pereira-Lorenzo et al. 2019).

Moreover, the high variance found by the AMOVA within sampling regions implies that each sampling region hosts a substantial diversity, mostly shared with the other sampling regions. Such a sharing of genetic diversity between sampling regions confirms the interpretation as the result of human exchanges (Bruneton-Governatori 1999; Conedera et al. 2016; Krebs et al. 2019; Pitte 1986).

Sharing genetic diversity between our sampling regions should also ensure a better backup of this diversity, as long as information about landraces is shared among stakeholders in the different sampling regions. In situ sampling revealed that many landraces are multiclonal. This source of diversity and hence of potential adaptation argues in favor of not reducing a landrace to one arbitrary clone. Even clones should be carefully evaluated, as morphological differences between individual trees attributed to the same clones were reported during our field trips, as has been the case in other species (Cipriani et al. 2010). This result is particularly timely knowing that chestnut valuation tends to be based on heritage, with significance and quality marks associated to local landraces (e.g., AOC Châtaigne d'Ardèche, AOC Farine de châtaigne Corse – Farina castagnina corsa, Label rouge Marron du Périgord). Hasty conclusions coming from a narrow sampling could provide arguments of authority to justify that certain landraces are "local" of the particular area under study. However, even if a landrace has been cultivated for centuries in a particular place, this may also be the case elsewhere. Therefore, one might rightfully ask whether the quality of local chestnut comes from its locality. For crops like chestnut, usage and practices may be at least as important as genetics to give value to chestnut for growers and consumers (Dupré 2002, 2005; Martín et al. 2017).

4.4 Two main genetic clusters

All methods identified a clear genetic structure in all data sets, with at least two clusters. In terms of the number of clusters, the criterion applied to the STRUCTURE results provided the most clear-cut signal; we hence based our analysis on these results. Moreover, the results with less SSRs but more individuals (10Unik data set) were coherent with the results with more SSRs but less individuals (18Unik data set). Even though several articles showed limits to STRUCTURE (e.g., Kalinowski, 2011; Puechmaille 2016) or to the way it can be used (Wang, 2017), a full comparison with the two other methods we tested based on simulations is out of the scope of this article. Still, it is important to note that, at the number of clusters determined by STRUCTURE (K = 2 for 18Unik and K = 6 for 10Unik), the two other methods, DAPC and SNMF, assigned individuals to clusters similar to STRUCTURE. Moreover, even though the SNMF model is closer to the STRUCTURE model than the model behind DAPC (Kmeans), its assignments of individuals to clusters were less differentiated, as shown by the "clusteredness" statistic.

The two main clusters identified in the French sample separate most trees from Corsica, Var, and Ardèche (RPP1) from those of the other sampling regions (RPP2). In terms of genetic diversity as measured by the effective number of alleles, Ne, both clusters display values (3.27 and 3.04) similar to each other and to those calculated per sampling region (see above). Nevertheless, beyond the structuring in two main clusters, a high admixture remains among sampling regions. Indeed, most of the genetic variance from theAMOVA (> 80%) exists within clusters. Mattioni et al. in 2013 (respectively, 2017) also found such a high percentage with 88.43% (respectively, 87.82%). This contrasts sharply with the study of Skender et al. (2017) on chestnut trees sampled in Bosnia-Herzegovina, Croatia, Slovenia, and Italy (Tyrol), who found that only 22.28% of the genetic variance exists within clusters. They interpreted that such a strong genetic differentiation between clusters comes from the fact that their sample contains "populations most likely originated from independent shelter zones, after the last glaciation period". Hence, the high admixture we observe in our French sample may suggest that the current chestnut trees in France originate mostly from a single ancestral population. But a detailed investigation in the lines of Krebs et al. (2004, 2019) remains for future work, notably to disentangle the relative importance of the Iberian and Italian refuges with respect to current chestnut in France.

4.5 Future outlook of European genetic structure of chestnut

The genetic structure inferred from our samples as two main clusters did not completely match the sampling regions. This result was also expected for a continuously dispersed species affected by human management like European chestnut. Moreover, an admixed genetic structure was consistent with the known patterns of divergence and distribution of chestnut (Mattioni et al. 2017), combined with evidence from fossil pollen of several tree species suggesting that chestnut populations originating from Italy or the Balkans spread into the Iberian Peninsula from the north (Grivet and Petit 2003; Petit 2003).

In the EU database (2017) and in Pereira-Lorenzo et al. (2019), “Luguesa” was classified with the Italian group of cultivars. In our analyses, it was found in the south-eastern cluster (ESM_8C: RPP1 in 10Unik data set with Spanish samples at K = 2)with “Pais,” “Puga,” and “Raigona,” which were originally classified in the Iberian group. The other Spanish cultivars were found in cluster RPP2. This classification of Spanish samples in our two main clusters is not sufficient to conclude on the spontaneous spread of the species from either Spanish or Italian last glacial refugia (Krebs et al. 2019). However, we provide our genotyping data so that (i) an update of the EU database including more French individual is possible by the community of researchers working on this and (ii) approaches in paleoecology (e.g., Krebs et al. 2004 and Krebs et al. 2019) and palaeodistribution modeling (Roces-Díaz et al. 2018) could be performed at the whole European scale in subsequent studies.

Before removal of hybrid individuals, the Basque sampling region was represented in the 10 (respectively, 18) data set by 119 (respectively, 10) successfully genotyped non-repeated individuals. This high number of admixed individuals is an important feature of the actual chestnut forest there, resulting from the long history of interspecific hybridization in this region, which extends on both sides of the border between Spain and France (Pereira-Lorenzo et al. 2017). It is further substantiated by the high prevalence of trees tolerant to ink disease, as found through artificial inoculation experiments within seedlots we have genotyped (Robin et al., in preparation).

5 Conclusion

In conclusion, this study revealed the genetic diversity and structure of French forest and cultivated chestnut across most of its range. We showed moderate diversity redundancy between sampling regions and a weak genetic structure. Based on external knowledge, the influence of human activity is the most probable explanation for this finding. Two main clusters were found, one in Corsica and the south-east of France. This confirms existing historical knowledge on land use changes, the movement of landraces, and "instant domestication" landraces. We believe our work provides useful information for conservation planning purposes and for cooperation between chestnut non-profit associations and groups of growers interested in landrace conservation and diffusion.

References

Adamack AT, Gruber B (2014) PopGenReport: simplifying basic population genetic analyses in R. Methods Ecol Evol 5:384–387. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12158

Aumeeruddy-Thomas Y, Therville C, Lemarchand C, Lauriac A, Richard F (2012) Resilience of sweet chestnut and truffle holm-oak rural forests in Languedoc-Roussillon, France: roles of social-ecological legacies, domestication, and innovations. Ecol Soc 17:12. https://doi.org/10.5751/ES-04750-170212

Beccaro GL, Torello-Marinoni D, Binelli G, Donno D, Boccacci P, Botta R, Cerutti AK, Conedera M (2012) Insights in the chestnut genetic diversity in Canton Ticino (Southern Switzerland). Silvae Genet 61: 292–300

Beghè D, Ganino T, Dall'Asta C, Silvanini A, CirliniM, Fabbri A (2013) Identification and characterization of ancient Italian chestnut using nuclear microsatellite markers. Sci Hortic 164:50–57. https://doi. org/10.1016/j.scienta.2013.09.009

Bouffartigue C, Debille S, Cabrer AMR, et al (2020) Two main genetic clusters with high admixture between forest and cultivated chestnut (Castanea sativa Mill.) in France. [dataset]. V1. Data Inrae repository. https://doi.org/10.15454/E2DFNJ

Brookfield JFY (1996) A simple new method for estimating null allele frequency from heterozygote deficiency. Mol Ecol 5:453–455

Bruneton-Governatori A (1999) Le pain de bois: Ethnohistoire de la châtaigne et du châtaignier, Lacour. Nîmes

Buck EJ, HadonouM, James CJ, Blakesley D, Russell K (2003) Isolation and characterization of polymorphic microsatellites in European chestnut (Castanea sativa Mill.). Mol Ecol Notes 3:239–241. https://doi.org/10.1046/j.1471-8286.2003.00410.x

Chessel D, Dufour AB, Thioulouse J (2004) The ade4 package - I: onetable methods. R news 4:5–10

Cipriani G, Spadotto A, Jurman I, di Gaspero G, Crespan M, Meneghetti S, Frare E, Vignani R, Cresti M, Morgante M, Pezzotti M, Pe E, Policriti A, Testolin R (2010) The SSR-based molecular profile of 1005 grapevine (Vitis vinifera L.) accessions uncovers new synonymy and parentages, and reveals a large admixture amongst varieties of different geographic origin. Theor Appl Genet 121:1569–1585. https://doi.org/10.1007/s00122-010-1411-9

Conedera M, TinnerW, Krebs P, et al (2016) Castanea sativa in Europe: distribution, habitat, usage and threats

Dupré L (2002) Du marron à la châtaigne d'Ardèche. La relance d'un produit régional. Éditions du CTHS

Dupré L (2005) Classer et nommer les fruits du châtaignier ou la construction d'un lien à la nature. Nat Sci Sociétés 13:395–402. https://doi.org/10.1051/nss:2005060

Eriksson G, Pliura A, Fernández-López J et al (2005) Management of genetic resources of the multi-purpose tree species Castanea sativa Mill. In: Horticulturae A (ed) International Society for Horticultural Science (ISHS). Leuven, Belgium, pp 373–386

Evanno G, Regnaut S, Goudet J (2005) Detecting the number of clusters of individuals using the software structure: a simulation study. Mol Ecol 14:2611–2620. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005. 02553.x

Excoffier L, Smouse PE (1992) Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data, p 13

Falush D, Stephens M, Pritchard JK (2003) Inference of population structure using multilocus genotype data: linked loci and correlated allele frequencies, p 22

FAO (2018) Faostat data for chestnut. http://www.fao.org/faostat/. FAQ List for Arlequin 2000 FAQ List for Arlequin 2.000. http://cmpg. unibe.ch/software/arlequin/software/2.000/doc/faq/faqlist.htm#

negative%20variance%20components. Accessed 31 May 2019

Fernández-Cruz J, Fernández-López J (2016) Genetic structure of wild sweet chestnut (Castanea sativa Mill.) populations in northwest of Spain and their differences with other European stands. Conserv Genet 17:949–967. https://doi.org/10.1007/s10592-016-0835-4

Fernández-López J, Fernández-Cruz J (2015) Identification of traditional Galician sweet chestnut varieties using ethnographic and nuclear microsatellite data. Tree Genet Genomes 11. https://doi.org/10. 1007/s11295-015-0934-2

FranceAgriMer (2017) chiffres clés Filière Fruits et Légumes 2016

Frascaria N, Blaise S, Guittet J, Lefranc M (1991) Analysis of the spatial genotype distribution in a small chestnut tree population (Castanea sativa MILL.). Spatial autocorrelation and F-statistics. In: Fineshi S, Malvoti ME, Cannata F, HATTEMER HH (eds) Biochemical markers in the population genetics of forest trees. S P B Academic Publ, The Hague, p 219

Frascaria N, Chanson B, Thibaut B, LefrancM(1992) Gene diversity and wood quality characteristics in chestnut (Castanea sativa Mill.). Ann Sci For 49:49–62. https://doi.org/10.1051/forest:19920105

Frascaria N, Lefranc M (1992) Chestnut trade - a new aspect of the differentiation of chestnut tree (Castanea sativa MILL.) populations in France. Ann Sci For 49:75–79. https://doi.org/10.1051/forest: 19920107

Frichot E, Mathieu F, Trouillon T, Bouchard G, François O (2014) Fast and efficient estimation of individual ancestry coefficients. Genetics 196:973–983. https://doi.org/10.1534/genetics.113.160572

Gibson DJ (2014) Methods in comparative plant population ecology. Oxford University Press

Gobbin D, Hohl L, Conza L, Jermini M, Gessler C, Conedera M (2007) Microsatellite-based characterization of the Castanea sativa cultivar heritage of southern Switzerland. Genome 50:1089–1103. https://doi.org/10.1139/G07-086

Goodman SN, Fanelli D, Ioannidis JPA (2016) What does research reproducibility mean? Sci Transl Med 8:341ps12–341ps12. https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aaf5027

Goudet J (2005) Hierfstat, a package for r to compute and test hierarchical

F-statistics. Mol Ecol Notes 5:184–186. https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2004.00828.x

Grivet D, Petit RJ (2003) Chloroplast DNA phylogeography of the hornbeam in Europe: evidence for a bottleneck at the outset of postglacial colonization, p 10

Guichoux E, Lagache L, Wagner S et al (2011) Current trends in microsatellite genotyping: trends in microsatellite genotyping. Mol Ecol Resour 11:591–611. https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2011.03014.x

Harris SA, Robinson JP, Juniper BE (2002) Genetic clues to the origin of the apple. Trends Genet 18:426–430. https://doi.org/10.1016/S0168-9525(02)02689-6

IGN (2007) BD Forêt® V2. http://professionnels.ign.fr/bdforet.

IGN (2016) RPG. http://professionnels.ign.fr/rpg#tab-1

Jakobsson M, Rosenberg NA (2007) CLUMPP: a cluster matching and permutation program for dealing with label switching and multimodality in analysis of population structure. Bioinformatics

23:1801–1806. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btm233

Jombart T (2008) adegenet: a R package for the multivariate analysis of genetic markers. Bioinformatics 24:1403–1405. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btn129

Jombart T, Devillard S, Balloux F (2010) Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. BMC Genet 11:94. https://doi.org/10.1186/1471-2156-11-94

Jost L (2008) GST and its relatives do not measure differentiation. Mol Ecol 17:4015–4026. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.03887.x

Kalinowski ST (2011) The computer program STRUCTURE does not reliably identify the main genetic clusters within species: simulations and implications for human population structure. Heredity 106:625–632. https://doi.org/10.1038/hdy.2010.95

Kampfer S, Lexer C, Glössl J, Steinkellner H (1998) Characterization of (GA)n microsatellite loci from Quercus Robur. Hereditas 129:183–186. https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1998.00183.x

Kamvar ZN, Brooks JC, Grünwald NJ (2015) Novel R tools for analysis of genome-wide population genetic data with emphasis on clonality. Front Genet 6:10. https://doi.org/10.3389/fgene.2015.00208

Kamvar ZN, Tabima JF, Grünwald NJ (2014) Poppr: an R package for genetic analysis of populations with clonal, partially clonal, and/or sexual reproduction. PeerJ 2:e281. https://doi.org/10.7717/peerj.281

KimuraM, Crow JF (1964) The number of alleles that can be maintained in a finite population. Genetics 49:725–738

Krebs P, Conedera M, Pradella M et al (2004) Quaternary refugia of the sweet chestnut (Castanea sativa Mill.): an extended palynological approach. In: Vegetation history and Archaeobotany, vol 13, p 18. https://doi.org/10.1007/s00334-004-0041-z

Krebs P, Pezzatti GB, Beffa G, Tinner W, Conedera M (2019) Revising the sweet chestnut (Castanea sativa Mill.) refugia history of the last glacial period with extended pollen and macrofossil evidence. Quat Sci Rev 206:111–128. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.01.

002

Lassois L, Denancé C, Ravon E, Guyader A, Guisnel R, Hibrand-Saint-Oyant L, Poncet C, Lasserre-Zuber P, Feugey L, Durel CE (2016)

Genetic diversity, population structure, parentage analysis, and construction of core collections in the French apple germplasmbased on SSR markers. PlantMol Biol Report 34:827–844. https://doi.org/10.1007/s11105-015-0966-7

Lusini I, Velichkov I, Pollegioni P, Chiocchini F, Hinkov G, Zlatanov T, Cherubini M, Mattioni C (2013) Estimating the genetic diversity and spatial structure of Bulgarian Castanea sativa populations by SSRs: implications for conservation. Conserv Genet 15:283–293. https://doi.org/10.1007/s10592-013-0537-0

Marinoni D, Akkak A, Bounous G, Edwards KJ, Botta R (2003) Development and characterization of microsatellite markers in Castanea sativa (Mill.). Mol Breed 11:127–136. https://doi.org/10.1023/A:1022456013692

Martín MA, Mattioni C, Cherubini M, Taurchini D, Villani F (2010a) Genetic characterisation of traditional chestnut varieties in Italy using microsatellites (simple sequence repeats) markers. Ann Appl Biol 157:37–44. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2010.00407.x

Martín MA, Mattioni C, Cherubini M et al (2010b) Genetic diversity in European chestnut populations by means of genomic and genic microsatellite markers. Tree Genet Genomes 6:735–744. https://doi.org/10.1007/s11295-010-0287-9

Martín MA, Monedero E, Martín LM (2017) Genetic monitoring of traditional chestnut orchards reveals a complex genetic structure. Ann For Sci 74:13. https://doi.org/10.1007/s13595-016-0610-1

Mattioni C, Cherubini M, Micheli E, Villani F, Bucci G (2008) Role of domestication in shaping Castanea sativa. Tree Genet Genomes 4: 563–574. https://doi.org/10.1007/s11295-008-0132-6

Mattioni C, Martín MA, Chiocchini F et al (2017) Landscape genetics structure of European sweet chestnut (Castanea sativa Mill): indications for conservation priorities. Tree Genet Genomes 13:39. https://doi.org/10.1007/s11295-017-1123-2

Mattioni C, Martín MA, Pollegioni P et al (2013) Microsatellite markers reveal a strong geographical structure in European populations of Castanea sativa (Fagaceae): evidence for multiple glacial refugia. Am J Bot 100:951–961. https://doi.org/10.3732/ajb.1200194

Mellano MG, Beccaro GL, Donno D, Marinoni DT, Boccacci P, Canterino S, Cerutti AK, Bounous G (2012) Castanea spp. biodiversity conservation: collection and characterization of the genetic

diversity of an endangered species. Genet Resour Crop Evol 59: 1727–1741. https://doi.org/10.1007/s10722-012-9794-x

Mellano MG, Torello-Marinoni D, Boccacci P et al (2018) Ex situ conservation and characterization of the genetic diversity of Castanea spp. In: Acta Horticulturae, pp 1–6. https://doi.org/10.17660/

ActaHortic.2018.1220.1

Míguez-Soto B, Fernández-Cruz J, Fernández-López J (2019) Mediterranean and Northern Iberian gene pools of wild Castanea sativa Mill. are two differentiated ecotypes originated under natural divergent selection. PLoS One 14:e0211315. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211315

Nei M (1987) Molecular evolutionary genetics. Columbia University Press, New York

Paradis E (2010) Pegas: an R package for population genetics with an integrated-modular approach. Bioinformatics 26:419–420. https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btp696

Pereira-Lorenzo S, Costa RML, Ramos-Cabrer AM, Ribeiro CAM, da Silva MFS, Manzano G, Barreneche T (2010) Variation in grafted European chestnut and hybrids by microsatellites reveals two main origins in the Iberian Peninsula. Tree Genet Genomes 6:701–715. https://doi.org/10.1007/s11295-010-0285-y

Pereira-Lorenzo S, Fernandez-Lopez J (1997) Description of 80 cultivars and 36 clonal selections of chestnut (Castanea sativa Mill.) from Northwestern Spain. Fruit Variet J 51:13–27

Pereira-Lorenzo S, Costa R, Anagnostakis S et al (2016) Interspecific hybridization of chestnut. In: Mason AS (ed) Polyploidy and hybridization for crop improvement. CRC Press, Boca Raton, pp 377– 407. https://doi.org/10.1201/9781315369259-16

Pereira-Lorenzo S, Ramos-Cabrer A, Barreneche T et al (2017) Database of European chestnut cultivars and definition of a core collection using simple sequence repeats. Tree Genet Genomes 13:5. https://doi.org/10.1007/s11295-017-1197-x

Pereira-Lorenzo S, Ramos-CabrerAM, Barreneche T, Mattioni C, Villani F, Díaz-Hernández B, Martín LM, Robles-Loma A, Cáceres Y, Martín A (2019) Instant domestication process of European chestnut cultivars. Ann Appl Biol 174:74–85. https://doi.org/10.1111/aab.12474

Petit RJ (2003) Glacial refugia: hotspots but not melting pots of genetic diversity. Science 300:1563–1565. https://doi.org/10.1126/science.1083264

Pitte J-R (1986) Terres de Castanide. In: Hommes et paysages du Châtaignier de l'Antiquité à nos jours. Fayard, Paris Pritchard J, Stephens M, Donnelly P (2000) Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics 155:945–959

Puechmaille SJ (2016) The program structure does not reliably recover the correct population structure when sampling is uneven: subsampling and new estimators alleviate the problem.Mol Ecol Resour 16: 608–627. https://doi.org/10.1111/1755-0998.12512

Quintana J, Contreras A, Merino I et al (2014) Genetic characterization of chestnut (Castanea sativaMill.) orchards and traditional nut varieties in El Bierzo, a glacial refuge and major cultivation site in northwestern Spain. In: Tree Genetics & Genomes, p 11. https://doi.org/10.1007/s11295-014-0826-x

R Core Team (2019) R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna Roces-Díaz JV, Jiménez-Alfaro B, Chytrý M, Díaz-Varela ER, ÁlvarezÁlvarez P (2018) Glacial refugia and mid-Holocene expansion delineate the current distribution of Castanea sativa in Europe. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol 491:152–160. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.12.004

Rosenberg NA,Mahajan S, Ramachandran S et al (2005) Clines, clusters, and the effect of study design on the inference of human population structure. PLoS Genet 1:660–671. https://doi.org/10.1371/journal.pgen.0010070

Sauvezon R, Sauvezon A, Sunt C (2000) Châtaignes et Châtaigniers. Edisud

Skender A, Kurtovic M, Pojskic N, Kalamujic-Stroil B, Hadziabulic S, Gasi F (2017) Genetic structure and diversity of European chestnut (Castanea sativa Mill.) populations in western Balkans: on a crossroad between east and west. Genetika 49:613–626. https://doi.org/10.2298/GENSR1702613S

Steinkellner H, Fluch S, Turetschek E et al (1997) Identification and characterization of (GA/CT)n- microsatellite loci from Quercus petraea. Plant Mol Biol 33:1093–1096. https://doi.org/10.1023/A:1005736722794

Villa TCC, Maxted N, Scholten M, Ford-Lloyd B (2005) Defining and identifying crop landraces. Plant genetic resources: characterization and utilization 3:373–384. https://doi.org/10.1079/PGR200591

Wang J (2017) The computer program STRUCTURE for assigning individuals to populations: easy to use but easier to misuse. Mol Ecol Resour 17:981–990. https://doi.org/10.1111/1755-0998.12650

B. Analyses phylogénétique et clonale des châtaigniers cultivés

B.1 Introduction

La caractérisation génétique des variétés de châtaigniers est complémentaire de leur caractérisation morphologique. Elles sont souvent utilisées conjointement afin de caractériser des collections *ex situ*, certains cultivars, la diversité variétale d'une région ou encore la clonalité intra-variétale et les éventuels liens de parentés entre des variétés traditionnelles (Cutino et al., 2010 ; Fernández-López et Fernández-Cruz, 2015 ; Marinoni et al., 2013 ; Mellano et al., 2012, 2018 ; Pereira-Lorenzo et Fernandez-Lopez, 1997).

Les **variétés traditionnelles** de châtaignes ont été sélectionnées et propagées par les producteurs depuis de nombreuses générations. Du point de vue génétique, elles peuvent être monoclonales, polyclonales ou des variétés à lignées multiples (« multiline varieties »). Elles sont connues par le **nom local de la variété**, utilisé pour une variété dans la région dans laquelle elle est cultivée et qui peut différer entre régions. Un **clone** est un groupe d'au moins deux plantes qui sont issues de la multiplication végétative par greffage d'un châtaignier issu de semis (reproduction sexuée), aux mutations somatiques près[57]. Les **variétés synonymes** ont des noms locaux différents mais correspondent au même clone. Les **variétés homonymes** ont le même nom mais correspondent à des clones différents (Fernández-López et Fernández-Cruz, 2015). Les noms locaux des variétés peuvent être « basiques » ou « non-basiques ». Les noms « basiques » sont basés sur les caractéristiques morphologiques, agronomiques ou peuvent refléter l'histoire sociale et l'origine géographique de la variété. En comparaison, les noms « non-basiques » peuvent sembler arbitraires ou fantaisistes (Chapman et Brown, 2013 ; Hmimsa, Aumeeruddy-Thomas et Ater, 2012).

L'objet de cette sous-partie est de proposer une analyse de la clonalité des variétés à l'échelle de la France et de la phylogénie des châtaigniers sur les territoires prospectés par les deux associations étudiées dans la partie suivante. Les résultats sont confrontés aux savoirs des actrices et acteurs de terrain sur les variétés qui m'ont été communiqués

[57] N'ayant pas la possibilité de détecter les châtaigniers clones issus de variations soma-clonales, je ne les nomme pas.

par des documents, au cours d'entretiens et discussions informelles au cours de la thèse et de discussions autour des résultats de génétique en mai et juillet 2020. Ces savoirs correspondent à des noms de châtaigniers et de variétés locales éventuellement associés à des caractères phénotypiques et agronomique, ainsi qu'à l'histoire connue des châtaigniers ou des variétés. Ils peuvent être reconstruits à l'aide d'outils issus du monde scientifique ou avoir été recueillis auprès d'Anciens. En effet, l'ACRC, Rénova et Châtaigne des Pyrénées réalisent une caractérisation phénotypique à partir de la grille UPOV (UPOV, 1989) *in situ* ou *ex situ* afin de construire des catégories de châtaigniers ressemblants et de leur attribuer des noms de variétés locales. Cette reconstruction de savoirs sur les variétés passe par la prospection des châtaigniers dans les territoires et est guidée par le témoignage des Anciens se souvenant encore d'une culture locale de la châtaigne. Les autres associations ayant fourni des feuilles de châtaigniers pour le génotypage et des noms de variétés locales s'appuient sur la transmission d'un savoir traditionnel et leur observation sans mobiliser la grille UPOV.

Les résultats présentés correspondent à l'ébauche de ce qui sera présenté et discuté ultérieurement avec les associations. Pour cette raison, j'ai choisi de présenter les résultats sous une forme qui me semble la plus explicite et interprétable pour les actrices et acteurs d'après les échanges que nous avons eu à ce sujet.

Dans cette section, je réponds aux questions suivantes :

Clonalité :

- Le génotypage de plusieurs châtaigniers de même variété révèle-il des variétés polyclonales ?

- Observe-t-on une différence de clonalité entre les variétés locales nommée grâce à l'héritage de savoir traditionnel et celles nommées par le travail de phénotypage coordonné par l'ACRC ?

- Trouve-t-on des variétés synonymes et homonymes ?

- L'analyse de clonalité permet-elle d'identifier de nouvelles variétés ou de rattacher des châtaigniers de variété inconnue à des variétés locales connues ?

-

Phylogénies :

- Les variétés qui ont migré par le passé sont-elles aussi celles qui sont les plus appréciées aujourd'hui (c'est-à-dire les plus regreffées et plantées d'après les informations dont nous disposons) ?

- Une part significative de la diversité génétique du châtaignier présente sur les territoires prospectés est-elle connue et conservée *in situ* par les initiatives étudiées ?

- Que peut-on dire des proximités génétiques révélées par les analyses phylogénétiques en Ariège et Hautes-Pyrénées ?

- Que peut-on dire de la répartition spatiale des variétés locales (par vallée, par châtaigneraie), les observations de terrains sont-elles corroborées par les résultats en génétique ?

B.2 Matériel et méthode

1. Stratégie d'échantillonnage dans les Pyrénées

Les individus pyrénéens (Ariège et Hautes-Pyrénées) génotypés dans la partie A sont les même que ceux dont je vais préciser la stratégie d'échantillonnage ici. J'ai effectué la collecte des feuilles de châtaigniers sur les terrains prospectés par des associations avec lesquelles j'avais préalablement pris contact et discuté de l'opportunité de faire des analyses génétiques sur les châtaigniers : ACRC, Châtaigne des Pyrénées, Rénova. Ces associations prospectent et réalisent des observations pluriannuelles de vieux châtaigniers présents sur leur territoire. Ce phénotypage est réalisé sur la base des critères de la grille UPOV (UPOV, 1989) aménagée pour le châtaignier européen (*Castanea sativa* Mill.), enrichie par une caractérisation de la qualité des châtaignes qui donne lieu à une note sur 20. Ce phénotypage est réalisé *in situ*, c'est-à-dire en châtaigneraie de production, à Rénova et Châtaigne des Pyrénées, et *in situ* et *ex situ* (conservatoire) à l'ACRC. J'ai choisi les châtaigniers à génotyper avec les personnes réalisant le phénotypage dans les associations Rénova, Châtaigne des Pyrénées et ACRC, afin de caractériser génétiquement (1) les châtaigniers phénotypés par les associations et appréciés par elles quels qu'en soient les critères (note sur la qualité des fruits, arbre remarquable, etc.), (2) plusieurs châtaigniers par variété pour évaluer la

clonalité des variétés définies par les associations, (3) plusieurs châtaigniers non phénotypés ou considérés comme moins prioritaires à génotyper par les associations afin d'évaluer si la prospection des associations sur leur territoire couvrait l'ensemble de la diversité génétique présente. En Ariège, cet échantillonnage aléatoire a été effectué sur la châtaigneraie des Bazis proche de Sainte-Croix-Volvestre et le long de la vallée de Massat (châtaigniers dispersés). Dans les Hautes-Pyrénées, il a été effectué sur les communes de Loucrup et Esbareich. À de rares exceptions près, les châtaigniers génotypés sont de « vieux » châtaigniers d'au moins 60 cm de diamètre ce qui correspond à un âge moyen de 150 ans si l'on considère un accroissement annuel de 0.4 cm (Fonti et al, 2013 cité par (Pereira-Lorenzo et al., 2019)).

J'ai complété cet échantillonnage avec des châtaigniers varois (SPCV) et limousins (C. Pommes) choisis par les personnes contact et dont les feuilles m'ont été envoyées. Le FCBA a également mené une campagne d'échantillonnage en forêt et auprès d'associations, parcs naturels, conservatoires et groupements de producteurs. Ces collaborations m'ont permis de disposer et d'analyser un jeu de données conséquent et inédit en France. Le tableau 1 détaille cet échantillonnage sur le sous-ensemble des châtaigniers identifiés comme cultivés.

L'ensemble des étapes qui ont conduit à l'échantillonnage et les échanges avec les terrains sont résumés dans la Figure 1 ci-dessous.

Figure 2: Chronologie des activités entreprises sur les terrains étudiés

2. Génotypage

Se reporter à l'article dans Annals of Forest Science.

3. Analyse des données

La même procédure que celle décrite dans l'article publié a été utilisée pour filtrer les données génétiques. Les analyses de diversité et de structure sont également les mêmes que celles décrites dans l'article. Elles ont été effectuées sur les châtaigniers cultivés uniquement (fichier 13_cult.tsv et 24_cult.tsv sur le serveur data.inrae.fr (Bouffartigue et al., 2020)). Dans cette partie nous présentons uniquement les résultats issus du génotypage à 24 SSRs des châtaigniers cultivés. Ce jeu de données présente 7 SSRs ayant trop d'allèles nuls ou de données manquantes au lieu de 6 dans le jeu de données complet présenté en partie A (châtaignier cultivés et sauvages). Le jeu de données analysé présente donc 337 génotypes de châtaigniers cultivés et 17 SSRs (Tableau 1).

L'analyse clonale a été effectuée sur l'ensemble du jeu de données correspondant aux châtaigniers identifiés comme cultivés. Les résultats des analyses phylogénétiques sont présentés sur les régions échantillonnées dans le piémont Pyrénéen. Les résultats des autres régions échantillonnées sont disponibles sur demande, le fichier des analyses effectuées sur le logiciel R (fichiers Rmd) sont publiés sur le serveur data.inrae.fr (Bouffartigue et Flutre, 2020).

Département	Nom de la région échantillonnée	Partenaires ayant contribué à l'échantillonnage	*In/Ex-situ*	n17	u17
Hérault, Gard, Drôme and Ardèche	CultArdech	CDA Ardèche + CRA Occitanie + SDCA	E	75	41
Ariège	CultAriege	Renova	I	60	36
Aveyron	CultAveyron	ACRC + P.Rance	E+I	37	27
Corsica	CultCorsica	GRPTCMC	I	48	38
Hautes-Pyrénées	CultHtpyr	Châtaigne des Pyrénées	I	29	24
Corrèze + Haute-Vienne	CultLimousin	C.Pommes + PNR	E	83	42
Var	CultVar	SPCV	I	4	4
Total				336	212

Tableau 1 : Jeu de données utilisé pour l'analyse phylogénétique et clonale

Chaque région échantillonnée contient un ou plusieurs sites échantillonnés dans des parcelles proches géographiquement. Dans certains cas l'échantillonnage a été réalisé par plusieurs associations géographiquement proches et travaillant ensemble. In/Ex situ.: I = in situ, E = ex situ. Les châtaigniers génotypés listés dans ce tableau sont ceux avec moins de 20% d'allèles manquants et après l'exclusion des hybrides interspécifiques. Les marqueurs SSRs sont ceux après avoir enlevé les loci avec des allèles nuls et plus de 5% de données manquantes. n17 correspond au nombre de châtaigniers génotypés à 17 SSRs. u17 correspond au nombre de génotypes uniques de châtaignier par région échantillonnée (MLGs), génotypés à 17SSRs.

4. Analyse clonale

L'analyse clonale a été réalisée à l'aide du paquet R/poppr (Kamvar, Brooks et Grünwald, 2015 ; Kamvar, Tabima et Grünwald, 2014). Un tableau contenant une ligne par châtaignier génotypé a été construit et permet de filtrer les résultats en fonction des régions échantillonnées, des variétés renseignées, des noms d'arbres ou encore des clones détectés. L'analyse de ce tableau est à ce stade qualitative et s'appuie sur mes connaissances du terrain et des échanges avec les actrices et acteurs de terrain, en particulier les personnes investies dans le phénotypage des châtaigniers (Vincent Loic et Briane Girard pour l'ACRC, Artigues Stéphane pour Châtaigne des Pyrénées et Michaux Francis pour Rénova).

5. Phylogénies

L'utilisation des arbres phylogénétiques et des réseaux[58] phylogénétiques comme moyens de classification remonte à l'antiquité (Gambette, 2010). À la suite de nombreuses discussions sur les différentes façons de formaliser des résultats avec T.

[58] Minimum spanning network en anglais

Flutre et des actrices et acteurs de terrain, nous avons conclu que les arbres et réseaux étaient probablement l'un des moyens de visualisation des relations entre châtaigniers, variétés et terrains d'étude les plus explicites.

Les paquets R/ape (Paradis, Claude et Strimmer, 2004 ; Paradis et Schliep, 2019) et R/poppr (Kamvar, Tabima et Grünwald, 2014) ont été utilisés pour l'analyse. La distance de Bruvo (Bruvo et al., 2004) a été utilisée pour calculer les distances génétiques entre échantillons en prenant en compte la nombre des répétitions pour chaque marqueur microsatellite. L'algorithme BIONJ (Gascuel, 1997) a été utilisé pour calculer les arbres phylogénétiques. L'incertitude a été estimée par 100 bootstraps. L'algorithme par défaut du réseau couvrant de poids minimal du paquet R/igraph a été utilisé pour calculer les réseaux phylogénétiques (Paradis, Claude et Strimmer, 2004 ; Paradis et Schliep, 2019).

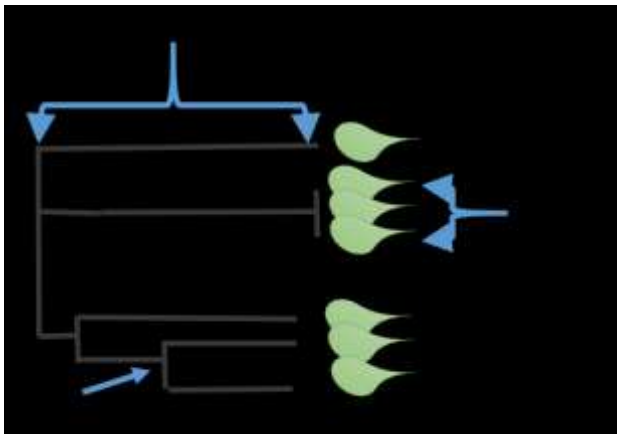
6. Partager les résultats de génétique

Un des enjeux de la thèse est de parvenir à partager les résultats de génétique avec les actrices et acteurs de terrain de façon à construire une compréhension commune de la diversité des châtaigniers présente *in situ*. Cela passe par un travail de vulgarisation en 2017, en 2019 et prochainement en novembre 2020. Des supports ont été construits et présentés à cette fin (Bouffartigue, 2017, 2019) comme l'illustre également l'encadré ci-dessous.

Arbre et réseau, quelles différences et comment les lire ?

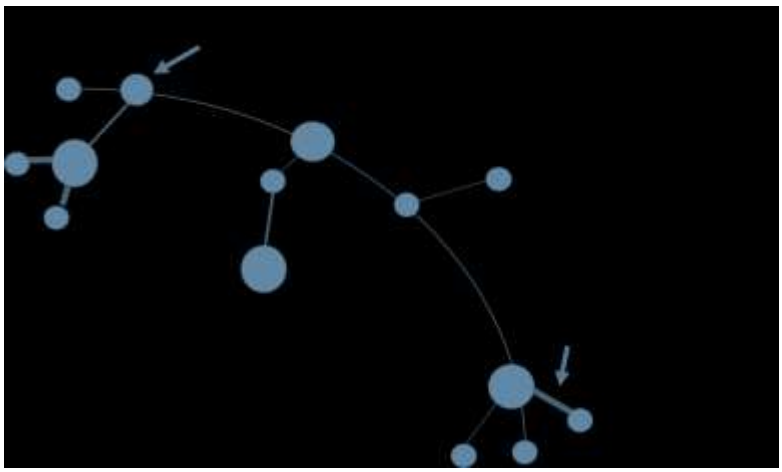
Arbres et réseaux phylogénétiques montrent les relations de parentés entre des êtres vivants mais celles-ci sont modélisées de façon différente.

Sur un arbre phylogénétique, une feuille correspond à un échantillon étudié (ici un châtaignier). Chacun des nœuds de l'arbre représente l'ancêtre commun de ses descendants (les feuilles). Le nœud est un ancêtre commun théorique à partir duquel les descendants ont évolué. La longueur des branches qui relie deux châtaigniers correspond à la distance génétique entre ces châtaigniers. Plus les branches sont longues, plus les châtaigniers sont génétiquement différents les uns des autres. Plus les branches sont courtes, et a fortiori lorsque les arbres sont reliés par un trait vertical, plus les châtaigniers sont proches génétiquement voire peuvent être considérés comme des clones.



Les arbres phylogénétiques ne considèrent ni les transferts horizontaux, ni les hybridations, ni les recombinaisons. Un autre modèle nommé réseau phylogénétique permet de les prendre en compte.

Sur un réseau phylogénétique, un nœud correspond à un ou plusieurs châtaigniers ayant le même génotype. L'augmentation de l'épaisseur du trait entre deux nœuds signifie que deux nœuds sont très proches génétiquement, potentiellement des clones comme illustré dans la figure ci-dessous.



B.3 Résultats

Pour rappel, seuls les résultats à 17 SSRs sont présentés ici. Concernant les analyses phylogénétiques, seuls les résultats sur l'Ariège et les Hautes-Pyrénées sont présentés.

1. Absence d'endémisme stricte des variétés cultivées de châtaignier

L'absence d'une forte structuration génétique révélée par l'analyse du jeu de données sur l'ensemble des châtaigniers, cultivés et forestiers (cf. l'article publié dans AFS), se retrouve dans le jeu de données contenant uniquement les châtaigniers cultivés. L'analyse de la structure des châtaigniers cultivés a révélé 4 groupes génétiques faiblement différenciés mais de façon significative (Annexe 3). Le tableau des assignations (Tableau 2) montre l'attribution des châtaigniers dans chaque groupe génétique en fonction de la région dans laquelle ils ont été échantillonnés. Sans revenir dans le détail sur ce résultat (disponible en annexe 3), je propose une visualisation complémentaire, un réseau phylogénétique sur l'ensemble du jeu de données à 17 SSRs des châtaigniers cultivés. Le nombre de châtaigniers génotypés par région échantillonnée est mentionné dans le tableau 1.

La mise en regard du tableau des assignations des individus avec le réseau phylogénétique est une manière de soulever des discussions avec les actrices et acteurs de terrain et d'illustrer l'absence d'endémisme strict des variétés. Certaines variétés sont retrouvées uniquement dans certaines régions mais celles-ci ne sont pas forcément très différentes des variétés rencontrées ailleurs et ont probablement évoluées à partir d'un ancêtre commun (inconnu). D'autre part, certaines variétés ont été transportées d'une région à une autre comme l'analyse des clonalités le montrera plus précisément.

Les châtaigniers ardéchois et varois se retrouvent en haut à droite du réseau phylogénétique (Figure 3) avec quelques intrusions d'autres régions. Ceci confirme l'appartenance des arbres de ces deux régions au même groupe (Tableau 2). Les châtaigniers corses se retrouvent en haut à gauche du réseau et correspondent au groupe le plus distinct des autres régions échantillonnées. En effet, ils forment 95 % du groupe 4.

Les châtaigniers d'Aveyron et du Limousin se répartissent majoritairement sur l'axe horizontal, tandis que les châtaigniers de l'Ariège et des Hautes-Pyrénées se répartissent majoritairement sur l'axe vertical à gauche du réseau phylogénétique.

Cette première image d'ensemble suggère des échanges entre régions et donc un faible endémisme des variétés, à l'exception de la Corse.

Région échantillonnée	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Somme
CultArdech	41				41
CultAriege	2	7	26	1	36
CultAveyron	1	25		1	27
CultCorsica				38	38
CultHtPyr		2	22		24
CultLimousin		42			42
CultVar	4				4
Somme	48	76	48	40	212

Tableau 2 : Tableau des assignations des individus dans les régions échantillonnées et les groupes génétiques résultant de l'analyse de la structuration génétique faite avec le logiciel STRUCTURE (Bouffartigue et al., 2020)

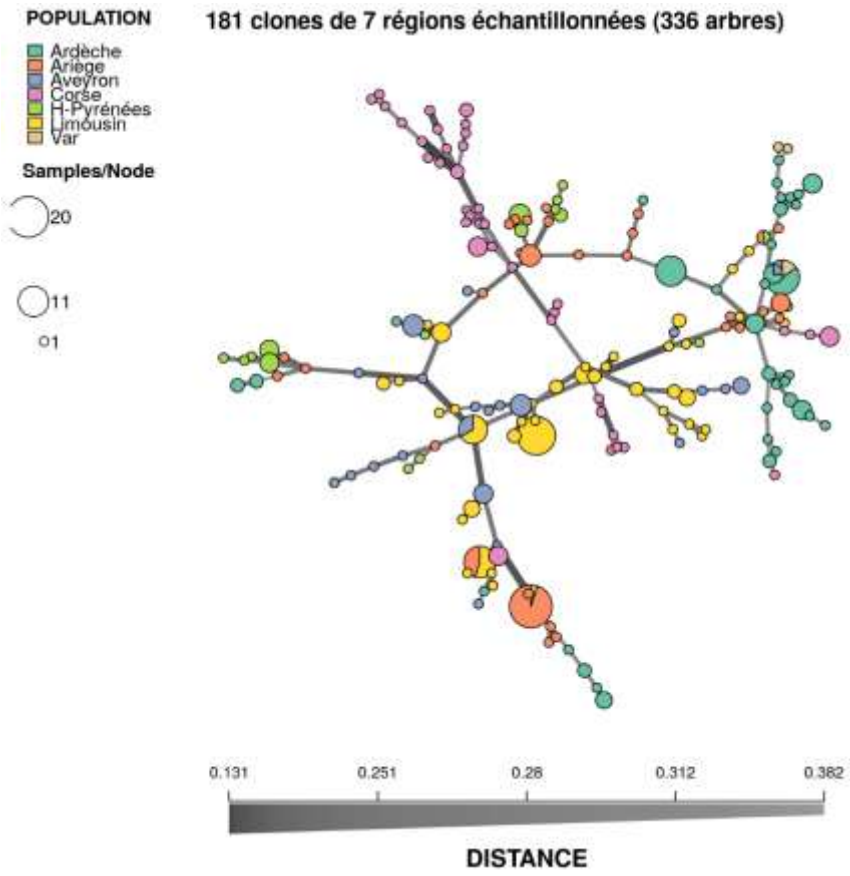


Figure 3: Réseau phylogénétique sur l'ensemble des châtaigniers cultivés génotypés à 17 SSRs. La taille des nœuds est proportionnelle au nombre de châtaigniers ayant le même génotype à ce nœud. La couleur des nœuds correspond aux régions échantillonnées.

2. Clonalités

Le tableau 3 présente les résultats du nombre de clones trouvés à 17 SSRs pour les variétés génotypées au moins quatre fois, c'est-à-dire lorsqu'au moins quatre châtaigniers qui portent le même nom de variété ont été génotypés. ils peuvent avoir été échantillonnées dans une ou plusieurs régions. Les noms de variétés peuvent être des noms de variétés connues à l'échelle nationale, bien décrites voire inscrites au catalogue français[59]. Mais ils peuvent aussi être le résultat d'un travail de reconstruction de la catégorie variétale par le phénotypage coordonné par l'ACRC couplé à quelques informations de personnes âgées sur les terrains.

[59] https://ec.europa.eu/frumatis/ consulté le 15/05/2020

Variété	Nombre de châtaigniers génotypés	Nombre de clones	Nombre de châtaigniers par clone	Nombre de régions dans lesquelles la variété a été échantillonnée	Un même clone est-il présent dans deux régions échantillonnées ?	Type de variété
PatoDeLlop	21	4	18+1+1+1	2	Non	Néo
Carive	8	5	2+2+2+1+1	1	Non	Traditionnelle
Nouzillarde	8	6	3+1+1+1+1	1	Non	Traditionnelle
Gene	8	2	4+4	2	Oui	Traditionnelle
Poueyto	7	4	4+1+1+1	1	Non	Néo
FineDeMontfa	7	3	4+1+1	2	Oui	Néo
Comballe	7	1	7	1	Non	Traditionnelle
Merle	6	2	4+2	1	Non	Catalogue
PrecocedesVans	6	3	3+2+1	1	Non	Catalogue
Dauphine	5	2	4+1	2	Non	Catalogue[60]
Garinche	5	3	3+1+1	1	Non	Catalogue
Boulocque	5	3	3+1+1	1	Non	Traditionnelle
Imperiale	4	3	2+1+1	1	Non	Catalogue
RoussedeNay	4	4	1+1+1+1	2	Non	Catalogue[61]
Piale	4	2	3+1	1	Non	Traditionnelle
BoucheRouge	4	3	2+1+1	2	Non	Catalogue
Campanese	4	3	2+1+1	1	Non	Catalogue
Sardonne	4	1	4	1	Non	Catalogue
MarrondOlargues	4	1	4	1	Non	Catalogue
Paquette	4	1	4	1	Non	Traditionnelle[62]
Bourrue	4	1	4	1	Non	Traditionnelle[63]

Tableau 3: Analyse de clonalité des variétés de châtaignier génotypées à 17 SSRs au moins quatre fois

2.1 Les variétés nommées par les actrices et acteurs sont polyclonales

Parmi les 21 variétés génotypées au moins quatre fois (Tableau 3), seules cinq apparaissent monoclonales avec le niveau de répétition disponible : 7 répétitions pour Comballe et 4 pour Sardonne, Marron d'Olargues, Bourrue et Paquette. Trois sont des variétés traditionnelles et deux sont inscrites au catalogue. Les variétés inscrites au catalogue l'ont été avec un seul clone dont j'ignore s'il a été échantillonné dans le cadre de ma thèse[64]. Concernant les variétés traditionnelles, elles apparaissent monoclonales

[60] Sous le nom de Marron Dauphine, maintenue par la pépinière Coulié
[61] Nom attribué par l'ACRC à quatre châtaigniers d'après les critères phénotypiques. Le nom vient d'une variété connue inscrite au catalogue ou un nom traditionnel mais mettre les quatre châtaigniers sous le nom est le résultat du phénotypage
[62] ibid
[63] ibid
[64] Certaines variétés ont été génotypées par un autre projet de recherche (Barreneche, 2006) mais je n'ai pas réussi à recaler les résulats des analyses microsatellites de ma thèse afin de les comparer. De plus, des informations manquent concernant les châtaigniers exacts ayant été échantillonnés au sein de chaque

dans l'échantillonnage constitué mais on ne peut pas savoir si d'autres clones correspondant au même nom et à un phénotype très proche existent. On peut seulement conclure à la présence d'un clone commun retrouvé à plusieurs endroits et nommé de façon identique.

Parmi les polyclonales, Rousse de Nay qui a été identifiée en Ariège et Hautes-Pyrénées par le phénotypage, correspond à quatre clones pour autant d'arbres génotypés. Nouzillarde comporte 6 clones pour 8 châtaigniers génotypés. De même, Bouche Rouge[65], Boulocque et Campanese comportent 3 clones pour 4 châtaigniers génotypés. Patte de Llop possède un clone très dominant, retrouvé exclusivement en Ariège tandis que Gêne est représentée par deux clones différents. Dauphine, Merle et Piale ont également un clone dominant.

Ces résultats montrent que les variétés identifiées par les actrices et acteurs de terrains sont surtout polyclonales. Lorsqu'un nombre important de châtaigniers sont génotypés, certains clones dominent la variété. Les cas de Carive et Nouzillarde ont attirés l'attention du technicien de l'ACRC car il lui semble peu probable que des variétés aussi connues soient autant polyclonales et il suppose qu'il s'agit d'une erreur d'échantillonnage. Concernant la Rousse de Nay il conclut à une erreur de mise sous un même nom de châtaigniers différents entre eux qui peut s'expliquer par les aléas du phénotypage *in situ*, surtout au niveau de la floraison dont le stade et la longueur des étamines sont difficiles à estimer. Dans les deux cas, les clones mis sous un même nom sont très différents les uns des autres ce qui confirme l'observation du technicien de l'ACRC.

