



Valorisation possible des peuplements de pin pignon
(*Pinus pinea* L.) à travers la production de pignons de pin
dans le Var



Mémoire de fin d'études

-
Dominante d'approfondissement Gestion Forestière

AgroParisTech

Institut des sciences et industries
du vivant et de l'environnement

**Région Provence-Alpes-Côte
d'Azur**

**Centre National de la Propriété
Forestière**

Région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Forêt Modèle de Provence

Valorisation possible des peuplements de pin pignon
(*Pinus pinea* L.) à travers la production de pignons de pin
dans le Var

Mémoire de fin d'études

-

Dominante d'approfondissement Gestion Forestière

Sylvain Laplace

Année 2014 - 2015

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE AgroParisTech

Formation des ingénieurs forestiers d'AgroParisTech-	TRAVAUX D'ÉLÈVES
TITRE : Valorisation possible des peuplements de pin pignon (<i>Pinus pinea</i> L.) à travers la production de pignons de pin dans le Var.	Mots clés : Pin parasol ; Pinus pinea L., Pin pignon ; pignons de pin ; production méditerranéenne ; produits forestiers non-ligneux ; filière pignons ; production de cônes.
AUTEUR(S) : Sylvain Laplace	Promotion : Année 2014 - 2015
Caractéristiques : 1 volume-s ; 81 pages ; 38 figures ; 9 annexes ; 0 carte ; bibliographie.	

CADRE DU TRAVAIL

ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT :

Centre Régional de la Propriété Forestière – Région Provence-Alpes-Côte d'Azur
Forêt Modèle de Provence

Nom des responsables : Marie Gautier ; Ludivine Guy

Fonctions : Ingénieur forestière au CNPF ; Chargée de mission Forêt Modèle de Provence,

Nom du correspondant AgroParisTech : Eric Lacombe

Option
D. d'approfondissement
CEI

Stage 2A
Stage fin d'études

Date de remise : 21/10/2015

Autre

SUITE À DONNER (réservé à la Direction des études)

- Consultable et diffusable
- Confidentiel de façon permanente
- Confidentiel jusqu'au / / , puis diffusable

Résumé



Le pin pignon (*Pinus pinea* L.), espèce présente dans le Var et adaptée au milieu méditerranéen, produit des graines comestibles (les pignons de pin) à hautes valeurs nutritionnelles et économiques jusqu'ici non valorisées sur le territoire.

Importés d'Asie, ou de pays producteurs voisins à la France, la production naturelle de pignons de pin est soumise à une forte variabilité dans l'espace et dans le temps due à une combinaison de facteurs : le climat, le sol, les caractéristiques dendrométriques, et la présence de ravageurs. La mise en place d'un dispositif de suivi de la production de cônes à long terme dans le Var et l'analyse des premiers résultats confirment certaines caractéristiques formulées dans la bibliographie ; l'influence de la densité du peuplement et du volume du houppier de l'arbre sur la quantité produite, et la présence d'arbres meilleurs producteurs de cônes dans le temps.

De nombreuses étapes de transformation sont requises pour extraire les pignons des cônes, aussi faut-il envisager l'organisation de la filière. Pour cela différents scénarios de valorisation des pignons sont possibles. La vente de pignes dans l'arbre est relativement simple à organiser, mais nécessite de trouver un acheteur. Le propriétaire peut aussi vendre ses cônes déjà récoltés : la rentabilité dépend principalement de la méthode de récolte employée. Enfin, il est possible d'inclure la transformation jusqu'au pignon coque, ce qui nécessite un investissement ou une prestation de service avec un opérateur fiable.

Ces scénarios ne seront efficaces qu'en sécurisant l'approvisionnement en pignes, à travers une sylviculture durable adaptée aux peuplements existants. La diminution de la densité est une nécessité pour que les peuplements jeunes (moins de 25 ans) réagissent et développent leurs houppiers, et pour que la régénération naturelle apparaisse sous les peuplements plus vieux. Enfin, l'installation de nouveaux pins pignons passe par la plantation ou le semis.

Summary



The Stone Pine (*Pinus pinea* L.) is a tree species found in the Var department, adapted to the Mediterranean environment, which naturally produces high nutritional and economical value edible seeds (pine nuts), still unexploited in the territory.

Imported from Asia or from France's neighbour countries, their natural production is generally very variable in both space and time, due to factors combination: climate, soil, stand features, and pests. The installation of a long-term monitoring mechanism for pine nuts production in the Var department and the analysis of the first results confirm some characteristics found in the bibliography; stand density and crown volume influence on the quantity of cones produced, and the presence of better producer trees in long time periods.

Many processing steps are required to extract pine nuts from the cones, so a reflection has to be done about the sector structure. Different scenarios are possible. The cones sale when they are still in the trees is relatively easy to organize, but require finding a buyer. The owner can also sell the cones already harvested: the profitability mainly depends on the harvesting method. Finally, it is possible to include the transformation process from the cone to the nut with shell, wich require machinery investment or subcontracting with a reliable operator.

These scenarios would be efficient only if the supply of cones is secured, through a sustainable silviculture adapted for actual forest stands. The decrease of stand density is a necessity for younger stands (less than 25 years old) reaction and crown development, and for the natural regeneration establishment below older stands. Finally, installing new Stone pines can be done by plantation or sowing.

Sumario



El pino piñonero (*Pinus pinea* L.) es un árbol presente en el departamento del Var, adaptado al ambiente Mediterráneo, que produce naturalmente semillas (piñones) con alto valor nutricional y económico, hoy no valorizadas en el territorio.

Importados de Asia, o de países productores vecinos a Francia, su producción natural está sometida a una gran variabilidad tanto en el espacio como en el tiempo, que es causada por una combinación de factores: el clima, el suelo, las características dendrométricas, y la presencia o no de plagas. La instalación de un dispositivo de seguimiento a largo plazo de producción de piñas en el Var y el análisis de los primeros resultados confirmaron ciertas características encontradas en la bibliografía; la influencia de la densidad de los rodales y del volumen de la copa de los árboles sobre la cantidad producida, y la presencia de árboles mejores productores de piñas en el tiempo.