2.2 Le nombre de clones détectés d'une variété donnée ne semble pas dépendre de la façon dont a été définie cette variété

Le nombre de clones détectés pour un nombre de châtaigniers d'une variété donnée semble indépendant de la façon dont a été définie localement la variété analysée : par phénotypage ou par transmission de savoir traditionnel. Ce résultat suggère qu'en cas

variétés pour les deux projets (par exemple un verger conservatoire donné peut conserver plusieurs exemplaires d'une variété, avec des erreurs possibles, et je n'ai pas toujours l'information de la position du châtaignier échantillonné dans le verger).

[65] Variété Limousine qui a été utilisée dans le croisement avec un châtaignier japonais et a donné Bouche de Bétizac, l'une des variétés modernes les plus plantées.

de perte d'un savoir traditionnel, des outils issus du monde scientifique comme une grille de phénotypage construite à partir des critères UPOV peut permettre de retrouver et reconstruire au moins une partie du savoir d'identification variétale qui a été perdu.

Malgré l'utilisation de cet outil en dehors des conditions pour lesquelles il a été conçu, c'est-à-dire *in situ* (absence de contrôle de l'environnement : sol, climat, altitude, âge et taille du châtaignier, etc.), il semble relativement bien fonctionner pour le châtaignier. En effet d'après le tableau 3, les variétés définies par phénotypage présentent un clone principal et les discussions de mai et juillet 2020 révèlent que les châtaigniers classés initialement dans une variété donnée et ne correspondant pas au clone principal sont la plupart du temps détectés comme des « hors-type ». C'est le cas de la variété Patte de Llop pour laquelle les châtaigniers qui ne correspondent pas au clone majoritaire sont un peu différents d'après les observations des actrices et acteurs du terrain. De même le châtaignier nommé Engomer Eglise, classé comme Fine de Montfa est plus vigoureux que les autres Fine de Montfa, résistant au cynips et plus précoce. Situé plus en montagne (commune d'Engomer), Rénova se posait la question si c'était l'environnement qui était responsable de ces différences ou si c'était un châtaigniers d'une variété proche mais différente. L'analyse clonale a montré que c'est un clone différent du clone majoritaire de la Fine de Montfa.

La catégorisation produite par le phénotypage, confrontée à la polyclonalité révélée par le génotypage, repose la question de la définition de la notion de variété par les actrices et acteurs de terrain. Faut-il redéfinir les contours des variétés polyclonales pour en faire des cultivars monoclonaux ou bien garder la définition traditionnelle ou phénotypique de la variété si elle correspond bien aux observations du terrain ? Quelle place des outils scientifiques dans la définition des variétés ? Cela fait l'objet de discussions au sein des associations.

2.3 Des clones portant ou non le même nom sont détectés dans plusieurs régions échantillonnées

Certaines variétés ont été transportées entre régions (Tableau 4). C'est le cas de la Fine de Montfa, retrouvée par phénotypage et dont le clone principal[66] correspond au

[66] Clone_176 dans le fichier clone_24.tsv sur data.inrae.fr

clone principal de la variété Nouzillarde, variété traditionnelle en Creuse. Autre exemple, un des clones de l'Impériale du Var est la Sardonne d'Ardèche.

L'expertise du technicien de l'ACRC permet de détecter des erreurs manifestes d'échantillonnage. Sa connaissance du phénotype et de la phénologie des variétés lui permet d'affirmer qu'il n'est pas possible que le Clone_156 et le Clone_8 correspondent aux noms mentionnés dont certains correspondent à des variétés bien connues et décrites par ailleurs. Dans le tableau suivant, c'est le cas de la variété Bouche rouge qui a servie au croisement qui a produit la variété Bouche de Bétizac.

Clone	**Noms associés**	**Régions échanillonnées**
Clone_156	Dauphine, Impériale, Marron Dauphine, Marron d'Olargues, Précoce de Vans, Sardonne	Ardèche et Var
Clone_135	Comballe, Merle, Bouche rouge	Ardèche
Clone_176	Nouzillarde, Fine de Montfa	Limousin, Ariège
Clone_8	Bouche Rouge, Bourrue, Carive, Etivaude, Janfau, Patouillete Jaune, Piale, Pradotte, Inconnue	Limousin
Clone_112	Marron de Paris, Dorée de Lyon, Ruergue, Très Tardive	Limousin, Aveyron

Tableau 4 : Exemple de clones auxquels plusieurs noms sont associés

2.4 Les variétés transportées entre régions par le passé sont aussi celles qui sont les plus appréciées aujourd'hui

La Fine de Montfa a été retrouvée en Ariège, au village de Montfa, par le travail de phénotypage. Son nom a longtemps été l'objet de confusions car plusieurs châtaigniers perçus comme différents étaient appelés « Fine » par les personnes interrogées. Retrouvée moins fréquemment que la Patte de Llop, il est difficile de dire si elle a été moins plantée historiquement ou si elle a moins résisté à l'abandon des châtaigneraies. Considérée comme plus fragile, moins « poussante », moins productive que la Patte de Llop, elle n'en est pas moins l'une des trois variétés plébiscitées pour être regreffée par Rénova (voir les fiches variétales annexe 4) en raison de la qualité « marron » de ses châtaignes, de leur goût et de sa capacité à polliniser la Patte de Llop. Cette variété retrouvée et bien appréciée en Ariège (bien notée par la grille phénotypique) proviendrait donc de Creuse où elle y est encore connue et appréciée également.

Bien qu'il ne soit possible de généraliser à partir d'un seul cas décrit, cela permet de formuler l'hypothèse selon laquelle les meilleures variétés à un moment donné seraient aussi les plus plantées et donc les plus susceptibles d'être retrouvées après une phase d'abandon. D'autre part, cela vient confirmer des travaux historiques (Pitte, 1986) qui

retracent le transport des variétés les plus appréciées sous forme de greffons pour être regreffées, y compris sur de longues distances (ici plusieurs centaines de kilomètres). Cela pose également la question de la part de diversité conservée par des initiatives locales si quelques variétés se retrouvent être considérées comme les meilleures dans des régions éloignées.

2.5 L'analyse de clonalité permet d'identifier de nouvelles variétés et de rattacher des châtaigniers de variété inconnues à des variétés connues des actrices et acteurs

L'analyse de clonalité permet d'identifier des variétés bien diffusées dans les territoires et non identifiées dans les ouvrages de référence ou le catalogue français jusqu'à présent.

C'est le cas de la variété Patte de Llop, une variété retrouvée et identifiée par le phénotypage. Cette variété semble avoir été bien diffusée dans l'aire de prospection de Rénova puisque plus de 20 clones ont été identifiés, donc l'un est très largement majoritaire (Tableau 3). Ce même clone de Patte de Llop a été également retrouvé par le phénotypage et l'expertise de l'animateur de l'ACRC, en Haute-Pyrénées. Dans le réseau phylogénétique ariégeois, la Patte de Llop est proche de la Fine de Montfa (Figure 5). Ce sont donc deux variétés génétiquement proches.

Pouyeto est également une variété nouvellement identifiée par phénotypage en Hautes-Pyrénées et qui comporte un clone dominant (Tableau 3).

2.6 Plusieurs variétés sont détectées par châtaigneraie

La diversification des variétés dans les vergers est souvent considérée comme une « stratégie paysanne » permettant la résilience des agroécosystèmes (Altieri et al., 2015 ; Mijatović et al., 2013). Cette pratique était-elle historiquement présente sur les territoires étudiés ?

Les actrices et acteurs de terrain l'affirment. Elle·il·s observent la présence de quatre à cinq variétés par châtaigneraie et globalement les mêmes variétés dans chaque châtaigneraie d'une même vallée. Ainsi, on aurait une composition pluri-variétale par verger, ceux-ci étant assez homogènes dans une même vallée. En changeant de vallée, on changerait de composition variétale dans les vergers.

Un échantillonnage dense de la quasi-totalité des châtaigniers dans deux châtaigneraies partiellement phénotypées, révèle la présence de plusieurs clones dans un même verger, certains représentent la moitié de l'effectif génotypé. Ce résultat ne permet pas de conclure mais abonde dans le sens des observations faites par les actrices et acteurs de terrain.

Noms et effectifs génotypés dans un verger	Nombre de clones et nom associé éventuel
12 Inconnus lieu-dit « Les Bazis » en Ariège + 4 Patte de Llop	5+4+6 (2 Inconnus et 4 Patte de Llop) +1 (Patte de Llop)
10 Inconnus lieu-dit « Izans » en Hautes-Pyrénées + 3 Murrate + 1 Noire d'Izans	5 (4 Inconnus + 1 Noire d'Izans) +4+2+ 2 (Murrate)+1 (Murrate)

Tableau 5: Des vergers polyclonaux avec plusieurs clones par variété plantée

3. Phylogénies

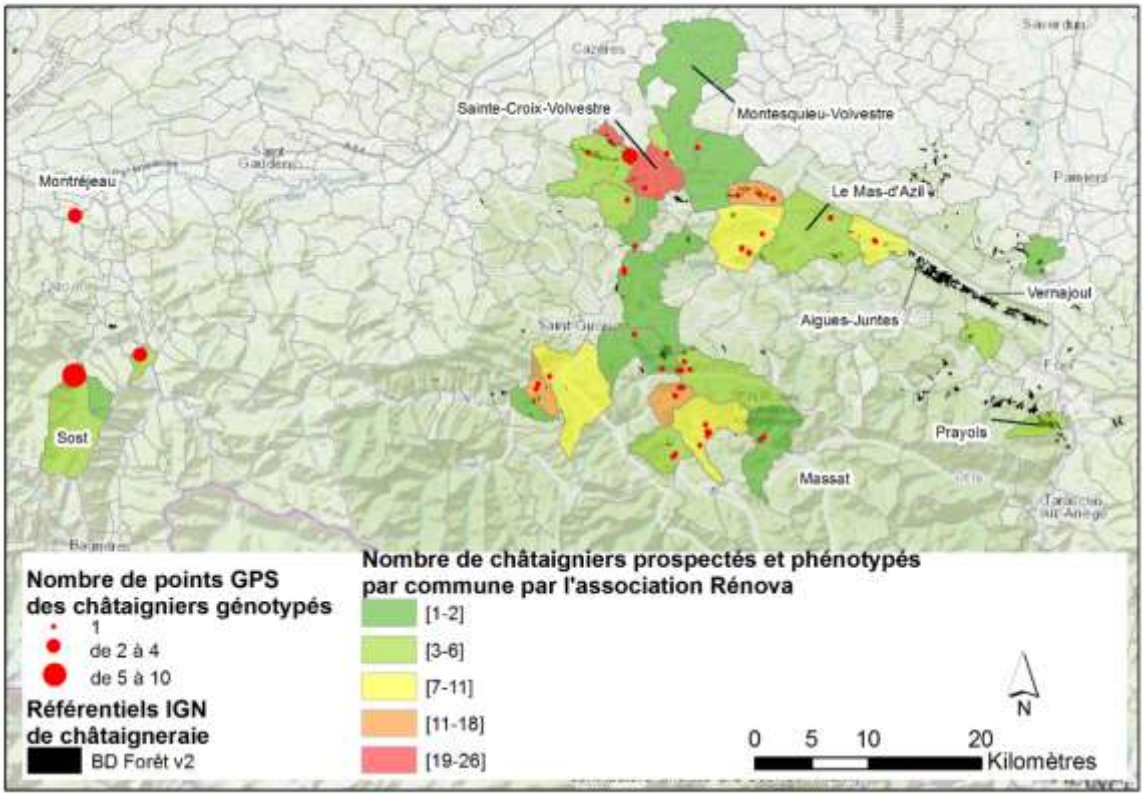
3.1 Ariège

En Ariège, 60 châtaigniers ont été génotypés à 17 SSRs. Parmi eux, cinq variétés ont été mentionnées par les actrices et acteurs de terrain : Patte de Llop, Fine de Montfa, Castéranne, Rousse de Nay et Cœur de Bœuf. La carte 2 donne une représentation de la répartition des arbres génotypés sur le territoire prospecté par Rénova.

Patte de Llop et Fine de Montfa sont des noms de variétés qui ont été retrouvés localement, auprès de personnes âgées qui en avaient la mémoire. Le phénotypage réalisé en partenariat avec l'ACRC a permis de rattacher à ces deux noms retrouvés, d'autres individus présentant suffisamment de caractères phénotypiques en commun. L'outil phénotypique permet au technicien de l'ACRC d'associer plusieurs phénotypes à un même groupe ou même variété sans pour autant que l'analyse soit totalement formalisée. En effet, des observations peuvent contribuer à son expertise sans pour autant être inscrites dans l'outil. L'expertise qu'il construit au fil des ans mobilise le savoir oral recueilli précédemment, savoir qui a permis d'initier le travail de recherche des variétés locales.

La situation est inverse pour Castéranne, Rousse de Nay (Briane, 2016) et Cœur de Bœuf. Les noms proviennent d'autres terrains et c'est le technicien de l'ACRC qui a estimé que ces châtaigniers ressemblaient fortement à des variétés qu'il connaissait d'ailleurs (en l'occurrence des Hautes-Pyrénées et d'Aveyron). L'outil phénotypique lui

a permis de faire les rapprochements car il n'y a pas de savoir oral qui circule entre régions.



Carte 4: Localisation des châtaigniers génotypés et des châtaigniers phénotypés par Rénova

L'arbre phylogénétique des châtaigniers ariégeois révèle plusieurs groupes de châtaigniers au sein desquels la distance génétique entre les châtaigniers est faible voire nulle (Figure 4).

Le réseau phylogénétique montre des nœuds de taille importante fortement liés entre eux qui correspondent à ce que Rénova appelle la variété Patte de Llop (Figure 5). Il existe donc une correspondance entre ce nom de variété et les analyses des données génétiques. D'après l'arbre phylogénétique, ce groupe de châtaigniers qui va de PauloBas4 à Berrete est donc appelé Patte de Llop. Il apparaît bien séparé des autres châtaigniers car la valeur de bootstrap au nœud est de 100%. En revanche la longueur de la branche de l'arbre phylogénétique qui sépare le groupe Patte de Llop du reste de l'arbre phylogénétique est très courte. Ce serait donc un groupe à la fois distinct génétiquement tout en étant proche des autres châtaigniers génotypés dans cette région.

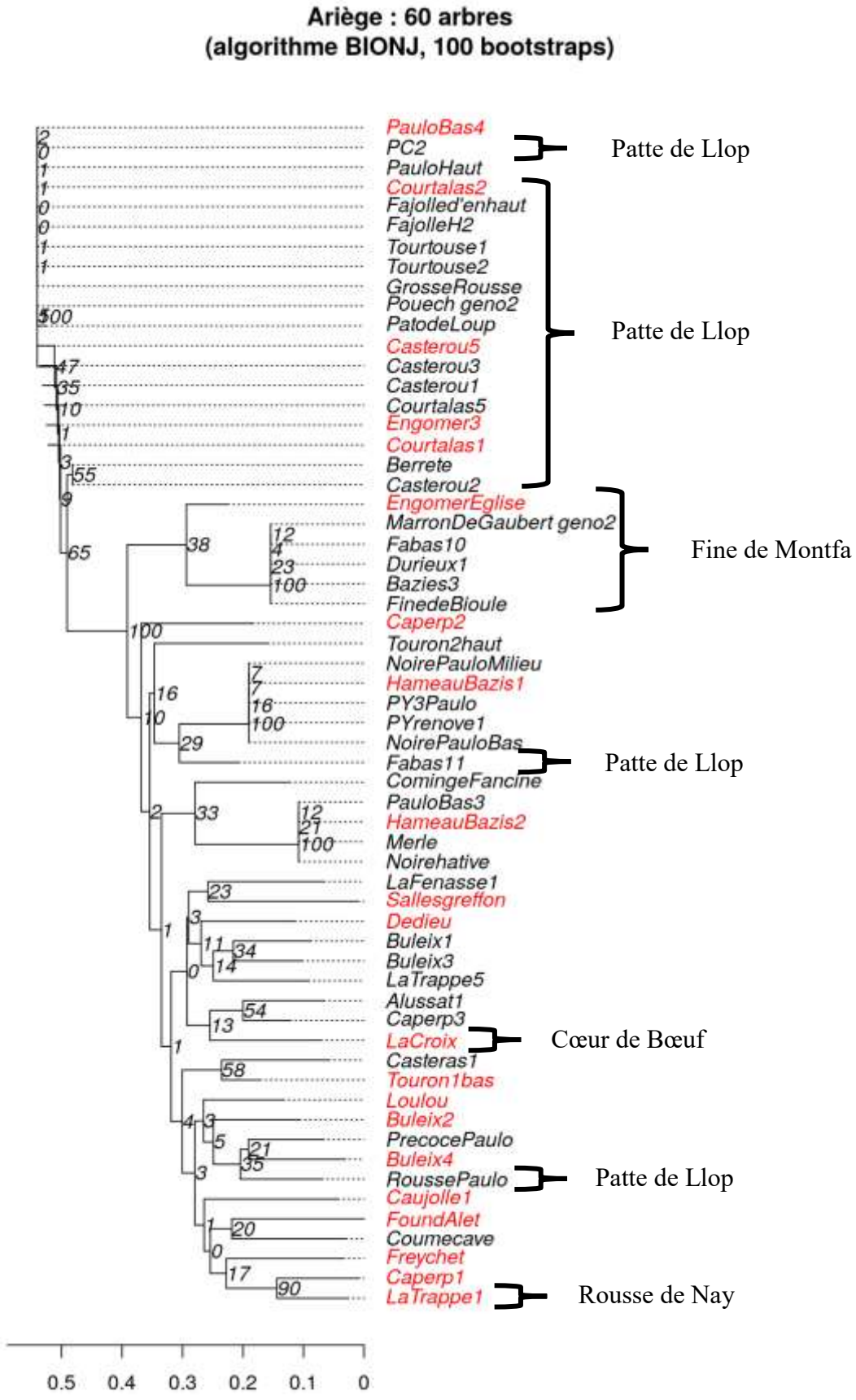


Figure 4: Arbre phylogénétique des châtaigniers échantillonnés à Rénova (en rouge, échantillonnage aléatoire). Les noms des variétés indiqués en noir à droite de la figure sont ceux renseignés par Rénova.

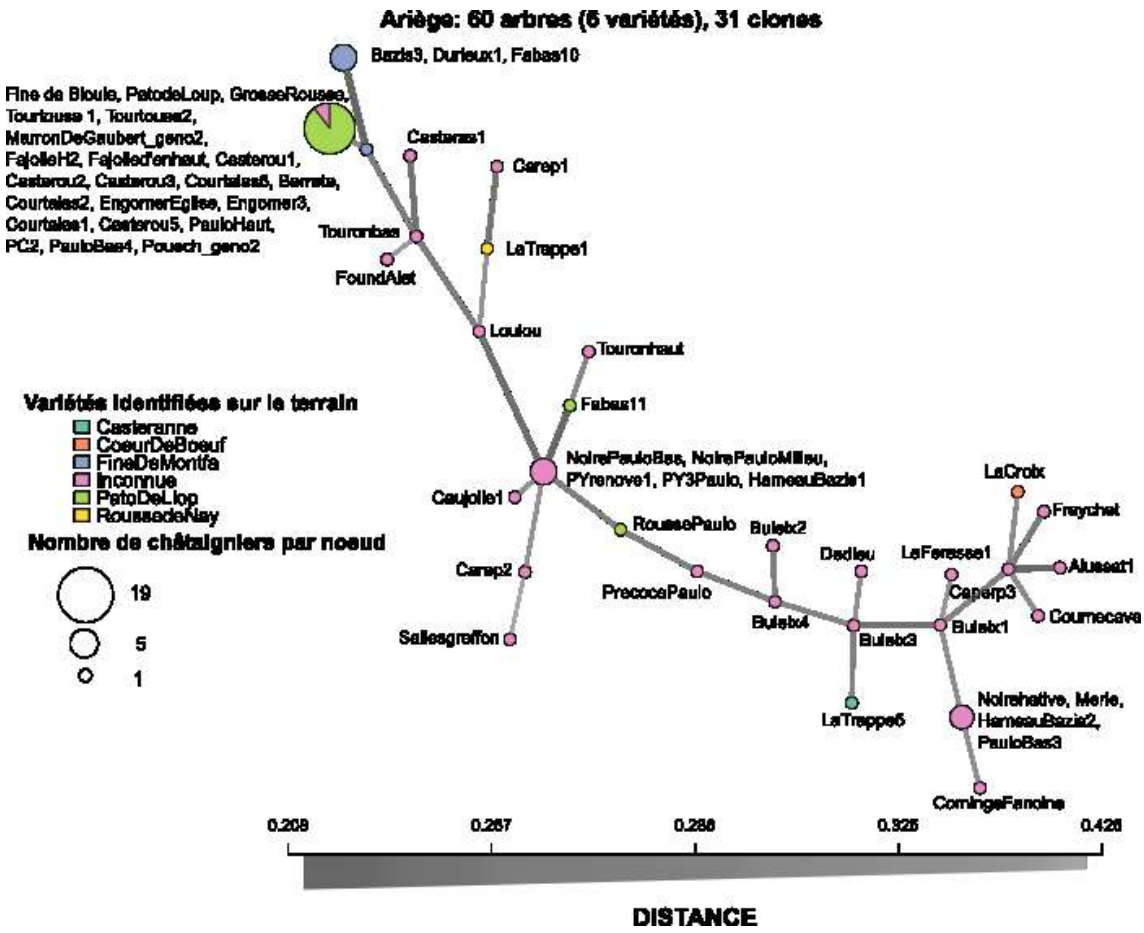
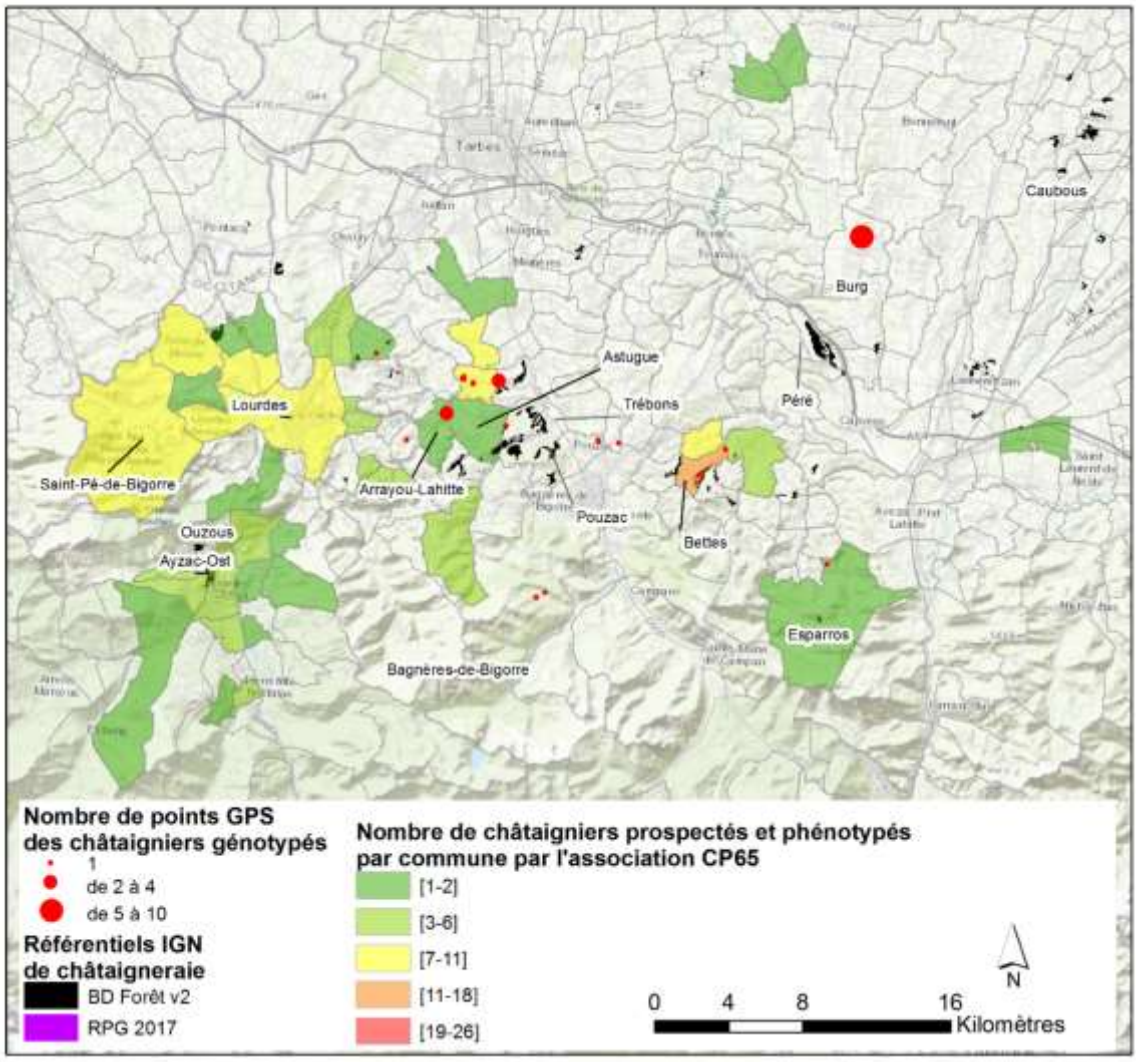


Figure 5 : Réseau phylogénétique des châtaigniers échantillonnés à Rénova

3.2 Hautes-Pyrénées

Dans l'échantillonnage en Hautes-Pyrénées une partie des arbres génotypés proviennent d'arbres jeunes récemment greffés à Burg (Carte 5), ce qui rend plus difficile l'appréciation de la couverture du génotypage par rapport à la prospection réalisée par l'association.



Carte 5:Localisation des châtaigniers génotypés et des châtaigniers phénotypés par C. Pyrénées

Plusieurs groupes clonaux sont observables sur l'arbre phylogénétique des Hautes-Pyrénées (Figure 6). L'échantillonnage aléatoire a été fait dans des châtaigneraies connues de l'association, sur des châtaigniers qui n'ont pas été phénotypés. L'idée était de tester si C. Pyrénées avait privilégié le phénotypage d'une part de la diversité présente dans ces châtaigneraies. Les châtaigniers génotypés aléatoirement se retrouvent mélangés avec les châtaigniers phénotypés par C. Pyrénées. D'après le réseau phylogénétique, plusieurs nœuds correspondant à des châtaigniers de variété inconnue apparaissent apparentés ou clonaux (Figure 7). L'analyse génétique participe à faire émerger une catégorie de plusieurs châtaigniers correspondant au même clone, si ce sont des châtaigniers appréciés pour certaines de leurs qualités sur le terrain, il s'agira peut-être d'une nouvelle variété dans les prochaines années.

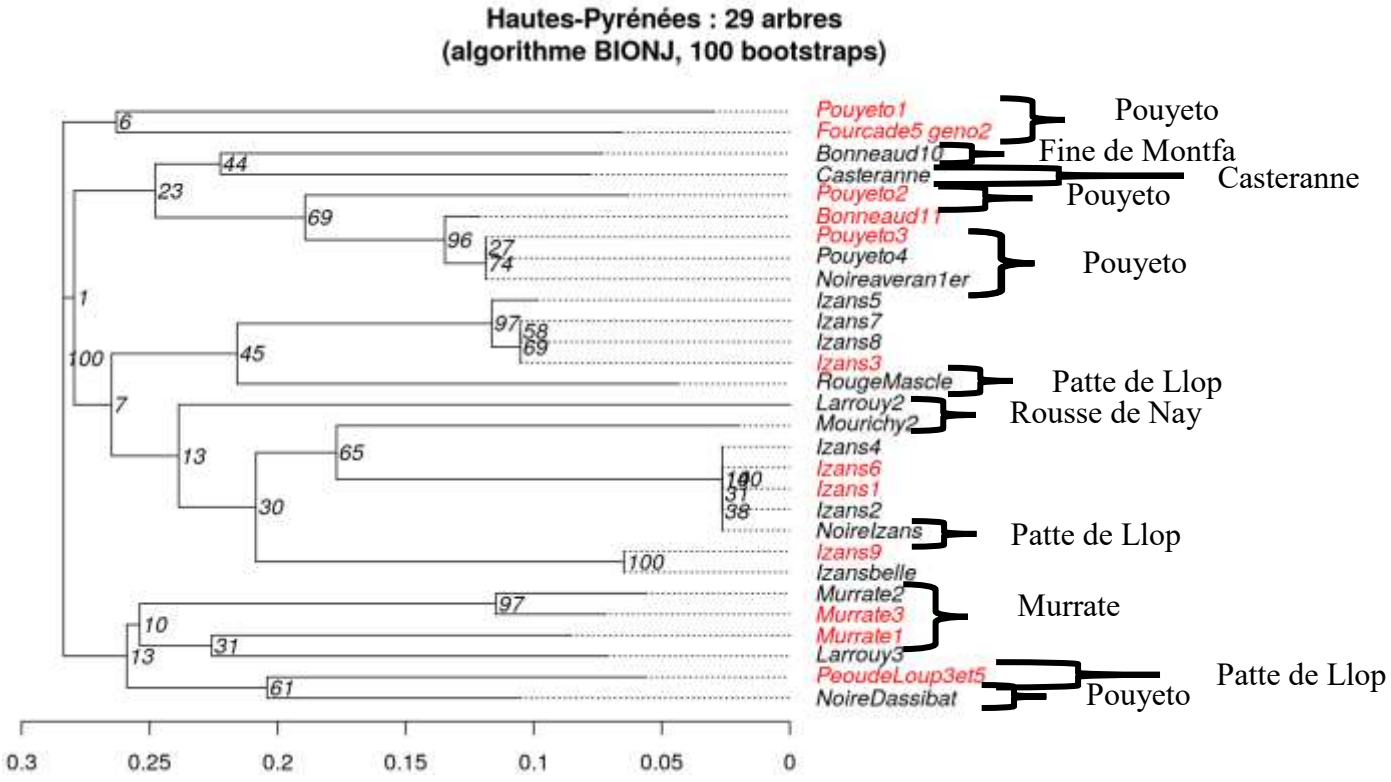


Figure 6 : Arbre phylogénétique des châtaigniers échantillonnés à C. Pyrénées (en rouge, échantillonnage aléatoire).

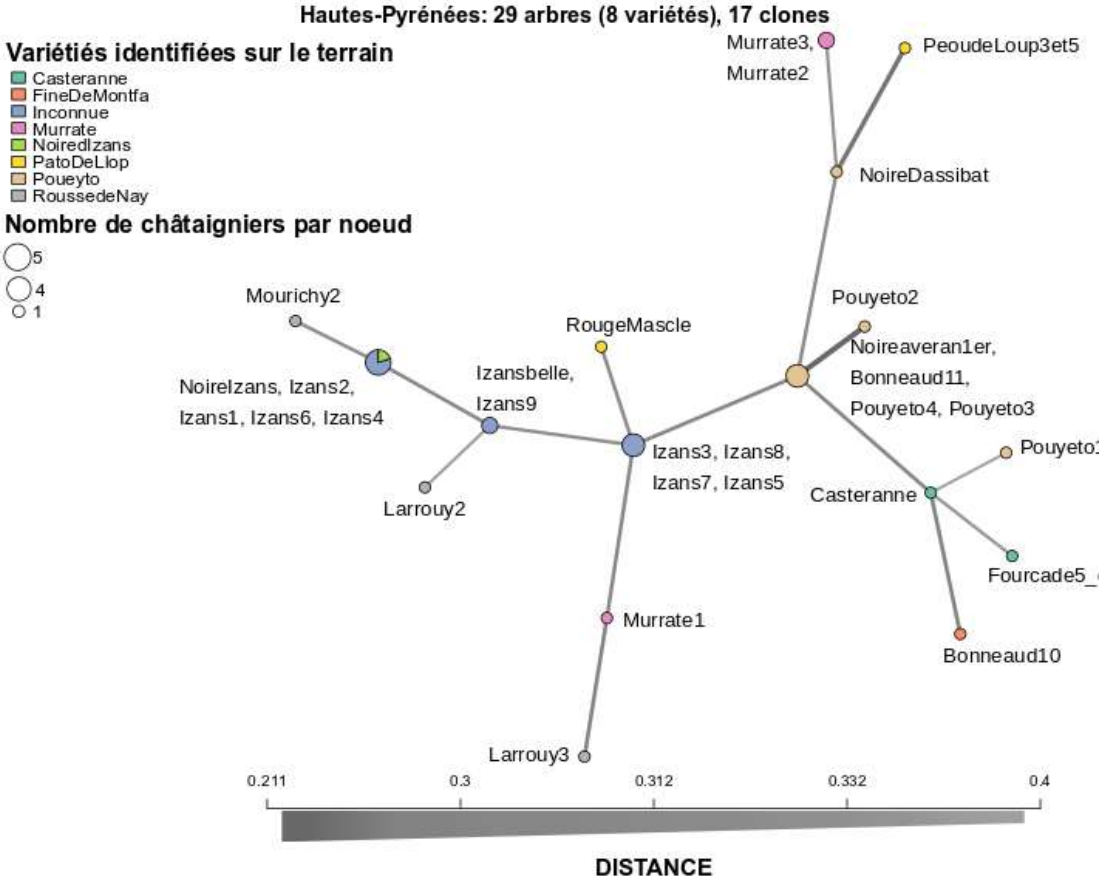


Figure 7 : Réseau phylogénétique des châtaigniers génotypés C.Pyrénées

3.3 Analyse croisée entre les résultats de Rénova et de Châtaigne des Pyrénées

L'échantillonnage aléatoire figuré en rouge sur les arbres phylogénétiques (figures 4 et 6) suggère une bonne prospection des actrices et acteurs de terrain dans les territoires prospectés. En revanche les Carte 4 et 5 montrent bien que les associations n'ont pas prospectées l'ensemble des châtaigneraies présentes en Ariège et Hautes-Pyrénées mais plutôt dans les commues avoisinant la résidence des membres des associations (Carte 2 et 3).

Les réseaux phylogénétiques soutiennent l'hypothèse d'une structuration géographique de la diversité en châtaigneraies et vallées. En effet, les discussions avec F. Michaux (Rénova) et S. Artigues (C.Pyrénées) au sujet des figures 5 et 7 montrent une proximité génétique entre châtaigniers d'une même vallée. La connaissance qu'a F. Michaux de l'histoire de la vallée de Massat lui permet de faire des hypothèses sur les relations de parentés entre les châtaigniers représentés sur le réseau phylogénétique (Figure 5). Rénova a retrouvé plusieurs variétés de châtaigniers (Rousse de Nay et Castéranne) dans une châtaigneraie d'une quarantaine de châtaigniers qui aurait appartenu à une famille de notables sur la commune de Latrappe (châtaigniers nommés à partir du nom de la commune) et certains châtaigniers de la vallée de Massat ne présente pas de points de greffe (châtaignier de la famille Dedieu), leur proximité génétique suggère que ces châtaigniers plus que centenaires, auraient pu être semés à partir de châtaignes de cette châtaigneraie.

B.4 Discussion

L'échantillonnage a été effectué à dire d'acteur·rice·s. Le budget disponible a limité l'effectif des châtaigniers génotypés par variété. Ces deux contraintes ne nous permettent de répondre que partiellement aux questions posées en introduction. Des analyses de parentés auraient peut-être permis de mieux interpréter l'origine de certains châtaigniers et variétés (mutation somaclonale, hybridation) dans le cas où des relations très proches (mère-fille) seraient présentes dans l'échantillonnage. Elles auraient aussi peut-être pu permettre d'évaluer l'ampleur de la pratique paysanne du semis de châtaignes pour implanter de nouveaux châtaigniers. Une analyse préliminaire de ce type avec le logiciel Colony (Jones et Wang, 2010) n'a pas permis d'obtenir de résultats clairs, interprétables et reproductibles, cette piste a donc été abandonnée.

Néanmoins, les actrices et acteurs de terrain impliqués dans les activités de conservation se sont montrés très intéressés par le type d'analyse entrepris dans la sous-partie 2 malgré son imperfection, beaucoup plus que par les résultats plus généraux que je leur avais présentés précédemment (sous-partie 1). Les ébauches de réponses proposées ci-dessus les amènent à discuter leurs observations phénotypiques au regard des résultats de génétique, à clarifier entre eux ce qu'il·elle·s entendent par variété, à corriger des erreurs d'étiquetage en conservatoire ou d'échantillonnage, à discuter des enjeux associés au caractère polyclonal des variétés, etc. Cette analyse mériterait d'être amplifiée pour obtenir des résultats robustes.

C. Conclusion

L'analyse de la diversité génétique et de la structure des populations de châtaigniers forestiers et cultivés à l'aide de marqueurs microsatellites à l'échelle de la France n'a pas permis de révéler de différenciation significative entre des populations identifiées comme forestières ou comme cultivées. Cela peut s'interpréter comme résultant du caractère allogame du châtaignier, de la proximité géographique des parcelles à usage forestier et à usage cultivé qui favorise les flux de gènes entre les deux compartiments ainsi que des changements d'usage au cours du temps (par exemple une châtaigneraie abandonnée qui fait l'objet d'une rénovation et conserve certains châtaigniers issus de semis ou une châtaigneraie abandonnée convertie en futaie). Il apparaît donc discutable d'établir une distinction d'ordre génétique entre châtaignier cultivé et châtaignier forestier. Ce résultat indique également la présence d'ancêtres communs aux populations identifiées comme forestières ou comme cultivées (Pereira-Lorenzo et al., 2019).

Nos résultats indiquent également une diversité génétique moyenne par rapport aux analyses réalisées dans d'autres pays européens (sous-partie 1), partiellement redondante entre régions échantillonnées, une structure génétique en deux groupes principaux et une diversité intravariétale (variétés multiclonales). Cela concorde avec les travaux de (Pereira-Lorenzo et al., 2011) qui ont montré que l'origine des variétés et le processus de diversification sont les produits d'une combinaison de propagation clonale de plantules sélectionnées (redondance de la diversité entre région), d'hybridation et de mutations. Ces deux dernières permettent de maintenir une importante diversité au sein de clones sélectionnés pour la production de fruits.

L'analyse génétique des châtaigniers cultivés présentée dans la deuxième sous-partie montre une certaine concordance entre les variétés identifiées par les actrices et acteurs de terrain et les résultats issus des données des marqueurs microsatellites et soulève des interrogations voire identifie des erreurs d'étiquetage en conservatoire (communication personnelle Vincent Loïc) ou d'échantillonnage par les actrices et acteurs de terrain (par exemple un plan d'une châtaigneraie défaillant pour le prélèvement de châtaignier de la variété Rousse de Nay).

Le phénotypage réalisé par Rénova et C. Pyrénées avec l'aide de l'ACRC semble également assez efficace pour retrouver des variétés disséminées dans les territoires et

pour lesquelles peu ou pas de transmission de savoir n'a été possible. En effet, les variétés identifiées par phénotypage présentent pour la plupart un clone dominant d'après notre échantillonnage (Tableau 3 avec par exemple Patte de Loup, Fine de Montfa, Pouyeto, Dauphine, Bourrue).

Ce travail a permis d'identifier des variétés bien diffusées qui n'étaient pas encore recensées et connues à l'échelle nationale (Patte de Llop et Pouyeto sont deux exemples). Certaines variétés ont été transportées entre régions, ont été oubliée puis retrouvées localement (Fine de Montfa) et sont de nouveau appréciées localement, c'est-à-dire bien conservées et diffusées par greffage d'après nos informations.

Les résultats de génétique en terme de clonalité et phylogénie viennent compléter les observations de terrain qui portent plutôt sur des critères botaniques (dates de floraison et chute des fruits, forme des fleurs, feuilles et fruits), de transformation (calibre, goût, facilité d'épluchage des châtaignes) et sanitaires dans une moindre mesure (résistance aux maladies de l'encre, du chancre, au cynips, au balanin, au carpocapse et aux pourritures de la châtaigne) (voir annexe 4 pour le détail des critères regardés).

Nous venons de dresser un premier état des lieux de la diversité et de la structure des populations de châtaignier à l'échelle de la France avec un focus sur le travail de conservation *in situ* réalisé par les deux associations étudiées dans la partie suivante. La correspondance entre les variétés nommées sur les terrains et les résultats de génétique n'est pas une règle générale (Jarvis et al., 2011). Le fait que les savoirs produits par des actrices et acteurs pratiquant le phénotypage et ceux produits en génétique des populations soient relativement concordants est susceptible de faciliter de futures discussions au sujet de l'effet des pratiques sur la diversité génétique ou des souhaits de conservation éventuels des actrices et acteurs (Montenegro de Wit, 2016).

Les échanges avec l'ensemble des membres des associations ont révélé que seule une minorité d'actrices et acteurs des associations était investie dans les activités de prospection, phénotypage, greffage à des fins de conservation et finalement de production de savoirs sur l'agrobiodiversité. Ce constat interroge sur les motivations à agir sur le châtaignier des autres actrices et acteurs et de leur rôle éventuel dans la conservation de la diversité génétique du châtaignier. La dernière partie de la thèse ainsi que la discussion générale contribuent à répondre à cette question.

PARTIE III : IMPORTANCE DE LA VALUATION DU CHÂTAIGNIER POUR SA RE-DOMESTICATION ET LA CONSERVATION DE SA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DANS LE PIÉMONT PYRÉNÉEN

Photo 5 : Journées de rencontre organisées dans le cadre de la thèse au printemps 2017

CONTEXTE ET INSERTION DANS LA THÈSE

Les associations étudiées affirment des objectifs de conservation *in situ* de la diversité génétique du châtaignier à travers la conservation des variétés locales et le développement d'une production de châtaignes. Cependant, les échanges avec l'ensemble des membres des associations au cours d'évènements organisés dans le cadre de ma thèse ont révélé que seule une minorité d'entre eux agissent intentionnellement pour conserver la diversité génétique du châtaignier. De plus, il n'y a pas d'organisation collective autour d'un objectif de conservation de la diversité génétique. Ces associations ne sont donc pas directement assimilables à des initiatives de gestion dynamique *in situ* telles que décrites par Bonneuil et Thomas (2009) et Demeulenaere et Goldringer (2017), ni à des « communautés d'appartenance » (Demeulenaere et Bonneuil, 2011). À partir de ce constat, il m'a semblé intéressant d'étudier comment le châtaignier devient important pour les actrices et acteurs impliqué·e·s dans les associations Rénova et C.Pyrénées, ou proches de ces associations. Étudier comment ces actrices et acteurs développent un attachement au châtaignier dans le piémont pyrénéen participe d'une meilleure compréhension du phénomène de re-domestication. De plus, étudier ce à quoi les actrices et acteurs attachent de l'importance - le châtaignier ou sa diversité éventuelle, les châtaignes ou les châtaigneraies, etc. - permet d'ouvrir une discution sur l'intérêt de cette re-domestication pour la conservation de la diversité génétique du châtaignier à l'échelle locale.

Ce chapitre est écrit sous la forme d'un article (Bouffartigue C., Couix. N., Flutre. T., Hazard) qui sera repris après la soutenance, traduit et soumis pour publication.

A. INTRODUCTION

L'agrobiodiversité est la biodiversité des systèmes agricoles envisagée à différentes échelles spatiales et temporelles (Zimmerer et al., 2019). La diversité génétique agricole est la part biologique de l'agrobiodiversité qui recouvre la diversité des gènes, des variétés et des races, des espèces utilisées directement ou indirectement par l'agriculture et celle des agroécosystèmes. Des études font état d'une érosion importante de la diversité génétique agricole à l'échelle mondiale, causée par l'industrialisation des filières agroalimentaires et le développement des techniques de la Révolution Verte (FAO, 2019 ; Thrupp, 2000) et de la nécessité de la conserver (Jarvis et al., 2011). Schématiquement, on peut classer les différentes façons de conserver la diversité génétique agricole en conservation *ex situ* et conservation *in situ*. La gestion dynamique *in situ* qui nous intéresse ici n'établit pas de séparation fonctionnelle entre la conservation et l'utilisation de la diversité (Bonneuil et Thomas, 2009). L'objectif est de préserver le processus dynamique qui s'opère entre les génotypes, l'environnement où ils vivent et les sociétés humaines qui les reproduisent (Leclerc et Coppens d'Eeckenbrugge, 2011). Depuis la fin du XX^{e} siècle en France, des agricultrices et agriculteurs se réapproprient des activités de gestion et d'utilisation de la diversité génétique agricole dont elle·il·s avaient été exclu·e·s au siècle précédent, c'est ce qui est nommé « gestion dynamique *in situ* ». De nouvelles actrices et de nouveaux acteurs y prennent part également : amatrices et amateurs, associations, etc. (Bonneuil et Thomas, 2009).

Des initiatives de gestion dynamique *in situ* émergent dans un contexte de disparition des savoirs traditionnels locaux (Marchenay, 1981 ; Negri, 2005). Elles développent des innovations sociales sur les semences et l'agrobiodiversité (Balázs et Aistara, 2018 ; Demeulenaere et Goldringer, 2017 ; Demeulenaere et Goulet, 2012). Ce que les actrices et acteurs de terrain choisissent de conserver et la manière dont elle·il·s procèdent à cette fin repose conjointement sur des considérations économiques, génétiques, socio-culturelles et agro-écologiques (Veteto et Skarbø, 2009). Elles s'organisent autour d'une espèce ou groupes d'espèces (par exemple les céréales, les potagères ou les fruitiers). Malgré leur intérêt pour la transition agroécologique, certaines espèces pérennes se situent dans des zones de production marginales dans lesquelles la production est devenue minoritaire voire abandonnée. Dans ce contexte, des associations s'organisent pour les re-domestiquer*, c'est-à-dire pour rouvrir les milieux et redévelopper des usages domestiques et agricoles de ces espèces. Montrer comment une

espèce et éventuellement ses fruits, sa diversité et son écosystème, deviennent importants pour les actrices et acteurs impliqué·e·s dans ces associations (i) participe d'une meilleure compréhension du phénomène de re-domestication et (ii) permet de discuter de l'importance de la re-domestication pour la conservation de la diversité génétique à l'échelle locale.

Nous avons choisi d'étudier la re-domestication du châtaignier dans le piémont pyrénéen (Ariège et Hautes-Pyrénées). Les actrices et acteurs impliqué·e·s dans les deux associations étudiées hébergent une part de la diversité génétique présente à l'échelle de la France (Bouffartigue et al., 2020) et en conservent un sous-ensemble qui correspond aux châtaigniers qu'elle·il·s multiplient par greffage. L'objectif de cet article est de comprendre comment les actrices et acteurs impliqué·e·s dans ces associations en viennent à attribuer de la valeur au châtaignier. Nous faisons l'hypothèse que nos terrains d'étude, parce-qu'ils sont situés dans un contexte de re-domestication qui minimise la valorisation économique, permettent de révéler une grande diversité de valeurs. Comme pour Peltola et Arpin (2017), le cadre théorique de la valuation de J.Dewey (Dewey, 1939, 2008) nous a paru pertinent pour répondre à cette question de recherche.

Dans un premier temps, nous présentons la théorie de la valuation et la façon dont nous l'avons mobilisée. Puis, nous présentons les deux associations sur lesquelles se concentre cette étude, l'une située en Ariège (association Rénova) et l'autre en Hautes-Pyrénées (association Châtaigne des Pyrénées). L'analyse révèle cinq manières de valuer le châtaignier dans ses différentes dimensions (l'espèce, l'arbre, les variétés, les fruits, etc.) : la diversité cultivée, la patrimonialisation de la nature, l'autonomisation décisionnelle et technique, le développement de relations avec le vivant et l'action collective. Nos résultats nous amènent à discuter des implications de l'approche pragmatiste pour l'étude de la re-domestication et de sa pertinence pour comprendre à quelles conditions une gestion dynamique *in situ* peut s'opérer en contexte de re-domestication.

B. La théorie de la valuation de J. Dewey comme cadre d'interprétation

La *Théorie de la valuation* a été publiée par J. Dewey (Dewey, 1939) dans un contexte de controverse autour des différentes conceptions de la notion de « valeur ». La conception pragmatiste des valeurs se détache des conceptions « émotiviste » (des valeurs entendues comme ce qui est émotionnel, un arbitraire culturel, aussi appelées

représentations ou croyances en langage courant) et « rationaliste » (des valeurs entendues comme essentialisées, normatives voire moralisatrices) (Dewey, 2008).

Dans cette perspective, les valeurs sont considérées comme des processus qui se forment, se transforment et se révèlent dans l'action, et non plutôt comme préexistantes à l'action sous la forme de systèmes de valeurs (Bidet, Quéré et Truc, 2011 ; Heinich, 2006). Cette approche met l'accent sur l'importance des pratiques et des activités plutôt que des opinions et des perceptions dans l'organisation de la vie sociale (Peltola et Arpin, 2017).

Les valeurs se forment au cours d'activités, à des moments et dans des lieux particuliers, en lien avec des évènements et un contexte historique, politique et social. Construites dans l'action, dans l'expérience, les valeurs sont révisables et révisées en permanence et sont donc des faits observables que le chercheur peut décrire de façon empirique (Heinich, 2006). Dire que la valeur d'un objet se construit dans l'action signifie qu'elle se construit dans l'interaction réciproque entre un sujet et un objet dans une situation donnée.

En conséquence, un objet n'a pas de valeur indépendamment du sujet qui l'expérimente dans une situation donnée. Ainsi, dans une perspective pragmatiste, la notion de « valeur intrinsèque » parfois attribuée à l'agrobiodiversité porte en elle une contradiction puisque « qui dit valoir dit par définition valoir pour quelqu'un, la question de la valeur est une question relationnelle » (Prairat, 2014).

La perspective pragmatiste que nous adoptons permet une approche relationelle des valeurs. Cela signifie que les valeurs ne sont pas internes à un sujet, elles sont opérantes en situation[67] et se révèlent par les pratiques, comme le résument (Bidet et al., 2011) :

« Ce à quoi nous attribuons de la valeur n'est rien d'autre que ce à quoi nous tenons, c'est-à-dire à quoi ou à qui nous manifestons concrètement notre attachement, à travers nos attitudes actives, nos comportements, nos façons d'agir. Nous y tenons : nous

[67] C'est bien l'observation de l'acteur en situation qui permet d'apprécier la montée de sève dans le porte-greffe, l'état de santé d'un châtaignier ou de la châtaigneraie ou encore le goût d'une variété.

le désirons, nous nous efforçons d'y parvenir, de l'obtenir et, lorsque nous l'avons, nous faisons tout pour le conserver et en prolonger l'existence. Car ce à quoi nous tenons est aussi ce par quoi nous tenons » (pp. 33-34).

Dans cette perspective, l'étude des valeurs se concentre sur le processus de valuation (Dewey, 1939, 2008), plutôt que sur le résultat temporaire, les valeurs. La notion de valuation introduite par J. Dewey correspond à l'activité de formation et d'attribution des valeurs. Le terme de « valuer » est un néologisme en français, proposé pour exprimer le fait d'« attribuer de la valeur à » (Deledalle, 1967).

Les valuations doivent être comprises comme des activités sociales auxquelles participent des individus, des collectifs et dans notre cas, l'espèce considérée. Elles concernent progressivement les fins-en-vue (les fins désirées) et les moyens (de les atteindre), conduisent à la formation de valeurs et les font évoluer. Les valuations sont des faits qui peuvent être observés empiriquement. Ces observations, guidées par la *Théorie de la valuation* traduit par (Bidet, Quéré et Truc, 2011) ont constitué la méthode que nous avons suivie afin de déterminer sur nos terrains les valuations qui s'expriment au cours d'activités en lien avec le châtaignier.

« La conduite effective, en tant qu'elle est observable, teste l'existence d'une valuation et sa nature. Le champ existant d'activités (y compris les conditions environnantes) est-il ***accepté*** *– fait-il l'objet d'un effort pour le maintenir contre des conditions adverses ? Ou bien est-il* ***rejeté*** *– fait-il l'objet de tentatives pour s'en débarasser et produire un autre champ de conduite ? Et dans ce dernier cas, vers quel champ précis, pris comme fin, les efforts-désirs (ou l'agencement d'efforts-désirs qui constitue un intérêt) sont-ils dirigés ? De la détermination de ce champ, en tant qu'objectif de la conduite, dépend celle de* ***ce qui*** *est valué. Tant qu'une situation en connaît pas, ou n'est pas menacée par un choc et une perturbation, un feu vert engage à poursuivre l'acte immédiat – l'action manifeste. Il n'y a alors ni besoin, ni désir, nu valuation, tout comme, en l'absence de doute, il n'y a pas de raison d'enquêter. De même que le problème qui suscite l'enquête est lié à la situation empirique dans laquelle il apparaît, de même le désir et la projection des fins comme conséquences à atteindre sont relatifs à une situation concrète et au besoin de transformer. La charge de la preuve repose, pour ainsi dire, sur l'apparition de conditions qui font obstacle, bloquent, et sont sources de conflit et de besoin. Examiner la situation au regard des conditions qui*

constituent le manque et le besoin, et qui servent ainsi de moyen positif pour former une fin ou un résultat atteignables : telle est la méthode permettant la formation de désirs et de fin-en-vue valides (requis et efficaces), bref celle menant à la valuation ».

C. Matériel et méthode

C.1 Présentation des cas d'étude

Nous nous sommes intéressés à deux associations dont les membres re-domestiquent le châtaignier. Certaines espèces pérennes fruitières telles le châtaignier, l'amandier, l'arganier, le figuier, l'olivier ou encore le palmier-dattier peuvent faire l'objet d'usages et abandons successifs par les êtres humains, et persister à l'état abandonné durant plusieurs décennies. La notion de re-domestication est utilisée lorsque les humains entrent à nouveau dans la forêt suite à une période d'abandon, qu'ils défrichent, élaguent ou greffent. Il s'agit d'une reprise du contrôle de la végétation par la modification morphologique des arbres et l'établissement d'une nouvelle familiarité avec eux (Aumeeruddy-Thomas et al., 2012 ; Michon et al., 2007 ; Peltola et Arpin, 2017).

1. Le châtaignier

Le châtaignier (*Castanea sativa*) est une espèce d'arbre endémique d'Europe. Le châtaignier est auto-incompatible[68]. En l'absence d'informations sur le déterminisme génétique de caractères d'intérêts[69], il est nécessaire de le reproduire végétativement, par greffage. Les greffons sont prélevés sur des « arbres-mères »[70]. Le châtaignier cultivé pour ses fruits est la plupart du temps greffé tandis que le châtaignier planté pour son bois est issu de semis. Les châtaigneraies sont des plantations de châtaigniers utilisés pour leurs fruits, plantés à espacements relativement grands. Le sol est nettoyé par pâturage ou débroussaillage afin de faciliter la récolte des châtaignes qui tombent au sol entre fin septembre et fin octobre. Les châtaignes sont vendues fraîches, grillées ou transformées en châtaignons (châtaignes sèches épluchées), farine, crème de marron, pâtisseries, etc. Est appelé marron une châtaigne dont la peau interne (le tan) ne pénètre pas l'amande et se pèle bien à l'épluchage. La sélection variétale en France a produit des porte-greffes (ex : Marsol) résistants à l'encre, un phytophtora racinaire, et des variétés dites

[68] Le pollen d'un châtaignier ne peut féconder les fleurs femelles du même châtaignier
[69] Tels un calibre, un goût ou une résistance à des maladies
[70] Aussi appelés « martyrs »

« modernes », précoces, de gros calibres, facilement épluchables (ex : Marigoule et Bouche de Bétizac).

Le châtaignier est historiquement un arbre multifonctionnel : il peut fournir du bois d'œuvre, bois de piquet, bois de chauffage, éclisses pour vannerie, fourrage, litière, miel, fruits à destination de l'alimentation animale et humaine. La châtaigneraie est quant à elle source de paysages et d'espaces récréatif (chasse, cueillette, etc.). Toutes ses fonctions sont autant de raisons de s'intéresser au fruit, à l'arbre et au lieu. Arbre de longue durée de vie et de grand port, à la fois domestique et forestier, « arbre à pain » (Bruneton-Governatori, 1999) qui a nourri des communautés rurales, a fourni un revenu complémentaire en saison, arbre de misère qui a permis de survivre aux famines, il ne laisse pas indifférent.

Nos cas d'étude se situent dans le piémont pyrénéen qui n'est pas un bassin de production castanéicole en France. Le volume de production est trop faible pour apparaître dans les statistiques nationales. Historiquement, la châtaigne y était un aliment de soudure[71] et n'a jamais constitué la base de l'alimentation[72] (Bruneton-Governatori, 1980, 1984).

2. Présentation des associations

Le premier cas d'étude se situe en Ariège et au sud de la Haute-Garonne limitrophe (Carte 6). Il s'agit de la Fédération Rénova (Rénova). Le deuxième cas d'étude se situe en Hautes-Pyrénées (Carte 6). Il s'agit de l'Association Châtaigne des Pyrénées (C. Pyrénées).

[71] Consommation saisonnière courte, d'un à trois mois.
[72] Consommation répartie sur toute l'année, tous les repas, à la place des céréales comme en Corse et dans les Apennins.

Carte 6 : Situation géographique des associations Rénova et C. Pyrénées

2.1 Cas d'étude en Ariège : Rénova

La Fédération Rénova est une association loi 1901 créée en 1994. Elle œuvre à la sauvegarde et à la revalorisation du patrimoine fruitier principalement en Ariège. Elle mène des actions pour connaître et faire connaître la richesse des variétés et des vergers cultivés : inventaire et description des variétés locales de fruits toutes espèces confondues, réhabilitation des vergers par la rénovation et la replantation des vergers de plein vent, sensibilisation du public et formation des propriétaires de vergers et des agricultrices et agriculteurs aux techniques d'arboriculture traditionnelle, valorisation économique de la production par la transformation en jus de fruit et produits de terroir, reconnaissance du rôle des vergers dans la conservation de la biodiversité, des paysages et des écosystèmes, diversification par l'accueil touristique et l'éducation à l'environnement. Rénova a eu entre 0 et 8 salarié·e·s depuis sa création et fonctionne avec deux emplois-aidés en 2020.

Les adhérentes et adhérents, environ 80 chaque année, sont des agricultrices et agriculteurs qui veulent développer une activité autour des fruits, des actrices et acteurs qui ont un projet agricole, des retraité·e·s ou encore des passionné·e·s d'arboriculture et de la diversité fruitière. Quelques tonnes de châtaignes sont ramassées chaque année par les adhérentes et adhérents sans qu'une estimation plus précise ne puisse être faite.

2.2 Cas d'étude en Hautes-Pyrénées : Association Châtaigne des Pyrénées

L'association Châtaigne des Pyrénées (C. Pyrénées) a été créée en 1996. C'est une association loi 1901 de producteurs. L'objectif de l'association est de faire reconnaître les châtaignes, réunir une base de données sur les châtaigniers et leurs fruits (culture,

production, commercialisation, cuisine), rechercher les variétés locales de châtaigniers, mettre en place un programme d'actions visant à sauvegarder la châtaigneraie traditionnelle et à conduire des actions de relance de cette production sur le département des Hautes-Pyrénées.

Un conseiller agricole de la Chambre d'Agriculture des Hautes-Pyrénées anime l'association. Il recherche des châtaigneraies à récolter et contractualise la récolte avec les propriétaires. Des chantiers collectifs d'entretien de la châtaigneraie et de récolte sont organisés. Les chantiers sont menés par des membres actifs répartis sur le territoire et sollicités pour les différentes actions à mener en fonction de la proximité du chantier engagé. Une fête de la châtaigne est organisée à Bourg-de-Bigorre qui écoule la quasi-totalité de la récolte collective et des récoltes individuelles des membres de l'association.

Il y a entre 60 et 70 adhérent·e·s dans l'association dont une petite dizaine de membres actifs ou de producteurs de châtaignes. Les producteur·rice·s sont éleveur·se·s ou pluriactifs et la châtaigne représente pour eux un complément de revenu saisonnier. Un couple à plein temps totalise une dizaine de tonnes récoltées à eux-seuls tandis que les chantiers collectifs représentent 1 à 2 tonnes suivant les années, autant que la récolte des autres membres individuels.

C.2 Choix des activités étudiées

Cette étude se focalise sur les activités en lien avec le châtaignier. Certaines sont réalisées en vue de conserver la diversité génétique tandis que d'autres peuvent éventuellement y contribuer sans que cela soit nécessairement intentionnel.

Les activités de prospection et la caractérisation des variétés locales sont réalisées en vue de conserver la diversité génétique du châtaignier. Ces activités sont coordonnées par un conservatoire régional de la châtaigne en Aveyron (ACRC). L'ACRC dispose d'une grille qui permet d'évaluer un ensemble de critères botaniques (une activité dite « de phénotypage ») et de regrouper ensuite les châtaigniers qui se ressemblent le plus comme appartenant à une même variété. La prospection est conduite de façon différente par les associations étudiées. La prospection des châtaigniers est assurée par un petit groupe à Renova, constitué de retraité·e·s, salarié·e·s de l'association et agricultrices et agriculteurs (5 personnes identifiées voir annexe 5). Au sein de l'association Châtaigne des Pyrénées en Hautes-Pyrénées, elle est assurée par l'animateur, également conseiller

agricole, et un membre de l'association (soit 2 personnes, voir annexe 5). En Hautes-Pyrénées, ce sont les agricultrices et agriculteurs rencontré·e·s par l'animateur et les participant·e·s à la fête de la châtaigne qui sont les principales sources d'information permettant de trouver de nouveaux lieux de prospection, tandis qu'à Rénova ce sont les relations de voisinage du petit groupe qui prospecte qui sont les principales sources d'information. Les informations sur les châtaigniers et les variétés sont rares mais utiles. Elles permettent de retrouver les châtaigniers, d'apprendre quels étaient les plus appréciés et récoltés par le passé. Les indices obtenus relèvent quelques fois d'un nom de variété (la Castéranne, la Fine, Fine de Montfa, la Patte de Llop), de la génération qui a greffé le châtaignier, de l'histoire des fermes et des familles. Certains châtaigniers sont ensuite phénotypés par un nombre restreint de personnes par association.

Les activités de greffage et plantation peuvent être réalisées en vue de conserver la diversité génétique appréhendée au travers des noms de variétés et noms de châtaigniers, être réalisées en vue de produire des châtaignes ou les deux. Réalisées sur des châtaigniers et variétés locales, elles sont susceptibles de contribuer à la conservation de la diversité génétique.

Les activités telles que le défrichage et l'élagage permettent de prolonger la vie des châtaigniers séculaires et opèrent des choix au sein des châtaigneraies : certains châtaigniers sont coupés au profits d'autres. La plupart du temps les variétés ne sont pas connues et ne sont donc pas un critère pour ces choix. Ceux-ci s'opèrent plutôt sur la vigueur, l'emplacement des châtainiers, la qualité des châtaignes (calibre, cloisonnement) lorsqu'elle est connue et la sensibilité au cynips. Les activités telles que la transformation et la commercialisation des châtaignes peuvent conduire à valoriser différemment certains types de châtaignes et de variétés et favoriser ou non, de manière indirecte, la conservation de la diversité génétique du châtaignier.

Nous nous sommes intéressé·e·s à ces activités développées au titre des associations (collectives) et des activités conduites en dehors des associations par leurs membres (qu'elles soient individuelles ou collectives).

C.3 Recueil et analyse des données

L'étude que nous avons conduite s'appuie sur différents types de matériaux collectés entre août 2015 et décembre 2019. D'une part, deux séries d'entretiens

compréhensifs (Kaufmann, 2011) ont été menées en 2017 à C. Pyrénées et 2019 à Rénova et C. Pyrénées (Tableau 6) D'autre part, nous avons organisé des journées de rencontre, participé à des réunions des associations et à des journées de formation. Des entretiens ont été menés à ces occasions et conduits dans une perspective compréhensive (Kaufmann, 2011) sans guide spécifique. Nous avons également procédé à des observations participantes des activités de prospection et de phénotypage des châtaigniers, de greffage, de récolte, de transformation et de vente des châtaignes. Ces entretiens et ces observations participantes ont été réalisés aux saisons propices à ces activités et documentés par des enregistrements audio, des photos et des prises de notes (12) (Tableau 7). Un tableau plus détaillé est disponible en annexe 5.

Les entretiens ont été réalisés auprès d'agricultrices et agriculteurs [73], des pluriactif·ve·s non agricultrices et agriculteurs, des retraité·e·s, des salarié·e·s, auto-entrepreneur·se·s ou salarié·e·s des associations. Ni castanéiculteur·rice·s à plein temps (à une exception près en Hautes-Pyrénées) ni simples amatrices et amateurs[74], la dichotomie professionnel·le/amatrice et amateur, peine à qualifier avec justesse les personnes interviewées. Nous avons cherché à interroger des personnes ayant des intérêts divers pour le châtaignier. La plupart sont membres des associations qui ont constitué notre point d'entrée sur les territoires. Il·elle·s m'ont indiqué d'autres personnes, agricultrices et agriculteurs, retraité·e·s ou anciens membres ayant quitté les associations, qui étaient susceptibles de détenir des informations ou des points de vue complémentaires (méthode boule de neige).

Les grilles d'entretien (annexe 6) ont été construites autour de quatre objectifs :

- Retracer l'histoire des associations et comprendre leur fonctionnement actuel ;
- Comprendre la place occupée dans les associations par les personnes interviewées (le cas échéant) ;

[73] Certains ont un double statut de cotisant solidaire et de salarié en entreprise'
[74] La plupart des acteurs qui produisent des châtaignes en vendent.

- Comprendre comment et pourquoi les personnes interviewées se sont intéressées au châtaignier et à quelles activités elles ont participé ;

- Comprendre comment les personnes interviewées notaient, repéraient, à quoi elles attachaient de l'importance en agissant sur le châtaignier entendu au sens large comme l'ensemble des objets naturels s'y rapportant (châtaignes, châtaigniers, châtaigneraies mais aussi variétés, agroécosystème associé, etc.).

Les différents types de données collectées (entretiens, observations, ateliers audio, documents internes et échanges de courriels) permettent de capter une diversité de pratiques et d'activités relatives au châtaignier. Les entretiens ont été retranscrits. L'ensemble des données qui constituent ce corpus a été structuré dans une base de données à l'aide du logiciel QSR International's NVivo 11 (Richards, 2014). Un codage analytique a permis d'affecter des catégories conceptuelles à des segments de texte sur les documents écrits. Des allers-retours entre ce codage analytique, notre cadre conceptuel et le corpus recueilli, nous ont permis d'identifier ce à quoi les personnes interviewées et rencontrées tiennent, ce qu'elles valuent progressivement (processus) au cours d'activités en lien avec le châtaignier.

Terrain d'étude	Profession	Nombre	Total
Hautes-Pyrénées	Agricultrice ou agriculteur	7	15
Hautes-Pyrénées	Autre profession	7	
Hautes-Pyrénées	Animateur de l'association et Conseiller en chambre d'agriculture	1	
Hautes-Pyrénées	Technicien porc noir de Bigorre	1	1
Ariège	Agricultrice ou agriculteur	9	19
Ariège	Autre profession	3	
Ariège	Retraité·e	6	
Ariège	Ancienne salariée de Rénova	1	

Tableau 6: Entretiens semi-directifs et informels

Type d'observation	Types de documents	Total
Réunions	Enregistrements audio	2
Observations participantes	Photos et écrit	12
Ateliers et journées d'échanges	Vidéo, audio et photos	5

Tableau 7 : Observations documentées

D. RÉSULTATS

Nos observations et entretiens montrent que la valuation du châtaignier[75] par les actrices et acteurs de terrain est complexe à circonscrire et à synthétiser. Tout d'abord, les actrices et acteurs de terrain peuvent valuer les châtaigniers mais aussi leurs fruits, leur bois ou encore les châtaigneraies qu'ils composent. Ensuite, elle·il·s peuvent valuer le châtaignier en tant qu'espèce, sans établir de distinction entre les arbres, ou au contraire valuer les arbres en ce qu'ils sont différents les uns des autres selon leur appartenance à telle ou telle variété ou selon d'autres critères. Enfin, chaque personne développe une relation au châtaignier qui lui est propre, et qui évolue dans l'interaction avec des châtaigniers et avec des personnes. Ainsi, nous avons cherché avant tout à démontrer dans les résultats que le châtaignier est valué de différentes manières et selon différentes fins-en-vue sur notre terrain d'étude. Pour ce faire, nous détaillons cinq exemples de valuation qui nous ont semblé importants et significatifs sur notre terrain d'étude, sans prétendre à l'exhaustivité ni établir de hiérarchisation entre eux (en termes d'importance, d'intensité, etc.) : la diversité cultivée du châtaignier, la patrimonialisation de la nature, le développement de relations au vivant, le développement de l'autonomie décisionnelle et technique et l'action collective. Pour chaque exemple, nous précisons ce qui est valué, le châtaignier en tant qu'espèce, certains châtaigniers, des châtaigneraies, des variétés, etc.

D.1 LA DIVERSITÉ CULTIVÉE DU CHÂTAIGNIER

La conservation de la diversité cultivée du châtaignier est une préoccupation affirmée dans les entretiens par une partie seulement des actrices et acteurs de terrain. Par contre, nos observations et nos questions au sujet des actions menées révèlent que la plupart des personnes valuent la diversité cultivée. Elle peut être perçue au travers de noms de châtaigniers ou de « variétés »[1], de types de fruits, de comportements des châtaigniers face à une maladie (encre) ou à un ravageur (cynips).

Celles et ceux qui disent explicitement attacher de l'importance à la diversité cultivée sont aussi celles et ceux qui sont le plus impliqué·e·s dans les activités concrètes de conservation, notamment la prospection et la caractérisation phénotypique des

[75] « valuation du châtaignier », « relation au châtaignier » , « le châtaignier », au singulier est à comprendre dans un sens générique.

châtaigniers ainsi que le greffage de châtaignier en vue de diffuser la « variété ». Elle·il·s organisent la conservation et la diffusion des « variétés » à l'échelle des initiatives.

*« […] on a fait cette étude [*la caractérisation phénotypique in situ des châtaigniers*] pour valoriser nos châtaignes » « […] maintenant on propose quelques variétés au greffage, on a commencé à proposer, à greffer quelques varietés locales. » (Salarié dans une entreprise de transport, membre de C.Pyrénées, 2017)*

Impliqué·e·s dans les initiatives, d'autres actrices et acteurs se mettent progresivement à repérer et à observer de nouveaux châtaigniers ainsi qu'à greffer différentes « variétés » chez elles et eux, quelle qu'en soit la justification.

*« Et puis là dans les personnes qui ont rejoint le groupe récemment, [*nom de la personne*] par exemple, il se met à observer un peu tous les critères qu'on a vus ensemble, il les prend, il trouve ça intéressant. […]. Mais en tout cas dans le groupe les gens ils parlent de variétés. Ils parlent pas « j'ai greffé les châtaigniers. » Ils disent « j'ai greffé ça et puis ça, et celle-là elle n'a pas marché », ils parlent des variétés. Donc ils s'en occupent quand même des variétés. Et ils ont envie d'avoir des variétés différentes chez eux, soit parce qu'ils sont vraiment mus par l'envie de groupe de diffuser au mieux la biodiversité cultivée, soit pour des questions personnelles, d'avoir les trois qu'ils préfèrent. Je ne sais pas. » (Salariée de Rénova, 2019)*

L'observation des châtaigniers, éventuellement outillée par le phénotypage *in situ*, et le greffage de différentes variétés sont les activités les plus caractéristiques du processus de valuation de la diversité cultivée du châtaignier. Il s'agit d'une valuation de la diversité cultivée au travers de critères considérés comme intéressants. Les caractéristiques individuelles des châtaigniers sont connues mais ne sont pas nommées dans des termes relatifs à la diversité ou aux variétés.

« Elles sont plus précoces : plus cloisonnées, moins cloisonnées. Tu les découvres, nous on les découvre, on les a pas toutes découvertes la première année, on les découvre par l'activité. On fait pas une étude sur le châtaignier, on s'en fout, on a pas du tout une approche scientifique. Pas du tout hein ! On a une approche paysanne. Et maintenant avec du recul, j'ai greffé plein de châtaignes et je me dis qu'avec du recul, maintenant si je dois greffer je vais greffer autre chose. Je sais ce que je veux maintenant, je veux des

tardives. Des grosses, rousses, tardives, bonnes et pas cloisonnées. »(Agriculteur, membre de Rénova, 2019)

Ces caractéristiques peuvent également être trouvées chez des châtaigniers « sauvages », c'est-à-dire des châtaigniers non greffés dont les qualités sont appréciées et qui peuvent être greffés pour reproduire les caractères d'intérêt. Il s'agit là d'une forme de domestication des châtaigniers.

« Et puis moi je commence à repérer un peu chez nous aussi, peut-être que d'ici quelques années il y a des arbres qu'on va rentrer [dans la collection], des sauvages intéressantes en goût, intéressantes côté maladies, pourquoi pas. » (Agricultrice, membre de Rénova, 2019)

Le châtaignier est valué au travers de sa diversité cultivée qui est appréhendée par des noms de variétés ou des caractéristiques qui ont été observées, comme en témoignent les exemples ci-dessus. Ainsi, sur nos terrains d'études, l'action révèle un attachement à la diversité qui n'est pas forcément présent dans les discours. Par ailleurs, les « variétés » sont également pensées comme un héritage et érigées en patrimoine.

D.2 La patrimonialisation de la nature

Nous considérons ici la patrimonialisation comme une activité sociale de nature symbolique qui consiste *à « faire être quelque chose qui prend nom et valeur de patrimoine »* (Micoud, 2005). Pour cet auteur, l'idée qu'il s'agit de figurer est celle de *« la perpétuation d'une entité sociale dans le temps »*.

L'idée d'un patrimoine à conserver est une fin-en-vue explicite des associations.

« L'objectif c'est quand même de sauvegarder le patrimoine local. Parce que si nous on ne le fait pas personne ne le fera à notre place. » (Retraité, Membre fondateur de Rénova, 2019)

La conservation de ce patrimoine se justifie par le risque de le perdre, notamment en ce qui concerne les variétés locales. Dans ce cas, l'objet de la patrimonialisation est la diversité des variétés locales.

« On a besoin de revenir à ses attaches : […] C'est des variétés aussi, la châtaigne et autres, c'est un patrimoine. On le perd, tous les jours on en perd. […] On nous l'a

transmis, pourquoi devrait-on le perdre ? […] » (Salarié d'un magasin alimentaire, producteur de châtaignes pour la fête de Bourg de Bigorre, ancien membre de C.Pyrénées, 2017)

Des activités révèlent un attachement progressif aux châtaigniers et châtaigneraies séculaires, témoins du temps long à l'abandon ou peu entretenus, ainsi qu'aux savoirs et savoir-faire traditionnels locaux, noms de variétés et histoire locale associée à la culture du châtaignier (les marchands et les marchés, les pratiques, les habitudes de consommation, etc.).

Il s'agit de la prospection et la récolte de châtaigniers et châtaigneraies séculaires et de la collecte de savoirs auprès d'« anciens » ainsi que leur transmissions lors de formation, fêtes de la châtaignes ou encore par la réalisation d'un film[76].

« […] la châtaigne ça fait aussi partie du patrimoine de Bigorre là et il y avait un passé autour de ça et moi quand je suis arrivé dans la région ça m'intéressait ce qui se passait, ici, avec, un peu le patrimoine, donc les, la race Lourdaise qui est la vache du pays et la châtaigne ça correspondait aussi un peu à mes idées […] » (agriculteur, membre de C.Pyrénées, 2017)

Les savoirs sont difficiles à reconstituer et sont l'objet d'efforts, de désirs, d'enquêtes sur plusieurs années. Enquêter signifie aller à la rencontre et se faire accepter des « anciens », souvent agriculteurs à la retraite. Les mêmes questions sont posées et reformulées inlassablement[77] : localisation châtaigneraies séculaires, noms de variétés, us et coutumes locaux.

« Donc c'était intéressant de voir sur ce secteur-là si on retrouvait les mêmes variétés ou d'autres variétés. Et puis moi je trouvais ça sympa […] d'essayer de retrouver ces châtaigneraies, de savoir aussi ce que les gens avaient comme mémoire sur le châtaignier » (Retraité, membre de Rénova en Ariège, 2019)

---

[76] Le temps des châtaignes, Jean Samouillan (https://www.youtube.com/watch?v=Nu0tV-rmPfY)
[77] Entretien avec une ariégeoise très agée réalisé en présence d'un membre de Rénova et plusieurs rencontres en Ariège et Hautes-Pyrénées lorsque nous étions accompagnés pour aller prélever des feuilles de châtaigniers en vue de les génotyper.

Un autre exemple est la recherche de techniques de greffe du châtaignier utilisées historiquement en Ariège avec un bon taux de réussite. La greffe « Cabau » a été retrouvée par un membre fondateur de Rénova et a pris le nom de l'ariégeois qui lui a transmis. La façon dont cette technique de greffe a été retrouvée et son nom sont enseignés à chaque formation et témoignent de l'attachement à cette greffe et à sa transmission.

Les châtaigneraies les plus importantes couvrent plusieurs hectares (Les Bazis en Ariège) ou dizaines d'hectares (forêt du Balandreau en Hautes-Pyrénées). Elles font l'objet de recherches historiques par une historienne locale en Ariège et par un membre de l'association C. Pyrénées en Hautes-Pyrénées auprès d'archives et d'« anciens », afin d'en comprendre les usages passés et de retracer les anciens chemins et terrasses. En Hautes-Pyrénées, un membre de C. Pyrénées nous a montré des menhirs dans sa châtaigneraie. L'histoire locale constituée à partir de témoignages, rares archives et lectures du paysages, est partagée à l'occasion de balades organisées dans le cadre d'évènements à destination d'un public plus large que les membres des associations[78] ou des journées d'échanges entre associations organisées dans le cadre de notre travail. Lieux de formation, lieux de visite pour les promeneurs et d'échanges entre castanéiculteurs amateurs et professionnels, ce sont en quelque sortes les vitrines des activités entreprises par les associations

Le châtaignier, qualifié dans certains entretiens d'« arbre paysan » reste présent dans le paysages mais le peu d'informations accessibles rendent sa patrimonialisation d'autant plus difficile dans le contexte que nous avons étudié

« Ça serait un tilleul de Sully ou l'arbre de Turenne ou l'orme de la liberté, etc., les dates de plantation sont connues, c'est communal, parfois même écrit dans les registres communaux ou paroissiaux de l'époque. Mais tout ce qui est châtaignier c'est issu de l'agriculture, le papy a planté ça et puis ils ont greffé et ça s'est fait, on sait plus quel âge il a. « Ouh mais il était toujours vieux, il était toujours gros, je l'ai toujours connu

[78] communication personnelle d'une ancienne salariée de Rénova

comme ça cet arbre ! » Voilà la réponse. » (Technicien forestier à l'ONF, membre de C. Pyrénées, 2017)

Ces difficultés à redomestiquer le châtaignier à partir des seules informations recueillies localement conduisent les actrices et acteurs à convoquer d'autres lieux que le local, en particulier des savoirs et des savoir-faire des bassins de production traditionnels. La patrimonialisation opère alors nécessairement sur des objets immatériels, des savoirs et savoirs-faire. Les exemples suivants montrent comment progressivement, par un effet d'entraînement, un acteur·rice donne une idée dont d'autres s'emparent et adaptent à leurs besoins.

L'installation de cévenol·e·s et ardéchois·e·s dès les années 1960 a joué un rôle non négligeable dans le regard et l'importance accordée aux châtaigneraies alors complètement abandonnées sauf par quelques agriculteurs proches de la retraite. Elle·il·s ont importé leurs traditions et les ont ensuite adaptées localement. Elle·il·s utilisent les châtaigneraies pour leur propre consommation de châtaignes et en font une partie de leur activité agricole. Elle·il·s interpellent d'autres actrices et acteurs sur la nécessité de s'y intéresser. Dans ce cas, un usage est recréé qui devient une tradition. La patrimonialisation a pour objet les châtaigneraies et les châtaignes et fait peu cas des variétés qu'elle·il·s ne connaissent pas.

« Ça se faisait pas trop par ici, et moi je leur disais qu'en Cévennes on passait 4 t de châtaignes dans le week-end. Dans l'Hérault aussi j'avais vu des bonnes foires. Moi j'en ai lancé une sur Lesponne et en même temps la même année on en a lancé une dans les Baronnies. Et c'est vrai que maintenant c'est la tradition, c'est super. C'est devenu un évènement que tout le monde connaît. Et puis pour nous en tant que producteurs c'est royal parce qu'on passe nos produits. » (Agriculteur originaire des Cévennes, installé en Hautes-Pyrénées, ancien membre de C.Pyrénées, 2017)

Lorsque la patrimonialisation locale du châtaignier mobilise des savoirs et savoir-faire hérités d'autres régions castanéicoles, elle peut favoriser des usages qui n'étaient pas présents historiquement et pour lesquels des variétés locales sont ou ne sont pas adaptées.

« Ici, on fait très peu de farine mais pourquoi ? Parce-qu'on a peu de châtaignes qui se prêtent à la réalisation de farine donc c'est parce qu'ici traditionnellement on faisait pas

de farine. Donc comme dans les Pyrénées ils faisaient pas de châtaignes, ils ont pas sélectionné des châtaignes qui se séchaient et se pelaient facilement, donc derrière, on a difficilement des châtaignes qui sont transformables facilement en farine. » (Technicien forestier à l'ONF, membre de C. Pyrénées, 2017)

Finalement, au sein des initiatives étudiées, on observe une patrimonialisation du châtaignier ainsi que des châtaigneraies, des châtaignes et des « variétés », des récits d'« anciens » et de leur savoir, de la consommation nourricière de châtaignes ou encore des fêtes initiées il y a une dizaine d'année. Cette patrimonialisation contribue à ce que les actrices et acteurs de terrain accordent progressivement de l'importance au châtaignier en tant qu'espèce et parfois à la diversité intraspécifique, principalement par l'intermédiaire des « variétés ».

D.3 Le développement de relations au vivant

Nous entendons par « développer une relation au vivant » la recherche d'un contact direct, qui mobilise les sens avec un élément de nature lié au châtaignier (le châtaignier, ses fleurs, ses fruits, ses feuilles, son bois, la châtaigneraie). Si à l'instar d'une salariée de Rénova (2019) on a passé la *« plus grosse partie de [sa] vie […] sans le châtaignier parce que là où [on vivait] il n'y [en] avait pas. »,* alors les manières d'entrer en relation avec le châtaignier sont occasionnelles et relèvent de la promenade, de la fréquentation d'évènements autour du châtaignier et de la consommation de châtaignes. Tandis que les actrices et acteurs qui ont accès à des châtaigniers peuvent les fréquenter avec plus d'assiduité et développer une diversité d'activités à leur encontre. Il n'empêche, que les occasions soient rares ou fréquentes, il est possible d'avoir une relation individuelle avec les arbres, avec les plantes pérennes qui vivent plus longtemps que les humains, tandis qu'avec les plantes annuelles les relations sont plutôt des relations de groupe[79] : avec les tomates, avec un champ de blé, avec une variété ou une autre.

Nos observations montrent que des relations au châtaignier se développent et prennent progressivement de l'importance pour les actrices et acteurs au cours de

[79] C'est un cas général que l'on retrouve mentionné dans un entretien de Guy Kastler (Kastler, Bertrand et Vanuxem, 2018) mais qui omet, par exemple, la relation individuelle que peuvent entretenir des maraîchers avec chacune de leur salade par le soin et l'attention portée à chaque individu, lors du binage ou du désherbage par exemple.

différentes activités. Ce processus de valuation se traduit par le développement progressif d'une familiarité, d'une attention, d'un attachement, d'un sentiment de responsabilité qui contribuent à la poursuite d'activités en lien avec le châtaignier et plus précisément avec l'espèce, certains arbres, l'histoire des lieux et des habitants.

L'acte de greffage est important et permet le développement d'une relation intime à l'arbre. C'est un « geste profond » en ce qu'il permet la multiplication de châtaigniers sélectionné par les générations passées.

« […] tu donnes la vie, tu prolonges la vie, tu multiplies, tu diffuses la vie, c'est extraordinaire. Et ça c'est des gestes profonds qui te remplissent la vie parce que sinon… quand tu fais de l'informatique ce n'est pas toujours… tu ne vois pas toujours la finalité du machin. Après ça te structure l'esprit. Mais c'est pour ça qu'il y a peut-être besoin de poésie et de naturel pour contrebalancer. » (Retraité, membre fondateur de Rénova, Ariège)

C'est aussi un geste doté d'une charge affective importante, source de joie et de tristesse suivant le résultat de la greffe. Un geste qui révèle le rapport intime qu'entretiennent les greffeur·se·s aux châtaigniers et sur lequel elle·il·s mettent les mots de « poésie », « qui te remplissent la vie », « parler à l'arbre ».,

« […] je passe tout le temps [à vérifier les greffes], je suis curieux, je regarde : je les vois démarrer, je les vois sécher de suite, je les vois sécher plus tard. J'observe. Je coupe les repousses, tout ce qui repousse au pied de l'arbre. Oui oui, c'est pour ça que je suis déçu, je suis triste, je suis vachement triste quand ça rate. […] quand je greffe je fais… comment t'expliquer, je suis pas mystique mais j'essaye de parler à l'arbre, je dis « allez prend petit arbre », je sais pas comment t'expliquer.» (Agriculteur, membre de Rénova, Ariège, 2019)

Développer l'attention, l'observation et la patience permet de percevoir différents éléments de nature. Par exemple, cela permet d'être réceptif à la découverte d'un nouveau châtaignier. La découverte initie la rencontre entre l'humain et le châtaignier, et une relation individuelle peut éventuellement se développer.

« J'en repère encore tout le temps [des châtaigniers], là, de partout. Maintenant j'ai l'œil. » [un peu plus loin] « Ben je vois le point de greffe sur l'arbre. Par exemple il y a un arbre que je passais devant tout le temps et j'avais pas vu, je l'avais pas vu. Et un

jour je me suis arrêté, je suis rentré dans le pré, j'ai escaladé et tout ça. Le vieux, le paysan il est venu me voir, « qu'est-ce que tu fous là ? » J'ai dit c'est votre père qui a greffé cet arbre, c'est votre grand-père père, c'est qui ? C'était un gros arbre comme ça. Je lui ai coupé la parole, il m'a dit « oui oui », il est plus devenu plus agressif, il m'a dit « oui oui c'est mon père, je m'en rappelle plus. » Et du coup on a parlé. » (Agriculteur, membre de Rénova, Ariège, 2019)

Cloisonnement, couleur du fruit, teneur en sucre, date de chute des fruits, sont autant d'éléments perçus, appréciés et précisés au fur et à mesure que se forge l'expérience sur le temps long, guidant le greffeur ou le récoltant dans ses choix. Progressivement, la fréquentation des châtaigniers permet des observations, et donc la discrimination des arbres entre eux. La valuation glisse de la châtaigneraie ou du châtaignier vers des caractéristiques plus fines, vers les fruits ou les « variétés » si elles sont connues.

« [Les châtaignes] sont plus précoces, plus cloisonnées, moins cloisonnées. Tu les découvres, nous on les découvre, on les a pas toutes découvertes la première année, on les découvre par l'activité. […] Et maintenant avec du recul, j'ai greffé plein de châtaignes et je me dis qu'avec du recul, maintenant si je dois greffer je vais greffer autre chose. Je sais ce que je veux maintenant, je veux des tardives. Des grosses, rousses, tardives, bonnes et pas cloisonnées. » (Agriculteur, membre de Rénova, Ariège, 2019)

D'autres activités telles que l'observation de la faune et de la flore dans les châtaigneraies, la cueillette des champignons ou encore la récolte des châtaignes participent également de cette recherche de relation au vivant. Nous avons pu observer des actrices et acteurs dans leur relation avec la nature au sein de châtaigneraies séculaires. Souvent, le silence se fait, les corps se meuvent avec souplesse entre les arbres, évitent les obstacles, les yeux observent, les mains touchent, caressent, récoltent, greffent[80]. Elle·il·s apparaissent très absorbé·e·s par ce qu'elle·il·s font. La parole

[80] Observation participante lors de la prospection et du phénotypage à Rénova en 2017, chantiers de greffe et de récolte en 2012 à Rénova et à C.Pyrénées

économe montre et explique ce que nous devons observer et il nous faut du temps pour le percevoir, car nous sommes moins familier·e·s qu'elles et eux à cet espace[81].

Nos observations et échanges informels dans les châtaigneraies montrent également que les actrices et acteurs qui vivent à proximité développent des relations avec l'ensemble de l'écosystème et recherchent une certaine « harmonie avec la nature ». Par exemple, certains [82] adoptent des stratégies de repérage des arbres productifs et d'éloignement des sangliers par la manifestation pacifique de leur présence tandis qu'un autre acteur[83] tolère que les chevreuils broutent de jeunes châtaigniers greffés, afin de trouver un équilibre qui permette à tous de subvenir à ses besoins. Un autre acteur l'interprète comme le témoignage de leur curiosité à l'égard de la main de l'être humain. Ces actrices et acteurs cherchent à récolter des châtaignes et à greffer des châtaigniers, mais acceptent la présence des animaux et les aléas associés sans manifester de colère ou de rancœur à leur égard, manifestant ainsi qu'elle·il·s acceptent leur présence qui agissent ainsi justifient cette prise en compte du fonctionnement de la nature comme une volonté de partager l'espace et les usages entre les humains et les autres être vivants. Elle·il·s cherchent à être en « harmonie avec la nature ». Ces exemples issus d'observations participantes montrent que l'objet de la valuation est plus large que le châtaignier en tant qu'espèce, y compris chez des agriculteurs pour qui les châtaignes représentent jusqu'à un tiers de leurs revenus[84]. Ce qui devient important peut aussi être la châtaigneraie en tant qu'écosystème, les chauves-souris qu'elle héberge[85] ou le miel qu'on y récolte[86] plus que pour les châtaignes que l'on y ramasse.

Finalement, nos exemples montrent des relations humains-châtaigniers riches, diversifiées et qui évoluent selon les actrices et acteurs engagé·e·s dans la relation au châtaignier et le moment considéré. Elles s'appuient sur le caractère pérenne du châtaignier, la diversité des usages possibles, ses caractéristiques tour à tour forestières et fruitières ainsi que la culture qui lui est associée. Les manières dont les actrices et acteurs

[81] Observation participante chez un membre de C.Pyrénées en 2019
[82] Agricultrice, membre de Rénova
[83] Pluriactif et cotisant solidaire, membre de C.Pyrénées
[84] Agricultrice, membre de Rénova
[85] Agriculteur membre de C. Pyrénées
[86] Agriculteur membre de Rénova

le qualifient sont une illustration de la singularité du châtaignier parmi d'autres espèces. Il est par exemple distingué de l'arbre fruitier par un membre de C. Pyrénées : *« C'est plus un arbre, plus mythique, ça a une autre prestance »*. Un salarié intermittent de Rénova et membre fondateur exprime également cette idée en 2019 : *« Tu peux le rénover même en étant vieux alors qu'un pommier quand il est vieux il vaut mieux le laisser tomber. T'as des arbres dépérissant, des châtaigniers complètement dépérissant, tu te dis il y a plus rien à faire. Et s'il y a un peu de vivant tu peux le remettre en jeu. […] Non c'est incroyable. »*. Une salariée de Rénova le distingue de l'arbre forestier « lambda » en 2019 : *« […] c'est beaucoup plus récemment que j'ai le regard plus sur les châtaigniers […]. Mais sinon j'étais dans la forêt et la même relation avec n'importe quel arbre parce que c'est vraiment un élément, la forêt, un élément qui me fait vibrer. »*.

Enfin, les châtaignes sont distinguées des autres fruits par un retraité et membre fondateur de Rénova (2019) : *« mon sentiment c'est que la châtaigne c'est quelque chose de plus profond que les autres fruits »*.

D.4 L'AUTONOMISATION TECHNIQUE OU DÉCISIONNELLE

Le contexte de re-domestication met particulièrement en lumière la recherche d'autonomie à différents niveaux. Ce contexte place les individus dans une situation qui nécessite persévérance et organisation afin de lever les obstacles pour devenir autonomes, en particulier en ce qui concerne les ressources sur leur ferme, leur alimentation ou le bois de chauffage, les actes techniques qu'elle·il·s souhaitent effectuer sur le châtaignier. Cette recherche est exprimée par la plupart des actrices et acteurs rencontré·e·s. Seuls un agriculteur des Hautes-Pyrénées proche de la retraite et l'animateur de l'association C. Pyrénées ne l'ont pas exprimé.

Cela se traduit par la re-domestication de châtaigneraies existantes perçues comme une ressource à portée de main qui permet l'auto-production de bois, de châtaignes et de miel, à usage domestique ou commercial, et répond à cette recherche d'auto-suffisance. La recherche d'autonomie investit beaucoup les actes techniques tels que l'élagage et le greffage qui permettent de rénover les châtaigneraies abandonnées et de multiplier les châtaigniers qui possèdent des qualités intéressantes. Cette recherche d'autonomie est

parfois nommé « liberté » et s'inscrit dans un projet de vie en adéquation avec des idées politiques[87].

«[…] je voulais un peu de terre, d'espace, de soleil, d'eau. […] la maison c'était pas important. L'habitation, tout ça c'était pas important. […] c'est ça la démarche. Pas de crédit, une certaine liberté. On a beaucoup travaillé sur la liberté, le côté liberté : on fait ce qu'on veut au moment où on en a envie. (Agriculteur, membre de Rénova, Ariège, 2019)

La relative confidentialité du savoir associé au greffage est un premier exemple d'obstacle qui est franchissable par ceux qui ont un goût pour les arbres, le greffage en général ou les châtaigniers, et surtout qui aiment apprendre, ont une forme de curiosité qui les amène à sortir des sentiers battus. La recherche de la maîtrise d'un acte technique tel que le greffage est un moteur de l'apprentissage, de la persévérance à essayer, expérimenter et à se perfectionner année après année. Par exemple, un retraité membre de Rénova évoque qu'il est allé apprendre la greffe en flûte à la maison de la châtaigne de Mourjou pour essayer de trouver une solution aux échecs répétés qu'il a depuis plusieurs années.

« […] Mais ça fait un an, deux ans, trois ans, quatre ans qu'elle est pas propice, il y a quelque chose qui va pas. C'est pour ça que je me suis dit « il faut que tu prennes le taureau par les cornes, il faut que tu essayes de voir un peu ce que, comment on peut greffer d'une autre façon que ça. » (Retraité, membre de Rénova, 2019)

D'une part, l'apprentissage de la greffe en tant que fin-en-vue devient un moyen et rend possible d'autres activités. Lorsqu'on sait greffer, on acquiert la possibilité de devenir autonome dans la multiplication des châtaigniers. Les choix de multiplication peuvent être guidés par ceux qui connaissent les variétés au sein des associations ou décidés de façon autonome par celles et ceux qui apprennent à les connaître. Si la greffe est relativement bien maîtrisée parmi les membres des associations étudiées, les choix des variétés à greffer sont entre les mains d'une ou deux personnes par association, comme nous avons pu le constater au cours de nos observations lors des deux journées de

[87] Par exemple, certains sont syndiqués à la Confédération Paysanne, producteurs de semences paysannes ou revendiquent une mise en retrait de la Modernité.

formation à la greffe en 2019. La multiplication des châtaigniers rend également possible le test des variétés une fois que suffisamment de jeunes châtaigniers sont entrés en production [88] . La recherche d'autonomie au travers d'un acte technique glisse progressivement vers une recherche d'autonomie dans la multiplication des châtaigniers et des variétés.

« Je ne me suis pas posé la question de ce que j'allais mettre. J'ai greffé là et juste [Retraité, membre fondateur de Rénova] avait plus de greffons Patte de Llop et c'est ça que j'ai mis. Mais c'était plus l'opportunité d'avoir les greffons comme ci ou comme ça plutôt que le choix. » (Salariée de Rénova, Ariège, 2019)

D'autre part, la recherche d'autonomie peut faire agir selon des fins-en-vue successives et inattendues à première vue. C'est ce que montrent les deux exemples suivant au travers d'activités qui relèvent de l'usage d'un espace en propriété : une parcelle de forêt achetée en vue de garantir son autonomie en bois de chauffage peut se retrouver transformée peu à peu en châtaigneraie et en un lieu d'expression de l'individualité de l'acteur qui s'y implique et se trouve transformé en retour.

Un cotisant solidaire également salarié dans une entreprise et membre de C. Pyrénées nous fait le récit de sa passion pour les arbres fruitiers et la diversité cultivée. En 2006-2008 il achète une parcelle de forêt à proximité, motivé par le calcul du nombre d'années au bout duquel il aura remboursé l'achat d'une parcelle de bois par l'économie du bois de chauffage acheté chaque année. Cette parcelle doit également servir à éloigner ses ruches du domicile. Il découvre peu à peu qu'une partie de son bois est considérée comme la meilleure châtaigneraie du village et récolte *« des seaux et des seaux »* de châtaignes. En plus du bois et du miel, il se met à valoriser la ressource en fruits et à s'investir à l'association C. Pyrénées. La châtaigneraie ayant été abandonnée pendant des années, il peut poursuivre l'utilisation des deux ressources, bois et fruits. La châtaigneraie devient un terrain de jeu car il y réalise de nombreuses activités. Il la transforme progressivement en système agroforestier, greffe sur rejets des variétés locales et des variétés modernes, fait un jardin, construit une cabane, recherche l'histoire des menhirs qui y sont présents, observe le passage des animaux sauvages. Être autonome en bois de

[88] C'est en passe de devenir le cas pour les variétés méritantes en Ariège.

chauffage et éloigner ses ruches étaient le point de départ de l'acte d'achat, peu à peu récolter, transformer et vendre des châtaignes prend de l'importance au côté d'autres centres d'intérêt tels que l'accueil de public (bivouac) et la recherche de l'histoire du lieu. Cet exemple montre comment la valuation concerne progressivement les fins-en-vue et les moyens, fait « évoluer » les valeurs.

Un autre membre de l'association C. Pyrénées fait en apparence un choix similaire. Initialement motivé par la recherche d'une autonomie en bois de chauffage, il découvre une châtaigneraie et décide d'y installer une collection de variétés locales, alors qu'à l'inverse du récit précédent, il n'avait pas de goût spécifique pour l'arboriculture. La journée d'apprentissage de la greffe en avril 2019 se déroule chez lui. Il fait le récit de l'achat d'une parcelle de bois. Vendue par un ami qui la délaisse depuis des années, la parcelle est prise dans les broussailles. Plusieurs années de débroussaillage et de nettoyage le font aller de découvertes en découvertes : ici un ancien chemin, là une ancienne carrière d'ardoise pour les locaux, là-bas encore une ancienne grange, et partout des châtaigniers, alignés, âgés, plus ou moins vigoureux ou dépérissants. La récolte des châtaignes et plus particulièrement des feuilles pour faire la litière des vaches pour sa grand-mère sont le souvenir d'une corvée. Pris dans ses découvertes successives, il prend plaisir à redonner vie à cette châtaigneraie, il commence à l'investir, y vient presque tous les jours avec sa compagne pour s'y promener, apprend à greffer et le nom des variétés locales, accueille des journées de formation à la greffe sur sa parcelle, plante de jeunes porte-greffes afin de compléter les châtaigniers manquants et reconstituer une châtaigneraie destinée à la collection des variétés locales. Il protège les greffes et jeunes plants des chèvres d'un berger en Association Foncière Pastorale sur le massif, avec du matériel de construction qui lui sert dans son activité professionnelle (gaines de drainage). La collection des variétés locales qu'il projette de constituer par la rénovation des anciens châtaigniers et le greffage, marque son intérêt pour la vie locale et la tradition, exprimé au travers d'autres discussions sur le passé de la région. Son amitié avec l'animateur de l'association qu'il connaît depuis l'enfance facilite le développement de ses idées. Il nous guide d'un bon pas un peu fébrile de châtaignier en châtaignier pour nous conter l'histoire et la destination qu'il envisage pour chacun d'eux. Manger des châtaignes ou en vendre ne l'intéresse pas vraiment, c'est à peine si sa femme en a fait griller une fois l'année passée. Il dit que s'il avait voulu *« faire ça pour vivre, [il aurait] été à fond, comme I.* [Une castanéicultrice installée agricultrice à titre principal sur la châtaigne], *[il aurait]*

planté en ligne, pour que ça donne, alors là, c'est vraiment pour le plaisir ». Comme dans l'exemple précédent, celui-ci montre bien l'évolution des valuations. Il montre aussi le caractère un peu collectif et indirect des valuations. Au contact des membres de l'association C.Pyrénées, cet acteur prend goût aux variétés, à l'idée de les conserver jusqu'à décider d'installer un conservatoire.