Numerosas etapas de transformación son requeridas para extraer los piñones de las piñas, lo que hay que considerar a la hora de organizar el sector. Varios escenarios son posibles. La comercialización de piñas en el árbol es relativamente simple de organizar, pero se necesita encontrar un comprador. El propietario puede vender las piñas ya recolectadas: la rentabilidad depende principalmente del método de recolección utilizado. Finalmente, se puede incluir la transformación hasta el piñón con cáscara, lo que implica una inversión en maquinaria o efectuar una prestación de servicio con un operador fiable.

Los escenarios estudiados podrán ser efectivos únicamente garantizando el aprovechamiento de piñas con una silvicultura sostenible adaptada a los rodales existentes. La disminución de la densidad es una necesidad para que los rodales jóvenes (menos de 25 años) reaccionen y desarrollen su copa, y que la regeneración natural aparezca bajo los árboles más viejos. Por fin, la instalación de nuevos piñoneros se efectúa por plantación o siembra.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je tiens à remercier Philippe THEVENET, Directeur du Centre Régional de la Propriété Forestière de Provence-Alpes-Côte d'Azur, pour m'avoir accueilli au sein de cette structure, et Georges FRANCO, président de l'Association Forêt Modèle de Provence, qui a accordé le financement de cette étude.

Je remercie tout particulièrement Marie GAUTIER, Ingénieur territorial du Var et des Alpes-Maritimes, ainsi que Ludivine GUY, Ingénieur chargée de mission à Forêt Modèle de Provence. En tant que maîtres de stage, qui ont permis que celui-ci se concrétise, qui m'ont confié un sujet très intéressant et apporté leur soutien technique, et leur bonne humeur tout au long du projet.

Merci à Eric LACOMBE qui a accepté d'être mon référent de stage à AgroParisTech, pour sa disponibilité, et son encadrement technique durant le stage.

Egalement, toute l'équipe de travail CRPF basée au Luc : Jean-Marc CORTI, Joël PERRIN, Carole PENPOUL, Sandra ARNAUD, et enfin Bernard CABANNES (lors de ses dernières semaines d'activité professionnelle). Ils ont rendu le quotidien du travail dans la Zone Industrielle des Lauves joyeux, et ont tous participé à la réussite de mon travail à leur manière.

Mes remerciements vont aussi à Eric SERANTONI, référent gestion et travaux forestiers au Parc National de Port-Cros, et Jacques BRUN, du Pôle Environnement cadre de Vie de la Communauté de Communes du Golf de Saint-Tropez, pour leur implication dans le projet, et leur aide sur le terrain.

Merci à Jean LABADIE, son expérience et ses conseils lors des différentes étapes de l'étude ont été particulièrement appréciés.

Enfin je remercie toutes les personnes que j'ai été amené à rencontrer, gestionnaires, propriétaires, agriculteurs, et autres acteurs du territoire, qui m'ont permis de mener à bien ce stage.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	1
TABLE DES MATIÈRES	2
INDEX DES ILLUSTRATIONS.....	3
INDEX DES TABLEAUX	4
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	5
INTRODUCTION	7
I. Contexte et méthode.....	8
I.1 Territoire et Etude	8
I.1.1 Région méditerranéenne, département du Var.....	8
I.1.2 Forêt Modèle de Provence et Centre National de la Propriété Forestière.....	9
I.1.3 Le projet pignons de pin.....	10
I.2 Le pignon issu de <i>Pinus pinea</i> L.	11
I.2.1 Aire de distribution et autécologie de l'espèce	11
I.2.1.1 Un arbre typique du bassin méditerranéen.....	11
I.2.1.2 Autécologie de l'espèce.....	12
I.2.2 Phénologie et reproduction : la naissance du cône.....	13
I.2.3 Le pignon de pin, ses caractéristiques.....	15
I.3 Problématique et démarche adoptée.....	16
II. Connaître et caractériser la production de pignons dans le Var.....	17
II.1 Synthèse bibliographique : la production de cônes et de pignons en méditerranée.....	17
II.1.1 Le comportement cyclique de la production.....	17
II.1.2 L'influence du climat sur la production de cônes.....	17
II.1.3 Les facteurs édaphiques (le sol).....	19
II.1.4 Les facteurs dendrométriques, le peuplement objectif.....	19
II.1.5 La perte de production observée dans les pays producteurs ces derniers temps : la conséquence d'un ravageur ?	20
II.1.5.1 Une diminution des quantités de pignes récoltées.....	20
II.1.5.2 Une diminution du rendement en pignons au sein des cônes.....	20
II.1.5.3 Les principaux ravageurs des cônes de <i>Pinus pinea</i> L.	21
II.1.5.4 Les hypothèses d'explication de la diminution de production.....	21
II.2 Précisions cartographiques des peuplements présents.....	22
II.3 Installation d'un dispositif de suivi de production.....	24
II.3.1 Objectif.....	24
II.3.2 Type d'inventaire et choix de l'emplacement des placettes	24
II.3.3 Le protocole de mesures utilisé.....	25
II.3.4 Résultats obtenus	26
II.3.4.1 Analyse descriptive des données et résultats	26
II.3.4.2 ACP.....	31
II.3.4.3 Régression Linéaire	32
II.3.4.4 La régression logistique	35
II.3.5 Interprétation et discussion des résultats.....	36
III. La construction d'une filière : quels scénarios envisager ?.....	38
III.1 De l'arbre à l'assiette, un long parcours	38
III.1.1 Panorama général de la filière	38
III.1.2 Étapes clés	40
III.1.2.1 La récolte	40
III.1.2.2 Le séchage des pignes.....	42
III.1.2.3 De la pigne au pignon noir	43
III.1.2.4 Du pignon noir au pignon blanc	44
III.1.3 Une filière qui reste opaque.....	44
III.2 Exemple espagnol d'organisation de filière	45
III.2.1.1 Caractéristiques du marché.....	46
III.2.1.2 Dynamique d'acteurs.....	46

III.2.1.3	La compétition pour la ressource.....	46
III.3	Scénarios Varois identifiés	48
III.3.1	Le regroupement de la ressource, une étape essentielle	48
III.3.2	Vente sur pied.....	49
III.3.3	Vente après récolte	50
III.3.4	Vente après transformation.....	52
III.3.4.1	L'investissement.....	52
III.3.4.2	La sous-traitance.....	53
IV.	Une sylviculture à adapter.....	55
IV.1	Les peuplements de moins de 25 ans	58
IV.2	Les peuplements de plus de 25 ans	59
IV.3	Installation d'un peuplement.....	59
V.	Limites et perspectives de l'étude.....	61
V.1	Analyse critique de l'étude	61
V.2	Pistes d'amélioration et suite du projet.....	62
	CONCLUSION.....	64
	BIBLIOGRAPHIE.....	65
	LISTE DES CONTACTS	70
	ANNEXES.....	73
	Annexe 1: Tableau de conversion et équivalences entre pignes et pignons. Sources: Castano et al. (2004) et sècherie de Lajoux, communication personnelle.....	74
	Annexe 2: Estimation du pourcentage d'éléments grossiers dans le sol Source : « Munsell® Soil Color Charts 1994 Revised Edition ».....	74
	Annexe 3: Fiche de relevé - Protocole de suivi de la production de cônes appliqué en 2015	75
	Annexe 4: Script de l'ACP sous R	76
	Annexe 5: Script de la régression linéaire sous R.....	76
	Annexe 6: Script de la description générale des données sous R	77
	Annexe 7: Script pour la régression linéaire.....	78
	Annexe 8 : Script du traitement des données de comptage de cônes / pignons/ pignons blancs.....	79
	Annexe 9: Temps de déplacement d'une machine de récolte par arbre, selon la densité du peuplement.....	80

INDEX DES ILLUSTRATIONS

Figure 1.	Boisement par départements en 2014, source : IGN	8
Figure 2.	Formes typiques du houppier de pin pignon, en boule (au dessus) puis en parasol.....	11
Figure 3.	Carte des boisements de <i>Pinus pinea</i> L. en région méditerranéenne française. Source : Labadie (1983).....	12
Figure 4.	Diagramme d'Emberger pour le pin pignon en région méditerranéenne française. Source : Labadie (1983).....	12
Figure 5.	Stades de maturation du cône. A) 1 an B) 2 ans C) 3ans Source : www.inia.pt.....	13
Figure 6.	Cône femelle à N+1, au bout de la pousse annuelle.....	13
Figure 7.	Cône femelle de Pin pignon au mois de mai de l'année N+2.....	14
Figure 8.	Floraison des fleurs mâles de pin pignon à l'année N+1. Photo: Mireille Mouas, Photothèque CNPF IDF	14
Figure 9.	Cône femelle de pin pignon au mois de mai de l'année N+4.....	14
Figure 10.	Schéma récapitulatif du cycle de reproduction de <i>Pinus pinea</i> L. Inspiré des diapositives de Calama (2014).....	14
Figure 11.	De gauche à droite: pignons noirs ou coques, pignons dans leur pellicule, pignons blancs ou amandes comestibles.....	15
Figure 12.	Exportations mondiales moyennes de pignons entre 2009 et 2013. Source: International Nuts and Driedfruits (INC).....	15
Figure 13.	Trou d'entrée de <i>Dioryctria mendacella</i> ,. Source : www.iefc.net.....	21
Figure 14.	<i>Leptoglossus occidentalis</i> ,©Denis Bourgeois	21

Figure 15. Précisions cartographiques sur les peuplements de Pin parasol et sur l'emplacement des placettes de suivi de la production de cônes dans le Var	23
Figure 16. Récolte avec les cannes de l'IRSTEA	24
Figure 17. Schéma des placettes de suivi (bleu: le périmètre de la placette, en vert: les houppiers des arbres, en rouge: les arbres sélectionnés).....	25
Figure 18. Densité des peuplements (tiges/ha) et nombre de cônes récoltés en 2015	27
Figure 19. Volume du houppier en fonction du nombre de cônes récoltés (Récolte Juin 2015)	27
Figure 20. Chiffres de la récolte de juin 2015.....	28
Figure 21. Pignons dessechés, pourris récoltés sur des cônes de Porquerolles en 2015.....	29
Figure 22. Photo de la fissuration de la roche calcaire sur les placettes de Rians	29
Figure 23. Analyse en Composantes Principales sur le jeu de données 2015.....	31
Figure 24. Représentation des corrélations entre variables.....	32
Figure 25. Graphiques des résidus pour le modèle de régression linéaire multiple.....	34
Figure 26. Distribution de la variable "nombre de cônes"	34
Figure 27. Importations françaises de pignons de pin, toutes espèces confondues. Source : Eurostat.....	39
Figure 28. Schéma de la filière de production de pignons de pin	40
Figure 29. Séchage naturel de pignes. Source : Martinez (2011)	42
Figure 30. a) Broyeur à rouleaux du moulin égraineur et b) Moulin égraineur/cribleur Source : www.casatabares.com	43
Figure 31. Séparateur rotatif pneumatique. Source : www.casatabares.com.....	43
Figure 32. Localisation des peuplements de Pin pignon Espagnols. Source : Oar (2011)	45
Figure 33. Régénération naturelle de pin pignon sur Porquerolles.....	56
Figure 34. Plantation de pin pignon, 6x6 m lors du voyage en Toscane. ©Jean-Marc Corti, CNPF	57
Figure 35. Greffe de pin pignon juste achevée. Source : Castaño et al. (2004).....	57
Figure 36. Itinéraire sylvicole proposé pour les peuplements de pin pignon de moins de 25 ans (N est la densité du peuplement)	58
Figure 37. Itinéraire sylvicole proposé pour les peuplements de pin pignon de plus de 25 ans	59
Figure 38. Itinéraire sylvicole proposé pour les peuplements de pin pignon à installer.....	60

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques morphologiques de Pinus pinea L. Source : Forêt méditerranéenne et al.(1982)	11
Tableau 2. Surfaces de pin pignon. Source : Mutke S., Calama R. (2015).....	11
Tableau 3. Surfaces de pin parasol dans le Var obtenues par croisement de couches	22
Tableau 4. Nombre de cônes, de pignons coques et de pignons blancs/ arbres regroupés par foyers de peuplements.....	28
Tableau 5. Présentation des données obtenues	30
Tableau 6. Avantage et inconvénients de la récolte mécanisée des pignes	42

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ASL : Association Syndicale Libre

ANOVA : Analyse de la variance

CERPAM : Centre d'Etudes et de Réalisations Pastorales Alpes Méditerranée

CFT : Charte forestière de territoire

CIFOR : Centro de Investigación Forestal

CNPF : Centre National de la Propriété Forestière

DFCI : Défense des Forêts Contre les Incendies

DSF : Département Santé des Forêts

IDF : Institut de développement forestier

IFN : Inventaire Forestier National

IGN : Institut Géographique National

INIA : Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y alimentaria

IRSTEA : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

ONF : Office National des Forêts

PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur

PSG : Plan Simple de Gestion

RIFM : Réseau International de Forêts Modèles

RMFM : Réseau Méditerranéen de Forêts Modèles

SPCV : Syndicat des producteurs de Châtaignes du Var

SRGS : Schéma régional de gestion sylvicole

UNAC : Uniao da Floresta Mediterrânica

INTRODUCTION

Les spécificités forestières de la région Provence-Alpes-Cote-d'Azur (PACA) sont nombreuses : faible croissance des arbres, fréquence d'incendies de grande ampleur, lien fort au paysage et forte influence des activités humaines ; certains départements comme le Var sont toutefois parmi les plus boisés de France.