Le châtaignier, quel que soit l'usage qui en est fait (bois, fruit, fourrage, etc.), apparaît comme un support propice à l'expression des individualités et au développement des autonomies technique et décisionnelle. L'expression des individualités semble possible sur des espaces dont on a la maîtrise sur le temps long et favorise l'usage au travers de la capacité à agir sur ces espaces.

D.5 L'ACTION COLLECTIVE

Nos observations et les entretiens montrent comment les actrices et acteurs en viennent à accorder de l'importance au châtaignier par l'intermédiaire de leurs de relations avec d'autres personnes. Les exemples au sujet de l'installation de néo-ruraux qui entraîne d'autres actrices et acteurs à s'intéresser au châtaignier et celui de l'achat d'une châtaigneraie par quelqu'un qui développe progressivement le goût pour les variétés de châtaigniers jusqu'à vouloir installer un conservatoire, illustrent cela. Les actions collectives, développées dans le cadre des associations ou en dehors, sont des moments qui mettent particulièrement en lumière comment les relations sociales peuvent faciliter la valuation du châtaignier. L'action collective est un moment propice à l'appréciation esthétique et sensible des châtaigneraies, au partage de savoirs et de savoir-faire, aux apprentissages pensés comme fin-en-vue puis comme moyens d'action sur le châtaignier. L'action collective est également une façon de réduire la pénébilité du travail et de valoriser économiquement la production : récolte et épluchage des châtaignes dans les associations, entre ami·e·s ou avec la famille ; vente via l'association des récoltes collectives et individuelles.

Faire ensemble plutôt que seul·e rend possible la récolte, la transformation, la vente et donc l'usage des châtaigneraies qui resteraient abandonnées sans cela.

« En fait le problème c'est que je me suis beaucoup investi dedans, [la châtaigneraie] j'espérais entre 3 et 4 tonnes de fruits, je me suis rendu compte que gérer ça tout seul

c'était impossible, en plus des autres activités, il faut vraiment être plusieurs pour faire de la châtaigne, c'est une conclusion que je fais moi. […] je récolte ça avec mes parents qui viennent en vacances à la période de la récolte. » (Agriculteur, membre de C. Pyrénées, 2017)

En Hautes-Pyrénées, participer aux chantiers collectifs constitue un complément de revenu pour certains.

« Et après, la participation aux chantiers c'est aussi le moyen de se faire, entre guillemet, comme moi j'ai pas d'énormes revenus de mon activité agricole, ça me permettait un peu de, de mettre du beurre dans les épinards comme on dit. » (Agriculteur, membre de C. Pyrénées, 2017)

La convivialité est importante pour l'émergence et la construction de relations sociales en lien avec le châtaignier et est explicitement recherchée. Elle naît de la participation à une activité collective en lien avec le châtaignier et des moments qui l'entourent tels que la prise d'un repas en commun « tiré du panier ».

« Donc c'est un essai [de greffage] qu'on a fait avec joie parce qu'on était cinq ou six à greffer. » (Technicien forestier à l'ONF à propos d'une journée de greffage chez lui qui visait à transformer un taillis de châtaignier en châtaigneraie, membre de C. Pyrénées, 2017)

Si la convivialité apporte de la joie à l'activité réalisée et le désir de se retrouver ensemble à nouveau, le choix de l'activité partagée est central dans ce qui rassemble les personnes. Prendre part au greffage, à la récolte ou l'épluchage des châtaignes lie des actrices et acteurs entre eux plus par ce qu'ils font plus que par les discussions et idées échangées. Un participant à une soirée d'épluchage de châtaignes en Hautes-Pyrénées (2019) exprime très justement cette idée ainsi : *« c'est comme aller jouer à la Quille 9 [jeu pyrénéen traditionnel], on vient pour l'activité, pas pour les idées de chacun ».*

Photo 6: Déjeuner autour d'une grillade de châtaignes lors d'une formation à la greffe à Rénova, Avril 2019, Les Bazis-Ariège (Crédit photo Emmanuel Desjobert)

Dans les Hautes-Pyrénées, un salarié d'un domaine non agricole explique qu'il *« répond présent »* aux différentes activités collectives proposées car c'est comme cela qu'il conçoit la participation à une association. De plus, pour lui les actions collectives proposées par C. Pyrénées sont autant d'opportunités d'apprendre quelque chose en dehors de son domaine professionnel, quelque chose qui l'intéresse et le rattache à ses origines agricoles.

« J'ai appris des choses c'est enrichissant pour moi. Stéphane, l'étude sur la châtaigne. Moi j'ai découvert tout un monde que je ne connaissais pas, au niveau technique sur la châtaigne, tous ces trucs-là. Puis tu découvres d'autres paysages, d'autres endroits. Moi ça m'intéresse d'aller voir d'autres endroits où il y a des châtaigniers, ça me sort de mon domaine dévisser les boulons quoi, puis, parce-que je viens d'un milieu agricole, j'ai toujours été intéressé. » (Salarié, membre de C.Pyrénées, 2017)

L'accueil d'une journée collective de greffage chez soi fournit un autre exemple. Elle implique d'être proche de l'association qui l'organise, d'avoir des rejets ou jeunes châtaigniers prêts à greffer dans un lieu propice à l'apprentissage. Cela signifie également d'accepter les aléas liés à l'apprentissage. C'est aussi, dans le cas où les greffes prennent, bénéficier d'un travail collectif.

[…] Moi j'avais une petite parcelle qui était prête à greffer. Du coup ça a super bien marché, ils étaient une bonne petite équipe de sept ou huit et ça a greffé toute une après-midi. Avec un petit, un bon 80 % de réussite. Donc il va y avoir une grosse touffe de châtaigniers greffés ! Non, c'est là qu'on peut savoir qu'on peut faire des grandes parcelles. Que tu peux vite regagner de la surface et regreffer. Après il y aura un entretien derrière, c'est pas gagné en une journée. Mais ça a été super positif, ouais. (Agriculteur, membre de Rénova, à propos d'une journée de formation sur sa parcelle en avril 2019)

Enfin, l'action collective est un lieu de transmission du savoir, de circulation des greffons et donc des variétés par ceux qui bénéficient d'une expertise reconnue par l'association. Ils [89] choisissent les « variétés » « méritantes » diffusées et mises à l'épreuve du groupe quelques années plus tard[90], dans les différents environnements où elles seront regreffées.

Photo 7 : A gauche, José explique la greffe en flûte (Avril 2019, photo Emmanuel Desjobert). À droite, José montre des greffes sur rejet faites chez lui lors de rencontres organisés fin Mai 2017

Nos résultats montrent que l'aspect collectif de l'action participe à donner du sens à ce qui est fait en commun mais ne présage pas de l'objet valué : l'espèce, les châtaigneraies, les variétés, etc., selon l'action dans laquelle les actrices et acteurs sont engagé·e·s. L'action collective peut être un moyen pour réaliser des choses qui ne sont

[89] Ils sont peu nombreux, quelques uns par association et ce sont tous des hommes dans les initiatives étudiées.
[90] Quatre ou cinq ans pour les premières châtaignes, vingt ans pour une pleine production sans compter le risque de perdre des arbres (chancre, greffes cassées par le vent ou les animaux).

pas atteignables seul·e et une fin-en-vue lorsque faire ensemble participe à donner du sens à ce qui est fait.

E. Discussion

E.1 Intérêt de la théorie de la valuation pour l'étude de la re-domestication et de la conservation de la diversité génétique

1. Sur le plan méthodologique

1.1. Éviter l'écueil du discours, révéler l'implicite

L'approche pragmatiste des valeurs consiste en l'analyse des activités de re-domestication. Sur le plan méthodologique, cette approche nécessite un travail de terrain fin, notamment un temps d'observation participante significatif car c'est l'observation qui est la plus à même de renseigner ce à quoi tiennent les actrices et acteurs de terrain. De cette façon, nous avons voulu éviter l'écueil du discours qui est parfois en décalage avec les pratiques (Kaufmann, 2011). En particulier, cela nous a permis de révéler des valuations qui ne sont pas complètement conscientes ou pas verbalisées pas les actrices et acteurs. C'est parfois le cas concernant la valuation de la diversité cultivée. Dans les entretiens, certains actrices et acteurs ne parlent pas de diversité ni de variétés voire disent ne pas s'y intéresser lorsque la question est explicitement posée. Mais lorsqu'on évoque leurs pratiques sur les châtaigneraies et ce qu'ils font des châtaignes, elle·il·s opèrent des distinctions entre arbres, entre types de fruits et opèrent des choix, y compris de greffage, parmi ce qu'elle·il·s distinguent.

Nos résultats illustrent la complexité des relations entre les valuations – ce à quoi on attribue de la valeur - et les actions de re-domestication. En effet, un même geste technique – la greffe – peut permettre diverses valuations tels que : apprendre à greffer pour conserver la diversité cultivée, apprendre à greffer pour autoproduire des plants, apprendre à greffer pour apprendre une nouvelle technique, etc. Inversement, différentes actions telles que le greffage, l'organisation de visites de châtaigneraies ou la prospection de châtaigniers séculaires, peuvent concourrir à une même valuation telle que celle du patrimoine variétal local. En ce sens, nos résultats illustrent la construction progressive des valuations au cours de la re-domestication du châtaignier et montrent l'importance d'une étude conjointe des actions et des discours afin de bien rendre compte de ce à quoi les actrices et acteurs tiennent.

Dans les deux paragraphes suivants nous détaillons les éléments de réponse que nous a permis d'apporter l'utilisation de cette théorie concernant les différentes manières de valuer, c'est-à-dire sur les chemins par lesquels le châtaignier, en tant qu'espèce ou au travers de certains éléments naturels (châtaignes, châtaigneraie) et culturels (variétés, fêtes), devient progressivement important pour les actrices et acteurs.

1. 2 Mettre en évidence le temps long des valuations

La notion de valuation est une activité dynamique. Les actrices et acteurs agissent en fonction des fins temporaires qu'il·elle·s ont en vue et forment dans l'action des valeurs qui sont remises à l'épreuve en permanence. Nos exemples, et en particulier les récits présentant une dimension historique montrent bien que les valuations concernent progressivement les fins-en-vue et les moyens. Elles se construisent autour d'une pluralité d'objets progressivement redéfinis par les valuations comme le montre l'exemple de la l'achat d'une forêt pour faire son bois de chauffage. Celle-ci devient progressivement pour son propriétaire et par son intermédiaire, une châtaigneraie productive puis un système agroforestier diversifié. Cette vision dynamique est encore très simplifiée puisqu'un même acteur est engagé simultanément dans une multiplicité d'activités, chacune étant susceptible de participer à des valuations et sans qu'aucune ne puisse être envisagée indépendamment de l'autre mais bien dans un contexte ou une situation élargie[91].

Les valuations identifiées évoluent au cours du temps et sont à même de faire agir dans des directions variées dont les effets peuvent être cumulatifs dans le cas d'une espèce pérenne. Par exemple, l'évolution des valuations contribue à faire évoluer les choix de greffage. Or du fait du caractère pérenne du châtaignier, chaque greffage réussi produit un châtaignier qui restera présent dans le paysage des dizaines voire des centaines d'années[92]. A chaque fois que les choix de greffage évoluent, la proportion de chaque variété présente est modifiée ou de nouvelles variétés sont greffées et cohabitent avec celles greffées précédemment. Dans le cas des espèces annuelles, l'évolution de

[91] La situation élargie est à comprendre comme le fait que tout se passe dans un contexte qui est très englobant, de ce qui a construit l'individu au présent et sans oublier les structures sociales.
[92] À condition qu'il ne soit pas surgreffés et ne meurent pas de mort naturelle ou anthropique

valuations concernant les choix variétaux aurait plutôt tendance à opérer des remplacements de variété(s) par d'autre(s) variété(s).

Prendre conscience que les valuations sont des processus et font agir chacun·e différemment sur l'agrobiodiversité du châtaignier c'est prendre conscience que les relations entre les humains et l'agrobiodiversité sont en construction permanente et remises en jeu à chaque action importante entreprise en lien avec le châtaignier, dans chaque groupe ou association, pour chaque personne impliquée dans des activités de conservation et d'utilisation du châtaignier.

2. Sur le plan thématique

La conservation *ex situ* organisée au niveau institutionnel de la diversité génétique est peu adaptée à la biologie des espèces pérennes telles que le châtaignier (Migicovsky et al., 2019) car elle est trop coûteuse au regard de l'estimation de leur valeur économique (Louafi, Bazile et Noyer, 2013). Pour ces espèces, la conservation *in situ* ou la gestion dynamique *in situ* seraient plus adaptées. Il est généralement admis que la valorisation de la diversité cultivée contribue à sa préservation, le principe a par ailleurs été inscrit dès 1992 dans le premier paragraphe de la Convention pour la Diversité Biologique[93] (CBD) (Boisvert et Caron, 2010). Réciproquement, il est considéré qu'un défaut de valorisation économique entraîne une négligence de la gestion de la biodiversité et donc de sa conservation (Vivien, 2005).

L'intérêt de mobiliser l'approche pragmatiste pour notre étude a été double. D'une part, la re-domestication d'espèces pérennes est un phénomène social peu étudié pour lui-même. Étudier les valuations du châtaignier dans ce contexte nous a permis de mieux comprendre ce qui contribue à rendre le châtaignier important pour les acteur·rice·s, à ce qu'elle·il·s en prennent soin, au-delà d'une nécessaire valorisation économique. D'autre part, cette approche nous a permis de nous intéresser à tout type d'actions en lien avec le châtaignier et pas seulement celles attendues comme ayant un rôle dans la conservation de la diversité génétique et faites avec cette fin-en-vue. Mobiliser cette théorie a contribué à élargir l'horizon de ce que nous avons observé. Nos résultats montrent l'importance

[93] Les parties signataires s'y disent « conscientes de la valeur intrinsèque de la diversité biologique et de la valeur de la biodiversité et de ses éléments constitutifs sur les plans environnemental, génétique, social, économique, éducatif, culturel, récréatif et esthétique ».

d'inclure les considérations relatives à la conservation de la diversité génétique dans un environnement social large car celui-ci semble jouer un rôle à différents niveaux dans cette conservation : sensibilisation, recrutement de nouvelles personnes menant des actions de conservation ou ayant un usage du châtaignier pouvant avoir un effet sur la conservation de la diversité génétique.

E.2 Importance des valuations identifiées pour la re-domestication et la conservation de la diversité génétique du châtaignier

Nous avons identifié cinq manières de valuer le châtaignier. Nous cherchons à inférer si elles sont susceptibles, et à quelles conditions, d'être favorables à une re-domestication et à une gestion dynamique *in situ* du châtaignier.

1. Importance des valuations autres que la diversité cultivée du châtaignier

Sur nos terrains nous retrouvons sans surprise les valuations mentionnées par Peltola et Arpin (2017), hormis celle spécifique à nos terrains qui relève de la diversité cultivée du châtaignier.

Nos résultats suggèrent le caractère collectif, indirect ou par effet d'entraînement des valuations. C'est par exemple le cas lorsque des actrices et acteurs participent à des activités collectives pour leur convivialité ou pour en diminuer la pénébilité. C'est aussi le cas lorsqu'un membre de C.Pyrénées value progressivement les variétés locales au contact d'autres membres de de l'association, jusqu'à installer chez lui un conservatoire de variétés. Lorsqu'il s'agit de récolter ou de vendre de façon indifférencié des châtaignes issues de châtaigneraies anciennes comme à la fête de la châtaigne à Bourg de Bigorre, le châtaignier est valué en tant qu'espèce, pour ses fruits qui sont appréciés grillés en saison. Ces activités participent d'une re-domestication du châtaignier par le soin apporté à l'entretien des châtaigneraies dont les fruits sont valorisés économiquement mais ne participent pas nécessairement à une conservation des génotypes historiquement présents localement. Ces valuations du châtaignier qui s'effectuent par l'intermédiaire d'autres actrices et acteurs s'apparentent à ce que Peltola et Arpin (2017) nomment « community building ».

De même, lorsque le châtaignier est un moyen de construire un lien à la nature qui se manifeste par une plus grande familiarité, un sentiment de connexion, de se sentir affecté ou responsable est retrouvé dans les cas d'études de Peltola et Arpin (2017) sous le terme de « domestication ». Dans ces deux exemples, les valuations se construisent

autour du châtaignier, dans la mesure où il est pris comme moyen, par exemple pour établir une relation avec la nature ou pour participer à une activité collective. La valuation du châtaignier qui passe par une patrimonialisation prend pour objet le châtaignier, à certains d'entre eux, aux châtaigneraies, aux sentiers et murets, à la veillée de châtaignes, etc comme « inheriting » prend pour objet le lac, chez Peltola et Arpin (2017). Le châtaignier comme le lac sont le support de la mémoire individuelle et collective, une façon de s'inscrire dans la continuité avec les générations passées et une forme de résistance face à la modernité (Micoud, 2005).

La re-domestication s'appuie sur une diversité de valuations. Le châtaignier, les châtaigneraies, les châtaignes, les variétés, etc. deviennent progressivement important·e·s pour les actrices et acteurs impliqué·e·s dans les initiatives étudiées. Dans le prochain paragraphe nous allons voir que lorsque ce qui devient important relève de la diversité intraspécifique du châtaignier (certains châtaigniers plus que d'autres, certaines variétés, etc.), y compris en l'absence d'expression d'une intention de conserver, cela peut favoriser la conservation de certains génotypes au profit d'autres et donc jouer un rôle dans la conservation de la diversité génétique.

2. Des valuations contribuent à des actions favorables à la conservation de la diversité génétique du châtaignier

La diversité génétique du châtaignier en France est considérée comme moyenne lorsque comparée à d'autres pays européens. Une partie de cette diversité est présente sur les territoires d'action des associations étudiées (Bouffartigue et al., 2020). La présence d'une diversité locale permet d'envisager un effet positif ou négatif des actions entreprises par les actrices et acteurs impliqué·e·s dans ces initiatives.

Retrouver et conserver la diversité cultivée apparaît comme une préoccupation des associations Rénova et Châtaigne des Pyrénées et de quelques-uns de leurs membres. La faible structuration de la population d'une espèce allogame, les flux de gènes entre châtaigniers forestiers et cultivés et le faible nombre d'actrices et acteurs engagé·e·s dans des activités de conservation, implique une dilution de l'effet de leurs actions sur la diversité. Afin de retrouver une gestion dynamique de l'espèce, qui implique des pratiques de semis, d'abattage, de greffage, etc., il est nécessaire qu'un plus grand nombre de personnes réalisent des actions en lien dont on a de bonnes raisons de penser qu'elles participent d'une gestion dynamique *in situ* du châtaignier. Dans les initiatives étudiées,

les associations sont susceptibles de jouer ce rôle de transmission des savoirs, notamment technique et des désirs d'agir en lien avec le châtaignier, d'en prendre soin, de le remettre en production.

En effet, lorsqu'au cours d'une formation collective à la greffe, des savoirs, savoirs-faire et des greffons sont échangés, les variétés portées par les greffons sont valuées et l'activité est susceptible de participer d'une conservation de la diversité génétique (à condition que les greffons soient greffés, que les greffes prennent et que l'arbre greffé vive). De plus, la transmission de la greffe « Cabau » associée à son histoire est utilisée par Rénova pour asseoir la légitimité de la technique et participe indirectement celle de l'association. Transmise dans le cadre de formations collectives au greffage, elle est un outil de la conservation de la diversité cultivée. La recherche d'autonomie moblise fréquemment la technique de greffage comme outil. La greffe permet en effet de s'affranchir de la faible gamme variétale proposée par les pépiniéristes et de produire des plants de châtaigniers à moindre coût, voire d'en vendre[94]. En revanche, la recherche d'autonomie sur les choix variétaux est moins présente, probablement plus difficile à acquérir sur une espèce pérenne dont l'expérience se fait sur le temps long et dont les variétés, encore peu connues dans ces territoires marginaux, sont difficilement discernables. Ces choix de multiplication variétale sont centralisés par quelques personnes dans chacune des associations selon leurs propres critères. Ceux-ci, hérités d'une note donnée à chaque variété lors de la caractérisation phénotypique, ne sont pas véritablement discutés collectivement.

Ainsi ces associations se caractérisent par la diversité des activités organisées autour du châtaignier et des motivations pour s'y impliquer. Il ne s'agit pas d'initiatives homogènes et organisées autour d'un objectif commun. En effet, si certains actrices et acteurs sont engagés à la fois dans la conservation et l'utilisation tandis que d'autres sont principalement motivés parce qu'il·elle·s ont développé chemin faisant une relation avec leurs arbres ou leur espace, qui leur apporte des réponses à certains besoins (désirs) mais sans pour autant parler d'utilisation de la châtaigneraie dans un sens utilitariste (s'exprimer, se ressourcer, etc.). L'interaction des deux peut conduire à une valuation de

[94] Des membres de Rénova produisent des plants greffés de différentes espèces qui sont vendus par l'intermédiaire de Rénova à l'automne.

la diversité cultivée d'un plus grand nombre, la diversité cultivée peut devenir une préoccupation parmi d'autres. D'autres part, le simple fait de s'intéresser et d'agir en lien avec le châtaignier local (châtaigneraies séculaires ou variétés locales) contribue à la pérennisation d'une part de diversité génétique présente localement.

C'est donc au travers de nombreuses activités en lien avec le châtaignier ou en lien avec d'autres actrices et acteurs que se construisent et grandissent l'importance, l'intérêt, la responsabilité envers le châtaignier un ou plusieurs éléments qui lui sont associés.

3. Une diversité de valuations qui limite le risque d'une « monoculture des esprits », des pratiques et de la perte d'une diversité locale du châtaignier

La mobilité des personnes et les moyens de communication modernes permettent une transmission rapide des savoirs entre régions et une hybridation qui peut être perçue comme un risque d'homogénéisation, de « monoculture des esprits » (Shiva, 1993) si la culture de variétés modernes devenait dominante, mais aussi comme source d'innovation (Aumeeruddy-Thomas et al., 2012). Sur les terrains étudiés, nous avons d'une part observé une appropriation croissante des noms de variétés et de leurs caractéristiques depuis 2015 dans le cadre des évènements collectifs (formations au greffage et réunions préparatoires à l'échange des greffons), signe que l'importance accordée à la diversité cultivée du châtaignier se diffuse. D'autre part, nous avons vu que le développement de la production locale, la maîtrise de techniques, notamment celles importées d'autres régions castanéicoles (séchage des châtaignes et transformation en farine, châtaignes au naturel et crème de châtaigne) permettre une réappropriation de l'usage du châtaignier et des châtaignes, à conditions que les processus de transformation ne discriminent par les variétés locales au profit des variétés modernes ou d'un faible nombre de variétés locales. Dans les associations étudiées, le risque d'une multiplication préférentielle de quelques variétés adaptées aux usages économiquement rentables ou l'utilisation préférentielle de variétés modernes existe, mais semble circonscrit. En effet, le châtaignier reste peu valorisé économiquement dans ces zones de production marginale et l'importance de la diversité et du patrimoine pour les actrices et acteurs locaux semblent compenser ce risque.

F. Conclusion

Plus qu'un catalogue de valeurs qui favoriserait la re-domestication ou la conservation de la diversité génétique du châtaignier, il s'est agi de comprendre les attachements que les actrices et acteurs des initiatives étudiées développent au contact du châtaignier, dans la perspective de donner du sens à ce qu'elle·il·s font, notamment à ce qu'elle·il·s font collectivement. Le cadre d'interprétation de la valuation permet d'expliciter ce qui reste parfois implicite dans ce qui donne du sens à l'action et décuple l'envie d'agir. Il révèle à quel point les initiatives étudiées peuvent être foisonnantes et reposer sur une diversité d'intérêts et de motivations qui ne peuvent être réduites à une intention de conserver l'agrobiodiversité ou la volonté de relancer une production locale de châtaignes. Le fait que les actrices et acteurs valuent le châtaignier et différents éléments naturels et culturels auxquels elle·il·s l'associent, que des valeurs se forment et se transforment dans l'action, suggère qu'une forme de conservation ou d'utilisation de l'agrobiodiversité peut se maintenir par des chemins et des détours peu mis en évidence jusqu'à présent dans la littérature et dont notre travail révèle l'importance probable pour une gestion dynamique *in situ* de l'agrobiodiversité. Un enjeu se situe autour de la pérennisation de la re-domestication afin que l'usage qui est fait du châtaignier continue à se redévelopper et puisse jouer un rôle dans la transition agroécologique. Un deuxième enjeu se situe autour des relations entre celles et ceux qui s'investissent explicitement dans la conservation de la diversité génétique du châtaignier et les autres actrices et acteurs, c'est-à-dire autour de la construction collective d'une articulation entre conservation et utilisation de la diversité génétique au sein d'une même initiative de re-domestication. Il serait alors intéressant de mieux comprendre la manière dont ces valuations sont partagées collectivement et de leurs effets sur la conservation de la diversité génétique du châtaignier.

DISCUSSION GÉNÉRALE

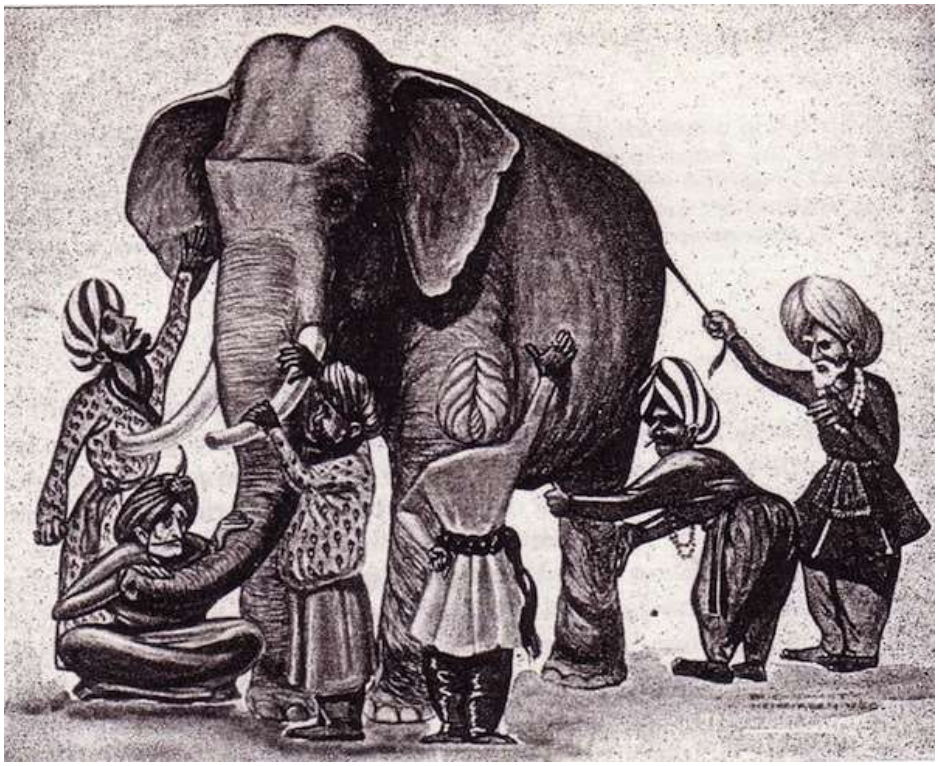


Figure 8: "Les six aveugles et l'éléphant", métaphore de la collaboration comme permettant la construction d'une perception globale à partir des perceptions individuelles (https://www.institut-repere.com consulté le 14 juillet 2020)

L'objectif initial de ma thèse était d'étudier la diversité cultivée du châtaignier et sa conservation en mobilisant différentes disciplines, dans la perspective de co-construire des outils de gestion avec les acteurs et actrices impliquées dans les initiatives étudiées. Chemin faisant, cet objectif a été reformulé au contact du terrain. En effet, il m'a semblé progressivement que l'intentionnalité de la conservation de la diversité cultivée n'était pas ce qui réunissait les actrices et les acteurs autour du châtaignier. Plus fondamentalement, ce questionnement initial m'empêchait de rendre compte de la nature et de la richesse des actions engagées sur le châtaignier. Aussi, j'ai mobilisé la notion de « re-domestication » pour qualifier plus globalement la réalité du phénomène social en cours sur les terrains étudiés, et je me suis interrogée sur son importance pour la conservation de l'agrobiodiversité du châtaignier, dans la perspective d'une nécessaire transition agroécologique. Dans une première partie de discussion je précise ce que j'entends par « re-domestication », à l'issue de mon travail de thèse (A). Puis, je reviens sur les apports de ma thèse au champ de recherche sur la conservation de l'agrobiodiversité (B). Je discute plus précisément de l'importance de la re-domestication pour la conservation de la diversité génétique et pour la diversité cultivée du châtaignier (B.1). Je discute également l'importance de la re-domestication pour la conservation de la diversité des savoirs, des usages et la diversité culturelle du châtaignier (B.2). Dans une troisième partie, je discute en quoi ces apports contribuent aux enjeux sur la transition agroécologique (C). Dans une dernière partie, je développe un retour réflexif sur l'évolution de la question de recherche dans la relation avec les terrains étudiés (D).

A. De la conservation de l'agrobiodiversité à la re-domestication

En introduction j'ai défini la re-domestication à partir des articles d'Aumeerudy-Thomas et Michon (2018) qui décrivent la domestication des arbres. C'est une notion que j'ai mobilisée tardivement pour tenter de mieux qualifier les terrains étudiés et rendre compte du glissement d'objet de recherche que j'ai été amenée à faire à leur contact. Je m'en explique dans les paragraphes qui suivent.

Ma thèse a démarré à Toulouse en Décembre 2016. L'objectif principal était la co-construction d'un outil de gestion de la diversité cultivée du châtaignier qui intègre des informations génétiques obtenues par le génotypage microsatellites des châtaigniers appréciés localement (résultats présentés dans la partie II, 2ème partie) et des informations de phénotypage et d'appréciations subjectives en provenance des partenaires de la thèse

(Rénova, Châtaigne des Pyrénées et Association Conservatoire Régional de la Châtaigne en Aveyron). Ces associations correspondent au terrain de ma thèse que j'ai constitué en 2015-2016 en proposant de génotyper des châtaigniers aux personnes engagées dans les activités de phénotypage.

Au contact des actrices et acteurs de terrain, je me suis rendue compte qu'elle·il·s avaient de nombreuses préoccupations au sujet du châtaignier et que la conservation de sa diversité n'était peut-être pas la priorité contrairement à ce que les échanges avec les personnes impliquées dans la prospection et le phénotypage des châtaigniers m'avaient laissé penser jusqu'alors. Ce constat est celui d'une thèse voulue comme une thèse en partenariat (Audoux et Gillet, 2011) qui entre sur les terrains d'études avec une approche disciplinaire auprès du groupe restreint réalisant le phénotypage. Réaliser que ce groupe n'était pas représentatif de la diversité des personnes et des motivations présentes dans les associations a été en quelque sorte une surprise et le point de départ d'une démarche plus abductive (Catellin, 2004).

À partir de ce constat, de nouvelles questions ont émergé : comment comprendre les motivations des actrices et acteurs qui agissent sur les châtaigniers, à travers des pratiques caractéristiques de la conservation (greffage, etc.), mais sans intentionnalité forte d'en conserver la diversité ? Qu'est ce qui est important pour eux ? Comment tiennent ces associations dont quelques membres sont très actifs dans la production de savoirs sur l'agrobiodiversité, et d'autres semblent peu curieux ou peu intéressés par les résultats de mon travail en génétique ? S'agit-il de professionnel·le·s, d'amatrices et amateurs, de passionné·e·s ? In fine, les actions qu'ils mènent sans intentionnalité de conserver ont-elles des effets bénéfiques sur la diversité cultivée ? S'agit-il de gestion dynamique *in situ* ?

À l'échelle des associations, je n'ai pas observé d'organisation collective autour d'un objectif clair et partagé. À l'échelle individuelle, je n'ai pas su décrire précisément qui sont ces actrices et acteurs ou plutôt, elle·il·s ne se sont pas laissés réduire à une seule catégorie : agricultrices et agriculteurs, amatrices et amateurs, etc. Ma difficulté à qualifier les terrains d'étudiés peut être un manquement de ma part ou le signe d'une diversité de motivations rencontrées. Il me semble qu'il peut s'agir d'une différence avec les collectifs de gestion dynamique tel que les RSP. En effet, le RSP est décrit dans la littérature comme organisé autour du principe unificateur de la biodiversité

(Demeulenaere et Bonneuil, 2011), partageant le même constat d'une inadaptation des variétés modernes aux environnements stressants (Demeulenaere et Goldringer, 2017) et formant des « communautés d'appartenance » (Bonneuil et Thomas, 2009). Or, sur mes terrains, une partie des personnes agissent sur les variétés, sur les châtaigneraies, sans intentionnalié liée à la biodiversité ou aux variétés, sans intention de conservation, de sélection ou de compagnonnage (dans le sens de la Plante compagne, Lieutaghi, 1991). Ainsi j'ai pu observer sur mes terrains que la variété n'est pas toujours un objet pensé ni un objet qui oriente l'action.

Je suis alors allée chercher la notion de « domestication », les travaux sur les « forêts domestiques » de G. Michon et Y. Aumeerudy-Thomas qui m'ont aidé à clarifier la nature des terrains étudiés. À l'issue de mon travail de thèse, je donne une définition extensive de la re-domestication comme un contexte, un phénomène social et des activités engagées sur des populations locales ou régionales de l'espèce concernée :

- Le contexte de la re-domestication est celui de zones rurales marginales du point de vue de la production et de la valorisation économique des fruits de l'espèce qui est re-domestiquée. Dans le cas du châtaignier que j'ai étudié, il s'agit du piémont pyrénéen qui a subi une déprise rurale et des maladies qui ont conduit à l'abandon et l'arrachage de châtaigneraies. L'ampleur de l'abandon dans le piémont pyrénéen s'explique par le moindre ancrage culturel de cette production, qui a été un aliment de soudure, et non la base de l'alimentation comme en Ardèche, en Corse et dans les Cévennes (Bruneton-Governatori, 1984), ainsi que l'aptitude des terres à d'autres cultures.

- Le phénomène social est celui de la création d'un tissu social autour de l'espèce re-domestiquée. Des agricultrices et agriculteurs néo-ruraux, des retraité·e·s, des passionné·e·s de la diversité cultivée et arboricoles, des amatrices et amateurs, qui s'attachent au châtaignier malgré l'absence de valorisation économique évidente, et une vision encore assez négative du châtaignier par les anciennes générations. Le choix d'étudier les initiatives à l'œuvre dans le piémont pyrénéen à travers une analyse des valuations du châtaignier s'est avéré fructueux pour appréhender ce phénomène social (partie III). En effet, mes observations montrent bien la diversité des manières de venir au châtaignier et des activités dont il peut être le

support, jusqu'à former un collectif autour de lui sans partager nécessairement une intentionnalité forte de conserver son agrobiodiversité. J'y reviendrai.

- La notion de domestication des arbres empruntée à Y. Aumeerudy-Thomas et G. Michon n'est pas exclusive des arbres fruitiers. En revanche dans ma thèse, je l'emploie pour le châtaignier fruitier uniquement. De nombreux usages du châtaignier sont par ailleurs possible (cf. Chapitre contexte) qui sont relictuels sur les terrains étudiés, l'usage des châtaignes pour l'alimentation animale, la production de piquets et de bois de chauffage compris. Les activités de re-domestication sur les châtaigniers à l'échelle d'une parcelle visent à faire passer les châtaigniers d'un état abandonné à un état utilisé : débroussaillage, élagage, greffage en font partie (cf. citation p.6). Lorsqu'il s'agit de débroussaillage et d'élagage, certains châtaigniers greffés ou non, sont choisis pour être abattus et d'autres élagués. Quant au greffage, il s'opère sur des rejets de souche et jeunes châtaigniers spontanés. A l'échelle d'un territoire, des plantations de châtaigniers peuvent être interprétées comme faisant partie de la re-domestication dans la mesure où le châtaignier qui avait été abandonné, retrouve une place dans ce territoire et ce, indépendamment de ce qui est greffé (variétés traditionnelles, modernes, etc.).

B. Synthèse des apports de connaissances

B.1 Quels apports de la re-domestication pour la conservation de la diversité génétique et de la diversité cultivée du châtaignier ?

1. Diversité des gènes : pas d'effet attendu mais un élargissement de la base génétique dans laquelle il est possible de sélectionner des châtaigniers

Le processus de domestication diffère entre les espèces annuelles et les espèces pérennes à longue durée de vie (Gaut, Díez et Morrell, 2015). Le châtaignier et l'olivier sont des cultures pérennes qui présentent encore aujourd'hui un compartiment « sauvage » et un compartiment « cultivé ». Ces deux espèces sont allogames. L'introgression de « sauvage » dans le « cultivé » se poursuit et permet des adaptations locales (Gaut, Díez et Morrell, 2015). Le compartiment « sauvage » est un réservoir de diversité pour le « cultivé » (Diez et al., 2015 ; Díez et al., 2011). Malgré ces introgressions, l'olivier présente des populations « sauvages » et « cultivées » distinctes (Díez et al., 2011) alors que cela n'est pas le cas du châtaignier (Bouffartigue et al., 2020 ;

Pereira-Lorenzo et al., 2019). En France, les châtaigniers dits « sauvages » ou « forestiers » et les châtaigniers « cultivés » forment une seule et même population (Bouffartigue et al., 2020) Dans ce paragraphe, j'examine l'importance de la re-domestication à l'échelle de l'espèce, *Castanea sativa* Mill.

Les analyses génétiques ont montré que la plupart de la variance génétique se trouve majoritairement au sein des régions échantillonnées (>80%, cf. table 4 Bouffartigue et al. (2020)). Cela signifie que chaque région échantillonnée héberge une part importante de la diversité globale, partagée en grande partie avec les autres régions échantillonnées. C'est donc aussi le cas des associations Rénova et C.Pyrénées. Ce résultat montre qu'il n'y a pas d'enjeu de conservation de la diversité génétique sur les territoires prospectés par les associations. Plus globalement, la diversité génétique du châtaignier n'est pas menacée à l'échelle de la France.

La re-domestication est un phénomène à la fois marginal en nombre de châtaigniers touchés et localisé. Le nombre de châtaigniers re-domestiqués par rapport au nombre de châtaigniers présents dans une zone donnée est faible, notamment car les populations forestières et cultivées cohabitent. Les zones prospectées sont très réduites et ne couvrent pas toutes les zones où des châtaigniers greffés et connus par les associations sont présents[95]. Ces deux caractéristiques suggèrent que la re-domestication a peu d'influence une année donnée sur la diversité génétique globale (« forestière » + « cultivée ») du châtaignier à l'échelle des territoires étudiés, et de surcroît à l'échelle française. Cependant, les effets se cumulant sur la durée de vie des châtaigniers présents dans un territoire donné suggère que l'influence sur le long terme pourrait ne pas être négligeable bien que difficilement prédictible. C'est-à-dire qu'il faudrait modéliser l'effet de la re-domestication sur le long terme afin de comprendre dans quelle mesure elle serait susceptible de faire évoluer les fréquences alléliques des populations de châtaigniers. Enfin, la redécouverte de châtaigniers par la re-domestication pourrait permettre d'élargir

95 cf. cartes 4 et 5 qui comparent les lieux de phénotypage avec la répartition des châtaigniers selon l'inventaire de l'IGN, communications personnelles : membre fondateur de Rénova, salarié de C. Pyrénées

la base génétique dans laquelle il est possible de les sélectionner en raison d'une combinaison allélique originale ou de leur adaptation à des environnements marginaux.

2. Diversité cultivée : hébergée, conservée, diffusée

Dans ce paragraphe, j'essaie de dégager de grandes tendances sur le rôle des associations étudiées dans la conservation et la diffusion de la diversité culivée du châtaignier, à partir des parties II B et III.

De façon générale, la diversité cultivée du châtaignier correspond aux châtaigniers reproduits par greffage. La question de la conservation de la diversité cultivée chez le châtaignier a donc beaucoup à voir avec le greffage, et le greffage avec la notion de « variété ». Sujet de nombreux débats entre scientifiques (Osman et Chable, 2009 ; This et Boursiquot, 1999 ; Villa et al., 2005 ; Zeven, 1998), variables selon les espèces considérées, il n'est pas dénué d'enjeux politiques ni moins ambigu sur le terrain. C'est l'ambiguïté du terme sur le terrain qui nous intéresse ici. Il est clair pour les actrices et acteurs de terrain que la reproduction des caractéristiques d'un châtaignier passe nécessairement par le greffage, c'est-à-dire par une reproduction clonale. Cependant, ce qui est appelé « variété » peut recouvrir diverses significations. Une « variété » peut correspondre à un arbre donné, par exemple un châtaignier unique, spontané ou greffé, dont on apprécie les caractéristiques et que l'on souhaite regreffer (« instant domestication » chez Pereira-Lorenzo et al., (2019)). Une « variété » peut aussi regrouper des arbres selon le type de châtaignes (« les rousses », « les noires »). Enfin, une « variété » correspond parfois à un nom qui ne fait pas référence au phénotype (« la Sardonne », « la Nouzillarde »). Dans le premier cas, le greffage initiera la reproduction d'une variété monoclonale. Dans les deux autres cas, rien ne permet de savoir a priori si la « variété » ainsi définie correspond à un ou plusieurs génotypes. La partie II B a montré que plusieurs clones étaient en général détectés au sein d'une « variété ». Lorsque plusieurs châtaigniers assimilés à un même nom de variété ont été échantillonnés, un clone est souvent dominant, ce quelle que soit la façon dont la variété a été déterminée (phénotypage ou transmission orale). Ainsi, la transmission de greffons d'une « variété » donnée peut correspondre à plusieurs génotypes sur le terrain, apparentés ou non entre eux. N'ayant pu réaliser d'analyse de parenté (partie II B), je n'ai pu établir la relation de parenté éventuelle entre génotypes regroupés dans une même « variété ».

Au demeurant, un résultat préliminaire de phylogénie suggère que les associations ont retrouvé les différents génotypes greffés présents dans les zones prospectées. En effet, l'échantillonnage de châtaigniers greffés, réalisé au hasard dans les zones prospectées par les associations, n'a pas révélé de génotypes très différents de ce qui a été échantillonné en priorité par les associations. Cela signifie que les associations hébergent une part significative de la diversité cultivée suspectible d'être présente dans les territoires qu'elles ont prospectés. Au moins une partie de cette diversité hebergée est regreffée à des fins de production et pas seulement de conservation[96]. Les associations contribuent donc à une gestion dynamique *in situ* du châtaignier. Cependant, sans étude génétique spécifique des échanges de greffons, il n'est pas possible d'évaluer précisément leur effet sur la dynamique de la diversité cultivée du châtaignier. Cela aurait été une piste de recherche intéressante qu'il n'a pas été possible d'explorer dans le cadre de mon travail de thèse. Un suivi sur un temps plus long des échanges de greffons et de la viabilité des arbres greffés, ainsi qu'un budget de génotypage plus conséquent, auraient été nécessaires. Des difficultés supplémentaires sont à relever telles que la difficulté à déterminer le périmètre des initiatives (greffages réalisés au nom des initiatives ou par des membres des associations à titre personnel), le manque d'informations fiables sur l'historique des greffages. En effet, les carnets de greffes sont absents ou fragmentaires, y compris pour les greffes réalisées dans le cadre des associations. Il n'y a pas de suivi des dons de greffons réalisés dans le cadre associatif ni par les membres des associations. De plus, la faible fréquence et la faible quantité des échanges de greffons compliquent la modélisation des réseaux d'échanges (communication personnelle : Thomas Mathieu, comité de thèse 2017).

Afin d'appréhender la part de variétés locales dans la diversité cultivée gérée (conservée et valorisée) par les initiatives, et non plus seulement recensée[97], il aurait fallu identifier la part des variétés modernes ou amenées d'autres régions telles que Marron de Redon, Marron d'Olargues, Sardonne, etc., par ailleurs cultivées parmi les variétés locales. Le tableau de bord de suivi de la diversité génétique élaboré par Goffaux et al.,

[96] Un suivi partiel dans le cadre de Rénova établi à environ 200 greffages effectués dans le cadre de l'association. Au moins une dizaine de personnes membres ou proches de Rénova, greffent activement le châtaignier, sans en rendre précisément compte à l'association.
[97] Pour rappel, le génotypage a été effectué sur de vieux châtaigniers identifiés par les associations

(2011) aurait pu être mobilisé. En particulier le nombre de variétés cultivées, les indices de Shannon (hétérogénéité de la répartition des variétés dans le paysage), Simpson (dominance de la répartition des variétés dans le paysage) et Piélou (équitabilité de la répartition des variétés dans le paysage). En effet, j'ai observé que les variétés modernes et les variétés locales sont utilisées conjointement. Cette pratique a été rapportée dans d'autres régions sur le châtaignier (Aumeeruddy-Thomas et al., 2012 ; Dupré, 2002) et pour d'autres espèces (Jarvis et al., 2011) sans que l'on puisse s'accorder sur l'effet de cette complémentarité entre variétés modernes et locales ou traditionnelles sur la conservation de la diversité cultivée *in situ*. C'est en effet un aspect difficile à évaluer dont le résultat dépend beaucoup de la taille de l'échantillonnage et de l'effort de prospection comme en témoigne le débat entre (Dyer et al., 2014) et (Brush et al., 2015) au sujet de l'érosion de la diversité du maïs. Le choix des indicateurs choisis pour l'évaluer est également décisif (Goffaux et al., 2011).

B.2 Quels apports de la re-domestication pour la conservation de la diversité des savoirs, des usages et de la diversité culturelle du châtaignier ?

Pour répondre à cette question je m'appuie essentiellement sur la partie III, la présentation des associations étudiées (Contexte de la thèse), et leur mise en perspective par rapports aux autres actrices et acteurs de l'agrobiodiversité (Partie I).

Deux types de savoirs sont souvent présentés comme centraux pour la conservation de la diversité : la catégorisation du vivant basée sur des méthodes scientifiques et modernes (Fredriksen, 2017), telle la taxonomie (Hammer, Arrowsmith et Gladis, 2003)[98], et les savoirs traditionnels et locaux transmis (Aumeeruddy-Thomas et al., 2012 ; Michon, 2011). Notre travail confirme en partie ces résultats, et suggère également l'importance d'autres types de savoirs.

En re-domestiquant le châtaignier, c'est-à-dire dans l'action, des savoirs sont produits sur comment re-domestiquer. L'étude des valuations, parce qu'elle montre comment les actrices et acteurs de terrains en viennent à accorder de l'importance au

[98] « For efficient communication in particular with people engaged in the on-farm sector it will be essential to strengthen and spread the knowledge of classical taxonomy. »

châtaignier, révèle également les savoirs produits et mobilisés au cours de ces valuations. Parmi les cinq processus de valuation décrits dans la troisième partie, la valuation de la diversité cultivée se caractérise notamment par la production de savoirs rationnels de type scientifique, telle la description phénotypique. Ces savoirs sont valorisés par les scientifiques et les gestionnaires. Cependant, ce ne sont pas forcément ceux qui orientent le plus l'action des actrices et acteurs de terrain. En effet, les autres processus de valuation mis en évidence engagent les actrices et acteurs dans des relations au châtaignier qui se passent du registre scientifique ou s'hybrident avec lui pour produire des savoirs ancrés, « situés » ou locaux.

J'illustre ci-dessous quelques exemples de production de savoirs observés sur les terrains étudiés en lien avec la manière dont ils sont susceptiblent d'orienter la conservation de la diversité cultivée du châtaignier.

Les actrices et acteurs de terrain ne peuvent s'appuyer que de façon très marginale sur des savoirs traditionnels pour re-domestiquer le châtaignier. Il y a eu en Ariège et Hautes-Pyrénées une coupure générationnelle entre le moment où le châtaignier a été abandonné et le moment où ces associations ont émergé. À cela s'ajoute un désintérêt persistant de la production de châtaigne vue comme une production du passé par les agricultrices et agriculteurs locaux à la retraite, et qui regardent d'un œil circonspect ce qui est entrepris par les jeunes, les néoruraux et les associations. Les actrices et acteurs de terrain ne peuvent donc pas véritablement se porter garantes de la conservation d'un leg de diversité culturelle locale ou de savoirs et de savoir-faire locaux.

Les terrains étudiés se caractérisent plutôt par la re-construction d'une culture qui emprunte à différents registres et à différents savoirs (« situés » / « non-situés » ; scientifique / non-scientifique). Certains savoirs peuvent être qualifiés de « situés », c'est-à-dire « spécifiques à un certain contexte » (Gherardi, 2008) et issus de l'expérience (par exemple, une catégorisation « basique »[99] des variétés, voire la citation partie III D.1, p132). D'autres savoirs sont au contraire « non situés » dans le sens où ils sont importés par des néo-ruraux installés dans le piémont pyrénéens ou glanés au cours de voyages

[99] Chapman et Brown, (2013) ont proposé de parler de noms de variétés « basiques » lorsqu'ils s'appuient sur des observations (taille, forme, couleur, nom de lieu, etc.) et « non-basique » lorsque cela n'est pas le cas.

d'études (par exemple, le séchage des châtaignes, voire citation partie III D.2, p135). Savoirs « situés » et « non situés » ne sont pas exclusifs les uns des autres, s'hybrident et sont source d'innovation comme lorsque de nouveaux usages des châtaignes locales sont trouvés. Ces nouveaux usages peuvent être favorables ou non à la conservation de la diversité cultivée (cf. discussion partie III).