La recherche de développement économique de la forêt méditerranéenne ne peut donc pas être menée avec le même raisonnement que les autres territoires français, tournés essentiellement vers la production ligneuse.

Des initiatives locales permettent de mettre en avant les atouts de ce territoire en développant des filières nouvelles, qui valorisent notamment les produits forestiers non ligneux. Le liège ou encore la production de châtaigne dans la plaine des Maures en sont de belles illustrations.

Le pin pignon (*Pinus pinea* L.) est une essence typiquement méditerranéenne présente dans le Var qui s'adapte aux sécheresses estivales et aux sols peu favorables à l'implantation d'autres espèces. C'est également un arbre emblématique des paysages de Provence par son large port étalé qui lui vaut d'ailleurs son deuxième nom de pin parasol.

Ses graines, les pignons de pin, sont traditionnellement ramassées par des amateurs, et sont la base de plusieurs recettes culinaires méditerranéennes. Cependant, aucune filière de valorisation n'existe aujourd'hui en France, contrairement à l'Italie, l'Espagne ou le Portugal, où leur haute valeur gustative, nutritionnelle et économique est rentabilisée.

La consommation régulière de pignons de moindre qualité importés dont la traçabilité peut être remise en question, et la présence récurrente d'équipes espagnoles clandestines venues récolter cette ressource, ont conduit le Centre Régional de la Propriété Forestière de la région PACA et Forêt Modèle de Provence à s'associer pour lancer l'étude présentée dans ce rapport, en tentant de répondre à la problématique :

Comment valoriser les peuplements de *Pinus pinea* L. à travers la production de pignons de pins dans le Var ?

Afin de bien situer les enjeux de cette valorisation, et le contexte dans lequel elle évoluera, une première partie s'attachera à présenter le territoire, le produit pignon de pins et la genèse de l'étude, dont la problématique et la démarche seront détaillées.

Lorsque l'on veut valoriser un produit nouveau, une question vient naturellement: de quelle ressource disposons-nous ?

La deuxième partie présentera les connaissances actuelles sur la production de pignons et les différents facteurs qui l'influencent. Après une quantification des peuplements à l'aide d'un travail cartographique, ces informations seront précisées localement avec l'installation d'un dispositif de suivi dont les premiers résultats seront analysés.

Comment est-il possible de mobiliser cette ressource ? Quelle organisation de filière faut-il adopter pour y parvenir ?

Le passage du fruit (le cône) à la graine comestible nécessite de nombreuses étapes techniques bien spécifiques et parfois onéreuses. En s'appuyant sur l'exemple de filière installée en Espagne, une troisième partie proposera des scénarios de valorisation, et tâchera d'en juger la faisabilité économique. La mise en place de cette valorisation devra s'appuyer sur des acteurs existants, sur le territoire comme à l'étranger.

Tout effort de valorisation de produit est vain si la ressource s'amenuise. C'est pourquoi le thème de la sylviculture a également été traité, en s'adaptant aux différents peuplements que l'on rencontre fréquemment dans le Var. Une cinquième et dernière partie décrira les limites de cette étude, et les perspectives qu'elle offre, notamment vis-à-vis des objectifs de cet ambitieux projet.

I. Contexte et méthode

I.1 Territoire et Etude

I.1.1 Région méditerranéenne, département du Var

Carrefour des continents, la mer méditerranée relie l’Afrique du Nord, le Proche Orient et l’Europe, et est entourée d’une multitude de pays aux cultures variées, qui ont au moins une caractéristique en commun: leur appartenance -pour partie- à la région méditerranéenne.

Couvrant une étendue vaste de plus de 2 300 000 km², elle s’étend entre les latitudes nord 27° et 45°, et du Portugal à la Syrie. Bien que la limite de cette région soit floue et continue, elle pourrait être définie comme le périmètre de l’aire de répartition de l’Olivier, espèce emblématique du bassin méditerranéen (Durand, Flahault 1886).

La région méditerranéenne française en constitue la limite nord et représente environ 50 000 km², comprenant deux régions administratives, Languedoc Roussillon et Provence Alpes Côte d’Azur (PACA), et onze départements, dont le Var. La caractéristique majeure qui façonne cette région est son climat.

Le climat méditerranéen est de type tempéré, dans lequel deux saisons sont marquées : un été chaud présentant un déficit pluviométrique et un hiver doux. Les espèces s’y sont adaptées et ont ainsi développé une biologie spécifique fortement marquée par la contrainte en eau.

Les propositions d’Emberger (1930-1945) servent de référence et définissent des bioclimats à partir de critères écologiques et de la structure de la végétation.

L’histoire des forêts méditerranéennes est cependant étroitement liée aux activités humaines. Dès le néolithique apparaît un équilibre agro – sylvopastoral qui fluctue selon les époques. Les surfaces forestières et leur composition en espèces dépendent alors essentiellement de la pression pastorale, elle-même suivant les grandes variations démographiques locales (invasions barbares, peste noire 1347, guerre de cent ans...).

Au XIX^{ème} siècle de grands reboisements sont opérés, stabilisant les sols montagnards méditerranéens. En parallèle, l’enfrichement de terres agricoles abandonnées est jusqu’aujourd’hui la principale raison de l’augmentation des surfaces forestières en région méditerranéenne.

Le Var en est une illustration forte en Provence-Alpes-Cote d’Azur (PACA): avec une augmentation de 13% de surface forestière entre 1980 et 2010, la forêt occupe aujourd’hui 63% du sol, soit 388 000 ha (<http://www.ofme.org>). Il représente le deuxième département le plus boisé de France après la Corse du sud. Ces forêts appartiennent pour 80% à des privés (soit 6% de plus qu’à l’échelle nationale, mais 12% de plus que sur la région PACA), 12% à des Collectivités et 8% à l’État (source : <http://www.ofme.org>).

La situation forestière du Var est particulière. Si la faible vitesse de croissance des arbres limite la production ligneuse, d’autres valorisations du territoire caractérisent la région. Ainsi des productions forestières non-ligneuses, comme le liège ou la châtaigne s’y sont développées, et l’importance des services non marchands fortement reconnue (loisir, tourisme, cadre de vie, paysage).

Certaines de ces thématiques sont aujourd’hui ancrées dans la conscience des habitants du Var : chaque année, les gros départs d’incendies historiques (26 000 ha en 1990, 18 800 ha en 2003), rappellent aux propriétaires la vulnérabilité de ces milieux, et la nécessité d’entretenir leurs parcelles (notamment par des

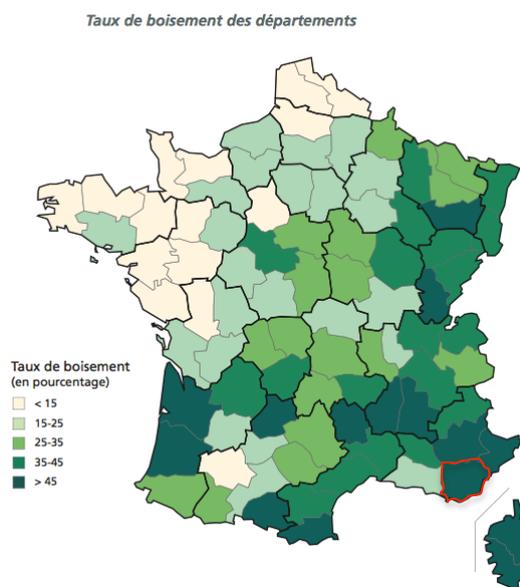


Figure 1. Boisement par départements en 2014, source : IGN

coupes et du débroussaillage). Des moyens conséquents de Défense des Forêts Contre les Incendies (DFCI) sont mis en place chaque année via du débroussaillage et de la surveillance, parallèlement les activités pastorales jouent pleinement leur rôle d'entretien du sous-bois.

La présence d'espèces rares et protégées, comme la Tortue d'Herman a favorisé l'implantation de la Réserve Naturelle de la Plaine des Maures, et nécessite une prise en compte dans la gestion forestière quotidienne. Au total, 10 % des terres sont en périmètres de protection réglementaire¹.

Les élus ayant conscience de la ressource forestière à valoriser organisent et définissent une politique forestière à l'aide de Chartes Forestières de Territoire (CFT). Le Var en compte aujourd'hui trois : la CFT du Massif des Maures, et la CFT de l'Estérel, et la CFT Artuby-Verdon, et une quatrième est en cours de constitution sur la Sainte-Baume.

Les principales essences forestières varoises sont le chêne pubescent (*Quercus pubescens*), le chêne vert (*Quercus ilex*) et le pin d'Alep (*Pinus Halepensis*). Le chêne liège (*Quercus suber* L.) montre des signes de dépérissement depuis les années 1980, au profit du pin d'Alep et du pin maritime.

Si les prévisions de changement climatique se confirment, l'aire de répartition de nombreuses espèces sera certainement modifiée, globalement décalée vers le nord et en altitude. Les phénomènes climatiques extrêmes, dont les sécheresses, seront plus fréquents, et auront des conséquences sur la végétation.

Le forestier méditerranéen doit donc s'adapter à ces conditions, et ses leviers d'actions dans la forêt sont variés: diminution du risque incendie, protection de la biodiversité, maintien d'activité pastorale, préservation de paysages, productions agro-forestières ou forestières non-ligneuses.

Divers organismes forestiers présents dans le Var prennent part à ces évolutions.

I.1.2 Forêt Modèle de Provence et Centre National de la Propriété Forestière

La région PACA comporte de nombreux acteurs dans le monde forestier, qui s'impliquent dans divers projets territoriaux, parfois de manière complémentaire et concertée. C'est le cas de Forêt Modèle de Provence et du Centre National de la Propriété Forestière dans le Var. Une rapide description de ces organismes situera mieux leurs actions.



Forêt Modèle de Provence est une association volontaire d'acteurs variés (organismes publics, privés), réunis pour partager leurs expériences et compétences pour promouvoir le territoire provençal.

L'association est basée sur « un processus collaboratif où des personnes et des groupes qui prônent une variété de valeurs, travaillent ensemble afin de concrétiser leur vision de développement durable des terres où la forêt

occupe une place importante ».

Dans une Forêt Modèle, plusieurs personnes dont les intérêts et avis divergent se regroupent et s'associent dans le but de gérer leurs ressources naturelles de manière durable, en tenant compte des positions de chacun.

Apparu au Canada il y a 20 ans, ce concept de Forêt Modèle s'est étendu au reste du monde et aujourd'hui, Forêt Modèle de Provence s'inscrit ainsi dans un réseau international (le Réseau International des Forêts Modèles RIFM) et un réseau régional (le Réseau Méditerranée de Forêts Modèles RMFM), permettant de bénéficier d'un échange de connaissances et de savoir-faire des pays partenaires.

Les territoires compris dans l'association en Provence réunissent principalement 4 massifs : l'Etoile, le Garlaban, la Sainte Baume et les Maures situés sur 2 départements, les Bouches du Rhône et le Var. Trois axes stratégiques de travail ont été définis :

- La nouvelle économie de la Forêt
- La gestion multifonctionnelle des espaces péri-urbains

¹ Zones de cœur de Parcs Nationaux, Réserves Naturelles Nationales, Réserves Naturelles Régionales, Réserves Biologiques, zones centrales de Réserve de Biosphère, Arrêtés de biotopes et sites classés

² Les abréviations des placettes correspondent au nom des foyers de peuplement : RIA = Rians (sur la Figure 15 « RI »), PUG= Puget-sur-Argens, ou « PU » sur la Figure 15 (les placettes du Muy-sur Argens, et Fréjus sont regroupés sous ce nom), PQR = Porquerolles (« PQ » sur la carte), RAM =

- L'accueil du public et le développement local.

Une des missions de Forêt Modèle de Provence est la mise en place d'actions concrètes à valeur démonstrative sur son territoire, par exemple en réalisant des travaux d'étude permettant de mobiliser les connaissances techniques et scientifiques pour atteindre ses objectifs.