Dans mon travail de thèse, des hybridations de savoirs ont été également été rendues possibles par une circulation des savoirs entre le monde académique et la société civile, comme cela a été montré au sujet du RSP par Demeulenaere (2009). En effet, je me suis appuyée sur les savoirs locaux pour prospecter et échantillonner les châtaigniers mais aussi pour interpréter les résultats de génétique et les recontextualiser. Les actrices et acteurs investi·e·s dans le phénotypage ont mobilisé le génotypage pour lever des ambiguïtés au sujet de l'appartenance de certains châtaigniers à l'une ou l'autre des « variétés », de relever des erreurs d'étiquetage ou d'échantillonnage. Cela aura probablement des conséquences dans ce qui sera regreffé ces prochaines années. Le génotypage a également permis de valider le travail de prospection et de reconnaissance des variétés réalisé par les actrices et acteurs puisqu'elle·il·s semblent avoir retrouvé la plupart des variétés locales de châtaignier (Partie 3.3.c.4 Phylogénies et Discussion générale A.1). Cette validation est susceptible de légitimer le travail des associations, de donner confiance dans l'existence des variétés retrouvées [100] et indirectement, de contribuer à leur diffusion[101].

Un des résultats tangibles d'une production de savoirs favorable à la conservation des « variétés » consiste en l'attribution de noms de variétés à un ensemble de châtaigniers présentant des caractéristiques communes. À ce sujet, j'ai pu observer que les « variétés » auxquelles un nom a été attribué sont de fait plus fréquemment évoquées dans les conversations et plus fréquemment greffées (partie II. B). Les « variétés »

[100] Une existence et une manière de circonscrire les variétés fondées sur leur dimension génétique. Discussions pour savoir si un clone dominant pourrait être pris comme représentatif de la variété. Si les autres clones doivent porter des noms différents, commen s'assurer qu'ils soient également diffusés s'ils ont des caractéristiques intéressantes, pourquoi réduire à un seul clone la variété y compris lorsqu'on observe des différences entre clones, peut on définir la variété en prenant en compte la variabilité polyclonale, etc.

[101] Discussions lors de la journée de discussion des résultats de génétique avec les actrices et acteurs du phénotypage INRAE Toulouse en juillet 2019.

détectées par le génotypage auxquelles aucun nom a été attribué sur le terrain sont des catégories supposées ou connues par celles et ceux qui réalisent le phénotypage mais ne sont pas discutées ni greffées très fréquemment. L'attribution d'un nom fait en quelque sorte exister la « variété ». Un nom permet de communiquer au sujet des catégories que sont les « variétés » et facilite le partage d'informations à leur sujet et leur reconnaissance. De plus, parce qu'elles sont plus fréquemment greffées, la disponibilité en greffons augmente ce qui réciproquement favorise leur greffage. Inversement, des vieux châtaigniers connus et appréciés dont les branches sont trop hautes pour prélever des greffons ne sont pas regreffés. L'action collective (formations, chantiers collectifs) est un lieu de prédilection pour l'hybridation des différents savoirs relatifs à la conservation de l'agrobiodiversité du châtaignier par la circulation active des informations et le cas échéant, des greffons, qui s'y déroule.

Malgré le risque d'une homogénéisation des pratiques qui pourrait résulter de cette culture en cours de re-construction et qui emprunte des savoirs de différentes natures, je soutiens dans la discussion de la partie III que la diversité des valuations est susceptible de garantir une diversité de pratiques. Ce point reste à étudier plus en profondeur afin d'en préciser les conditions de validité et les liens éventuels entre valuations et conservation de l'agrobiodiversité.

C. Contribution aux enjeux de la transition agroécologique

Les enjeux liés à la transition agroécologique réorientent l'agrobiodiversité intéressante ou utile pour la conception des systèmes agricoles. En effet, de nouvelles espèces et une gamme plus large de variabilité semblent nécessaires afin d'adapter les plantes aux milieux plutôt que l'inverse. En effet, nous avons vu en introduction que l'agroécologie a pour objectif de favoriser la contribution de la diversité biologique à tous ses niveaux d'organisation et de fonctionnalité (Magrini et al., 2019 ; Meynard et al., 2013, 2018 ; Plumecocq et al., 2018). Or si le niveau de la diversité spécifique et des interactions entre espèces est fréquemment pris en compte, par exemple dans la conception de couverts végétaux ou de systèmes agroforestiers, l'apport et le rôle de la diversité génétique intraspécifique demeure peu exploré par la recherche (Caquet, Gascuel et Tixier-Boichard, 2020). Des travaux récents montrent des effets de la diversité intraspécifique sur le fonctionnement des communautés, en particulier sur les prairies (Meilhac et al., 2019). Elle reste cependant peu valorisée dans la conception de systèmes

agroécologique comme par exemple, dans celle des systèmes agroforestiers (Coulon et al., 2000). Une partie de l'explication réside dans la connaissance et la disponibilité insuffisante de variétés diversifiées pour les espèces intéressantes en agroforesterie dont fait partie le châtaignier (voir liste dans l'ouvrage de Liagre et Dupraz (2011)).

Ma thèse contribue de trois façons aux réflexions liées à la transition agroécologique :

- Les territoires engagés dans une re-domestication du châtaignier sont susceptibles de constituer des ressources pour qui s'intéresse de trouver des génotypes adaptés à des conditions de production plus marginales (cf. B.1.1). Le phénomène de re-domestication contribue à une gestion dynamique *in situ,* dont l'ampleur n'a pu être élucidée dans le cadre de ma thèse (cf. B.1.2). Ces résultats suggèrent l'intérêt de favoriser un travail de gestion dynamique *in situ* en réseau, à l'échelle de la France (et peut-être au-delà[102]).

- Les résultats de ma thèse montrent que la conservation de l'agrobiodiversité n'est pas nécessairement intentionnelle (partie III). Les relations entre la conservation de l'agrobiodiversité et l'intentionnalité de cette conservation sont variables et dépendent du contexte socioécologique qui passe par les agriculteurs, les organisations, les valeurs et les relations de pouvoir (Nazarea, Rhoades et Andrews-Swann, 2013).

  Comme (Almekinders et al., 2019) nous avons trouvé que l'intentionnalité de la conservation est un continuum depuis ce qu'elle nomme une « conservation *de facto »* jusqu'à une « conservation consciente », pensée pour elle-même. Ainsi, l'enjeu de la sauvegarde et la remise en culture de l'agrobiodiversité pourrait moins se focaliser sur la conservation de la diversité génétique agricole (la part biologique de l'agrobiodiversité) que

[102] Faire de la migration assistée de variétés espagnoles, portugaises ou italiennes, en vue du changement climatique est envisagé depuis plusieurs année sur le terrain (comunications personnelles avec des membres de Rénova, C.Pyrénées mais aussi avec l'animateur du SPCV)

sur la généralisation du processus de re-domestication qui y contribue le cas échéant.

C'est à ce titre que les initiatives étudiées sont intéressantes et signifiantes pour d'autres acteurs de la filière châtaignes ou d'autres acteurs investis sur d'autres espèces, intéressés par questionner et mettre en débat des pratiques de gestion dynamique *in situ*. Cela constitue un chantier de travail à ouvrir car trois limites importantes doivent être apportées. D'une part, les faibles liens avec la filière professionnelle, les instituts techniques et les chercheuses et chercheurs qui continuent à investir la recherche sur le châtaignier semblent instituer deux mondes cloisonnés. L'un associatif et presque amateur, lié aux politiques publiques de la nature et du territoire, et l'autre professionnel lié aux instituts techniques et à la recherche publique. D'autre part, les politiques publiques centrées sur des inventaires de la diversité cultivée et leur conservation peuvent invisibiliser d'autres enjeux et activités locales qui contribuent de manière non intentionnelle à la conservation de l'agrobiodiversité. Enfin, la faible valorisation économique de la production de châtaignes en Ariège et en Hautes-Pyrénées pose question quant à la pérennité de la re-domestication engagée sur ces territoires. En effet, la Corse, les Cévennes et l'Ardèche sont engagées dans une « économie de qualité » autour de la châtaigne, notamment au travers de signes de qualité et d'origine. Cependant, la re-domestication sur mes terrains d'étude relève plutôt d'une logique « paysanne », d'une diversité de productions et de sources de revenus, dans laquelle rien ne garantit que la châtaigne ne soit pas abandonnée à nouveau au profit d'autres productions.

- D'autre part, au terme de mon travail, je fais l'hypothèse qu'en tant que phénomène social, la re-domestication est une proposition politique pour une agriculture plus respectueuse de l'environnement. En effet, plusieurs des valuations décrites dans la partie III de ma thèse me semblent relever d'une politisation et d'une critique de l'agriculture industrielle en forme de proposition pour une agriculture plus écologique et plus paysanne. Pour faire cette hypothèse je m'appuie sur une relecture des valuations à la

lumière d'articles sur la patrimonialisation et la paysannerie. En effet, pour Micoud (2005), les pratiques de patrimonialisation portent en elles une critique de la « Modernité » plutôt qu'un attachement au passé et aux traditions. Tandis que la recherche d'autonomie s'inscrit souvent dans une démarche paysanne, elle aussi critique de la « Modernité » (Da ViÀ, 2012 ; van der Ploeg, 2008). Pourquoi le châtaignier serait choisi comme manière d'entrer en résistance et de quelles façons il le permet, pourrait être une piste intéressante à explorer.

D. Retour réflexif

Intéressée par les relations entre science et société, j'ai souhaité que ma thèse participe à une interconnaissance des pratiques, savoirs et postures des scientifiques et des actrices et acteurs de terrain. Pour cette raison, j'ai souhaité passer du temps à expliquer mon travail en génétique dans ses dimensions pratiques[103] et ses incertitudes. Réciproquement, la fréquentation assidue du terrain m'a permis de mieux comprendre les termes utilisés, ce qui était important pour les actrices et acteurs en lien avec leurs activités autour du châtaignier. Les nombreux échanges que nous avons eus autour de la notion de « variété », les difficultés à partager les résultats en génétique des populations sont deux illustrations de cette tentative. En revanche, il s'est plus agi d'une posture personnelle que d'un dispositif de recherche. Je n'ai pas documenté les échanges avec le terrain en vue de produire des connaissances scientifiques sur le sujet.

Les scientifiques construisent leurs propres catégories pour qu'elles soient opérationnelles dans le champ de leurs investigations. Leur catégorisation se doit d'être non-ambiguë au regard de l'usage qu'elle·il·s en font. Ce mode de catégorisation n'est pas forcément opératoire ou utile sur le terrain et celui-ci a ses propres catégories qui lui sont utiles dans les actions menées. Afin de produire des connaissances utiles pour le

[103] J'ai décris le génotypage en laboratoire et la lecture des résultats sur ordinateurs pour faire toucher du doigt les questionnements et la « cuisine » inhérente à une science expérimentale.

terrain, il s'agit de bien identifier les catégories[104] mobilisées dans l'action, c'est-à-dire les *catégories de gestion* des acteurs . Ces catégories peuvent se révéler difficiles à manipuler pour le scientifique car elles peuvent intégrer une part d'ambiguïté de leur point de vue.

Mon erreur d'appréciation sur l'intérêt porté sur les variétés par les actrices et acteurs de terrain tient en partie au fait que c'est une catégorie centrale dans la façon d'appréhender une espèce végétale domestiquée par les sélectionneurs (un cultivar ou cultivated variety, définie au sens de l'UPOV dont le statut peut changer selon les espèces, comme c'est le cas chez la vigne (This et Boursiquot, 1999) et les botanistes (rang taxinomique de niveau inférieur au rang d'espèce). La notion de variété définie classiquement chez les espèces pérennes fruitières comme des clones reproduits de façon végétative (par greffage, marcottage ou bouturage), est utile pour étudier la structure génétique, identifier des génotypes à étudier phénotypiquement, à croiser, etc. Les données qui peuvent être acquises (disponibilité des techniques et des financements) participent à la définition de la catégorie variété par les scientifiques, qui n'existe ni « en soi » ni comme finalité. En effet, un effort largement plus conséquent d'acquisition de données (génotypage haute-densité voire même séquençage d'un très grand nombre d'échantillons) amènerait très vraisemblablement à d'autres catégories puisqu'on aurait la possibilité de caractériser un grand nombre de châtaigniers pour chaque variété, sur des zones neutres et sous sélection. Mais on peut sans trop se tromper prédire qu'un tel effort financier n'aura pas lieu concernant le châtaignier. S'il est assez clair que la notion de variété est un moyen pour les scientifiques, cela ne fait pas d'elle un objet de « gestion » des acteurs dans le cas du châtaignier. Il n'est donc pas si étonnant que la façon de définir la variété, passée dans le langage commun, diffère entre les « scientifiques » et les « actrices et acteurs de terrain », ni que les « actrices et acteurs de terrain » puissent mobiliser dans l'action, d'autres catégories de « gestion » que celle de variété.

[104] Il peut aussi s'agir de différence d'objet considéré. Un généticien de la conservation va s'intéresser aux châtaigniers et un castanéiculteur ou un forestier peut très bien considérer l'unité châtaigneraie ou bois comme plus signifiante et opérante dans les choix d'action qu'il effectue au quotidien.

Malgré les efforts fournis pour parvenir à dialoguer, cela n'a pas été totalement satisfaisant. Il faut du temps, de la répétition, trouver les images, les analogies adéquates et après plusieurs années de réflexion je n'ai pas trouvé de solution idéale. Ma participation à titre personnel à d'autres associations, m'a permis de constater que d'autres chercheur·se·s rencontrent les mêmes difficultés. Le travail de vulgarisation va au-delà des missions classiques de la recherche et nécessite des compétences particulières. Le développement des projets de sélection et recherche participative intégrant des chercheur·se·s en génétique dans le domaine de la gestion dynamique *in situ* de l'agrobiodiversité, laisse penser que le développement de supports et un accompagnement des scientifiques et des acteur·rices de terrains serait bienvenu.

La fréquentation active et répétée des terrains dans une posture d'observation attentive m'a permis de développer une familiarité avec les territoires, les personnes et les châtaigniers. De cette façon j'ai pu d'affiner ma compréhension du fonctionnement des associations et apprendre à plus nuancer les manières dont on peut percevoir et agir sur une espèce, les manières de conserver, d'être avec le vivant. Parce-que j'ai eu la chance de pouvoir entrer dans ces terrains et d'y gagner la confiance des personnes, j'ai souhaité tenter de rendre compte et d'interpréter avec justesse la partition jouée par monde complexe organisé autour et avec les châtaigniers. Marginal et imparfait à bien des égards, il ne me semble pas dénué d'intérêt pour la conservation de la diversité génétique du châtaignier et pour la transition agroécologique.

Nos interactions ont probablement permis de renforcer le réseau d'interactions entre Rénova, C.Pyrénées et l'ACRC, de rencontrer de nouveaux acteurs (par exemple la Maison de la Châtaigne de Mourjou pour Rénova) et d'échanger sur des techniques et savoirs-faire. Elles ont permis de construire une compréhension partagée de la diversité des châtaigniers disponible au sein des trois associations par le groupe restreint qui réalise le phénotypage des châtaigniers. De plus, les journées de rencontres ont permis de parler des variétés, de la diversité et donc de les faire exister pour un plus grand nombre de personnes comme en témoigne l'usage croissant des noms de variétés. Finalement, nos interactions ont probablement produit beaucoup d'autres choses que j'ignore pour la plupart.

Pour finir, il me faut dire un mot de « l'utilité » de mon travail de thèse. Il me semble que l'utilité sociale des savoirs scientifiques est une question qui devrait être plus

fréquemment posée. Dans une perspective pragmatiste, le savoir utile est celui qui permet de réussir à faire les choses qu'on souhaite faire. Il gagne son statut de savoir et est qualifié d'utile en fonction des conséquences de sa mise en œuvre. Il est au préalable mis à l'épreuve lorsqu'on s'interroge sur sa portée dans l'action et peut à cette occasion être disqualifié parce qu'il ne semble pas avoir de sens avant même de l'avoir mis en œuvre. Il faut reconnaître que le savoir scientifique n'est généralement pas traité de la même façon que les autres formes de savoirs[105]. Pour cette raison, il est d'autant plus important d'avoir conscience que tout savoir scientifique peut ou ne pas être un savoir utile sur un terrain d'étude donné et qu'il revient aux actrices et acteurs de terrain d'en décider. A cette fin, une précaution pourrait être de faire l'effort systématique de resituer les savoirs scientifiques dans la culture et dans leurs contextes historiques. Jollivet (2010) suggère que cela pourrait permettre de dépasser les blocages de la pensée et de l'action qui peuvent être induits par l'omniprésence des références à la science, y compris dans nos imaginaires. En ce qui concerne mon travail, si j'ai cherché à l'expliquer sur le terrain et à en rendre compte de la manière la plus transparente possible à mes yeux, il aurait gagné à être plus co-construit en amont avec les actrices et acteurs de terrain afin qu'elle·il·s puisse·n·t mieux s'en resaisir. Ce constat m'amène à formuler une perspective de recherche que je développe dans le paragraphe suivant.

[105] C'est bien cette « aura » du travail de génotypage qui m'a ouvert les portes des terrains d'études !

E. Perspectives de recherche

Quelques pistes de recherches ont été évoquées au cours de la discussion générale : une analyse des réseaux d'échanges de semences – ici de greffons - comme cela se fait sur les espèces annuelles et l'exploration de la dimension plus politique et propositionnelle qui émerge des valuations du châtaignier. J'en développe une ci-dessous une qu'il me tiendrait à cœur d'explorer plus en avant. Je conclus sur des perspectives plus opérationnelles du travail de génétique.

E.1 Accompagner les collectifs vers des modalités de participation favorables à la conservation de l'agrobiodiversité

La conservation de l'agrobiodiversité est une entreprise collective (d'Alessandro et Linck, 2017) dont la circulation des semences est une clef par le partage de gènes et de connaissances (Thomas, 2011). Sur le maïs au Mexique, (d'Alessandro et Linck, 2017) parle d'une une situation de défection individuelles qui pèse fortement sur les conditions de renouvellement des patrimoines biologiques et cognitifs locaux et touchent de façon cumulative les communautés dans leur globalité. Sur les terrains étudiés, nous sommes dans la situation presque inverse. La construction d'une communauté autour du châtaignier s'effectue dans les interstices de l'agriculture moderne[106] (Almekinders et al., 2019).

Une des préoccupations ressorties des ateliers organisés en 2017 dans le cadre de la thèse est la difficulté à mobiliser de nouveaux membres. L'analyse des activités de re-domestication au prisme de la théorie de la valuation a fait ressortir de façon saillante la dimension collective comme une valeur partagée et importante pour les acteurs interrogés. Ressentir le désir et prendre du plaisir à « être-ensemble » permet de « faire-ensemble ». L'action collective posséderait donc des atouts favorables à la conservation de la diversité cultivée. Accompagner un collectif engagé dans la conservation de l'agrobiodiversité afin de réfléchir aux conditions de participations qui permettent la

[106] « Neoagrarian farms may appear initially as a patchwork of alternative cultivation, existing in the interstices of a conventional industrial agricultural landscape"

conservation effective de la diversité cultivée, plutôt qu'une homogénéisation des pratiques et génotypes conservés, me semble une perspective de recherche intéressante.

La théorie de la participation développée par Joëlle Zask (Zask, 2011) et inspirée de la notion de démocratie de Dewey (Dewey, 2010) me semble un cadre d'analyse approprié.

« Il incombe aux sociétés d'assurer la participation de leurs membres en mettant à leur disposition les méthodes, outils, ressources, qui leur permettent de s'intégrer, non seulement sans qu'ils aient à sacrifier leur individualité, mais en outre, en jouissant d'opportunités de développement individuel » (p 278) (Zask, 2011)

En effet, J. Zask défend la nécessité d'une étroite combinaison entre trois expériences constitutives de la participation : prendre part (participer à une activité commune), contribuer (apporter une part) et bénéficier (recevoir une part). Analyser mon matériau avec cette conception de la participation permettrait d'émettre des hypothèses à même de lier des façons de participer avec des façons de conserver au sein des collectifs étudiés. Une démarche de prospective ou de modélisation permettrait alors d'explorer les modalités de la participation à même de répondre à des objectifs de conservation fixés par les collectifs eux-mêmes tout en garantissant la participation pleine et entière des individus.

A une échelle plus large, la notion de bénéficiaire de J. Zask nous semble intéressante pour attirer l'attention sur une non-convergence entre la normativité véhiculée par les politiques publiques et les valeurs des actrices et acteurs de terrain. J'ai observé ce désajustement dans les initiatives étudiées et il est mentionné dans la littérature (Aumeeruddy-Thomas et al., 2012). En effet, les initiatives étudiées investissent dans le phénotypage car elles estiment important de retrouver et conserver les variétés locales et qu'il est nécessaire de les connaître pour les utiliser mais également car le financement du CPBR est un moyen pour elles de fonctionner. Il me semble que l'investissement dans le phénotypage est en partie lié au besoin de financement des initiatives et que si d'autres modes de fonctionnement, moins centrés sur la production de savoirs pour la conservation et plus sur les usages du châtaignier ou l'action collective étaient disponibles, la part relative des activités de production de savoirs en vue conserver l'agrobiodiversité et des

autres activités, serait probablement différente et plus en accord avec ce à quoi tiennent les actrices et acteurs de la re-domestication du châtaignier (cf. partie III).

E.2 Mobiliser les résultats de génétique sur le plan opérationnel

Les résultats de génétique que j'ai présentés ne concernent que la diversité génétique neutre. En faisant l'hypothèse qu'il n'y a pas d'adaptation particulière non corrélée à la différentiation génétique neutre, mes résultats me permettent d'envisager plusieurs conséquences pratiques. Premièrement, l'absence de différenciation significative entre populations forestières et cultivées conforte le FCBA quant à la possibilité d'envisager une sélection forestière et de porte-greffe fruitiers conjointe (hypothèse de travail du FCBA – communication personnelle Luc Harvengt, FCBA). La faible structuration en deux groupes génétiques rend également possible la sélection de châtaigniers en fonction de conditions environnementales variées mais adaptées à la France entière ou par groupe génétique identifié (globalement dans l'est et l'ouest de la France) sans que cette piste ne fasse l'unanimité. En effet, si cette proposition faciliterait le travail de sélection plutôt que de le répéter sur chacune des sept régions de provenance que compte actuellement le châtaignier forestier[107], elle va à l'encontre d'un principe fondateur de l'agroécologie qui est d'adapter des populations aux environnements variés plutôt que d'essayer d'obtenir des variétés à capacité d'adaptation large.

Deuxièmement, en conditions *in situ* sur de grandes populations (c'est le cas ici puisque les populations forestières et fruitières sont une seule et même population et que le caractère allogame du châtaignier entraîne des flux de gènes), de nouvelles variations génétiques sont susceptibles d'émerger et les allèles rares sont susceptibles d'être conservés voire de voir leur fréquence augmentée (Bellon et al., 2017). Le contexte de la re-domestication ouvre donc un nouvel espace dans lequel il est possible de trouver des châtaigniers ayant des caractéristiques intéressantes. Ces mêmes combinaisons génétiques seraient plus difficiles voire impossibles à obtenir par un schéma de sélection classique, à partir d'un (très) petit nombre de sites choisis comme représentation réduite de la variabilité génétique. La variabilité à partir de laquelle des sélections sont opérées

[107] Voir la Liste et cartes des régions de provenance des espèces forestières réglementées - actualisées en décembre 2019- sur https://agriculture.gouv.fr/fournisseurs-especes-reglementees-provenances-et-materiels-de-base-forestiers, consulté le 29/09/2020

est en effet très réduite en ce qui concerne les approches de sélection fruitière, surtout pour des raisons financières et la très forte contrainte de la combinaison entre qualité des fruits et productivité (Communication personnelle Luc Harvengt, FCBA).

Enfin, ces résultats viennent renforcer l'idée selon laquelle des usages double-fins sont possibles avec les mêmes génotypes : agroforesterie et maintien de châtaigniers en forêt pour en récolter les fruits (typiquement en Corse mais aussi de façon marginale sur nos terrains d'étude).

Il semble donc que la re-domestication puisse jouer un rôle d'élargissement de la base génétique conservée *in situ* à partir de laquelle des châtaigniers fruitiers peuvent être sélectionné et des systèmes agroécologiques être conçus.

CONCLUSION

Photo 7: Sur les épaules d'un géant. Photo P Weckenbrock. 2015

Cette thèse en agroécologie a permis d'explorer l'importance de la re-domestication pour la conservation de l'agrobiodiversité du châtaignier en France à l'aide d'outils propres à la génétique des populations et aux sciences humaines et sociales.

Malgré le potentiel du châtaignier comme espèce pérenne adaptée au milieux marginaux pour la transition agroécologique et l'existence d'une variabilité phénotypique et génétique, il ne fait ni l'objet d'une stratégie de conservation claire ni l'objet d'une sélection (partie I). Nous avons montré que la population des châtaigniers forestiers et cultivés étudiée présente une diversité génétique moyenne au regard des autres pays européens, et est faiblement structurée à l'échelle de la France (partie II A). Les associations étudiées hébergent une part de cette diversité qu'elles classifient en variétés à l'aide des critères UPOV d'une façon qui correspond assez bien aux résultats en génétique des populations (partie II B). Les associations étudiées cherchent à conserver l'agrobiodiversité du châtaignier mais cela n'est pas la seule chose importante pour les actrices et acteurs qui le re-domestiquent. En effet, notre analyse a montré qu'au-delà d'un attachement à la diversité cultivée, les actrices et acteurs de terrain attachent de l'importance au châtaignier au travers d'une patrimonialisation, du développement de relations au vivant, d'une recherche d'autonomie technique et décisionnelle ainsi que par l'action collective (partie III). Ainsi la re-domestication du châtaignier dans le piémont pyrénéen s'appuie sur une diversité de valuations qui contribuent au sens que les actrices et acteurs de terrain attachent à leurs actions sur châtaignier. L'effet de ces actions est difficilement prédictible avec les données recueillies. Malgré tout, il semble plausible que la re-domestication favorise une forme de gestion dynamique *in situ*, une coévolution entre le châtaignier re-domestiqué et les communautés rurales qui se re-constituent autour de lui.

BIBLIOGRAPHIE

4th World Congress on Agroforestry (**2019**), « Déclaration de Montpellier : « Reverdir notre planèteavec l'agroforesterie! » ».

Alessandro R. d' et Linck T. (**2017**), « Diversité, variabilité, connectivité : Mobiliser les savoirs locaux pour cultiver la biodiversité », *Développement durable et territoires*, n°Vol. 8, n°1.

Almekinders C.J.M., Etten J. van, Zimmermann K.L., Stone G.D., Baranski M. et Carney J.A. (**2019**), « Global Change and Sociological Interaction », *in* Karl S. Zimmerer et Stef de Haan (dir.), *Agrobiodiversity: integrating knowledge for a sustainable future*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press (Strüngmann Forum reports).

Altieri M.A., Nicholls C.I., Henao A. et Lana M.A. (**2015**), « Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems », *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 35, n°3, pp. 869-890.

A.R.E.F.L.H (**2017**), « Livre Blanc Châtaignes ».

Audoux C. et Gillet A. (**2011**), « Recherche partenariale et co-construction de savoirs entre chercheurs et acteurs : l'épreuve de la traduction », *Revue Interventions économiques. Papers in Political Economy*, n°43, pp. 20.

Aumeeruddy-Thomas Y. et Michon G. (**2018**), « Agroforestry », *in* Hilary Callan (dir.), *The International Encyclopedia of Anthropology*, Oxford, UK, John Wiley & Sons, Ltd, pp. 1-7.

Aumeeruddy-Thomas Y., Therville C., Lemarchand C., Lauriac A. et Richard F. (**2012**), « Resilience of Sweet Chestnut and Truffle Holm-Oak Rural Forests in Languedoc-Roussillon, France: Roles of Social-Ecological Legacies, Domestication, and Innovations », *Ecology and Society*, vol. 17, n°2, pp. 12.

Badstue L.B., Bellon M.R., Berthaud J., Ramírez A., Flores D., Juárez X. et Ramírez F. (**2005**), « Collective action for the conservation of on-farm genetic diversity in a center of crop diversity », pp. 48.

Balázs B. et Aistara G. (**2018**), « The Emergence, Dynamics, and Agency of Social Innovation in Seed Exchange Networks », *Int. Jrnl. of Soc. of Agr. & Food*, vol. 24, n°3, pp. 18.

Barreneche T. (**2006**), « Interreg III B "Espace Atlantique". Rapport Final. Evaluation, analyse et gestion de la biodiversité au sein de l'espèce Castanea sativa (châtaignier européen) dans les régions de l'Espace Atlantique. Rapport final projet : 092 CastaneaREG ».

Bellon M.R., Hodson D. et Hellin J. (**2011**), « Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108, n°33, pp. 24.

Bellon M.R., Dulloo E., Sardos J., Thormann I. et Burdon J.J. (**2017**), « In situ conservation-harnessing natural and human-derived evolutionary forces to ensure future crop adaptation », *Evolutionary Applications*, vol. 10, n°10, pp. 965-977.

Bernhard R., Leterme E., Olivier L. et Tarbouriech M. (**1994**), « Repérage, description et conservation des variétés fruitières régionales », *Genetics Selection Evolution, BioMed Central*, vol. 26 (Suppl1), pp. 17.

Bidet A., Quéré L. et Truc G. (**2011**), « Ce à quoi nous tenons. Dewey et la formation des valeurs. », *in La Formation des valeurs*, La Découverte, Paris, pp. 5-64.

Bocci R. et Chable V. (**2008**), « Semences paysannes en Europe : enjeux et perspectives », *Cahiers Agricultures*, vol. 17, n°2, pp. 216-221 (1).

Boisvert V. et Caron A. (**2010**), « La conservation de la biodiversité : un nouvel argument de différenciation des produits et de leur territoire d'origine », *Géographie, économie, société*, vol. 12, n°3, pp. 307-328.

Bonneuil C. (**2019**), « Seeing nature as a 'universal store of genes': How biological diversity became 'genetic resources', 1890–1940 », *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*.

Bonneuil C., Demeulenaere E., Thomas F., Joly P.-B., Allaire G. et Goldringer I. (**2007**), « Innover autrement? La recherche face à l'avènement d'un nouveau régime de production et de régulation des savoirs en génétique végétale », *Dossier de l'environnement de l'INRA*, vol. n° 30, pp. 26.

Bonneuil C. et Fenzi M. (**2011**), « Des ressources génétiques à la biodiversité cultivée », *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 5, n° 2, n°2, pp. 206-233.

Bonneuil C. et Hochereau F. (**2008**), « Gouverner le « progrès génétique » Biopolitique et métrologie de la construction d'un standard variétal dans la France agricole d'après-guerre », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, vol. 63, n°6, pp. 1303-1340.

Bonneuil C. et Thomas F. (**2002**), « Du maïs hybride aux OGM: Un demi-siècle de génétique et d'amélioration des plantes à l'INRA », *L'amélioration des plantes, continuités et ruptures*.

Bonneuil C. et Thomas F. (**2009**), *Gènes, pouvoirs et profits. Recherche publique et régimes de production des savoirs de Mendel aux OGM*, Éditions Quæ., Fondation pour le progrès de l'Homme.

Bouffartigue C. (**2017**), « Etude de la diversité génétique du châtaignier : démarche de recherche », 2017.

Bouffartigue C. (**2019**), « Démarche et premiers résultats d'analyses génétiques sur le châtaignier », Mas d'Azil, France, janvier 2019.

Bouffartigue C., Debille S., Cabrer A.M.R., Fabreguettes O., Pereira-Lorenzo S., Flutre T. et Harvengt L. (**2020**), « Two main genetic clusters with high admixture between forest and cultivated chestnut (Castanea sativa Mill.) in France »,.

Bouffartigue C. et Flutre T. (**2020**), « Analyses phylogénétiques et clonales de châtaigniers _ Thèse C. Bouffartigue »,.

Bourgeois C., Servin E. et Lemaire J. (**2004**), *Le châtaignier un arbre, un bois*, Institut pour le développement forestier (Les guides du sylviculteur), 347 p.

Brachet M.L., Fernandez M.-M., Hennion B., Deplaude H., Boutitie A., Pages G., Pasquet N., Caveriviere M.-L., Andre N., Androdias J., Laval S., Brun L. et Eychenne N. (**2017**), « Le cynips du châtaignier : mise en oeuvre et développement de la maitrise de ce ravageur par des moyens de contrôle biologique », *Innovations Agronomiques*, vol. 55, pp. 121-133.

Breisch H. (**1995**), *Châtaignes et Marrons*, CTIFL, (Monographie), 240 p.

BRG (**1999**), « Charte Nationale », BRG.

Briane G. (**2016**), « Le châtaignier : un atout pour l'agrobiodiversité : varietes de chataigniers en Europe », *canal_uved*.

Bruneton-Governatori A. (**1980**), « Le marché imaginaire. Marchés aux châtaignes du Sud-Ouest », *Études rurales*, vol. 78, n°1, pp. 269-275.

Bruneton-Governatori A. (**1984**), « Alimentation et idéologie : le cas de la châtaigne », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, vol. 39, n°6, pp. 1161-1189.

Bruneton-Governatori A. (**1999**), *Le pain de bois : Ethnohistoire de la châtaigne et du châtaignier*, Lacour, Nîmes, C. Lacour (REDIVIVA).

Brush S.B. (**2000**), *Genes in the field : on-farm conservation of crop diversity*, IDRC, Ottawa, ON, CA.

Brush S.B., Bellon M.R., Hijmans R.J., Ramirez Q.O., Perales H.R. et Etten J. van (**2015**), « Assessing maize genetic erosion », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, n°1, pp. E1-E1.

Bruvo R., Michiels N.K., D'Souza T.G. et Schulenburg H. (**2004**), « A simple method for the calculation of microsatellite genotype distances irrespective of ploidy level: MICROSATELLITE DISTANCES IN POLYPLOIDS », *Molecular Ecology*, vol. 13, n°7, pp. 2101-2106.

Caquet T., Gascuel C. et Tixier-Boichard M. (**2020**), *Agroécologie : des recherches pour la transition des filières et des territoires*, éditions Quae.

Catellin S. (**2004**), « L'abduction : Une pratique de la découverte scientifique et littéraire », *Hermès*, n°39, pp. 179.

Chable V., Conseil M., Serpolay E. et Le Lagadec F. (**2008**), « Organic varieties for cauliflowers and cabbages in Brittany: from genetic resources to participatory plant breeding », *Euphytica*, vol. 164, n°2, pp. 521-529.

Chapman S. et Brown T. (**2013**), « Apples of their eyes: Memory keepers of the American south », *in Seeds of resistance, seeds of hope. Place and agency in the conservation of biodiversity*, pp. 42-64.

Chevallier D. (**1991**), « La biodiversité et la préservation du patrimoine génétique - Annexes », tome II, n°365, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technlogiques.

Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture (dir.) (**2010**), *The second report on the state of the world's plant genetic resources for food and agriculture*, Rome, Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 370 p.

Conedera M. et Krebs P. (**2008**), « History, Present Situation and Perspective of Chestnut Cultivation in Europe », *Acta Hort. 784, ISHS 2008*.

Contreras-Toledo A.R., Cortés-Cruz M., Costich D.E., Rico-Arce Ma. de L., Magos Brehm J. et Maxted N. (**2019**), « Diversity and conservation priorities of crop wild relatives in Mexico », *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, vol. 17, n°2, pp. 140-150.

Cornu P., Valceschini E. et Maeght-Bournay O. (**2018**), *L'HISTOIRE DE L'INRA, ENTRE SCIENCE ET POLITIQUE*.

Coulon F., Dupraz C., Liagre F. et Pointereau P. (**2000**), « Etude des pratiques agroforestières associant des arbres fruitiers de haute tige à des cultures ou des pâtures », Toulouse, Association Solagro, INRA.

Cutino I., Marchese A., Marra F.P. et Caruso T. (**2010**), « Genetic Improvement of Sweet Chestnut in Sicily (Castanea sativa Mill.) by the Selection of Superior Autochtonous Genotypes », *Acta Horticulturae*, n°866, pp. 175-180.

Da ViÀ E. (**2012**), « Seed Diversity, Farmers' Rights, and the Politics of Repeasantization », *International Journal of Sociology of Agriculture & Food*, vol. 19, n°2, pp. p229-242.

Deledalle G. (**1967**), *John Dewey. Logique : La théorie de enquête*, Presses universitaires de France.

Demené C. et Audibert O. (**2017**), « Promouvoir l'agriculture dans le projet de territoire pour faciliter la mise à disposition du foncier : le cas de la châtaigneraie ardéchoise », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, n°Volume 17 Numéro 1.

Demeulenaere E. et Bonneuil C. (**2011**), « Des Semences en partage: construction sociale et identitaire d'un collectif "« paysan »" autour de pratiques semencières alternatives. », *in Techniques et culture*, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, pp. 202-221.

Demeulenaere E., Bonneuil C., Balfourier F., Basson A., Berthellot J.-F., Chesneau V., Ferté H., Galic N., Kastler G., Koenig J., Mercier F., Payement J., Pommart A., Ronot B., Rousselle Y., Supiot N., Zaharia H. et Goldringer I. (**2008**), « Étude des complémentarités entre gestion dynamique à la ferme et gestion statique en collection », pp. 23.

Demeulenaere É. et Goldringer I. (**2017**), « Semences et transition agroécologique : initiatives paysannes et sélection participative comme innovations de rupture » Marcel Jollivet, Marie-Christine Bagnati, Yves Le Bars, François Papy, Claude Millier et Sylvie Zasser (dir.), *Natures Sciences Sociétés*, vol. 25, pp. S55-S59.

Demeulenaere E. et Goulet F. (**2012**), « Du singulier au collectif : Agriculteurs et objets de la nature dans les réseaux d'agricultures « alternatives » », *terrains & travaux*, vol. 20, pp. 19.

Desprez-Loustau M.-L., Robin C., Reynaud G., Déqué M., Badeau V., Piou D., Husson C. et Marçais B. (**2007**), « Simulating the effects of a climate-change scenario on the geographical range and activity of forest-pathogenic fungi », *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 29, n°2, pp. 101-120.

Dewey J. (**1938**), *Logic: The theory of inquiry*, New York, Irvington Publishers.

Dewey J. (**1939**), *Theory of valuation*, The University of Chicago Press, Chicago (International Encyclopedia of Unified Science).

Dewey J. (**2008**), « La théorie de la valuation », *Tracés*, n°15, traduit par Bidet A., pp. 217-228.

Dewey J. (**2010**), *Le public et ses problèmes*, traduit par Zask J., Paris, Gallimard.

Díez C.M., Trujillo I., Barrio E., Belaj A., Barranco D. et Rallo L. (**2011**), « Centennial olive trees as a reservoir of genetic diversity », *Annals of Botany*, vol. 108, n°5, pp. 797-807.

Diez C.M., Trujillo I., Martinez-Urdiroz N., Barranco D., Rallo L., Marfil P. et Gaut B.S. (**2015**), « Olive domestication and diversification in the Mediterranean Basin », *New Phytologist*, vol. 206, n°1, pp. 436-447.

Dupraz C. et Liagre F. (**2011**), *Agroforesterie: des arbres et des cultures*, Editions France Agricole.

Dupré L. (**2002**), *Du marron à la châtaigne d'Ardèche. La relance d'un produit régional*, Thèse de doctorat, Paris, Éditions du CTHS.

Dupré L. (**2003**), « L'autre châtaigne et la châtaigne des autres. Innovation variétale et identité socio-technique »,.

Dupré L. (**2005**), « Classer et nommer les fruits du châtaignier ou la construction d'un lien à la nature », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 13, n°4, pp. 395-402.

Dyer G.A., López-Feldman A., Yúnez-Naude A. et Taylor J.E. (**2014**), « Genetic erosion in maize's center of origin », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, n°39, pp. 14094-14099.

Ehsan Dulloo M., E. O. Rege J., Ramírez M., G. Drucker A., Padulosi S., Maxted N., Sthapit B., Gauchan D., Roux N., Sardos J., Ruas M., Rouard M., Thormann I. et Gaisberger H. (**2017**), « Conserving

agricultural biodiversity for use in sustainable food systems », *in Mainstreaming Agrobiodiversity in Sustainable Food Systems : Scientific foundations for an agrobiodiversity index*, Bioversity International, pp. 103-140.

Esquinas-Alcázar J. (**2005**), « Protecting crop genetic diversity for food security: political, ethical and technical challenges », *Nature Reviews Genetics*, vol. 6, n°12, pp. 8.

FAO (**1999**), « Agricultural Biodiversity, Multifunctional Character of Agriculture and Land Conference », background paper 1, Maastricht, Netherlands.

FAO (**2019**), *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*, J Bélanger et D Pilling (dir.), Rome, FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, 572 p.

Fernández-López J. et Fernández-Cruz J. (**2015**), « Identification of traditional Galician sweet chestnut varieties using ethnographic and nuclear microsatellite data », *Tree Genetics & Genomes*, vol. 11, n°6.

Flamant J.-C., Cabannes-Audiot A. et Leterme E. (**Juillet 89**), « Le conservatoire régional du patrimoine biologique de midi-pyrénées », *courrier de la cellule environnement*, n°n°8.

Fredriksen A. (**2017**), « Valuing Species: The Continuities between Non-Market and Market Valuations in Biodiversity Conservation », *Valuation Studies*, vol. 5, n°1, pp. 39-59.

Gambette P. (**2010**), *Méthodes combinatoires de reconstruction de réseaux phylogénétiques*, Thèse de doctorat, Montpellier, Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc.

Gascuel O. (**1997**), « BIONJ: an improved version of the NJ algorithm based on a simple model of sequence data », *Molecular Biology and Evolution*, vol. 14, n°7, pp. 685-695.

Gaut B.S., Díez C.M. et Morrell P.L. (**2015**), « Genomics and the Contrasting Dynamics of Annual and Perennial Domestication », *Trends in Genetics*, vol. 31, n°12, pp. 709-719.

Gherardi S. (**2008**), « « aujourd'hui les plaques sont molles ! »: Savoir situé et ambiguïté dans une communauté de pratiques », *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 2, n° 1, n°1, pp. 3.

Goffaux R., Goldringer I., Boneuil C., Montalent P. et Bonnin I. (**2011**), « Quels indicateurs pour suivre la diversité génétique des plantes cultivées ? Le cas du blé tendre cultivé en France depuis un siècle », *Série Expertise et synthèse*, Rapport FRB.

Grange P.M. (**2016**), « La transformation fermière en Ardèche », 7emes rencontres européennes de la châtaigne, 2016.

Guérin B. (**2015**), « Le commerce de la châtaigne en France », VI European Chestnut Congress, Portugal, 2015.

Hainzelin E. (**2013**), *Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture*, Editions Quae, 266 p.

Hammer K., Gladis Th. et Diederichsen A. (**2003**), « In situ and on-farm management of plant genetic resources », *European Journal of Agronomy*, vol. 19, n°4, pp. 509-517.

Hammer K., Arrowsmith N. et Gladis T. (**2003**), « Agrobiodiversity with emphasis on plant genetic resources », *Naturwissenschaften*, vol. 90, n°6, pp. 241-250.

Hart R. (**1996**), *Forest Gardening: Cultivating an Edible Landscape, 2nd Edition*, Chelsea Green Publishing, 254 p.

Hazard L., Magrini M.-B. et Martin G. (**2017**), « Transition agroécologique : Définition », *Dictionnaire d'Agroécologie*.

Hazard L., Monteil C., Duru M., Bedoussac L., Justes E. et Theau J.-P. (**2016**), « Agroécologie : Définition », *Dictionnaire d'Agroécologie*.

Heinich N. (**2006**), « La sociologie à l'épreuve des valeurs », *Cahiers internationaux de sociologie*, vol. 121, n°2, pp. 287.

Hervé-Gruyer P. et Hervé-Gruyer C. (**2016**), *Permaculture: guérir la terre, nourrir les hommes*, Arles, Actes Sud.

Hervieu B. et Purseigle F. (**2013**), *Sociologie des mondes agricoles*, Armand Colin.

Hmimsa Y., Aumeeruddy-Thomas Y. et Ater M. (**2012**), « Vernacular Taxonomy, Classification and Varietal Diversity of fig (Ficus carica L.) Among Jbala cultivators in Northern Morocco », *Human Ecology*, vol. 40, n°2, pp. 301-313.

INAO (**2015**), « Fiche produit : Châtaigne d'Ardèche »,.

Jacobsen S.-E., Sørensen M., Pedersen S.M. et Weiner J. (**2013**), « Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity », *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 33, n°4, pp. 651-662.

Jarvis D.I., Hodgkin T., Sthapit B.R., Fadda C. et Lopez-Noriega I. (**2011**), « An Heuristic Framework for Identifying Multiple Ways of Supporting the Conservation and Use of Traditional Crop Varieties within the Agricultural Production System », *Critical Reviews in Plant Sciences*, vol. 30, n°1-2, pp. 125-176.

Jollivet M. (**2010**), « L'avenir de la science est-il dans la « société civile »? », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 18, n°4, pp. 434-440.

Jones O.R. et Wang J. (**2010**), « COLONY: a program for parentage and sibship inference from multilocus genotype data », *Molecular Ecology Resources*, vol. 10, n°3, pp. 551-555.

Journe B. (**2007**), « Théorie pragmatiste de l'enquête et construction du sens des situations », *AEGIS Le Libellio d'*, vol. 3, n°4, pp. 3-9.

Kamvar Z.N., Brooks J.C. et Grünwald N.J. (**2015**), « Novel R tools for analysis of genome-wide population genetic data with emphasis on clonality », *Frontiers in Genetics*, vol. 6, pp. 10.

Kamvar Z.N., Tabima J.F. et Grünwald N.J. (**2014**), « Poppr: an R package for genetic analysis of populations with clonal, partially clonal, and/or sexual reproduction », *PeerJ*, vol. 2, pp. e281.

Kastler G., Bertrand A. et Vanuxem S. (**2018**), « Des savoirs paysans », *Cahiers philosophiques*, vol. N°152, n°1, pp. 37.

Kaufmann J.-C. (**2011**), *L'entretien compréhensif*, 4e édition, Paris, Armand Colin (Tout le savoir).

Labeyrie V., Thomas M., Muthamia Z.K. et Leclerc C. (**2016**), « Seed exchange networks, ethnicity, and sorghum diversity », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, n°1, pp. 98-103.

Lamichhane J.R. (**2020**), « Editorial - Crop health in agroforestry systems: An introduction to the special issue », *Crop Protection*, vol. 134, pp. 105187.

Lasco R.D., Delfino R.J.P., Catacutan D.C., Simelton E.S. et Wilson D.M. (**2014**), « Climate risk adaptation by smallholder farmers: the roles of trees and agroforestry », *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 6, pp. 83-88.

Lauri P.-E., Meziere D., Dufour L., Gosme M., Simon S., Gary C., Jagoret P., Wery J. et Dupraz C. (**2016**), « Fruit-trees in agroforestry systems-review and prospects for the temperate and Mediterranean zones. Abstract number 33 », *Celebrating 20 years of Agroforestry research in Europe*.

Le Galès P. (**2010**), « Gouvernance », *in Dictionnaire des politiques publiques*, Paris, Presses de Sciences Po (Références), pp. 299-308.

Leclerc C. (**2015**), *La vie sociale des plantes cultivées. L'interaction G x E x S comme langage d'interface entre les sciences biologiques et sociales*, Ecole Doctorale SIBAGHE, Université de Montpellier 2 (Habilitation à Diriger des Recherches).

Leclerc C. et Coppens d'Eeckenbrugge G. (**2011**), « Social Organization of Crop Genetic Diversity. The G × E × S Interaction Model », *Diversity*, vol. 4, n°1, pp. 1-32.

Lefort M., Chauvet M., Mitteau M. et Sontot Andrée (**1998**), « La gestion des ressources génétiques en France », *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, pp. 19-26.

Lefort M. et Riba G. (**2006**), « Quelles perspectives pour l'innovation variétale à l'INRA ? », *Dossier de l'environnement de l'INRA*, vol. 30, pp. 57-64.

Louafi S., Bazile D. et Noyer J.-L. (**2013**), « Conserver et cultiver la diversité génétique agricole : aller au-delà des clivages établis », *in Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture.*, Quae, Versaille, pp. 185-222.

Magrini M.-B., Martin G., Magne M.-A., Duru M., Couix N., Hazard L. et Plumecocq G. (**2019**), « Agroecological Transition from Farms to Territorialised Agri-Food Systems: Issues and Drivers », *in* Jacques-Eric Bergez, Elise Audouin et Olivier Therond (dir.), *Agroecological Transitions: From Theory to Practice in Local Participatory Design*, Cham, Springer International Publishing, pp. 69-98.

Marchenay P. (**1981**), « Ethnobotanique et conservation génétique : l'exemple des arbres fruitiers », *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, vol. 28, n°2, pp. 85-158.

Marinoni D., Akkak A., Beltramo C., Guaraldo P., Boccacci P., Bounous G., Ferrara A.M., Ebone A., Viotto E. et Botta R. (**2013**), « Genetic and morphological characterization of chestnut (Castanea sativa Mill.) germplasm in Piedmont (north-western Italy) », *Tree Genetics & Genomes*, vol. 9, n°4, pp. 1017-1030.

Maxted N., Ford-Lloyd B.V. et Hawkes J.G. (**2000**), « Complementary conservation strategies », *in* N. Maxted, B. V. Ford-Lloyd et J. G. Hawkes (dir.), *Plant Genetic Conservation*, Dordrecht, Springer Netherlands, pp. 15-39.

McKey D., Elias M., Pujol B. et Duputié A. (**2010**), « The evolutionary ecology of clonally propagated domesticated plants », *New Phytologist*, vol. 186, n°2, pp. 318-332.

Meilhac J., Durand J.-L., Beguier V. et Litrico I. (**2019**), « Increasing the benefits of species diversity in multispecies temporary grasslands by increasing within-species diversity », *Annals of Botany*, vol. 123, n°5, pp. 891-900.

Mellano M.G., Beccaro G.L., Donno D., Marinoni D.T., Boccacci P., Canterino S., Cerutti A.K. et Bounous G. (**2012**), « Castanea spp. biodiversity conservation: collection and characterization of the genetic diversity of an endangered species », *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol. 59, n°8, pp. 1727-1741.