Au sein des acteurs présents dans le territoire de Forêt Modèle de Provence, se trouve le Centre Régional de la Propriété Forestière de PACA. Cet organisme public est depuis 2014 rattaché au niveau national au Centre National de la Propriété Forestière, et est issu de la réforme de l'Administration des Eaux et Forêts. C'est un organisme de référence de la forêt privée financé par l'Etat, qui a la tâche d'assurer l'autonomie de gestion des propriétaires privés.



Déconcentré en 18 Centres Régionaux de la Propriété Forestière (CRPF), ses principales missions sont :

- Orienter la gestion des forêts privées : élaborer les règles et orientations de gestion forestière, agréer les documents de gestion.
- Conseiller, améliorer, former par des études, expérimentations, et vulgarisation des connaissances.
- Regrouper pour développer l'activité en forêt.

Le CRPF PACA compte 18 salariés et possède des équipes départementales regroupées à Digne les Bains, Marseille et Le Luc-en-Provence. Ensemble, ces deux organismes participent à différents projets communs, dont l'un d'eux est présenté dans la partie qui suit.

I.1.3 Le projet pignons de pin

Issu du constat qu'une surface forestière varoise non négligeable est peuplée de pins pignons (*Pinus pinea* L.), espèce typiquement méditerranéenne adaptée aux conditions locales de sol et de climat, et d'une volonté commune aux acteurs du Var de voir émerger de nouvelles filières mettant en avant la multifonctionnalité de la forêt méditerranéenne, le projet de valorisation de pignons de pins a vu le jour début 2014. Le pillage répété de pignes observé dans le Var (et jusqu'à l'Ile de Ré) par des équipes espagnoles, l'absence de filière en France, en regard de la consommation conséquente de pignons d'importation fait réfléchir : ne pourrait-on pas valoriser la production de nos peuplements ?

Sollicitée par le CRPF, Forêt Modèle de Provence a proposé de porter l'action d'essai de relance de la filière pignons de pin, sur 2 ans. Avec une volonté de développement multi-partenarial, les objectifs sont:

- 1) Maîtriser les techniques, les coûts concernant la gestion de peuplements de pins pignons existants (et futurs) et la valorisation du pignon pour sa commercialisation, en se positionnant dans une logique de filière locale et participative dans laquelle les moyens seraient mutualisés.
- 2) Assurer une traçabilité des pignons.

Lors d'une première réunion le 30 juin 2014 avec les acteurs intéressés pour s'impliquer dans le projet, un premier état des lieux y a été présenté. Un partenariat Forêt Modèle – CNPF PACA a été conventionné jusqu'au 31 décembre 2015, et un déroulé d'actions pour la première année a été proposé, comprenant:

- Synthèse bibliographique et voyage d'étude en Toscane
- Mobilisation de propriétaires par des réunions publiques d'information
- Stage co-encadré pour préciser la production, les pistes de valorisation et itinéraires de remise en production
- Définition de protocole de suivi des récoltes
- Réunions de vulgarisation, rédaction d'un article

Le projet étant ainsi précisé, il convient désormais de présenter l'espèce en question, et la raison de l'intérêt des acteurs à son égard, c'est à dire les pignons qu'elle produit.

I.2 Le pignon issu de *Pinus pinea* L.

I.2.1 Aire de distribution et autécologie de l'espèce

Le pin pignon (*Pinus pinea* L.) est un arbre gymnosperme appartenant à la famille des Pinacées, présent en France et dans le pourtour méditerranéen. Si les jeunes sujets forment une boule typique, leur cime à l'âge adulte rappelle celle d'un parasol, ce qui lui vaut le deuxième nom de pin parasol. En Espagne, il s'appelle également le « Pino piñonero », en Italie le « Pino domestico », au Portugal le « Pinheiro manso » et enfin en Anglais « Italian stone pine ».

Hauteur maximale	25 m
Tronc	En général unique et droit
Feuilles	Aiguilles sempervirentes, groupées par 2, longues de 10 à 20 cm, épaisses de 1,5 à 2mm
Ecorce	Craquelée, écailleuse, puis se divisant en grandes plaques grises séparées par des crevasses rougeâtres
Cônes	Volumineux, long de 8 à 15 cm, large de 8 à 10cm, vert puis brun et brillant. Mûrs en 3 ans
Graine	Très grosse, longue de 15 à 20 mm, saupoudrée de noir, enveloppe ligneuse très dure, aile courte et caduque
Plantule	9 – 10 cotylédons, ne permet pas de le distinguer des autres pins

Tableau 1. Caractéristiques morphologiques de *Pinus pinea* L.
Source : Forêt méditerranéenne et al.(1982)



Figure 2. Formes typiques du houppier de pin pignon, en boule (au dessus) puis en parasol

I.2.1.1 Un arbre typique du bassin méditerranéen

Pays	Surface (ha)
Espagne	490 000
Portugal	187 000
Italie	46 000
Turquie	43 000
Tunisie	21 000
France	13 500
Liban	12 000
Maroc	3 000
Israël	2 000
Grèce	1 500
Total	819 000

Tableau 2. Surfaces de pin pignon.
Source : Mutke S., Calama R. (2015)

L'aire de répartition du pin parasol est située sur le pourtour du bassin méditerranéen. En effet, il est majoritairement trouvé en Espagne, Portugal, Italie et Turquie (Tableau 2). Si son aire naturelle est difficile à définir à cause de l'ancienneté des plantations pour la production de pignons, il est très probable que l'espèce soit indigène en région méditerranéenne française.

La progression des surfaces est importante dans certains pays européens : au Portugal, les surfaces sont passées de 50 000 ha dans les années 80 à 187 000 ha en 2010. En Espagne, l'intérêt suscité par la production fruitière convertit des surfaces anciennement agricoles : 37% d'augmentation de surface de pin pignon a été constaté entre 1986 et 2007 (Ovando et al. 2008).

Des implantations de peuplements plus récentes -soit en faveur de la fixation des sols soit pour la production de pignons- en Géorgie, en Azerbaïdjan, en Iran, en Afrique du Sud, Argentine, Chili, Australie, Nouvelle Zélande complètent son aire de répartition actuelle.

Le pin pignon occupe une faible surface en France (13 500 ha), mais couvre néanmoins plusieurs régions, depuis les côtes atlantiques de l'île de Ré aux côtes Basques, et jusqu'à la région méditerranéenne. En région méditerranéenne française, la seule carte des boisements déjà produite est celle présentée en Figure 3 (Labadie 1983).