Mellano M.G., Torello-Marinoni D., Boccacci P., Donno D., Cerutti A.K. et Beccaro G.L. (**2018**), « Ex situ conservation and characterization of the genetic diversity of Castanea spp. », *Acta Horticulturae*, n°1220, pp. 1-6.

Meynard J.-M., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini M.-B., Charlier A. et Messéan A. (**2018**), « Socio-technical lock-in hinders crop diversification in France », *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 38, n°5.

Meynard J.-M., Messéan A., Charlier A., Charrier F., Fares M., Le Bail M., Magrini M.-B. et Savini I. (**2013**), « Freins et leviers à la diversification des cultures : étude au niveau des exploitations agricoles et des filières », *OCL*, vol. 20, n°4, pp. 10.

Michon G. (**2011**), « Revisiting the resilience of chestnut forests in Corsica: from social-ecological systems theory to political ecology », *Ecology and Society*, vol. 16, n°2, pp. 5.

Michon G., Foresta H. de, Levang P. et Verdeaux F. (**2007**), « Domestic Forests: A New Paradigm for Integrating Local Communities' Forestry into Tropical Forest Science », *Ecology and Society*, vol. 12, n°2.

Michon G., Romagny B., Auclair L. et Deconchat M. (**2012**), « Forests as Patrimonies? From Theory to Tangible Processes at Various Scales », *Ecology and Society*, vol. 17, n°3.

Michon G., Simenel R. et Sorba J.M. (**2012**), « Forêts domestiques, savoir-faire et savoirs naturalistes : quelles natures, quelles démarches, pour quels patrimoines ? », *in Vivre du patrimoine : un nouveau modèle de développement ?*, L'Harmattan 533-552, Paris, pp. 20.

Micoud A. (**2005**), « La patrimonialisation ou comment redire ce qui nous lie (un point de vue sociologique) », *in Réinventer le patrimoine. De la culture à l'économie, une nouvelle pensée du patrimoine ?*, l'Harmattan.

Migicovsky Z., Warschefsky E., Klein L.L. et Miller A.J. (**2019**), « Using Living Germplasm Collections to Characterize, Improve, and Conserve Woody Perennials », *Crop Science*, vol. 59, n°6, pp. 2365-2380.

Mijatović D., Van Oudenhoven F., Eyzaguirre P. et Hodgkin T. (**2013**), « The role of agricultural biodiversity in strengthening resilience to climate change: towards an analytical framework », *International Journal of Agricultural Sustainability*, vol. 11, n°2, pp. 95-107.

Milian J., Eychenne C. et Barthe L. (**2012**), « Du symbole à l'action : agriculture et pastoralisme dans la politique du Parc naturel régional des Pyrénées Ariégeoises », *Sud-Ouest Européen Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, n°34, pp. 51-64.

Miller A.J. et Gross B.L. (**2011**), « From forest to field: Perennial fruit crop domestication », *American Journal of Botany*, vol. 98, n°9, pp. 1389-1414.

Mollison B. et Holmgren D. (**1981**), *Perma-Culture. 1: A perennial agriculture for human settlements*, Winters, Calif, Tagari, 127 p.

Montenegro de Wit M. (**2016**), « Are we losing diversity? Navigating ecological, political, and epistemic dimensions of agrobiodiversity conservation », *Agriculture and Human Values*, vol. 33, n°3, pp. 625-640.

Nair P.K.R. (**1993**), *An Introduction to Agroforestry*, Springer Netherlands.

Nazarea V.D., Rhoades R.E. et Andrews-Swann J.E. (**2013**), *Seeds of resistance, seeds of hope place and agency in the conservation of biodiversity*, Tucson, Univ. of Arizona Press.

Negri V. (**2005**), « Agro-Biodiversity Conservation in Europe: Ethical Issues », *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, vol. 18, n°1, pp. 3-25.

Negri V. et Tiranti B. (**2010**), « Effectiveness of in situ and ex situ conservation of crop diversity. What a Phaseolus vulgaris L. landrace case study can tell us », *Genetica*, vol. 138, n°9-10, pp. 985-998.

Nishio S., Takada N., Terakami S., Kato H., Inoue H., Takeuchi Y. et Saito T. (**2019**), « Estimation of effective pollen dispersal distance for cross-pollination in chestnut orchards by microsatellite-based paternity analyses », *Scientia Horticulturae*, vol. 250, pp. 89-93.

Noordwijk M. van (**2020**), « Agroforestry as nexus of sustainable development goals », *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 449, pp. 012001.

Padulosi, S. et Bioversity International (dir.) (**2012**), *On-farm conservation of neglected and underutilized species: status, trends and novel approaches to cope with climate change*, Rome, Bioversity International, 293 p.

Padulosi S., Hodgkin T., Williams J.T. et Haq N. (**2002**), « Underutilized crops: trends, challenges and opportunities in the 21st century. », *in* J. M. M. Engels, V. Ramanatha Rao, A. H. D. Brown et M. T. Jackson (dir.), *Managing plant genetic diversity. Proceedings of an international conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 12-16 June 2000*, Wallingford, CABI, pp. 323-338.

Padulosi S. (**2019**), « Soutenir une agriculture axée sur la nutrition grâce aux espèces négligées et sous-utilisées », Bioversity International.

Paradis E., Claude J. et Strimmer K. (**2004**), « APE: Analyses of Phylogenetics and Evolution in R language », *Bioinformatics*, vol. 20, n°2, pp. 289-290.

Paradis E. et Schliep K. (**2019**), « ape 5.0 : an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R » Russell Schwartz (dir.), *Bioinformatics*, vol. 35, n°3, pp. 526-528.

Parc National des Cévennes (dir.) (**2008**), *Votre châtaigneraie*, 2e éd., rev.corrigée, Florac, Parc national des Cévennes (Les cahiers pratiques / Parc national des Cévennes), 55 p.

Pascual U., Narloch U., Nordhagen S. et Drucker A.G. (**2011**), « The economics of agrobiodiversity conservation for food security under climate change », *Economía Agraria y Recursos Naturales*, vol. 11, n°1, pp. 30.

Pautasso M., Aistara G., Barnaud A., Caillon S., Clouvel P., Coomes O.T., Delêtre M., Demeulenaere E., De Santis P., Döring T., Eloy L., Emperaire L., Garine E., Goldringer I., Jarvis D., Joly H.I., Leclerc C., Louafi S., Martin P., Massol F., McGuire S., McKey D., Padoch C., Soler C., Thomas M. et Tramontini S. (**2013**), « Seed exchange networks for agrobiodiversity conservation. A review », *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 33, n°1, pp. 151-175.

Peltola T. et Arpin I. (**2017**), « How We Come to Value Nature? - A Pragmatist Perspective », *Ecological Economics*, vol. 142, pp. 12-20.

Pereira-Lorenzo S., Costa R., Anagnostakis S., Serdar U., Yamamoto T., Saito T., Ramos-Cabrer A.M., Ling Q., Barreneche T., Robin C., Botta R., Contessa C., Conedera M., Martín L.M., Martín A., Gomes-Laranjo J., Villani F. et Carlson J.E. (**2016**), « Interspecific Hybridization of Chestnut », *in* Annaliese S. Mason (dir.), *Polyploidy and Hybridization for Crop Improvement*, CRC Press, Boca Raton, USA, pp. (p. 377-407).

Pereira-Lorenzo S., Costa R.M.L., Ramos-Cabrer A.M., Ciordia-Ara M., Ribeiro C.A.M., Borges O., Barreneche T. et Donini P. (**2011**), « Chestnut cultivar diversification process in the Iberian Peninsula, Canary Islands, and Azores », *Genome*, vol. 54, n°4, pp. 301-315.

Pereira-Lorenzo S. et Fernandez-Lopez J. (**1997**), « Description of 80 cultivars and 36 clonal selections of chestnut (Castanea sativa Mill) from Northwestern Spain », *Fruit varieties journal*, vol. 51, n°1, pp. 13-27.

Pereira-Lorenzo S., Ramos-Cabrer A.M., Barreneche T., Mattioni C., Villani F., Díaz-Hernández B., Martín L.M., Robles-Loma A., Cáceres Y. et Martín A. (**2019**), « Instant domestication process of European chestnut cultivars », *Annals of Applied Biology*.

Pitte J.-R. (**1986**), *Terres de Castanide. Hommes et paysages du Châtaignier de l'Antiquité à nos jours*, Fayard, Paris, 480 p.

Ploeg J.D. van der (**2008**), *The New Peasantries: Struggles for Autonomy and Sustainability in an Era of Empire and Globalization*, 1re édition, Routledge.

Plumecocq G., Debril T., Duru M., Magrini M.-B., Sarthou J.P. et Therond O. (**2018**), « The plurality of values in sustainable agriculture models: diverse lock-in and coevolution patterns », *Ecology and Society*, vol. 23, n°1.

Prairat E. (**2014**), « Valuation et évaluation dans la pensée de Dewey », *Le Télémaque*, vol. 46, n°2, pp. 167.

Reyes-García V., Molina J., Calvet-Mir L., Aceituno-Mata L., Lastra J.J., Ontillera R., Parada M., Pardo-de-Santayana M., Rigat M., Vallès J. et Garnatje T. (**2013**), « "Tertius gaudens": germplasm exchange networks and agroecological knowledge among home gardeners in the Iberian Peninsula », *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, vol. 9, n°1, pp. 53.

Richards L. (**2014**), *Handling Qualitative Data: A Practical Guide*, SAGE, 265 p.

Ruiz-Mallén I. et Corbera E. (**2013**), « Community-Based Conservation and Traditional Ecological Knowledge: Implications for Social-Ecological Resilience », *Ecology and Society*, vol. 18, n°4.

Sauvezon R., Sauvezon A. et Sunt C. (**2000**), *Châtaignes et Châtaigniers*, Edisud.

Shiva V. (**1993**), *Monocultures of the Mind: Perspectives on Biodiversity and Biotechnology*, First Edition, London, UK ; Atlantic Highlands, N.J., USA : Penang, Malaysia, Zed Books Ltd, 184 p.

Smith J.R. (**1929**), *Tree Crops, A Permanent Agriculture*, Lulu.com, 460 p.

Somerville C. et Koornneef M. (**2002**), « A fortunate choice: the history of Arabidopsis as a model plant », *Nature Reviews Genetics*, vol. 3, n°11, pp. 883-889.

Stromberg P.M., Pascual U. et Bellon M.R. (**2010**), « Seed Systems and Farmers' Seed Choices: The Case of Maizein the Peruvian Amazon », *Human Ecology*, vol. 38, n°4, pp. 539-553.

Thomas F. (**2006**), « Biodiversité, biotechnologies et savoirs traditionnels. du patrimoine commun de l'humanité aux ABS (access to genetic resources and benefit-sharing) », *Revue Tiers Monde*, vol. 188, n°4, pp. 825.

Thomas F. (**2014**), « Les éthiques du partage des avantages dans la gouvernance internationale de la biodiversité sauvage et cultivée », *Éthique publique*, vol. 16, n°1.

Thomas F. (**2017**), « Ressources génétiques : garantir l'accès à un bien public mondial ou compenser sa marchandisation ? », *Entreprises et histoire*, vol. 88, n°3, pp. 103.

Thomas M. (**2011**), *Gestion dynamique à la ferme de l'agrobiodiversité : relation entre la structure des populations de blé tendre et les pratiques humaines*, Thèse de doctorat, Paris, Paris Diderot, 215 p.

Thomas M., Demeulenaere E., Dawson J.C., Khan A.R., Galic N., Jouanne-Pin S., Remoue C., Bonneuil C. et Goldringer I. (**2012**), « On-farm dynamic management of genetic diversity: the impact of seed diffusions and seed saving practices on a population-variety of bread wheat », *Evolutionary Applications*, vol. 5, n°8, pp. 779-795.

Thrupp L.A. (**2000**), « Linking Agricultural Biodiversity and Food Security: The Valuable Role of Sustainable Agriculture », *International Affairs (Royal Institute of International Affairs 1944-)*, vol. 76, n°2.

Toledo Á. et Burlingame B. (**2006**), « Biodiversity and nutrition: A common path toward global food security and sustainable development », *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 19, n°6-7, pp. 477-483.

United Nations (**1992**), « Convention for Biological Diversity »,.

UPOV (**1989**), « Guidelines for the conduct of tests for distinctnes : chestnut »,.

Usher P.J. (**2000**), « Traditional ecological knowledge in environmental assessment and management », *ARCTIC*, vol. 53, n°2.

Velasco R., Zharkikh A., Affourtit J., Dhingra A., Cestaro A., Kalyanaraman A., Fontana P., Bhatnagar S.K., Troggio M., Pruss D., Salvi S., Pindo M., Baldi P., Castelletti S., Cavaiuolo M., Coppola G., Costa F., Cova V., Dal Ri A., Goremykin V., Komjanc M., Longhi S., Magnago P., Malacarne G., Malnoy M., Micheletti D., Moretto M., Perazzolli M., Si-Ammour A., Vezzulli S., Zini E., Eldredge G., Fitzgerald L.M., Gutin N., Lanchbury J., Macalma T., Mitchell J.T., Reid J., Wardell B., Kodira C., Chen Z., Desany B., Niazi F., Palmer M., Koepke T., Jiwan D., Schaeffer S., Krishnan V., Wu C., Chu V.T., King S.T., Vick J., Tao Q., Mraz A., Stormo A., Stormo K., Bogden R., Ederle D., Stella A., Vecchietti A., Kater M.M., Masiero S., Lasserre P., Lespinasse Y., Allan A.C., Bus V., Chagné D., Crowhurst R.N., Gleave A.P., Lavezzo E., Fawcett J.A., Proost S., Rouzé P., Sterck L., Toppo S., Lazzari B., Hellens R.P., Durel C.-E., Gutin A., Bumgarner R.E., Gardiner S.E., Skolnick M., Egholm M., Van de Peer Y., Salamini F. et Viola R. (**2010**), « The genome of the domesticated apple (Malus × domestica Borkh.) », *Nature Genetics*, vol. 42, n°10, pp. 833-839.

Veteto J.R. et Skarbø K. (**2009**), « Sowing the Seeds: Anthropological Contributions to Agrobiodiversity Studies », *Culture & Agriculture*, vol. 31, n°2, pp. 73-87.

Vidal N., Sánchez C., Jorquera L., Ballester A. et Vieitez A.M. (**2005**), « Cryopreservation of chestnut by vitrification of in vitro-grown shoot tips », *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, vol. 41, n°1, pp. 63-68.

Vigouroux Y., Barnaud A., Scarcelli N. et Thuillet A.-C. (**2011**), « Biodiversity, evolution and adaptation of cultivated crops », *Comptes Rendus Biologies*, vol. 334, n°5-6, pp. 450-457.

Vivien F.-D. (**2005**), « La diversité biologique entre valeurs, évaluations et valorisations économiques », *in Les biodiversités: objets, théories, pratiques*, CNRS Editions, Paris, pp. 125-142.

Volis S. et Blecher M. (**2010**), « Quasi in situ: a bridge between ex situ and in situ conservation of plants », *Biodiversity and Conservation*, vol. 19, n°9, pp. 2441-2454.

Volle M.-J. (**1993**), *Ardèche « terre de castanide » La châtaigne, pain d'hier, fruit de demain*, Privas, Association Mémoires d'Ardèche et Temps Présent.

Whitefield P. (**2000**), *How to make a forest garden*, 3rd ed, East Meon, Hampshire, England : White River Junction, VT, 168 p.

Zask J. (**2011**), *Participer: essai sur les formes démocratiques de la participation*, Lormont, Le Bord de l'eau (Les voies du politique), 326 p.

Zimmerer K.S. et Haan S. de (**2017**), « Agrobiodiversity and a sustainable food future », *Nature Plants*, vol. 3, n°4.

Zimmerer K.S., Haan S. de, Jones A.D., Creed-Kanashiro H., Tello M., Carrasco M., Meza K., Plasencia Amaya F., Cruz-Garcia G.S., Tubbeh R. et Jiménez Olivencia Y. (**2019**), « The biodiversity of food and agriculture (Agrobiodiversity) in the anthropocene: Research advances and conceptual framework », *Anthropocene*, vol. 25, pp. 100192.

GLOSSAIRE

Agriculteur : dans ma thèse je nomme agriculteur, toute personne dont l'activité principale est l'agriculture, quel que soit son statut, agriculteur à titre principal ou cotisant solidaire, qu'elle se dise paysan ou agriculteur.

Agrobiodiversité : l'agrobiodiversité est la biodiversité des systèmes agricoles envisagée à différentes échelles spatiales et temporelles (Zimmerer et al., 2019). L'agrobiodiversité recouvre la diversité des gènes, des variétés et races, des espèces utilisées directement ou indirectement par l'agriculture et celle des agroécosystèmes. Elle comprend également les interactions que les humains établissent avec les dimensions biologiques de l'agrobiodiversité telles que la diversité des savoirs, des usages et la diversité culturelle (FAO, 1999 ; Pautasso et al., 2013).

Agroécologie : *« L'agroécologie vise à promouvoir des systèmes alimentaires viables respectueux des hommes et de leur environnement. Ces systèmes engagent des modes de productions agricoles et des filières valorisant les potentialités écologiques, économiques et sociales d'un territoire. Leur développement s'appuie sur des approches transdisciplinaires réunissant professionnels du monde agricole, scientifiques, acteurs des mouvements sociaux de l'agroécologie et des politiques publiques. L'agroécologie est une alternative à une agriculture intensive basée sur l'artificialisation des cultures par l'usage d'intrants de synthèse (engrais, pesticides…) et d'énergies fossiles. Elle promeut des systèmes de production agricole valorisant la diversité biologique et les processus naturels (cycles de l'azote, du carbone, de l'eau, équilibres biologiques entre organismes ravageurs et auxiliaires des cultures…) […] »* (Hazard et al., 2016)

Allogamie : nécessité d'une pollinisation croisée pour se reproduire. S'oppose à l'autogamie qui autorise la pollinisation de fleurs femelles par le pollen d'une même plante.

Auto-incompatibilité : mécanisme qui empêche l'autofécondation dans une fleur, entre les fleurs d'une même plante, ou d'une plante génétiquement liée. Il favorise le brassage génétique.

Biodiversité : est définie dans l'article 2 de la convention de la diversité biologique (United Nations, 1992) comme la *« variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. »*

Conservation *ex situ* : est définie dans l'article 2 de la convention du la diversité biologique (United Nations, 1992) comme *« la conservation d'éléments constitutifs de la diversité biologique en dehors de leur milieu naturel. »*

Conservation *in situ* : est définie dans l'article 2 de la convention du la diversité biologique (United Nations, 1992) comme *« la conservation des écosystèmes et des habitats naturels et le maintien et la reconstitution de populations viables d'espèces dans leur milieu naturel et, dans le cas des espèces domestiquées et cultivées, dans le milieu où se sont développés leurs caractères distinctifs. »*

Diversité intraspécifique : diversité à l'intérieur d'une même espèce biologique.

Domestication des arbres : *« La domestication des arbres peut être décrite comme le résultat de l'interaction entre la biologie des arbres, leur long cycle de vie, l'allogamie (la nécessité d'une pollinisation croisée), la plasticité morphologique et physiologique, d'une part, et les conceptions et actions entreprises par les agriculteurs d'autre part. »* (traduit d' (Aumeeruddy-Thomas et Michon, 2018).

Espèce cultivée mineure : dans ma thèse je considère une espèce mineure comme cultivée sur de faibles surfaces (Meynard et al., 2018) ou de faible importance économique. Le terme est parfois utilisé comme synonyme d'espèce sous-utilisée, sous-exploitées, sous-développées, orphelines, prometteuses, perdues, alternatives, traditionnelles, cultures de niche, cultures d'avenir et alimentation intelligente future (Padulosi, 2019).

Espèce domestiquée ou cultivée : est définie dans l'article 2 de la convention du la diversité biologique (United Nations, 1992) comme *« toute espèce dont le processus d'évolution a été influencé par l'homme pour répondre à. ses besoins. »*

Espèce négligée et sous-utilisée : terme utilisé pour nommer les espèces dont le potentiel n'est pas complètement réalisé. Le terme ne contient pas de précisions quant aux implications géographiques (sous-utilisée où ?), sociale (sous-utilisée par qui ?) et économique sous-utilisée (dans quelle mesure ?). Il est donc nécessaire de clarifier ces trois dimensions lorsqu'on utilise le terme (Padulosi et al., 2002). De plus, pour Padulosi Stefano, une espèce négligée et sous-utilisée n'a jamais fait l'objet de sélection variétale.

Espèce pérenne : espèce pouvant vivre plusieurs années (synonyme de vivace en botanique).

Génotype : l'information portée par le génome d'un organisme, contenu dans chaque cellule sous forme d'acide désoxyribonucléique l'ADN.

Gouvernance : « La gouvernance est un chantier de recherche qui concerne les formes de coordination, de pilotage et de direction des secteurs, des groupes et de la société, au-delà des organes classiques du gouvernement. »(Le Galès, 2010).

Monoïque : une espèce qui porte des fleurs mâles et des fleurs femelles en des endroits différents sur le même pied.

Phénotype : ensemble des caractéristiques d'un individu résultant de l'expression de ses gènes et de leurs éventuelles interactions avec l'environnement.

Phénotypage (cas du châtaignier dans les initiatives étudiées) : description des caractères apparents, observables à l'œil nu. Par exemple la taille, couleur, forme des fruits, des feuilles, des fleurs ou le port d'un arbre. Les associations s'appuient sur des caractères décrits dans le document de l'Union Professionnelle Pour la Protection des Obtentions Végétales (UPOV) et y ajoutent des critères de conservation du fruit, de facilité d'épluchage (épluchabilité) et de pénétration du tan. L'ensemble des critères donne une note qui classe les châtaigniers. Une partie des greffages est décidée sur la base de cette note.

Pragmatisme : le pragmatisme est une « philosophie de l'expérience » qui a été développée dans les années 1930 aux Etats-Unis dont les fondateurs sont C. S Peirce, W. James, J. Dewey et G. H Mead. Cette philosophie permet de s'affranchir des dichotomies. Elle me permet de penser au-delà des catégories telles que les savoirs scientifiques / profanes ou amateurs, savoirs naturalistes / non naturalistes, savoirs traditionnels / scientifiques, ou encore valeur intrinsèque / d'usage, valeur économique / non-économique. Dans l'approche pragmatiste, il n'y a pas de différence de nature entre les savoirs produits par la science et ceux produits par les acteurs de terrain, et il n'y a pas de différence de nature entre des valeurs et des normes. Dans cette perspective, les *savoirs* comme les *valeurs* doivent être compris comme des construits sociaux qui sont constamment renouvelés et transformés par la situation dans laquelle ils sont expérimentés. La philosophie pragmatiste de J. Dewey sur laquelle je m'appuie dans ma thèse conçoit les *savoirs* et les *valeurs* comme des processus « en train de se faire » : les *savoirs* sont ce qui est vrai à un moment donné dans un contexte donné, les *valeurs* sont ce qui est important à un moment donné dans un contexte donné (Bidet, Quéré et Truc, 2011 ; Dewey, 1938, 1939, 2008 ; Journe, 2007). Mobiliser cette philosophie oriente le regard

vers les façons dont les *savoirs* et les *valeurs* se construisent dans l'action, c'est-à-dire vers le processus de formation des *savoirs* et des *valeurs*, nommé *valuation* par J. Dewey.

Re-domestication d'une espèce pérenne : Chercher à se réapproprier une ou plusieurs populations locales régionales d'une espèce pérenne ayant fait l'objet d'abandon. Cela se traduit par un ensemble de pratiques sur l'espèce telles que la prospection et la caractérisation dans un territoire donné des individus (cet arbre est-il greffé ou taillé ? Quelle est sa variété ?) et des espaces (était-ce une châtaigneraie ou un taillis ?), le défrichage, la taille ou l'élagage, la recherche de savoirs locaux au travers de témoignages et d'archives, le re-développement d'une culture et d'une production locale, etc.

Savoirs écologiques traditionnels : tous types de connaissances relatives à l'environnement qui proviennent de l'expérience et des traditions d'un groupe particulier de personnes (traduit de (Usher, 2000).

Savoir local : suivant (d'Alessandro et Linck, 2017), le savoir local est *« entendu moins comme un legs que comme l'ensemble des connaissances construites et mobilisées localement. »*

Semence : les graines et par extension tous les organes permettant la reproduction des plantes (bulbes, tubercules, greffons, etc.).

Transition agroécologique : « un changement de modèle agricole pour mettre en œuvre les principes de l'agroécologie et répondre ainsi aux crises que traverse ce secteur. Elle repose, en particulier, sur i) la création et mobilisation de savoirs issus de l'agroécologie, ii) l'engagement des acteurs (agriculteurs, conseillers agricoles…) dans la construction de ces savoirs pour une adaptation aux territoires, et iii) la territorialisation de l'agriculture impliquant notamment une reconnexion de la production agricole avec l'alimentation locale. » (Hazard, Magrini et Martin, 2017)

Théorie de la Valuation : voir page 122.

Valeurs de l'agrobiodiversité : dans ma thèse, je les définies dans une perspective pragmatiste comme ce à quoi tiennent les acteur·rice·s, ce qui est important pour eux en lien avec un ou plusieurs élément(s) de l'agrobiodiversité (gènes, variétés, espèces, agroécosystèmes, savoirs, cultures et usages) et qui se révèlent dans l'action.

Variété ancienne, traditionnelle, locale, paysanne, population, moderne : Les définitions suivantes ont été traduites et adaptées du délivrable D 1.1 du projet Dynaversity (http://dynaversity.eu/project/) dans le cadre d'une tâche du WP3 à laquelle j'ai participé et qui a

donné lieu à un délivrable (http://dynaversity.eu/wp-content/uploads/2019/09/D3.1-Consumer_awareness.pdf).

"Variété" est un terme légal, une variété est enregistrée et strictement définie et testée (critères DHS, pour Distinction, Homogénéité, et Stabilité, et VATE, pour Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale, pour les espèces de grandes cultures). L'obtenteur d'une nouvelle variété détient des droits exclusifs sur celle-ci. Au contraire, les variétés locales manquent d'amélioration formelle, sont définies par leur origine historique et sont génétiquement plus diverses.

Une ***variété moderne*** est créée par des programmes de sélection mis en œuvre dans le système semencier formel par des entreprises principalement orientées vers le marché demandant des variétés couvrant de grands territoires suite à la modernisation agricole, et compatibles avec le cadre législatif actuel. La variété moderne doit satisfaire aux critères DHS (Distinction, Uniformité et Stabilité) pour être inscrite dans le catalogue officiel. L'environnement doit être adapté à ses variétés afin qu'elles expriment leur potentiel agronomique. Elle ne tient pas compte de valeurs culturelles et locales.

Une ***variété-population*** a des origines génétiques diverses et des caractéristiques d'homogénéité variables, elle est développée dans le but d'être spécifiquement adaptée aux terroirs et de favoriser une économie locale. Elle est créee par des méthodes respectant les processus naturels de reproduction et n'est pas soumise au droit de propriété intellectuelle. Elle peut avoir été créée et être multipliée par différents acteurs (agriculteurs, semenciers, chercheurs…).

Une ***variété paysanne*** est cultivée et créée par les agriculteurs au sein de communautés rurales ou dans le cadre de programmes participatifs de sélection végétale. Elle a des origines génétiques diverses et des caractéristiques d'homogénéité variables, elle est développée dans le but d'être spécifiquement adaptée aux terroirs et de favoriser une économie locale. Elle est créée par des méthodes respectant les processus naturels de reproduction et n'est pas soumise au droit de propriété intellectuelle. Sa multiplication est gérée collectivement par les agriculteurs.

Une ***variété patrimoniale*** (heirloom) ou ***variété locale*** (landrace) est une population de plantes d'origine ancienne ou traditionnelle, cultivée et maintenue par de petites entreprises de semences (artisans-semenciers), des jardiniers et des agriculteurs ; elle est adaptée localement et associée aux systèmes d'agriculture traditionnels. Elle a des origines historiques ou régionales, et présente des niveaux variables d'homogénéité ; elle est reproduite par des processus biologiques naturels ; elle est souvent désignée comme une variété à pollinisation libre, c'est-à-dire pollinisée naturellement.

ANNEXES

ANNEXE 1 : LISTE DES ASSOCIATIONS CRÉÉES ENTRE 1997 ET 2018 ET EN COURS D'ACTIVITÉ DONT L'OBJET EST LIÉ À LA CHÂTAIGNE

Nom	Adresse	Ville	Code commune	Date de création
CHATAIGNE DES PYRENEES	Moulin des Baronnies	65130 Sarlabous	65405	1997
FEDERATION RENOVA	1, place du dôme,	09350 Daumazan-sur-Arize	9105	1997
CHATAIGNE-EN-VIE	Valos,	07110 Laboule	07118	1998
LES AMIS DU MOULIN DE TERRAL	mairie	12470 Condom-d'Aubrac	12074	1998
COMITE D'ETUDE INTERPROFESSIONNEL DE LA NOIX DU NOYER ET DU CHATAIGNIER DU QUERCY	84, avenue de Sarlat,	46200 Souillac	46309	1998
ASSOCIATION CIDRE ET CHATAIGNES DE RAZES	mairie,	87640 Razès	87122	1999
ASSOCIATION D'ANIMATION ET DE GESTION DE LA MAISON DE LA CHATAIGNE	mairie	15340 Mourjou	15136	1999
ASSOCIATION POUR LA CREATION D'UNE MAISON DE LA CHATAIGNE A MOURJOU	Mairie	15340 Mourjou	15136	1999
LES CROQUEURS DE POMMES DE L'OUEST LIMOUSIN		87430 Verneuil-sur-Vienne	87201	1999
CASTANEA.ORG	La Filature,	48330 Saint-Etienne-Vallée-Française	48148	2000
DE BOGUE EN CHATAIGNE	mairie,	82250 Laguépie	82088	2002
CONFRERIE DES AMIS DE LA CHATAIGNE	mairie,	04150 Revest-du-Bion	4163	2002
ASSOCIATION DE PROMOTION ET DE VALORISATION DU PAIN ARDECHOIS	maison de la Boulangerie,	07000 Privas	7186	2002
LES CHEMINS DE LA CHATAIGNE	maison de la nature et de l'environnement, 21, rue Soubeyranne,	30100 Alès	30007	2002
COMITE INTERPROFESSIONNEL DE LA CHATAIGNE D'ARDECHE	chambre d'agriculture de l'Ardèche, 4, avenue de l'Europe-Unie,	07000 Privas	7186	2003

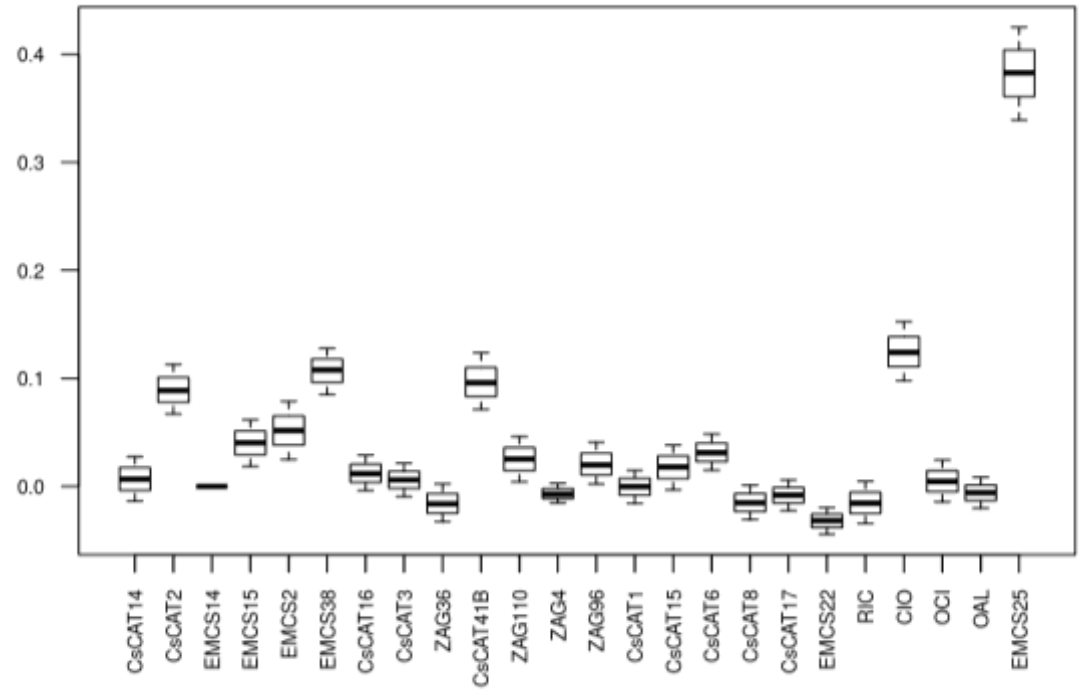
LA MAISON DU CHATAIGNIER	Mairie	20218 Castineta	2B082	2003
ASSOCIATION DES CROQUEURS DE POMMES DE LA CORREZE	Mairie	19700 Saint-Clément	19194	2003
COMITE D'ORGANISATION DE LA FOIRE PRIVEE DEPARTEMENTALE DE LA CHATAIGNE ET DU MARRON	mairie, le bourg	19190 Beynat	19023	2004
FETE DE LA CHATAIGNE ET DU CIDRE	Mairie	22260 Ploëzal	22204	2005
BAMACASTA	Polveroso,	20229 Polveroso	2B243	2005
UNION INTERPROFESSIONNELLE DE LA CHATAIGNE PERIGORD - LIMOUSIN - MIDI-PYRENEES	Z.I. Cana, rue Jules-Boudet,	19100 Brive-la-Gaillarde.	19031	2005
AVEYRON CONSERVATOIRE REGIONAL DU CHATAIGNIER	route de Villefranche,	12390 Rignac	12199	2005
L'ARBRE A PAIN	25, avenue du Général-de-Gaulle	34250 Palavas.	34192	2006
CONFRÉRIE DES CASTANAIRES COLLOBRIÉROIS ET DU PAYS DES MAURES	Maison du châtaignier, boulevard Charles-Caminat	83610 Collobrières.	83043	2007
SITE REMARQUABLE DU GOUT LES CHATAIGNERAIES D'ARDECHE PRIVAS-SAINT PIERREVILLE	3, place du Général de Gaulle, BP 120	07000 Privas	7186	2008
CONFRERIE DES GOURMETS DE LA CHATAIGNE	Mairie	19190 Beynat	19023	2008
LA COUDIERE A FLORENT EN CEVENNES	mas de la Bérie, le Castanet bas,	30110 Branoux-les-Taillades	30051	2008
ARBRES ET PAYSAGES EN CHATAIGNERAIE	chambre d'agriculture, 8, rue de la Gare,	15600 Maurs	15122	2008
VENT DE LA CHATAIGNE	Fontbelle	15220 Marcolès	15117	2009
SOCIATION D'ORGANISATIONS DE PRODUCTEURS NATIONALE CHATAIGNE (A.O.P.)	BAT U MIN, 135, avenue Pierre Sémard,	84000 Avignon	84007	2009
CONFRERIE DU NOUZILLARD DE LAVERNAT	mairie, place de la Mairie	72500 Lavernat	72160	2012
COMITE DES FETES DE SAINT BARTHELEMY	12, résidence des 4 vents	56150 Saint-Barthélemy	56207	2013

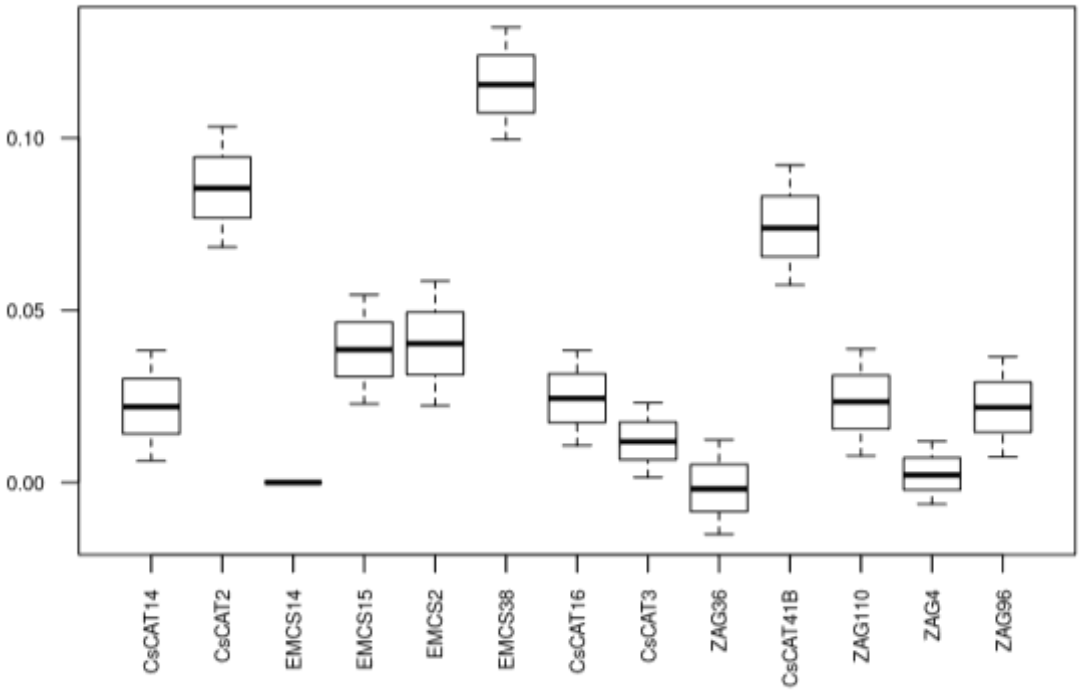
LES COMPAGNONS DE LA CASTAGNE	mairie, place de la mairie	07570 Désaignes	07079	2013
ASSOCIATION DES PROPRIETAIRES FONCIERS ET DE CHATAIGNERS AUX LIEUX DITS COSTA-VIGNA - PEDUA - LARATA - CORGOLA SUR LA COMMUNE D'OTA	Mairie	20150 Ota	2A198	2013
CHÂTAIGNES DES GRÈS	Communauté de Communes Terre de Lumière, avenue du Foulon	04240 Annot	4008	2014
MAISON DU CHÂTAIGNIER DE LA CHÂTAIGNE ET DU CHAMPIGNON.		24550 Villefranche-du-Périgord	24585	2014
ASSOCIATION DE LA CHATAIGNERAIE DU MOULIN DE RAOUL.	mairie, Le Village	07530 Saint-Joseph-des-Bancs	7251	2014
BOGUES ET RUSTINES.	Mairie	07110 Joannas	7109	2014
FETE DE LA CHATAIGNE ET DU CIDRE DOUX	le Sardou	12800 Sauveterre-de-Rouergue	12262	2015
VALLEE DE LA BORNE.	lieu-dit Le Village, ALZONS	48800 Prévenchères	48119	2015
SITE REMARQUABLE DU GOUT: LA CHATAIGNE DU PAYS DE VILLEFRANCHE DU PERIGORD.	rue Notre Dame	24550 Villefranche-du-Périgord	24585	2015
FESTIVAL DE LA CHATAIGNE PUISOTINE	86 grande rue	60540 Puiseux-le-Hauberger	60517	2016
AMICALE DE DETENTE ET DE LOISIRS D'EGUZON (ADLE).	Mairie	36270 Éguzon-Chantôme	36070	2016
GROUPEMENT DES PRODUCTEURS DE FARINE DE CHATAIGNE TRADITIONNELLE	rue Jean Bellini	20133 Carbuccia.	2A062	2016
GROUPEMENT DE DÉFENSE DU CHÂTAIGNIER 65 - GDC 65	Chambre d'Agriculture, 20, place du Foirail,	65000 Tarbes	65440	2016
LA DAOUFINENCA	La Carrière,	30120 Arphy	30015	2016
LA CASTAGNE	gite le Bego	06430 Tende	6163	2017
LE CHÂLOT EN MARCHE.	mairie, le bourg	18370 Saint-Priest-la-Marche	18232	2017
L'ATELIER DES PAYSANS DU RANCE	lieu-dit St Maurice d'Orient,	12380 Laval-Roquecezière.	12125	2018

ANNEXE 2: ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL (ESM)

ESM_1 BOXPLOTS OF NULL ALLELES ACCORDING TO BROOKFIELD'S FORMULA

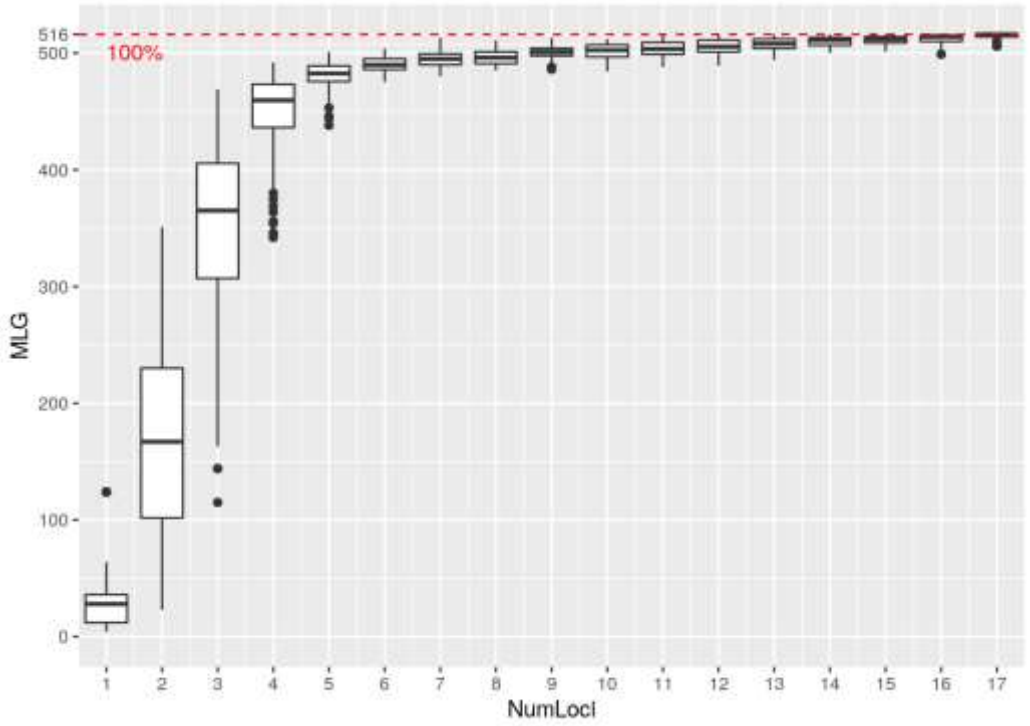
Any locus with a null allele frequency above a threshold of 10% was discarded: EMCs38, CIO and EMCs25 from the data set with 24 SSRs (first plot); EMCs38 from the data set with 13 SSRs (second plot).

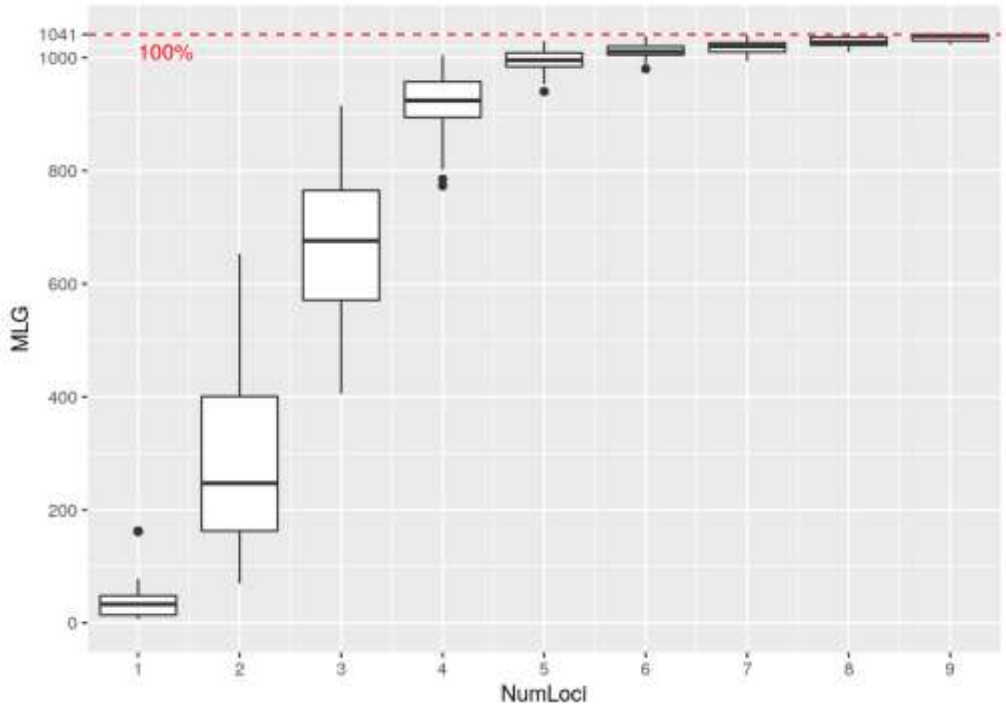




ESM_2 Plots of genotype accumulation curves for the 18Unik and 10Unik data sets

Genotype accumulation curves are useful for determining the minimum number of loci necessary to discriminate between individuals in a population. This was performed by randomly sampling loci without replacement and counting the number of multilocus genotypes (MLGs).





ESM_3 GENETIC DIVERSITY PARAMETERS PER LOCUS FOR THE UNIK DATA SETS (WITHOUT MLGS)

ESM_3A Genetic diversity parameters per locus for the 18Unik data set

Locus	Range (pb)	Na	Ho	He	Fst	Fstp	Fis	Dest
CsCAT14	134-161	5	0.65	0.69	0.083	0.088	-0.002	0.17
CsCAT2	194-234	19	0.69	0.85	0.152	0.161	0.152	0.476
EMCs15	80-88	4	0.67	0.71	0.025	0.027	-0.427	0.064
CsCAT16	128-158	10	0.73	0.75	0.058	0.062	-0.06	0.145
CsCAT3	188-278	31	0.83	0.85	0.064	0.068	-0.029	0.317
QpZAG36	207-219	5	0.72	0.72	0.091	0.097	-0.126	0.180
CsCAT41B	210-233	11	0.58	0.77	0.158	0.167	-0.224	0.340
QpZAG110	204-234	11	0.69	0.71	0.064	0.068	-0.03	0.136
QrZAG4	109-113	2	0.18	0.17	0.159	0.167	-0.275	0.043
QrZAG96	144-165	7	0.67	0.73	0.123	0.13	-0.008	0.296
CsCAT1	177-223	11	0.7	0.7	0.092	0.097	-0.131	0.196
CsCAT15	123-156	10	0.72	0.74	0.061	0.065	-0.107	0.145
CsCAT6	157-200	16	0.79	0.86	0.125	0.132	-0.106	0.469
CsCAT8	187-212	9	0.81	0.82	0.046	0.049	-0.072	0.169
CsCAT17	131-160	10	0.81	0.82	0.091	0.096	-0.103	0.288
RIC	119-127	4	0.67	0.67	0.063	0.067	-0.123	0.120
OCI	144-158	5	0.69	0.7	0.114	0.120	-0.061	0.231
OAL	297-332	9	0.52	0.54	0.107	0.114	-0.097	0.109
Mean	-	9.94	0.673	0.711	0.093	0.099	-0.102	0.216

ESM_3B Genetic diversity parameters per locus for the 10Unik data set

Locus	Range(pb)	Na	Ho	He	Fst	Fstp	Fis	Dest
CsCAT14	134-161	6	0.62	0.67	0.084	0.088	-0.038	0.163
CsCAT2	194-240	20	0.7	0.84	0.14	0.147	0.139	0.476
EMCs15	80-88	4	0.66	0.72	0.026	0.027	-0.431	0.065
EMCs2	158-163	3	0.6	0.66	0.145	0.153	0.006	0.225
CsCAT16	128-158	10	0.72	0.77	0.080	0.085	-0.008	0.19
CsCAT3	188-278	33	0.82	0.85	0.057	0.061	-0.009	0.282
QpZAG36	207-219	5	0.68	0.7	0.08	0.084	-0.115	0.161
CsCAT41B	210-237	13	0.61	0.74	0.137	0.144	0.169	0.316
QpZAG110	204-234	11	0.67	0.7	0.072	0.076	-0.007	0.153
QrZAG96	144-165	7	0.67	0.72	0.08	0.085	-0.02	0.201
Mean	-	11,2	0.675	0.737	0.09	0.095	-0.031	0.223

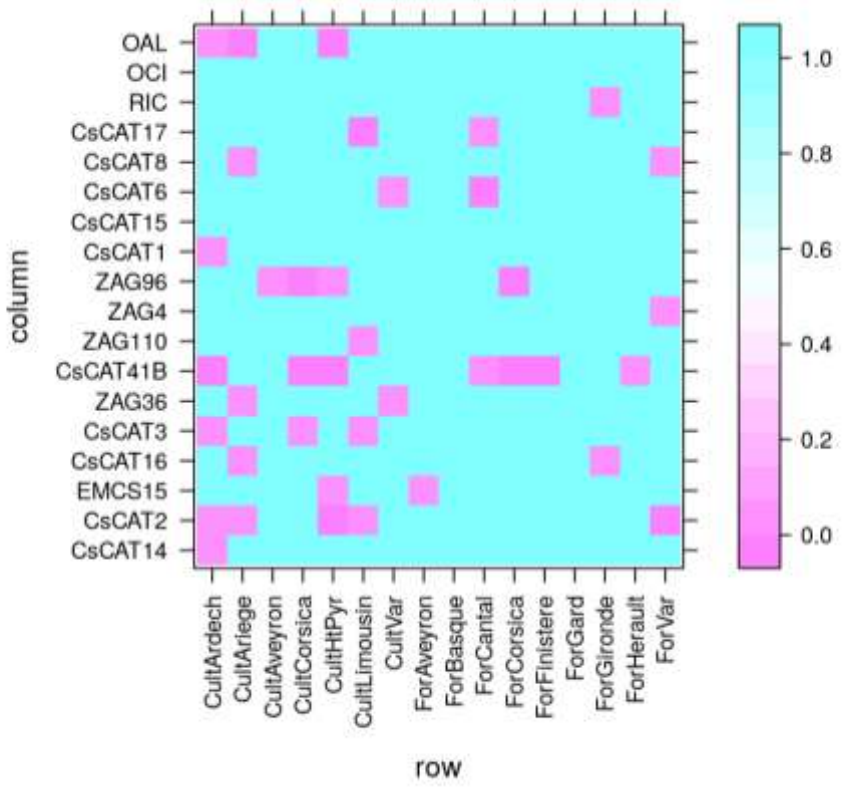
ESM_4 Tests for Hardy-Weinberg equilibrium (HWE) on the 18Unik and 10Unik data sets

In order to test the HWE per sampling region, we first separated the sampling regions with the function `seppop()` from package adegenet, focusing on the analytical *p* values by setting `B = 0`. We then created a matrix that only contains *p* values, with sampling regions in columns and loci in rows. From this matrix we created the figures below which are heatmap showing significant departure from HWE. Note, that all loci shown in pink are loci suspected of not being in HWE with $p \leq 0.05$.