I.2.1.2 Autécologie de l'espèce

Arbre héliophile, il vit en France dans l'étage de végétation mésoméditerranéen, au bioclimat humide, sub-humide et plus rarement semi-aride. Généralement situé dans les plaines littorales ou à basse altitude (entre 0 et 600 mètres d'altitude), il est trouvé aux alentours des 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer en Espagne ou Italie.

Le pin parasol est sensible aux températures minimales absolues, et les basses températures combinées à l'humidité atmosphérique élevée seraient encore plus néfaste (Labadie 1983; Boisseau 1993).

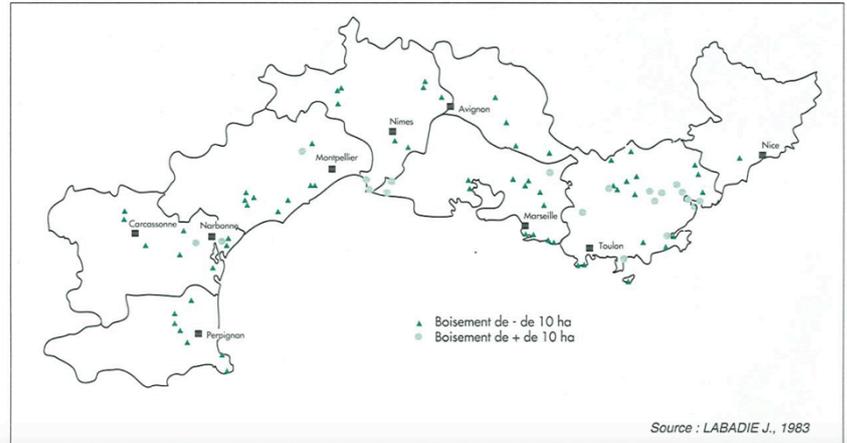


Figure 3. Carte des boisements de *Pinus pinea* L. en région méditerranéenne française. Source : Labadie (1983)

Les amplitudes climatiques observées en France sont les suivantes (Labadie 1983):

- Précipitations annuelles moyennes: entre 550 et 1500 mm (en Espagne il descend à 300 mm)
- Précipitations du trimestre d'été: entre 48 et 196 mm
- Nombre de mois secs : de 2 à 6
- Températures annuelles moyennes : de 9,5°C à 17,1°C
- Température moyenne des minima du mois le plus froid : de -2°C à 6°C
- Température moyenne des maxima du mois le plus chaud : de 27°C à 32°C

La localisation climatique du Pin pignon en région méditerranéenne française correspondrait à celle du

Chêne vert sur le diagramme d'Emberger présenté dans la Figure 3 (Labadie 1983).

La croissance de l'espèce se déroule au printemps (40 à 70% de la longueur totale de la pousse), sur une période qui dépend des conditions de climat, et notamment le démarrage en février lié à des températures minimales journalières d'au moins 4-5°C – et moyennes journalières de 9°C. À partir d'avril-mai, ce sont les précipitations qui deviennent le facteur primordial de l'allongement des pousses (Cabanettes 1979).

L'essence s'adapte bien aux différents types de sols, bien qu'elle soit trouvée majoritairement sur terrains sableux ou alluviaux. Le pin pignon est considéré comme une essence plastique, tolérante au calcaire et à la lourdeur des sols

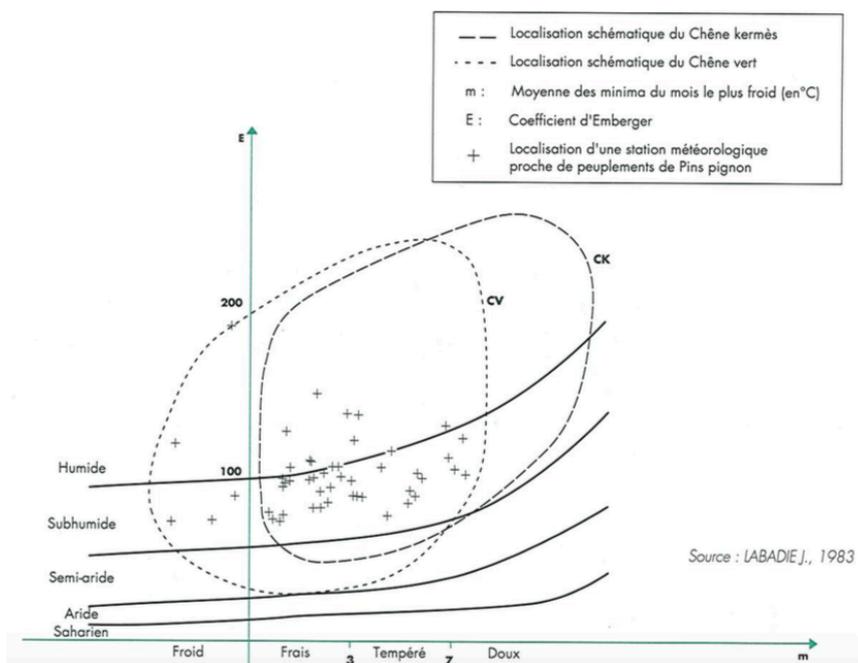


Figure 4. Diagramme d'Emberger pour le pin pignon en région méditerranéenne française. Source : Labadie (1983)

(Djaziri, cité par (Boisseau 1993)). Bien que les sols sableux permettent une meilleure germination et que le sel soit en revanche un facteur limitant, les peuplements adultes sont peu exigeants par rapport à la composition chimique du sol. La présence de calcaire ou d'eau salée dans la nappe limiterait la croissance sans empêcher le développement de l'arbre. L'espèce a beaucoup été utilisée en France dans des reboisements pour ses qualités d'adaptation et de fixation de sols.

Cependant, les analyses statistiques n'ont pas permis pas de distinguer la fertilité sur sols calcaires ou acides, ni entre roches s'altérant en textures très différentes (sables et argiles). Le calcaire fissuré semble être prospectable par les racines, ce qui permet aux arbres d'atteindre de bonnes classes de fertilité (Boisseau 1993).