ESM_4A Tests for HWE over all sampling regions (18Unik)

Locus	chi^2	Df	Pr(chi^2>)	Pr.exact
CsCAT14	36.14	10	0.000	0
CsCAT2	925.289	171	0.000	0
EMCS15	13.682	6	0.033	0.027
CsCAT16	110.958	45	0.000	0
CsCAT3	375.864	465	0.999	0.022
QpZAG36	28.894	10	0.001	0
CsCAT41B	717.913	55	0.000	0
QpZAG110	47.17	55	0.765	0.176
QrZAG4	0.554	1	0.457	0.597
QrZAG96	72.068	21	0.000	0
CsCAT1	125.739	55	0.000	0.102
CsCAT15	52.317	45	0.211	0.003
CsCAT6	467.523	120	0.000	0
CsCAT8	393.228	36	0.000	0
CsCAT17	97.665	45	0.000	0
RIC	3.585	6	0.733	0.653
OCI	24.222	10	0.007	0.007
OAL	59.518	36	0.008	0.011

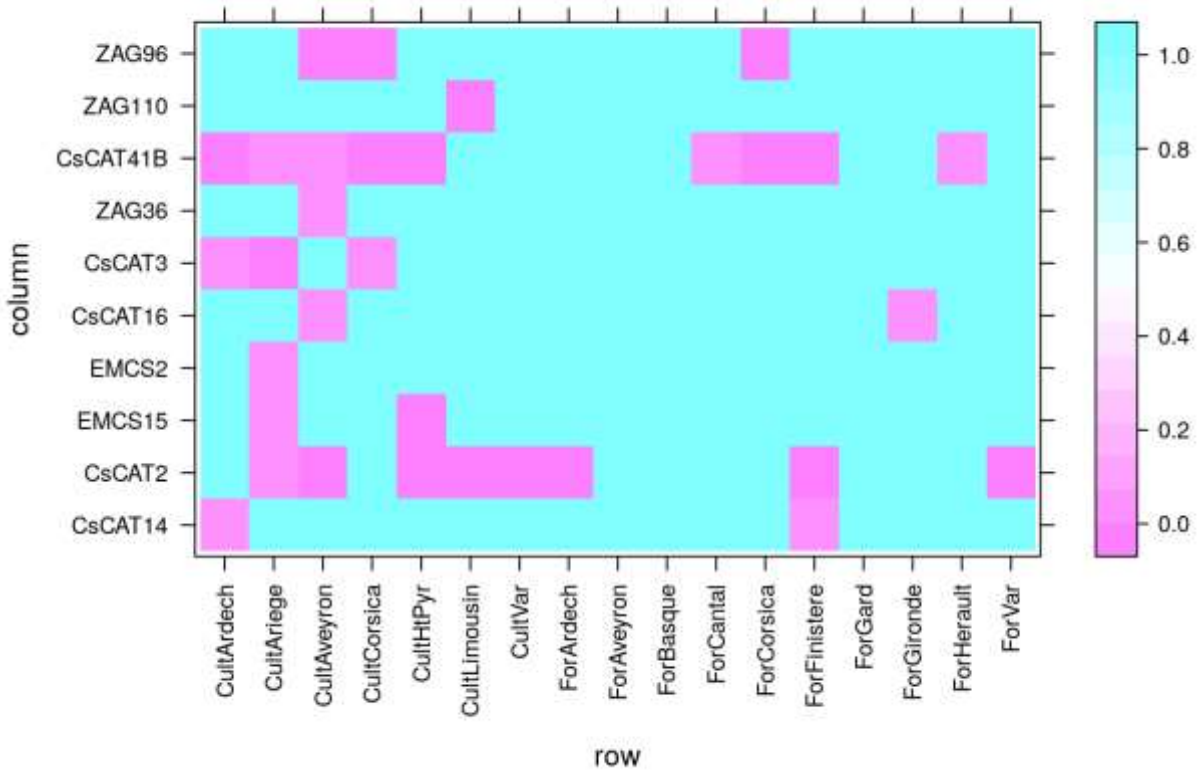
ESM_4B Heatmap of analytical p values from HWE tests per sampling region (18Unik)



ESM_4C Tests for HWE over all sampling regions (10Unik)

Locus	chi^2	df	Pr(chi^2>)	Pr.exact
CsCAT14	60.4	15	0.000	0.000
CsCAT2	1716.4	190	0.000	0.000
EMCS15	31.7	6	0.000	0.000
EMCS2	25.1	3	0.000	0.000
CsCAT16	183.4	45	0.000	0.000
CsCAT3	544.1	528	0.305	0.003
QpZAG36	47.4	10	0.000	0.000
CsCAT41B	2044.5	78	0.000	0.000
QpZAG110	67.2	55	0.125	0.009
QrZAG96	107.0	21	0.000	0.000

ESM_4D Heatmap of analytical p values from HWE tests per sampling region (10Unik)



ESM_5 Genetic diversity parameters per chestnut sampling region genotyped at 10 SSRs without MLGs (10Unik data set)

N: number of unique individuals genotyped per sampling region; Na: number of alleles; Ne: mean number of effective alleles; Ho: observed heterozygosity; He: expected heterozygosity; H: Shannon-Weiner diversity index; Ia: index of association; rbarD: standardized index of association; Fis: inbreeding coefficient, with 95% confidence interval (CI). Stars indicate significant *p* values at the 0.001 threshold. The "Total" row contains the sum for N, the total for Na and H, and the mean for the other indices. In bold are extrema (for Fis, CI excluding 0).

Sampling Regions	N	Na	Ne	Ho	He	H	Ia	rbarD	Fis
CultArdech	47	63	3.11	0.696	0.671	3.85	0.495*	0.055*	-0.080 [-0.191;0.032]
CultAriege	64	68	3.37	0.627	0.698	4.16	0.274*	0.031*	0.055 [-0.055;0.148]
CultAveyron	70	67	3.17	0.7	0.68	4.25	0.397*	0.044*	-0.061 [-0.163;0.016]
CultCorsica	38	62	3.41	0.684	0.697	3.64	0.285	0.032	-0.013 [-0.136;0.116]
CultHtPyr	42	62	3.14	0.618	0.673	3.74	0.445*	0.05*	-0.041 [-0.064;0.175]
CultLimousin	59	65	3.30	0.725	0.691	4.08	0.535*	0.06*	-0.067 [-0.171;0.012]
CultVar	13	39	2.22	0.598	0.529	2.56	2.851*	0.333*	-0.137 [-0.302;0.069]
ForArdech	86	65	3.20	0.642	0.683	4.45	0.217*	0.024*	0.015 [-0.086;0.103]
ForAveyron	140	58	2.75	0.633	0.635	4.94	0.237*	0.026*	-0.034 [-0.136;0.024]
ForBasque	24	44	2.42	0.614	0.575	3.18	0.415*	0.046*	-0.072 [-0.174;0.005]
ForCantal	22	47	2.54	0.636	0.593	3.09	0.272	0.030	-0.089 [-0.186 ;0.027]
ForCorsica	116	69	3.45	0.680	0.707	4.75	0.185*	0.021*	-0.005 [-0.112 ;0.111]
ForFinistere	248	87	3.68	0.719	0.727	5.51	0.083*	0.009*	-0.034 [-0.107;0.033]
ForGard	30	56	2.90	0.740	0.645	3.40	0.251	0.028	-0.161 [-0.260 ;-0.079]
ForGironde	5	41	3.60	0.580	0.650	1.61	1.043	0.124	0.205 [-0.022;0.386]
ForHerault	16	49	3.20	0.719	0.666	2.77	0.286	0.032	-0.081 [-0.193 ;0.141]
ForVar	30	47	2.40	0.587	0.574	3.40	0.189	0.022	-0.07 [-0.228;0.190]
Total	1050	112	3.81	0.659	0.653	6.94	0.168*	0.019*	0.035

ESM_6 Hierarchical AMOVA and F-statistics

ESM_6A Hierarchical AMOVA and F-statistics for 17 French sampling regions genotyped at 10 SSRs without MLGs (10Unik data set)

df: degrees of freedom, Alter: alternative hypothesis, 95% confidence intervals,*** p value ≤ 0.001.

Source of variation	df	Variance component	% of variation	p value	Alter	F statistic
Among chestnut type	1	-0.078	-1.23	0.831	greater	Fct -0.007 [-0.011 ; -0.002]
Among sampling regions within chestnut types	15	0.799	12.58	0.001***	greater	Fst 0.083 [0.07 ; 0.0.95]
Within sampling regions	1033	5.629	88.64	0.001***	less	Fis 0.015 [-0.009 ; 0.046]
Total	1049	6.351	100.00			Fit 0.09 [-0.06 ; 0.125]

ESM_6B Hierarchical AMOVA and F-statistics for six genetic clusters genotyped at 10 SSRs without MLGs (10Unik data set)

df: degrees of freedom, Alter: alternative hypothesis, 95% confidence intervals,*** p value ≤ 0.001

Source of variation	df	Variance component	% of variation	p value	Alter	F statistic
Among Clusters	5	0.729	11.3	0.001***	greater	Fst 0.078 [0.064 ; 0.091]
Within Clusters	1044	5.709	88.7			Fis 0.022 [-0.005 ; 0.055]
Total	1049	6.438	100.00			Fit 0.098 [0.063 ; 0.136]

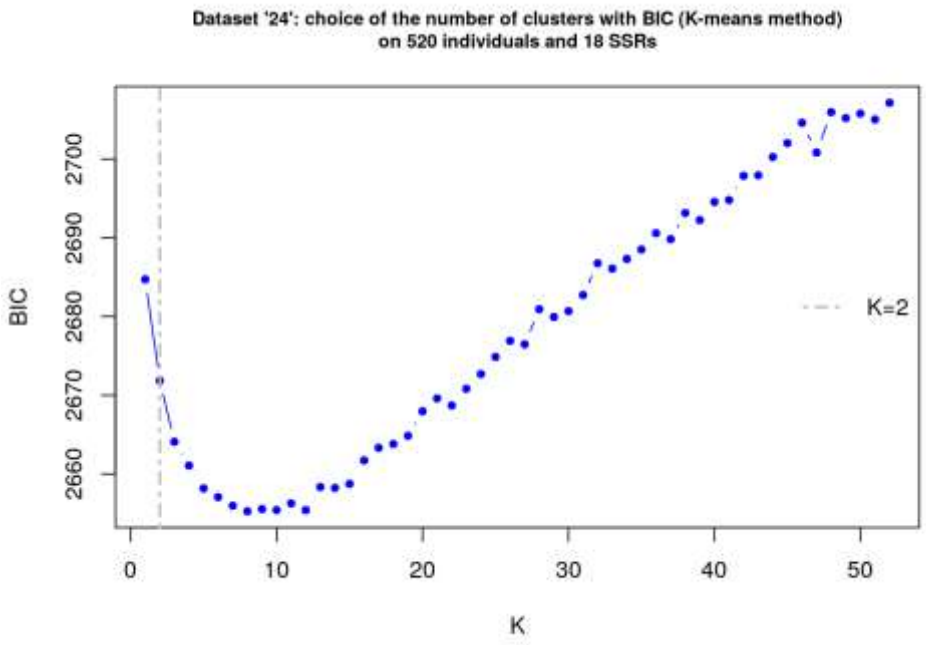
ESM_6C Hierarchical AMOVA and F-statistics for six genetic clusters genotyped of strongly assigned individuals (ql≥ 80%) at 10 SSRs without MLGs (10Unik data set)

df: degrees of freedom, Alter: alternative hypothesis, 95% confidence intervals,*** p value ≤ 0.001

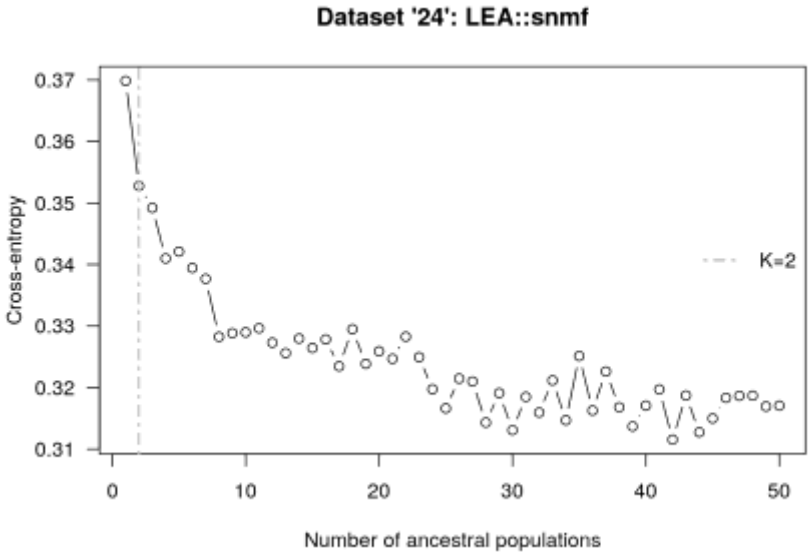
Source of variation	df	Variance component	% of variation	p value	Alter	F statistic
Among Clusters	5	1.21	18.1	0.001***	greater	Fst 0.125 [0.104 ; 0.144]
Within Clusters	558	5.46	81.9			Fis 0.002 [-0.03 ; 0.042]
Total	563	6.67	100.00			Fit 0.126 [0.085 ; 0.173]

ESM_7A 18UNIK data set

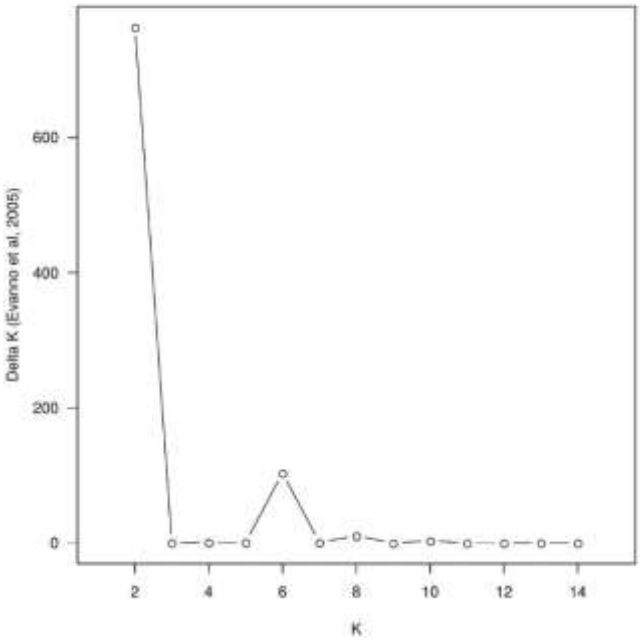
BIC of the 18Unik data set



Cross-entropy criterion of the 18Unik data set

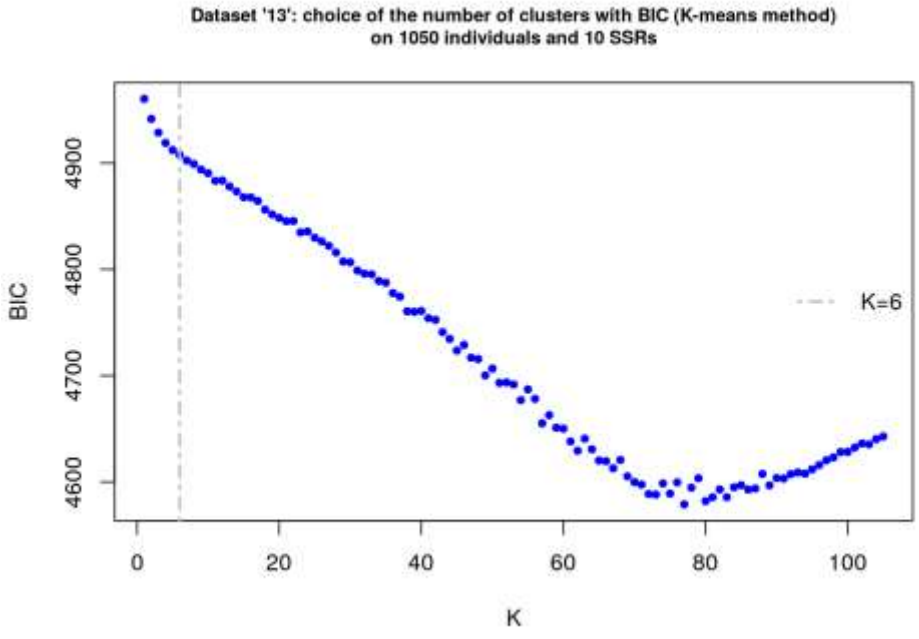


DeltaK of the 18Unik data set

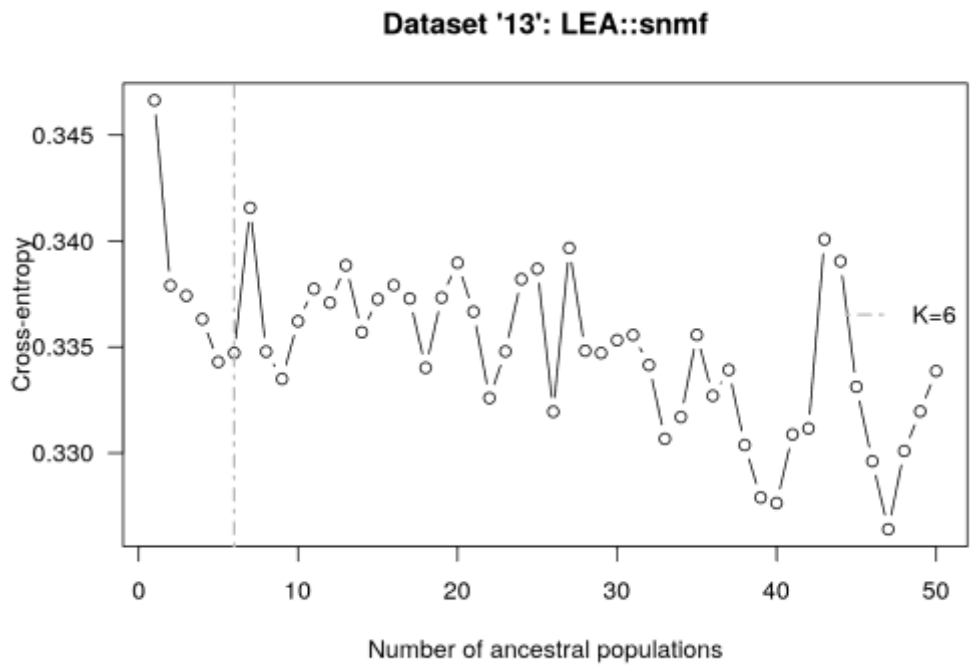


ESM_7B 10Unik data set

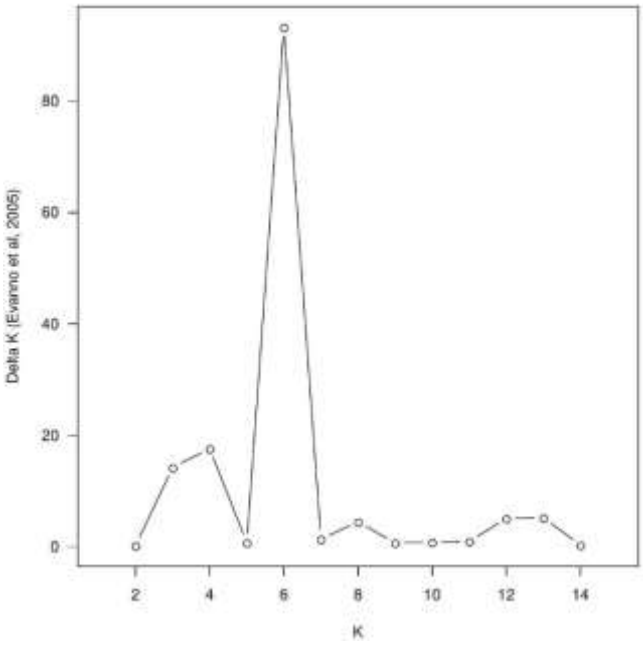
BIC of the 10Unik data set



Cross-entropy criterion of the 10Unik data set

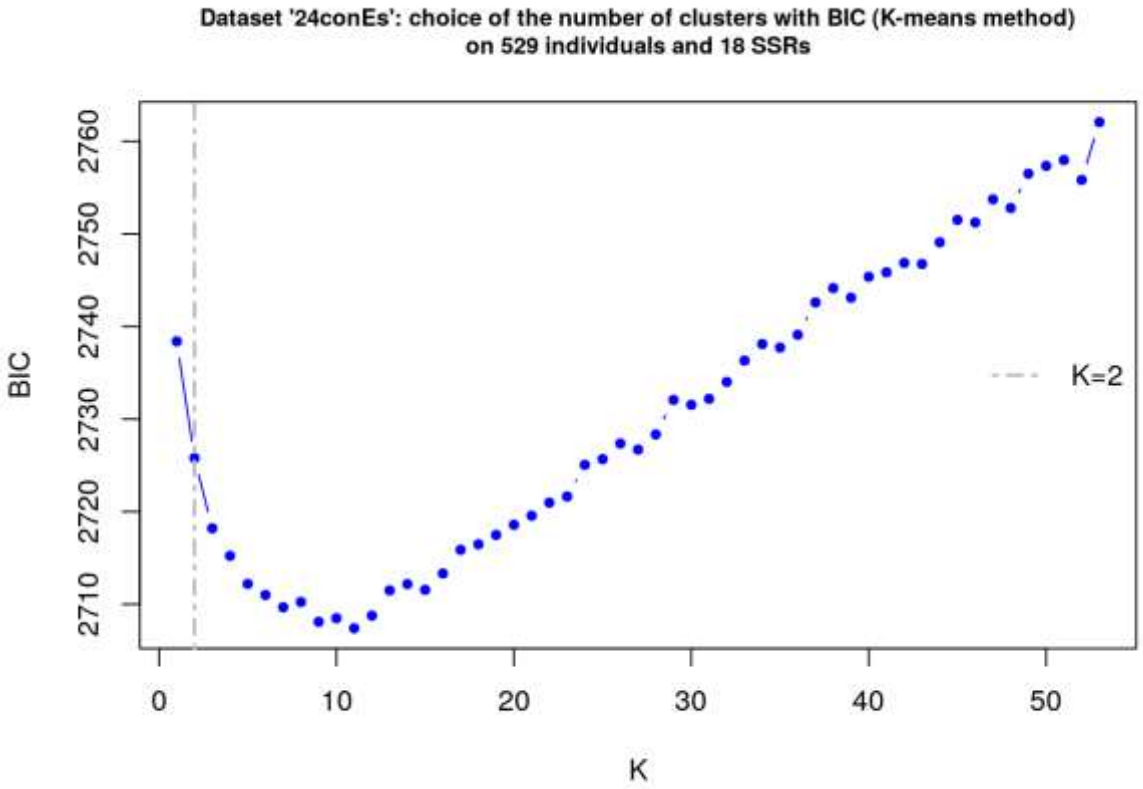


DeltaK of the 10Unik data set

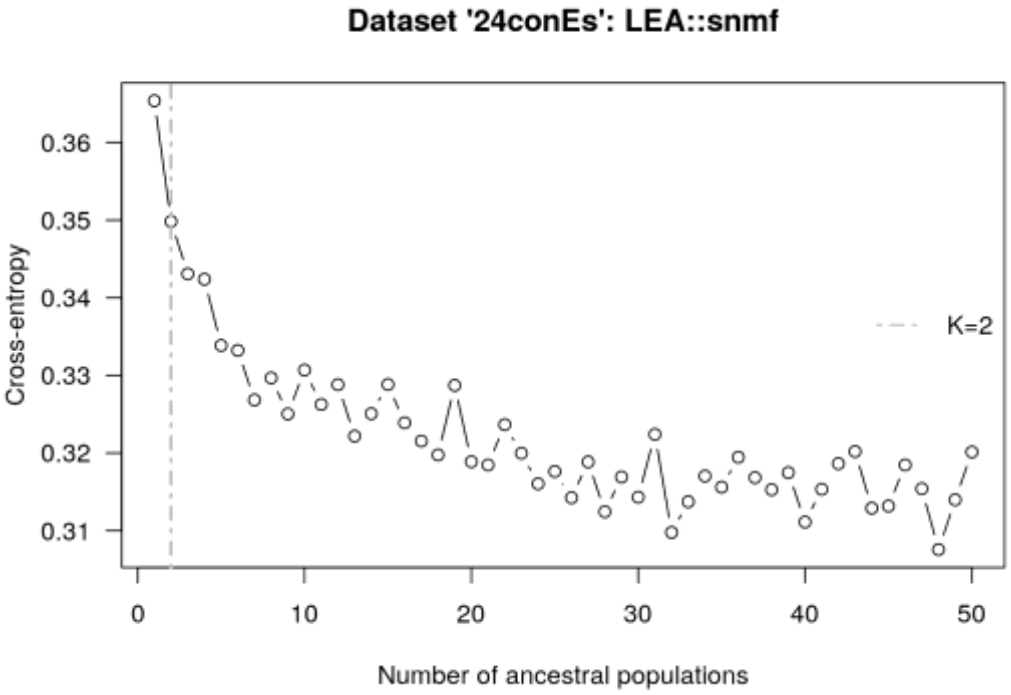


ESM_7C 18Unik data set with spanish samples

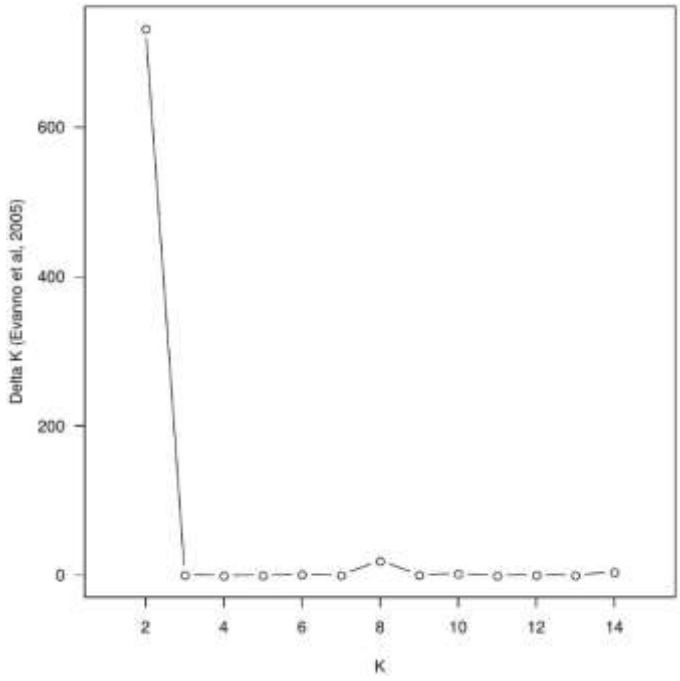
BIC of the 18Unik data set with spanish samples



Cross-entropy criterion of the 18Unik data set with spanish samples

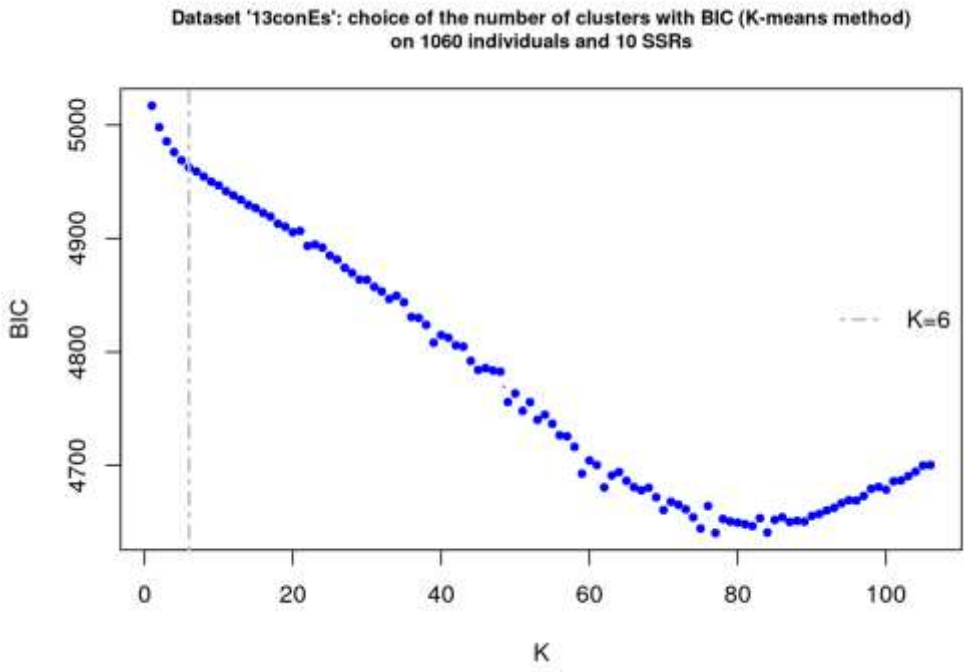


DeltaK of the 18Unik data set with spanish samples

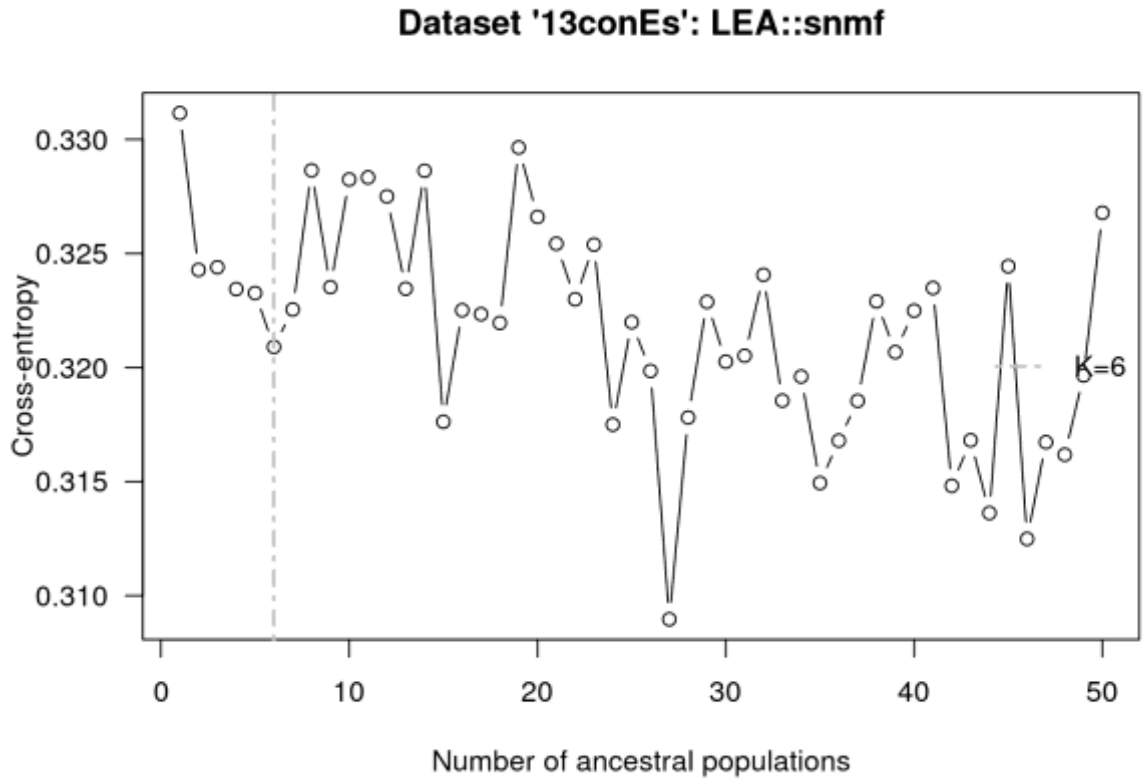


ESM_7D 10Unik data set with spanish samples

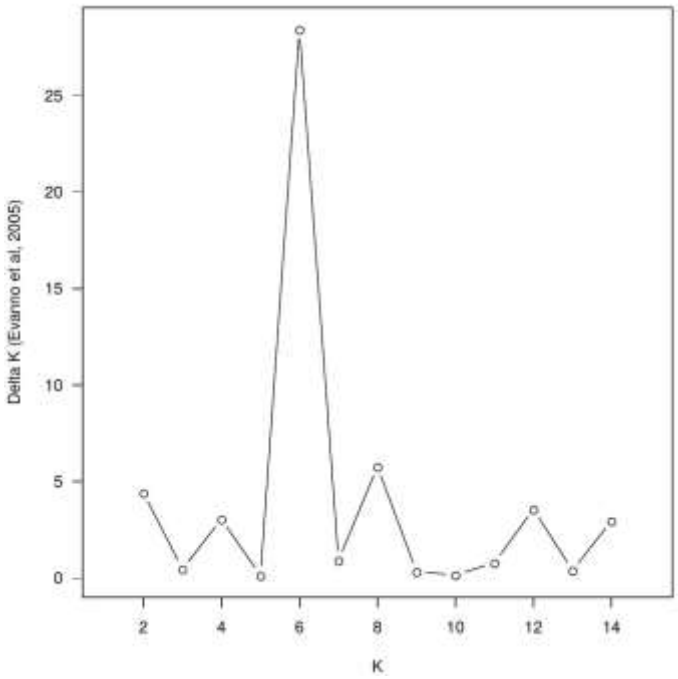
BIC of of the 10Unik data set with Spanish samples



Cross-entropy criterion of the 10Unik data set with Spanish samples



DeltaK of the 10Unik data set with Spanish samples



ESM_8 Classification of European chestnut genotypes in reconstructed panmictic populations

ESM_8A Classification of 529 European chestnut genotypes, in reconstructed panmictic populations (RPPs) when K=2, based on 18Unik data set with spanish samples.

In green, French genotypes admixed (RPP1). In orange, genotypes from south-east of France (RPP2). Spanish genotypes are allocated in both RPPs.

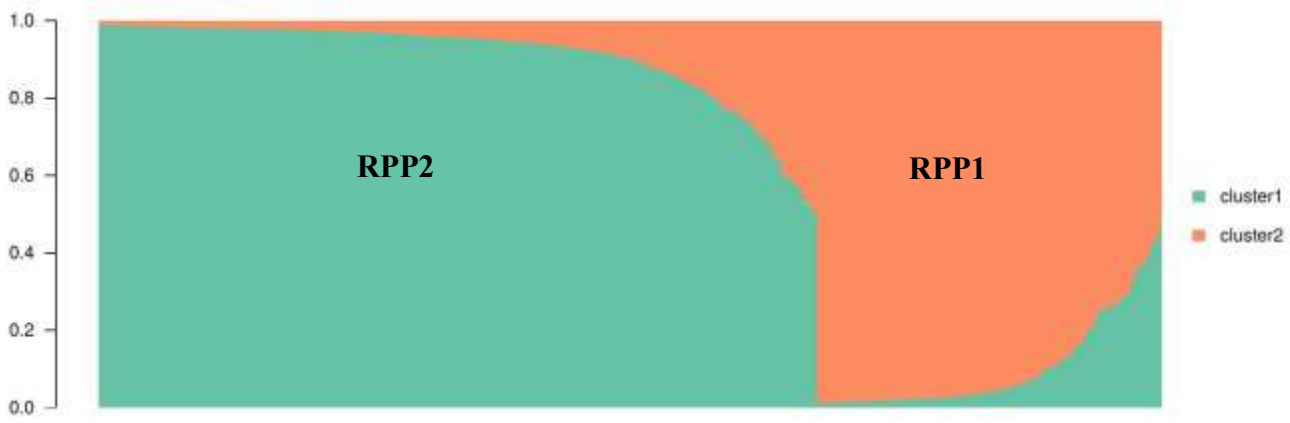


Table of assignments of sampling regions in reconstructed panmictic populations (RPPs)

Sampling Region	RPP1 (qI≥50%)	RPP2 (qI≥50%)	Sum RPP1+RPP2	Admixed (qI≤80%)
CultArdech	30	19	49	28
CultAriege	1	34	35	9
CultAveyron		24	24	2
CultCorsica	32	6	38	16
CultHtPyr		25	25	5
CultLimousin		44	44	
CultSpain	6	3	9	8
CultVar	4		4	
ForAveyron		29	29	1
ForBasque		1	1	
ForCantal		22	22	1
ForCorsica	70	1	71	8
ForFinistere	1	96	97	4
ForGard	1	29	30	
ForGironde		5	5	3
ForHerault	4	12	16	11
ForVar	30		30	
Sum	179	350	529	96

Table of posterior probabilities of assignment of Spanish samples in reconstructed panmictic populations (RPPs)

Samples	Name	Cluster1 |RPP2	Cluster 2| RPP1
ref002	**Chamberga1**	0.684	0.316
ref003	**Negral**	0.711	0.289
ref004	**Pais**	**0.849**	0.151
ref005	**Parede**	0.31	0.69
ref006	**Porteliña**	0.372	0.628
ref007	**Puga**	0.727	0.273
ref008	**Raigona1**	0.664	0.336
ref009	**Rapada**	0.601	0.399
ref010	**Serodia**	0.366	0.634

Tables of pairwise Fst between RPPs using all individuals and strongly assigned individuals (ql≥ 80%)

RPPs	RPP1
RPP2	0.065 [0.049 ; 0.08]

RPPs (ql≥ 80%)	RPP1
RPP2	0.089 [0.069 ; 0.11]

ESM_8B Classification of 1050 European chestnut genotypes. in reconstructed panmictic populations (RPPs) when K=2 and K=6

K=2

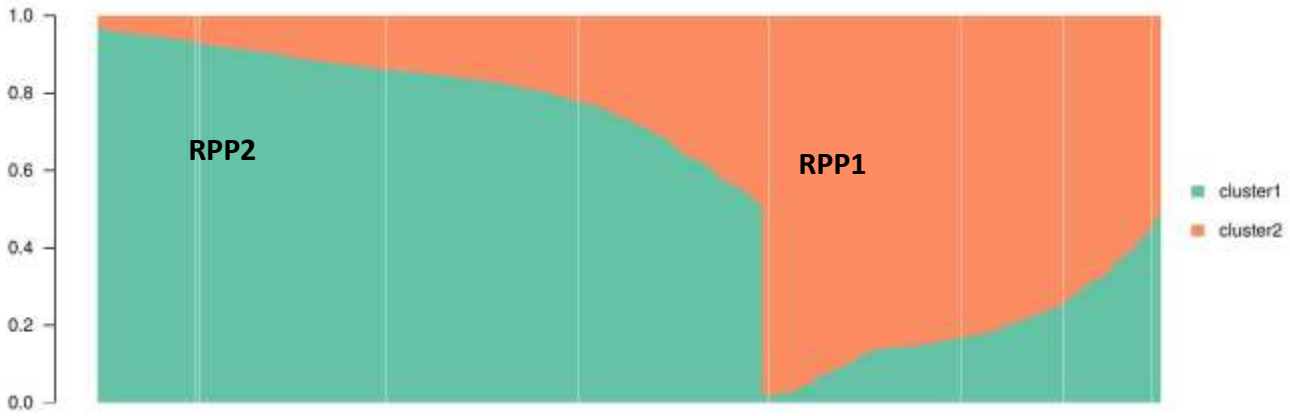


Table of assignments of sampling regions in reconstructed panmictic populations (RPPs) when K=2

Sampling Regions	RPP2 (qI≥50%)	RPP1 (qI≥50%)	Sum RPP1+RPP2	Admixed (qI≤80%)
CultArdech	6	41	47	20
CultAriege	41	23	64	41
CultAveyron	51	19	70	31
CultCorsica	1	37	38	14
CultHtPyr	29	13	42	24
CultLimousin	59		59	5
CultVar	1	12	13	1
ForArdech	40	46	86	53
ForAveyron	135	5	140	29
ForBasque	22	2	24	13
ForCantal	22		22	2
ForCorsica	1	115	116	22
ForFinistere	232	16	248	69
ForGard	10	20	30	22
ForGironde	1	4	5	4
ForHerault	5	11	16	10
ForVar		30	30	
Sum	656	394	1050	360

Tables of pairwise Fst between RPPs using all individuals and strongly assigned individuals (ql≥ 80%)

RPPs	RPP1
RPP2	0.005 [0.029 ; 0.073]

RPPs (ql≥ 80%)	RPP1
RPP2	0.088 [0.054 ; 0.123]

K=6

- In green. main genotypes are from Corsica (Cluster 1, RPP1b).
- In orange. main genotypes are from many sampling regions (Cluster 2, RPP2c)
- In blue. main genotypes are from Var and Ardech (Cluster 3, RPP1a).
- In pink. main genotypes are from West of France (Cluster 4, RPP2a).
- In clear green. genotypes from Aveyron (Cluster 5, RPP2b)
- In yellow. main genotypes are from Pyrenees (Cluster 6, RPP2d)

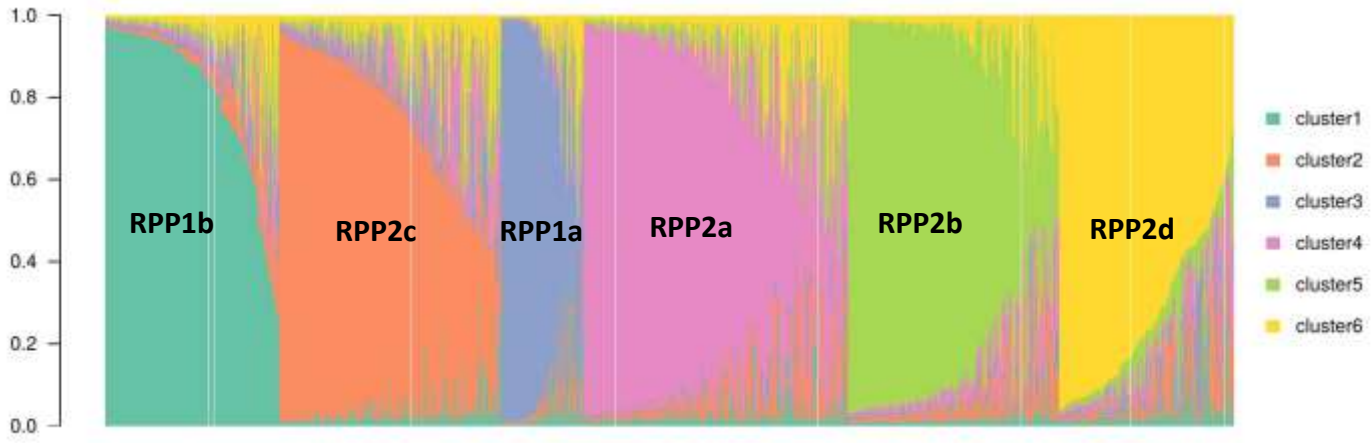


Table of assignement of sampling regions in reconstructed panmictic populations (RPPs) when K=6

Sampling Regions	RPP1b | Cluster 1	RPP2c | Cluster 2	RPP1a| Cluster 3	RPP2a | Cluster 4	RPP2b| Cluster 5	RPP2d | Cluster 6	Sum	Admixed (qI≤80%)
CultArdech	2	15	22	1	3	4	47	41
CultAriege	3	4	2	1	6	48	64	35
CultAveyron		19	5	14	24	8	70	49
CultCorsica	34	1				3	38	23
CultHtPyr		3		1	1	37	42	17
CultLimousin		3		43	4	9	59	27
CultVar			12	1			13	2
ForArdech	2	75	4	4	1		86	34
ForAveyron		11		2	123	4	140	43
ForBasque	2	2		1		19	24	12
ForCantal		1		1	17	3	22	12
ForCorsica	110	4			1	1	116	26
ForFinistere	6	39	3	173	13	14	248	138
ForGard		26		1	3		30	11
ForGironde	2			1		2	5	3
ForHerault	1	2		2		11	16	9
ForVar		1	29				30	4
Sum	162	206	77	246	196	163	1050	486

Tables of pairwise Fst between RPPs using all individuals and strongly assigned individuals (ql≥ 80%)

RPPs	RPP2c | cluster2	RPP1a | cluster3	RPP2a | cluster4	RPP2b | cluster5	RPP2d | cluster6
RPP1b | cluster1	0.062 [0.045;0.081]	0.124 [0.071;0.193]	0.077 [0.049;0.114]	0.107 [0.082;0.13]	
RPP2c | cluster2		0.103 [0.071;0.137]	0.059 [0.035;0.085]	0.075 [0.047;0.106]	0.053 [0.031;0.081]
RPP1a | cluster3			0.153 [0.122;0.187]	0.165 [0.110;0.214]	0.142 [0.108;0.177]
RPP2a | cluster4				0.058 [0.033;0.082]	0.037 [0.022;0.052]
RPP2b | cluster5					0.047 [0.026;0.070]

RPPs (ql≥ 80%)	RPP2c | cluster2	RPP1a | cluster3	RPP2a | cluster4	RPP2b | cluster5	RPP2d | cluster6
RPP1b | cluster1	0.099 [0.073;0.129]	0.198 [0.115;0.286]	0.101 [0.066;0.143]	0.156 [0.116;0.192]	0.122 [0.082;0.162]
RPP2c | cluster2		0.158 [0.105;0.207]	0.096 [0.060;0.131]	0.117 [0.074;0.164]	0.097 [0.061;0.136]
RPP1a | cluster3			0.231 [0.18;0.286]	0.245 [0.163;0.316]	0.229 [0.177;0.282]
RPP2a | cluster4				0.088 [0.050;0.123]	0.073 [0.048;0.095]
RPP2b | cluster5					0.079 [0.045;0.117]

ESM_8C Classification of 1060 European chestnut genotypes. in reconstructed panmictic populations (RPPs) when K=2 and K=6 with Spanish samples

K=2

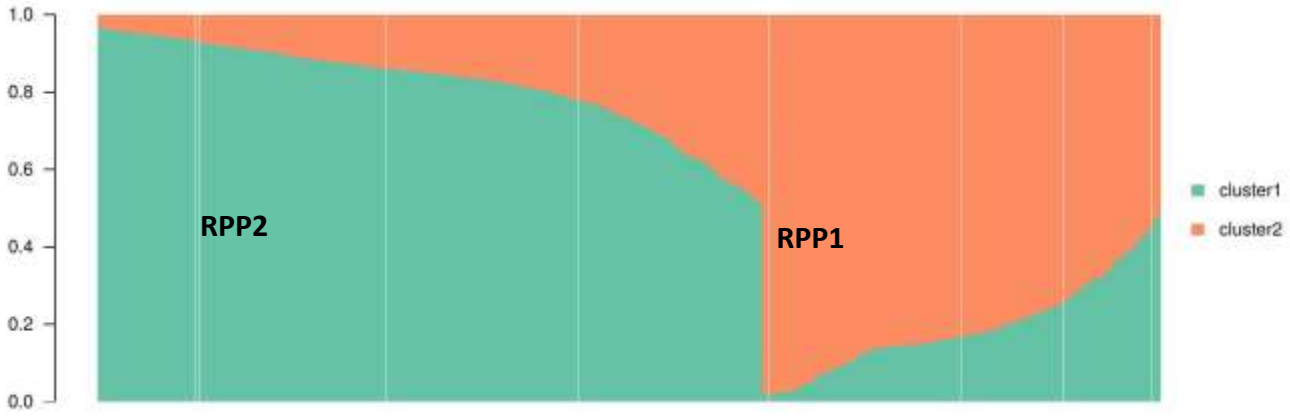


Table of assignments of sampling regions in reconstructed panmictic populations (RPPs) when K=2

Sampling Regions	cluster1 |RPP2	cluster2 | RPP1	Sum	Admixed (ql≤80%)
CultArdech	6	41	47	20
CultAriege	42	22	64	42
CultAveyron	51	19	70	31
CultCorsica	1	37	38	14
CultHtPyr	30	12	42	26
CultLimousin	59		59	5
CultVar	1	12	13	1
CultSpain	3	7	10	5
ForArdech	39	47	86	54
ForAveyron	134	6	140	25
ForBasque	20	4	24	15
ForCantal	22		22	3
ForCorsica	1	115	116	19
ForFinistere	230	18	248	73
ForGard	10	20	30	23
ForGironde	1	4	5	4
ForHerault	5	11	16	10
ForVar		30	30	
Sum	655	405	1060	370

Tables of pairwise Fst between RPPs using all individuals and strongly assigned individuals (ql ≥ 80%)

RPPs	RPP1
RPP2	0.005 [0.029 ; 0.072]

RPPs strongly assigned	RPP1
RPP2	0.089 [0.054 ; 0.124]

Table of posterior probabilities of assignment of Spanish samples

Samples	**Name**	**Cluster1 | RPP2**	**Cluster2 | RPP1**
ref001	**Luguesa**	0.058	**0.942**
ref002	**Chamberga1**	0.6703	0.3297
ref003	**Negral**	0.4955	0.5045
ref004	**Pais**	0.1407	**0.8593**
ref005	**Parede**	**0.8618**	0.1382
ref006	**Porteliña**	0.4929	0.5071
ref007	**Puga**	0.1974	**0.8026**
ref008	**Raigona1**	0.1474	**0.8526**
ref009	**Rapada**	0.2068	0.7932
ref010	**Serodia**	0.6479	0.3521

K=6

- In green. main genotypes are from many sampling regions (Cluster 1, RPP2c).
- In orange. main genotypes are from Var and Ardech (Cluster 2, RPP1a)
- In blue. main genotypes are from Aveyron (Cluster 3, RPP2b).
- In pink. main genotypes are from north west of France (Cluster 4, RPP2a).
- In clear green. genotypes from Corsica (Cluster 5, RPP1b)
- In yellow. main genotypes are from Pyrenees (Cluster 6, RPP2d)

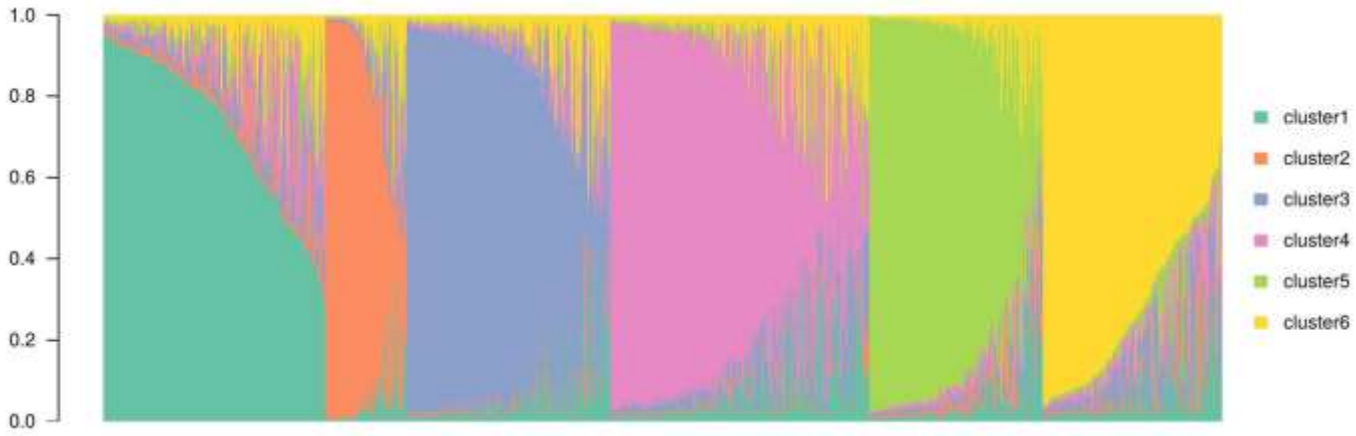


Table of assignement of sampling regions in reconstructed panmictic populations (RPPs)

Sampling Regions	RPP2c | Cluster 1	RPP1a | Cluster 2	RPP2b| Cluster 3	RPP2a | Cluster 4	RPP1b| Cluster 5	RPP2d | Cluster 6	Sum	Admixed (qI≤80%)
CultArdech	15	22	3	1	2	4	47	41
CultAriege	4	2	6	1	3	48	64	36
CultAveyron	19	5	21	18		7	70	49
CultCorsica	1				34	3	38	24
CultHtPyr	3		1	1		37	42	18
CultLimousin	4		4	42		9	59	27
CultVar		12		1			13	2
CultSpain	1			4	2	3	10	9
ForArdech	77	4	1	2	2		86	33
ForAveyron	11		123	2		4	140	43
ForBasque	2			1	2	19	24	12
ForCantal	1		17	1		3	22	11
ForCorsica	4		1		110	1	116	26
ForFinistere	39	3	13	168	6	19	248	140
ForGard	26		3	1			30	11
ForGironde				1	2	2	5	4
ForHerault	2			2	1	11	16	9
ForVar	1	29					30	4
Sum	210	77	193	246	164	170	1060	499

Tables of pairwise Fst between RPPs using all individuals and strongly assigned individuals (ql ≥ 80%)

RPPs	cluster2	cluster3	cluster4	cluster5	cluster6
cluster1	0.103 [0.072;0.135]	0.075 [0.049;0.104]	0.060 [0.036;0.085]	0.061 [0.045;0.079]	0.050[0.030;0.076]
cluster2		0.166 [0.110;0.214]	0.153 [0.121;0.185]	0.123 [0.072;0.19]	0.140 [0.105;0.172]
cluster3			0.059 [0.035;0.085]	0.107 [0.082;0.13]	0.048 [0.027;0.072]
cluster4				0.077 [0.048;0.112]	0.037 [0.023;0.053]
cluster5					0.071 [0.046;0.096]

RPPs (ql≥ 80%)	cluster2	cluster3	cluster4	cluster5	cluster6
cluster1	0.157 [0.104;0.207]	0.118 [0.076;0.162]	0.097 [0.06;0.135]	0.100 [0.075;0.128]	0.096 [0.063;0.135]
cluster2		0.245 [0.163;0.316]	0.232 [0.181;0.286]	0.199 [0.119;0.287]	0.231 [0.181;0.281]
cluster3			0.088 [0.053;0.123]	0.157 [0.116;0.194]	0.082 [0.045;0.120]
cluster4				0.101 [0.066;0.143]	0.071 [0.047;0.093]
cluster5					0.121 [0.080;0.161]

Table of posterior probabilities of assignment of Spanish samples

Samples	Name	Cluster1	Cluster2	Cluster3	Cluster4	Cluster5	Cluster6
ref001	**Luguesa**	0.3809	0.2989	0.007	0.007	0.275	0.0312
ref002	**Chamberga1**	0.0223	0.0052	0.0101	0.0414	0.036	**0.8849**
ref003	**Negral**	0.0216	0.0103	0.0192	0.4945	0.4108	0.0436
ref004	**Pais**	0.0289	0.0525	0.0137	0.0334	0.7942	0.0773
ref005	**Parede**	0.0161	0.0149	0.0769	0.7942	0.0648	0.0332
ref006	**Porteliña**	0.0367	0.0101	0.0088	0.5012	0.1989	0.2442
ref007	**Puga**	0.0093	0.0617	0.01	0.0267	0.2627	0.6296
ref008	**Raigona1**	0.0213	0.314	0.0083	0.0317	0.1454	0.4792
ref009	**Rapada**	0.0353	0.049	0.048	0.0543	0.5119	0.3014
ref010	**Serodia**	0.0132	0.0062	0.0131	0.6748	0.2157	0.077

ESM_9 WITHIN-CLUSTER GENETIC VARIABILITY AT 10 LOCI WITHOUT MLGS

Within-cluster genetic variability at 10 loci without MLGs, on strongly assigned individuals (ql≥ 80%)
N: number of unique individuals genotyped per cluster; Na: number of alleles; Ne: mean number of effective alleles; Ho: observed heterozygosity; He: expected heterozygosity; Fis: inbreeding coefficient with 95% confidence interval. The "total" row contains the sum of N, the total number of alleles (Na), and the mean for the other indices.

RPPs (ql≥ 80%)	N	Ne	Na	Ho	He	Fis
RPP1a | Cluster 3	42	2.23	46	0.592	0.545	-0.081 [-0.245;0.18]
RPP2a | Cluster 4	127	3.49	72	0.733	0.711	-0.029 [-0.06;0.011]
RPP2b| Cluster 5	119	2.6	53	0.627	0.613	-0.016 [-0.042;0.007]
RPP2d | Cluster 6	74	3.18	66	0.625	0.681	0.088 [0.026;0.153]
RPP2c | Cluster 2	96	3.11	63	0.676	0.675	0.003 [-0.03,0.032]
RPP1b | Cluster 1	106	3.39	70	0.686	0.702	0.024 [-0.067;0.141]
Total	564	3.96	112	0.657	0.654	-0.002

ANNEXE 3 : RÉSULTATS DE STRUCTURATION DES CHÂTAIGNIERS CULTIVÉS GÉNOTYPÉS À 17 SSRS

Équivalent des ESM 6, ESM 7 et ESM 8 pour le jeu de données des châtaigniers cultivés génotypés à 17 SSRs

AMOVA HIÉRARCHIQUES ET F-STATISTIQUES

AMOVA hiérarchique et F-statistiques pour 7 régions génotypées à 17 SSRS sans MLGs (Jeu de données 24Cult)

df: degrés de liberté, Alter: hypothèse alternative, intervalle de confiance à 95% confidence intervals,*** p value ≤ 0.001.

Source de variation	df	Composante de variance	% de variation	p value	Alter	F statistique
Entre les regions échantillonnées	6	1.45	14.1	0.001***	greater	Fst 0.087 [0.074 ; 0.102]
À l'intérieur des régions échantillonnées	205	8.85	85.9			Fis -0.051 [-0.082 ; -0.017]
Total	211	10.30	100.00			Fit 0.04 [0.013 ; 0.074]

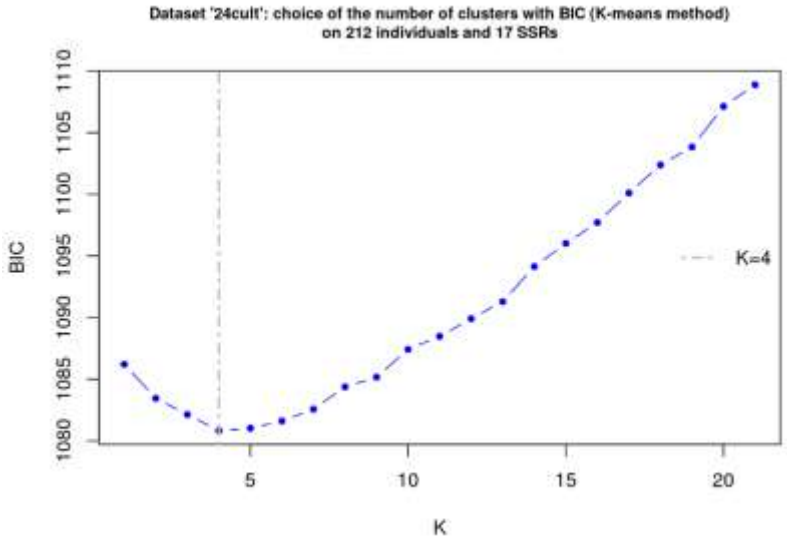
AMOVA hiérarchique et F-statistiques pour 4 groupes génétiques à 17 SSRS sans MLGs (Jeu de données 24Cult)

df: degrés de liberté, Alter: hypothèse alternative, intervalle de confiance à 95% confidence intervals,*** p value ≤ 0.001.

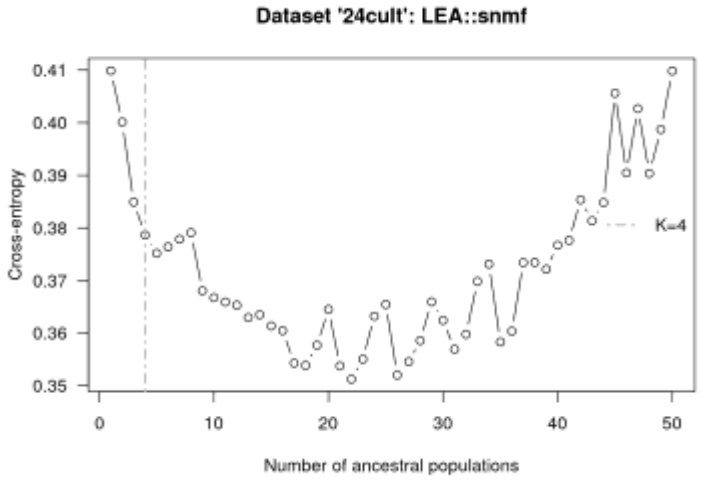
Source of variation	df	Variance component	% of variation	p value	Alter	F statistic
Among Clusters	3	1.39	13.4	0.001***	greater	Fst 0.086 [0.069 ; 0.104]
Within Clusters	208	9.04	86.6			Fis -0.041 [-0.074 ; -0.005]
Total	211	10.43	100.00			Fit 0.049 [0.02 ; 0.082]

CHOIX DU NOMBRE DE GROUPES GÉNÉTIQUE DES CHÂTAIGNIERS CULTIVÉS GÉNOTYPÉS À 17 SSRS SANS MLGS

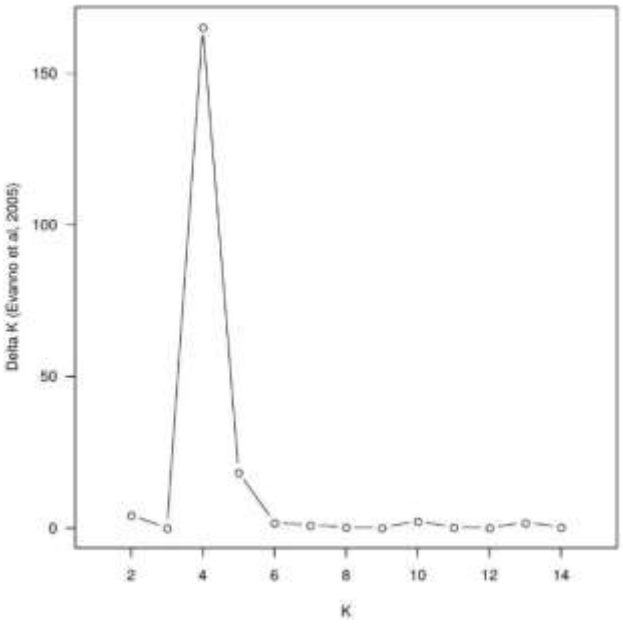
BIC of the 17Unik_cult data set



Cross-entropy criterion of the 17Unik_cult data set

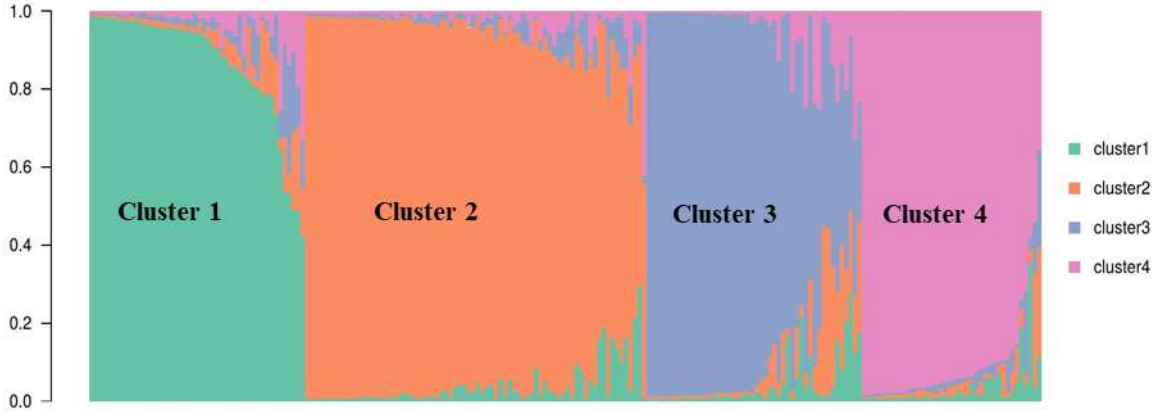


DeltaK of the 17Unik_cult data set



CLASSIFICATION DES 211 CHÂTAIGNIERS CULTIVÉS EN 4 GROUPES GÉNÉTIQUES À PARTIR DU JEU DE DONNÉES 17UNIK_CULT

Structuration en 4 groupes issu de l'analyse avec le logiciel STRUCTURE



La table des assignations est la Table 2 dans le manuscrit de thèse

Tables des pairwise Fst entre les groupes génétiques sur l'ensemble des châtaigniers et sur les châtaigniers présentant une probabilité d'assignation aux groupes supérieure à 80% (ql≥ 80%)

Groupes génétiques	**Groupe 2**	**Groupe 3**	**Groupe 4**
Groupe 1	0.107	0.089	0.067
Groupe 2		0.076	0.108
Groupe 3	0.076		0.076

Groupes génétiques (ql≥ 80%)	**Groupe 2**	**Groupe 3**	**Groupe 4**
Groupe 1	0.144	0.113	0.084
Groupe 2		0.106	0.143
Groupe 3			0.087

ANNEXE 4 : FICHES VARIÉTALES

Fiches variétale des trois variétés les plus connues en Ariège. Ce qui est surligné en jaune correspond à ce qui ne peut pas être étudié correctement *in situ* d'après le technicien de l'ACRC.

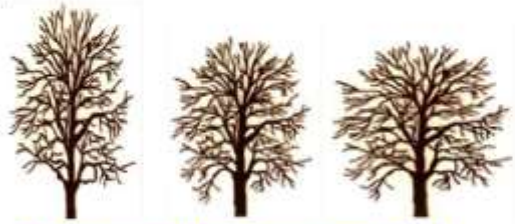
Fine de Montfa

ANNEXE 3

Aire de culture : piémont pyrénéen (Ariège et Haute-Garonne, probable en Hautes-Pyrénées)

Porte-greffe conseillé : Castanea sativa, Marsol ?

Port de l'arbre



☐ dressé ☑ semi-dressé ☐ étalé

Débourrement

☐ précoce ☑ moyen ☐ tardif

Feuille

Taille :	☑ petite	☑ moyenne	☐ grande
Couleur :	☑ vert clair	☐ vert moyen	☐ vert foncé
Limbe :	☐ aigu	☑ obtus	☐ cordiforme
Incisions :	☑ mucronées	☐ dentées	

Floraison

Date de floraison : - mâle : moyenne
- femelle : moyenne

Chaton mâle : mésostaminé

Longueur chaton : moyen

Fruit

Couleur : brun rougeâtre foncé (rousse foncée), brillant
Forme : elliptique courte à longue
Cicatrice : petite à moyenne, glabre
Calibre : petit à moyen
Cloisonnement : < à 5 % (qualité marron)
Tan : non pénétrant à peu pénétrant
Conservation : bonne
Epluchage : très facile

Récolte

Date de chute : semi-tardive
Déhiscence : plutôt libre

Utilisations

Marron consommé localement grillé ou bouilli selon le calibre, ou transformée en confiture ou crème de marrons.

Avantages

- très bonnes qualités gustatives (chair fine et sucrée, croquante et parfumée), une des meilleures variétés pyrénéennes
- qualité quasi 100 % marron
- facilité d'épluchage (tan très peu pénétrant et peu adhérant)
- bonne conservation
- capacité pollinisatrice (un peu de pollen fertile)
- variété vigoureuse et productive

Inconvénients

- calibre pouvant être très petit certaines années difficiles (sécheresse estivale)
- sensibilité au chancre de l'écorce et à la septoriose des feuilles

Pato de Loup

ANNEXE 4

Aire de culture : piémont pyrénéen (Ariège, Haute-Garonne), son nom (Patte de Loup en français) pourrait faire référence aux stries nettes sur le péricarpe, comme si le fruit avait été griffé. Variété également présente en Hautes-Pyrénées sous le nom Péou de Loup, ou *Peu de Lop* en gascon, à traduire par Poil de loup, peut-être en référence aux épines longues et dressées de la bogue.

Porte-greffe conseillé : Castanea sativa, Marsol ?

Port de l'arbre

☐ dressé ☑ semi-dressé ☐ étalé

Débourrement

☐ précoce ☑ moyen ☐ tardif

Feuille

Taille :	☑ petite	☑ moyenne	☐ grande
Couleur :	☐ vert clair	☐ vert moyen	☑ vert foncé
Limbe :	☐ aigu	☐ obtus	☑ cordiforme
Incisions :	☐ mucronées	☑ dentées	

Floraison

Date de floraison : - mâle : moyenne
- femelle : moyenne

Chaton mâle : astaminé

Longueur chaton : moyen

Fruit

Couleur : brun rougeâtre clair (rousse), nettement strié de noir, brillant, ternie rapidement
Forme : elliptique longue
Cicatrice : moyenne, glabre
Calibre : moyen à gros
Cloisonnement : < à 12 % (qualité marron)
Tan : peu pénétrant à pénétrant
Conservation : moyenne
Epluchage : facile

Récolte

Date de chute : semi-précoce
Déhiscence : plutôt libre

Utilisations

Marron consommé localement grillé ou bouilli selon le calibre, ou transformée en confiture ou crème de marrons.

Avantages

- bel aspect visuel, assez gros calibre
- bonnes qualités gustatives (chair assez sucrée)
- facilité d'épluchage malgré un tan parfois pénétrant
- variété vigoureuse et productive

Inconvénients

- cloisonnement important sur les plus gros calibres
- conservation moyenne, aléatoire selon les années
- sensibilité au chancre de l'écorce et à la septoriose des feuilles

Castéranne

ANNEXE 5

Aire de culture : piémont pyrénéen (Ariège, Haute-Garonne, Hautes-Pyrénées), assez peu répandue

Porte-greffe conseillé : Castanea sativa, Marsol ?

Port de l'arbre

☐ dressé ☑ semi-dressé ☐ étalé

Débourrement

☐ précoce ☑ moyen ☐ tardif

Feuille

Taille :	☑ petite	☑ moyenne	☐ grande
Couleur :	☐ vert clair	☐ vert moyen	☑ vert foncé
Limbe :	☐ aigu	☐ obtus	☑ cordiforme
Incisions :	☐ mucronées	☑ dentées	

Floraison

Date de floraison : - mâle : moyenne
- femelle : moyenne

Chaton mâle : longistaminé

Longueur chaton : moyen à long

Fruit

Couleur : brun acajou foncé à noirâtre, brillant
Forme : elliptique triangulaire à courte
Cicatrice : moyenne à grande, parfois remontante, glabre à légèrement pileuse
Calibre : petit à moyen
Cloisonnement : < à 10 % (qualité marron)
Tan : peu pénétrant à pénétrant
Conservation : bonne
Epluchage : très facile

Récolte

Date de chute : semi-tardive à tardive
Déhiscence : plutôt dans la bogue

Utilisations

Marron consommé localement grillé ou bouilli selon le calibre, ou transformée en confiture ou crème de marrons.

Avantages

- très bonnes qualités gustatives (chair croquante et sucrée, parfumée), une des meilleures variétés pyrénéennes
- facilité d'épluchage malgré un tan parfois pénétrant
- bonne conservation
- capacité pollinisatrice (beaucoup de pollen)
- variété vigoureuse et productive

Inconvénients

- calibre pouvant être très petit certaines années difficiles (sécheresse estivale)
- sensibilité au chancre de l'écorce et à la septoriose des feuilles

ANNEXE 5 : ENTRETIENS ET OBSERVATION PARTICIPANTE

Membre d'Association	Entretien individuel (O Oui/ N Non)	Observation individuelle (Oi) /collective (Oc)	Sexe	Profession	Productions agricoles	Greffe / Plante	Prospection	Rénove de vieux arbres	Rôle dans l'association	Viens d'ici/ D'ailleurs
C. Pyrénées	N	Oc	M	Construction		Oui	Non	Oui		Ici
C. Pyrénées	N	Oc	F	Non assignée		Non	Non	Non		Ici
C. Pyrénées	N	Oi, Oc	F	Agricultrice	Châtaignes, transformations, miel	Oui	Non	Non	Chantiers collectifs / CA	Ailleurs
C. Pyrénées	N	Oc	M	Conjoint d'agricultrice	Châtaignes, transformations, miel	Oui	Non	Non	Chantiers collectifs	Ici
C. Pyrénées	N	Oc	M	Agriculteur	Châtaigne, transformations				Chantiers collectifs	Ailleurs
Géographiquement proche Rénova	N	Oc	F	Aide agricole						Ailleurs
Rénova	N	Oc	F	Agricultrice	Chevrier, Châtaignes, transformation de fruits, production de plants					Ailleurs
Rénova	N	Oc	F	Artiste						Ailleurs
C. Pyrénées	O	Oi, Oc	M	Conseiller en chambre d'agriculture		Oui	Oui	Non	Animateur	Ici
C. Pyrénées	O	Oc	M	Dessinateur industriel		Oui	Non	Non	Chantiers collectifs / CA	Ici
C. Pyrénées	O	Oi	M	Agriculteur	Polyculture élevage	Non	Non	Oui	Co-fondateur fête de la châtaigne	Ici
C. Pyrénées	O		F	Agricultrice	Brebis laitière, projet châtaigne	Non	Non	Non	Chantiers collectifs	Ailleurs
C. Pyrénées	O	N	M	Agriculteur	Châtaigne, transformation, miel	Oui	Non	Oui		Ailleurs

C. Pyrénées	O	Oi, Oc	M	Technicien ONF		Oui	Non	Non	Chantiers collectifs / CA	Ici
C. Pyrénées	O	Oc	M	Agriculteur	Polyculture élevage + bureau d'étude	Non	Non	Non	Chantiers collectifs / CA	Ailleurs
C. Pyrénées	O	Oc	F	Salariée association naturaliste		Non			Chantiers collectifs	Ici
C. Pyrénées	O		M	Salarié en Biocoop		Oui			A quitté l'association	Ici
C. Pyrénées	O	Oi, Oc	M	Chauffeur de bus		Oui			Chantiers collectifs / CA	A grandit ici
Géographiquement proche Rénova	O		F	Retraitée de l'agriculture		Non	Non	Non		Ici
Géographiquement proche Rénova	O		F	Retraitée de l'agriculture		Non				Ici
Porc Noir de Bigorre	O		M	Technicien porc noir		Non	Non	Non	Salarié	Ici
Rénova	O	Oi,Oc	M	Agriculteur	Fromage de chèvres, châtaignes, transformations	Oui	Non	Oui		Ailleurs
Rénova	O	Oi, Oc	M	Retraité	Transformations, brebis allaitantes	Oui	Oui	Oui	Co-fondateur	Ailleurs
Rénova	O	Oi, Oc	M	Agriculteur	Fruits, châtaignes, pépinière	Oui				Ici
Rénova	O	Oi	M	Retraité de l'agriculture		Non				Ici
Rénova	O	Oc	F	Salariée Rénova (fin début 2020)	Projet plantes médicinales et agroforesterie	Oui	Oui	Non	Ancienne salariée	Ailleurs
Rénova	O	Oc	M	Agriculteur	Polyculture élevage, gîtes, bois de chauffage	Non				Ici
Rénova	O	Oc	F	Agricultrice	Châtaignes, brebis allaitantes, miel					Ailleurs

Rénova	O	Oi,Oc	M	Cotisant solidaire	Transformations,travail à façon en verger	Oui	Oui	Oui	Co-fondateur / Salarié	Ailleurs
Rénova	O	Oi	M	Retraité						Ailleurs
Rénova	O	Oc	M	Agriculteur	Châtaignes, Brebis, Miel	Oui	Oui	Non		Ailleurs
Rénova	O	Oi,Oc	F	En cours d'installation agricole	Châtaignes, bois, transformations, brebis allaitantes	Oui	?	Oui		Ici
Rénova	O		M	Agriculteur	Légumes, transformations, semences, châtaignes				A quitté l'association	Ailleurs
Rénova	O		F	Agricultrice	Légumes, transformations, semences, châtaignes	Non			A quitté l'association	Ailleurs
Rénova	O	Oi, Oc	M	Retraité		Oui				Ici

ANNEXE 6 : GRILLES D'ENTRETIENS 2017 ET 2019

Avertissement : Cette grille d'entretien a été élaborée en 2017 pour mieux connaître les acteurs de locaux (objectifs (1) et (2)) puis a été enrichie en 2019 (objectifs (3) et (4)) afin de mieux comprendre ce à quoi tiennent les acteurs locaux et les catégories par lesquelles les acteurs de terrains appréhendent le châtaignier, la châtaigneraie et les châtaignes. La plupart des personnes interrogées sont membres des associations Rénova, C.Pyrénées et ACRC mais pas toutes (voir annexe 6).

Objectifs :

Entretiens en 2017 : objectifs (1) et (2) en Hautes-Pyrénées et Aveyron (1-2)

Entretiens en 2019 : objectif (1), (2), (3), (4) en Ariège. Objectifs (3) et (4) en Hautes-Pyrénées

(1) Retracer l'histoire des collectifs et comprendre leur fonctionnement, la place des associations dans ces collectifs.

(2) Comprendre la place occupée dans les collectifs par les individus interrogés.

(3) Comprendre ce à quoi tiennent les acteurs , ce qui leur est cher, ce à quoi Il·elle·s accordent de l'importance, etc.

(4) Identifier les processus de catégorisation qui font sens pour les interrogés et qui sont mobilisés dans l'action

Énonciation de l'objectif en début d'entretien :

« Je fais une thèse sur le châtaignier dans les Pyrénées. Une première phase de mon travail a permis de caractériser la diversité génétique et la structure des populations de châtaigniers cultivés et forestiers avec un échantillonnage assez dense en France, dont un échantillonnage d'arbres identifiés par Rénova et Châtaignes des Pyrénées. Par la suite, J'essaie de comprendre un peu finement ce que des personnes font concrètement avec les châtaigniers, par exemple quelles actions d'entretiens vous menez, comment vous vous y prenez et en fonction de quoi vous entreprenez telle action plutôt que telle autre, quels critères, pour quels types d'arbres, ou dans quels types de parcelles, dans quel but, etc. En fait je fais l'hypothèse que toutes ces actions que vous menez en rapport avec vos châtaigniers (entretien, cueillette etc) vous les faites en fonction de la manière dont vous les percevez et en fonction des objectifs que vous avez ou plus généralement de ce qui vous motive. »

Avant de démarrer : « Est-ce que je peux enregistrer l'entretien ? Ce que nous échangeons pendant l'entretien et confidentiel. Votre nom ne sera pas divulgué. »

Relances possibles

Surprise : Ah bon…? C'est vrai…?

Développer : Par exemple…? Comment ça s'est passé…?

Préciser : Qu'avez-vous observé... ? Qu'avez-vous appris en faisant…? Comment votre regard a changé en faisant … ?

Catégorisations : En fonction de quoi… ? Comment décidez-vous de faire… ? Quels sont les critères pour choisir de, pour faire... ? À quoi vous sert telle catégorie, que faites-vous avec la catégorie…? Pouvez-vous me décrire la châtaigneraie, le châtaignier, la variété, les châtaignes…?

GRILLE D'ENTRETIEN 2017

Questions d'introduction *(Pour tous)*

Est-ce que vous êtes originaire d'ici ? Si non, et vous venez d'où ?

Ça fait longtemps que… ?

Quel est votre métier ?

Fonctionnement général de l'association (Pour ceux qui y participent en sont membres actifs)

Historique et fonctionnement

Pouvez-vous me raconter comment est née l'association et comment elle fonctionne ?

Et vous, comment avez-vous découvert l'association ? Quand ?

Et vous, comment vous êtes-vous retrouvé impliqué là-dedans ? Qu'est-ce que vous en attendiez ?

Identification des activités de l'association du point de vue du participant

Pouvez-vous me raconter quelles sont les différentes actions ou activités mises en place par l'association ou auxquelles l'association participe ?

Récit des activités entreprises dans le cadre de l'association par le participant

Comment vous vous impliquez ? À quoi participez-vous ? Concrètement comment cela se passe ?

Par exemple, pouvez-vous me raconter comment se fait la gestion des châtaigneraies gérées en collectif/ dans lesquelles l'association intervient, au cours de l'année *(activités)* ?

Quels sont les moments clés à ne pas manquer ?

Pouvez-vous me raconter à quels moments de l'année vous vous rencontrez ? Pour quoi faire ?

Gouvernance de l'association

Comment les choses se passent au sein de l'asso quand il y a des décisions à prendre ? Vous en discutez ? où et quand ? Par exemple …

Y a-t-il des règles importantes dans le fonctionnement de l'asso, tacites ou explicites ? Il y a-t-il des choses qui ne sont pas acceptées ?

Comment un nouveau thème de travail/une nouvelle espèce à étudier est-il/elle choisit ?

Pouvez-vous me raconter un événement où vous avez participé à une décision ?

Comment s'est décidé l'achat du dernier matériel acquis ?

Comment avez-vous calculé/décidé de la rétribution financière en fonction de la participation aux activités collectives ?

Tout le monde participe-il aux prises de décision ? Si tout le monde à « le droit » ou si c'est seulement les membres du Conseil d'Administration par exemple…

Pensez-vous que certains membres de l'asso tendent à tirer des profits un peu individuels ou si inversement les gens ont tendance à mettre au pot commun ?

Participation au collectif

Comment trouvez-vous que cela fonctionne ? Bien pas trop bien...

Pourquoi ? Qu'est-ce qui vous amène à dire ça ? Pourquoi trouvez-vous que...

Activités individuelles en lien avec les châtaigniers et processus de catégorisation *(Pour tous)*

Pouvez-vous me raconter comment vous gérez votre châtaigneraie au cours de l'année ? Ou Savez-vous comment est gérée votre châtaigneraie au cours de l'année ? *(Le cas échéant)*

Quels sont vos moyens de transformation et de vente ?

Avez-vous des activités de formation, de greffe… à titre individuel ?

Faites-vous du travail à façon (séchage, récolte, prêt de matériel) pour des personnes ayant des châtaigneraies ? Ces personnes sont-elles membres de l'association ?

Processus de catégorisation – Focus arbres et variété

Ouverture (optionnel) : Quelle perception avez-vous du contexte social, économique et politique par les autres acteurs ? / Quelle vision du futur pour lui/assoc ?

Nouveaux entretiens par « boule de neige » : « Je cherche à rencontrer des personnes ayant des points de vues contrastés et intéressants. Pensez-vous qu'il y a d'autre personnes de votre connaissance qu'il serait intéressant que je contacte ? »

GRILLE D'ENTRETIEN 2019

Questions d'introduction *(Pour tous)*

Est-ce que vous êtes originaire d'ici ? Si non, et vous venez d'où ?

Ça fait longtemps que… ?

Quel est votre métier ?

Découverte du châtaignier *(Pour tous)*

Comment et quand avez-vous découvert les châtaigniers ?

Qui ? Quand ? Pouvez-vous me raconter ce moment ?

Que s'est-il passé ensuite ?

Fonctionnement général de l'association (Pour ceux qui y participent en sont membres actifs)

Historique et fonctionnement

Pouvez-vous me raconter comment est née l'association et comment elle fonctionne ?

Et vous, comment avez-vous découvert l'association ? Quand ?

Et vous, comment vous êtes-vous retrouvé impliqué là-dedans ? Et vous quand avez-vous décidé d'adhérer à l'association, qu'est-ce qui vous a motivé ? Et alors, vous en êtes content ?

Qu'est-ce que vous en attendiez ?

Identification des activités de l'association du point de vue du participant

Pouvez-vous me raconter quelles sont les différentes actions ou activités mises en place par l'association ou auxquelles l'association participe ?

Récit des activités entreprises dans le cadre de l'association par le participant

Comment vous vous impliquez ? À quoi participez-vous ? Concrètement comment cela se passe ?

Par exemple, pouvez-vous me raconter comment se fait la gestion des châtaigneraies gérées en collectif/ dans lesquelles l'association intervient, au cours de l'année *(activités)* ?

Quels sont les moments clés à ne pas manquer ?

Pouvez-vous me décrire la châtaigneraie pour m'aider à imaginer comment elle est ? Comment a-t-elle changé depuis que... ? *(Par la description attraper les catégorisations de la châtaigneraie)* Qu'est-ce que vous regardez quand vous y allez ? *(Poser la question pour chaque saison)*

Pouvez-vous me raconter à quels moments de l'année vous vous rencontrez ? Pour quoi faire ? Selon vous, quels sont les moments les plus importants de la vie de l'association ?

Comment se passe la récolte ? La transformation ? La vente ? Comment choisi-on les fruits ? Comment fait-on la différence ?

Pouvez-vous me raconter comment sont repérés les arbres ? *(Relance, et vous, vous en avez découvert ?)*

Comment les variétés sont-elles identifiées ?

Et vous, quelles variétés connaissez-vous ? pouvez-vous en reconnaître certaines (le fruit, l'arbre) ?

Gouvernance de l'association

Comment les choses se passent au sein de l'asso quand il y a des décisions à prendre ? Vous en discutez ? où et quand ? Par exemple …

Y a-t-il des règles importantes dans le fonctionnement de l'asso, tacites ou explicites ? Il y a-t-il des choses qui ne sont pas acceptées ?

Comment un nouveau thème de travail/une nouvelle espèce à étudier est-il/elle choisit ?

Pouvez-vous me raconter un événement où vous avez participé à une décision ?

Comment s'est décidé l'achat du dernier matériel acquis ?

Comment avez-vous calculé/décidé de la rétribution financière en fonction de la participation aux activités collectives ?

Tout le monde participe-il aux prises de décision ? Si tout le monde à « le droit » ou si c'est seulement les membres du Conseil d'Administration par exemple…

Pensez-vous que certains membres de l'asso tendent à tirer des profits un peu individuels ou si inversement les gens ont tendance à mettre au pot commun ?

Participation au collectif

Comment trouvez-vous que cela fonctionne ? Bien pas trop bien...

Pourquoi ? Qu'est-ce qui vous amène à dire ça ? Pourquoi trouvez-vous que...

Qu'est-ce qui vous plaît, plaît moins dans l'association ?

Et comment souhaitez-vous que cela évoule ? Il y a des choses que vous aimeriez changer et si oui lesquelles ?

Activités individuelles en lien avec les châtaigniers et processus de catégorisation *(Pour tous)*
Et vous, avez-vous des châtaigneraies en propriété ? En location ? Utilisation de châtaigneraies louées ou mises à disposition de l'association ? Comment en êtes-vous venu à louer/acheter/utiliser ? Et alors ? Et ensuite ? Qui ? Quand ?

Pouvez-vous me décrire la châtaigneraie pour m'aider à imaginer comment elle est ? Qu'est-ce que vous regardez quand vous y allez ? *(Poser la question pour chaque saison).*

Pouvez-vous me raconter comment vous gérez votre châtaigneraie au cours de l'année ? Ou Savez-vous comment est gérée votre châtaigneraie au cours de l'année ? *(Le cas échéant)*

Quels sont vos moyens de transformation et de vente ?

Avez-vous des activités de formation, de greffe… à titre individuel ?

S'il y a des activités de greffe, où prenez-vous les greffons ?

Pouvez-vous me raconter une ou deux situation où vous l'avez fait ? (Identification des critères et de l'origine du choix des greffons, pour soi ou à façon, lien à l'association)

Tenez-vous un registre de ce qui est greffé et où ? Si oui, pouvez-vous me le montrer ? Vous arrive-il de donner ou de vendre des greffons ? Si oui, pouvez-vous me raconter une ou deux situations où cela est arrivé ?

Faites-vous du travail à façon (séchage, récolte, prêt de matériel) pour des personnes ayant des châtaigneraies ? Ces personnes sont-elles membres de l'association ?

Processus de catégorisation – Focus arbres et variété

Quels noms de châtaigniers ou de variétés pouvez-vous nommer (en plus de ceux mentionnés précédemment) ? Comment avez-vous eu connaissances de ces noms, qui vous les a transmis, à quelle occasion ?

Pouvez-vous reconnaître ces arbres et ces variétés parmi d'autres arbres et d'autres variétés, comment ? Qu'est-ce que vous regardez pour les différencier ?

Les quels cultivez-vous ou projetez-vous de cultiver, pourquoi ?

Avez-vous transmis ces savoirs à d'autres personnes, qui et dans quel contexte ?

Pouvez-vous me raconter l'histoire d'un châtaignier que vous connaissez/ de votre châtaignier préféré ? (Quand a-il été planté, greffé, sur-greffé, taillé, à qui a-t-il appartenu, etc.)

Ouverture (optionnel) : Quelle perception avez-vous du contexte social, économique et politique par les autres acteurs ? / Quelle vision du futur pour lui/assoc ?

Nouveaux entretiens par « boule de neige » : « Je cherche à rencontrer des personnes ayant des points de vues contrastés et intéressants. Pensez-vous qu'il y a d'autre personnes de votre connaissance qu'il serait intéressant que je contacte ? »

LISTE DES TABLES

Liste des tableaux

Tableau 1 : Jeu de données utilisé pour l'analyse phylogénétique et clonale 96
Tableau 2 : Tableau des assignations des individus dans les régions échantillonnées et les groupes génétiques résultant de l'analyse de la structuration génétique faite avec le logiciel STRUCTURE (Bouffartigue et al., 2020) 100
Tableau 3: Analyse de clonalité des variétés de châtaignier génotypées à 17 SSRs au moins quatre fois 102
Tableau 4 : Exemple de clones auxquels plusieurs noms sont associés 105
Tableau 5: Des vergers polyclonaux avec plusieurs clones par variété plantée 107
Tableau 6: Entretiens semi-directifs et informels 131
Tableau 7 : Observations documentées 131

Liste des cartes

Carte 1: Situation géographique des associations Rénova et C. Pyrénées 27
Carte 2 : communes de résidence des membres de l'association en 2017 et communes dans lesquelles des châtaigniers ont été phénotypés 29
Carte 3: communes de résidence des membres de l'association en 2017 et communes dans lesquelles des châtaigniers ont été phénotypés 31
Carte 4: Localisation des châtaigniers génotypés et des châtaigniers phénotypés par Rénova 108
Carte 5:Localisation des châtaigniers génotypés et des châtaigniers phénotypés par C. Pyrénées 111
Carte 6 : Situation géographique des associations Rénova et C. Pyrénées 127

Liste des figures

Figure 1: Affiche réalisée pour les rencontres "Châtaignier parmi les arbres nourriciers" organisées par Rénova en janvier 2019. Dessin A. Alber 1
Figure 2: Chronologie des activités entreprises sur les terrains étudiés 94
Figure 3: Réseau phylogénétique sur l'ensemble des châtaigniers cultivés génotypés à 17 SSRs. La taille des nœuds est proportionnelle au nombre de châtaigniers ayant le même génotype à ce nœud. La couleur des nœuds correspond aux régions échantillonnées. 101
Figure 4: Arbre phylogénétique des châtaigniers échantillonnés à Rénova (en rouge, échantillonnage aléatoire). Les noms des variétés indiqués en noir à droite de la figure sont ceux renseignés par Rénova. 109
Figure 5 : Réseau phylogénétique des châtaigniers échantillonnés à Rénova 110
Figure 6 : Arbre phylogénétique des châtaigniers échantillonnés à C. Pyrénées (en rouge, échantillonnage aléatoire). 112
Figure 7 : Réseau phylogénétique des châtaigniers génotypés C.Pyrénées 112
Figure 8: "Les six aveugles et l'éléphant", métaphore de la collaboration comme permettant la construction d'une perception globale à partir des perceptions individuelles (https://www.institut-repere.com consulté le 14 juillet 2020) 159

Liste des photos

Photo 1: "Lafitte", châtaignier remarquable ariégeois (Photo C. Bouffartigue, Juillet 2016) 11
Photo 2: Taillis, châtaigneraie traditionnelle et châtaignier isolé en Ariège. Photos C. Bouffartigue 14
Photo 3 : : De gauche à droite, José montre un rejet de châtaignier greffé, semis de châtaignes pour produire des porte-greffes à la pépinière Rénova, verger de Marigoules en Aveyron, vaches en bordure de châtaigneraie en Aveyron. Photos : C. Bouffartigue 33
Photo 4 : Photos de prospection (Hautes-Pyrénées) et au laboratoire de Pierroton (Bordeaux) C.Bouffartigue, 2017 . 53
Photo 5 : Journées de rencontre organisées dans le cadre de la thèse au printemps 2017 117
Photo 6: Déjeuner autour d'une grillade de châtaignes lors d'une formation à la greffe à Rénova, Avril 2019, Les Bazis-Ariège (Crédit photo Emmanuel Desjobert) 148
Photo 7: Sur les épaules d'un géant. Photo P Weckenbrock. 2015 183

IMPORTANCE OF RE-DOMESTICATION FOR AGROBIODIVERSITY CONSERVATION: THE CASE OF CHESTNUT TREE

Key words: agroecology, population genetics, pragmatism, minor perennial species, dynamic management, valuation

Abstract: In the past 50 years, the erosion of agrobiodiversity has been observed on a global scale. Various conservation strategies were implemented, but failed to halt its decline. As an agro-ecological transition is urgently needed, agrobiodiversity conservation choices are being questioned with a new urgency: « What should be conserved? » and « How to conserve? ». Perennial species of minor economic value are receiving renewed interest due to their adaptation to certain marginal and changing environments, or their nutritional qualities. Poorly conserved *ex situ*, dynamic management is often considered as the best option for conserving the genetic diversity of perennial species, but is challenging in practice. The objective of this thesis is to understand the importance of chestnut re-domestication – the reappropriation of local or regional populations of an abandoned species in a marginal production context – for agrobiodiversity conservation.

I have developed a multidisciplinary approach based on tools specific to population genetics and social sciences. Firstly, I (i) identified the stakeholders who are interested (or disinterested) in this agrobiodiversity, and (ii) characterized this agrobiodiversity in terms of neutral genetic diversity, at the scale of France. Then, I (iii) compared the characterization of agrobiodiversity by genetic tools with those of local stakeholders and conducted interviews and participant observations that (iv) showed the main valuations of chestnut tree.

The conservation of chestnut agrobiodiversity by traditional means is weakened by the gradual disengagement of the State, and local associations are being organized with the intention of contributing to conservation. Genotyping of cultivated and forest chestnut trees with microsatellite markers reveals a medium genetic diversity of chestnut trees in France, and a lack of structuring in genetic diversity between forest and cultivated chestnut trees. Irrespective of the forest or cultivated character of chestnut trees, a clear structure was detected in two genetic clusters, which was then subdivided into six sub-clusters. The main clusters can be interpreted partly in terms of geographical distance, but one cluster contained samples from many different regions. Phylogenetic and clonal analysis showed a good correspondence between variety names and genetics. Most of the genotyped varieties appeared polyclonal and some were transported over long distances. J. Dewey's valuation theory was used as a framework for interpreting the comprehensive interviews and participating observations carried out in two associations in Ariège and Hautes-Pyrénées. This framework allows to understand what do local stakeholders involved in these associations care about when they engage in chestnut re-domestication. Five main valuing processes were identified: cultivated diversity, nature inheriting, decision-making and technical empowerment, development of relationships with the living and collective action. The results suggest that chestnut re-domestication is based on a diversity of ways of valuing. In cases where local stakeholders come to value some chestnut trees and varieties rather than others, they are likely to participate in their conservation.

The re-domestication of local or regional populations of a cultivated species is not systematically the result of a dynamic management. However, stakeholders aiming at conserving agrobiodiversity can use local re-domestication initiatives to implement such dynamic management.

IMPORTANCE DE LA RE-DOMESTICATION POUR LA CONSERVATION DE L'AGROBIODIVERSITÉ : LE CAS DU CHÂTAIGNIER

Mots-clés : agroécologie, génétique des populations, pragmatisme, espèce pérenne mineure, gestion dynamique, valuation.

Résumé : Depuis près de 50 ans, l'érosion de l'agrobiodiversité est constatée à l'échelle globale. Différentes stratégies de conservation ont été mises en œuvre, sans toutefois parvenir à enrayer son déclin. À l'heure d'une nécessaire transition agroécologique, les choix de conservation de l'agrobiodiversité sont questionnés avec une nouvelle acuité : « que conserver ? » et « comment conserver ? ». Les espèces pérennes mineures (en terme économique) bénéficient d'un regain d'intérêt du fait de leur adaptation à certains environnements marginaux et changeants, ou encore de leurs qualités nutritionnelles. Peu conservées *ex situ*, la gestion dynamique est souvent considérée comme la meilleure stratégie pour conserver leur diversité génétique. Néanmoins, sa mise en pratique pose de nombreuses questions. L'objectif de cette thèse est de comprendre l'importance que peut avoir la re-domestication du châtaignier, définie comme la réappropriation de populations locales d'une espèce abandonnée ou en contexte de production marginal, pour conserver l'agrobiodiversité.

J'ai développé une approche pluridisciplinaire en mobilisant des outils propres à la génétique des populations et aux sciences humaines et sociales. Dans un premier temps, j'ai (i) identifié les actrices et acteurs qui s'intéressent (ou se désintéressent) de cette agrobiodiversité, et (ii) caractérisé cette agrobiodiversité sur le plan de la diversité génétique neutre, à l'échelle de la France. Ces deux aspects en toile de fond, j'ai ensuite (iii) comparé la caractérisation de l'agrobiodiversité par l'approche génétique avec celle réalisée par les initiatives étudiées et réalisé des entretiens et observations participantes qui ont permis de (iv) révéler les principales manières de valuer le châtaignier.

La conservation de la diversité génétique du châtaignier est rendue fragile par le désengagement progressif de l'État et des associations s'organisent avec l'intention de la conserver. Le génotypage de châtaigniers cultivés et forestiers à l'aide de marqueurs de type microsatellites révèle une diversité génétique moyenne du châtaignier en France et une absence de structuration de la diversité génétique entre châtaigniers forestiers et cultivés. Indépendamment du caractère forestier ou cultivé des châtaigniers, une structuration nette a été détectée en deux groupes génétiques, qui se subdivisent ensuite en six sous-groupes. La distance géographique explique partiellement la différence génétique entre les principaux groupes. L'analyse phylogénétique et clonale a montré une bonne correspondance entre les noms de variétés et la différenciation génétique. La plupart des variétés génotypées apparaissent polyclonales dans l'échantillonnage effectué et certaines d'entre elles ont été transportées sur de longues distances. La théorie de la valuation de J. Dewey a servi de cadre d'interprétation des entretiens compréhensifs et des observations participantes réalisés auprès de deux associations en Ariège et Hautes-Pyrénées. Elle permet d'appréhender ce à quoi tiennent les actrices et acteurs impliqués dans ces associations lorsqu'elle·il·s re-domestiquent le châtaignier. L'analyse révèle cinq manières de valuer le châtaignier : la diversité cultivée, la patrimonialisation de la nature, l'autonomisation décisionnelle et technique, le développement de relations avec le vivant et l'action collective. Les résultats suggèrent que la re-domestication du châtaignier repose sur une diversité de valuations. Dans les cas où les actrices et acteurs de terrain en viennent à attacher de l'importance à certains châtaigniers et variétés plutôt qu'à d'autres, elle·il·s sont susceptibles de participer à la conservation de l'agrobiodiversité.

La re-domestication de populations locales ou régionales d'une espèce n'est pas directement assimilable à une gestion dynamique. En revanche, des actrices et acteurs qui ont un objectif de conservation de l'agrobiodiversité de l'espèce, peuvent s'appuyer sur des initiatives de re-domestication pour mettre en œuvre une gestion dynamique.