I.2.2 Phénologie et reproduction : la naissance du cône

Comme pour beaucoup de résineux, la perpétuation de l'espèce pin pignon se fait par reproduction sexuée. Une fois la maturité sexuelle atteinte, à savoir environ entre 15 et 25 ans, certains bourgeons spécialisés fleurissent et produisent des cônes, ou strobiles (ou encore « pignes » en français méridional), qui sont les organes reproducteurs.

Le pin parasol étant monoïque, il possède donc à la fois les organes mâles et les organes femelles sur le même arbre, bien que répartis différemment dans le houppier -on observe une forte concentration de cônes mâles dans la partie médiane inférieure tandis que les cônes femelles sont dans la partie supérieure-.

Les cônes mâles, ou « châtons » (Figure 8), rassemblent des étamines sur lesquelles se trouve les sacs polliniques contenant les grains de pollen. Au mois de juin, le pollen est transporté abondamment par le vent vers les fleurs femelles (Figure 6) d'autres individus. C'est la pollinisation.

Le cône femelle va ensuite continuer de se développer, et mûrir pendant 3 ans avant de libérer ses graines qui constitueront le peuplement futur. Ce sont ces graines que l'on appelle pignons, et qui sont, pour certaines espèces dont *Pinus pinea* L., comestibles.

La phénologie de la reproduction du pin parasol peut être résumée comme suit (Mutke, Gordo, Gil 2005) :

- Au mois de juin de l'année N apparaissent les bourgeons
- Au mois de mai- juin de l'année N+1, la floraison forme les cônelets femelles encore verts (Figure 5 A) qui sont ensuite pollinisés par le pollen des fleurs mâles (Figure 8).
- Au mois d'avril de l'année N+2, les cônelets brunissent (Figure 5 B) et se retrouvent à l'aisselle des pousses de l'année (Figure 7)
- Au moins de juin de l'année N+3, les cônes sont fécondés. La graine va maintenant se développer.
- Au mois de novembre de l'année N+3, les cônes verts sont mûrs (Figure 5 C).
- À l'année N+4, les cônes brunissent (Figure 9) puis s'ouvrent et libèrent leurs graines en juin-juillet.

Un schéma reprend ces étapes en Figure 10.

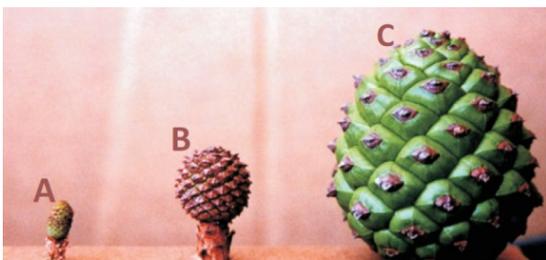


Figure 5. Stades de maturation du cône. A) 1 an B) 2 ans C) 3 ans

Source : www.inia.vpt



Figure 6. Cône femelle à N+1, au bout de la pousse annuelle



Figure 7. Cône femelle de pin pignon au mois de mai de l'année N+2



Figure 8. Floraison des fleurs mâles de pin pignon à l'année N+1. Photo: Mireille Mouas, Photothèque CNPF IDF



Figure 9. Cône femelle de Pin pignon au mois de mai de l'année N+4

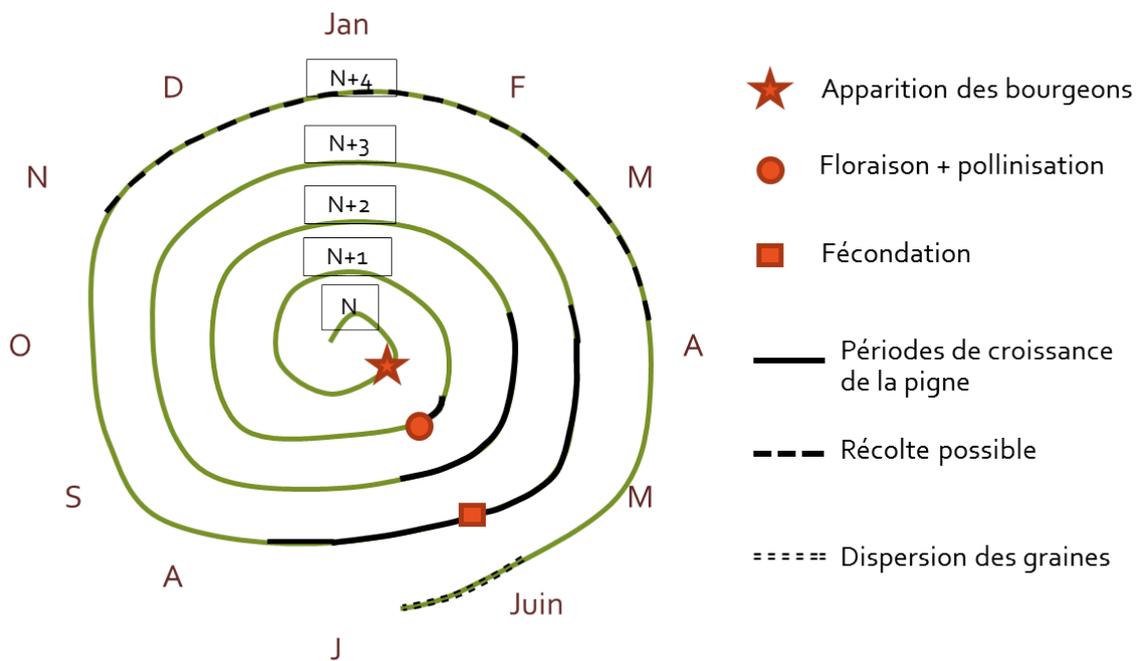


Figure 10. Schéma récapitulatif du cycle de reproduction de *Pinus pinea* L. Inspiré des diapositives de Calama (2014)

Le cycle de reproduction de l'essence aboutit à la formation des graines, les pignons de pins, dont les caractéristiques sont présentées dans la partie suivante.

I.2.3 Le pignon de pin, ses caractéristiques

Les pignons de pins sont consommés historiquement dans les régions européennes qui en produisent. En Méditerranée, la culture culinaire emploie fréquemment le pignon de pin. Il est l'ingrédient de plusieurs recettes italiennes dont le pesto traditionnel ; en France, il est employé dans les salades, les confiseries et pâtisseries, en liqueurs, ou encore en Tunisie pour parfumer le thé. Il existe également de l'huile de pignon de pin dont les vertus nutritionnelles seraient exceptionnelles.

Ces pignons de pin sont les amandes des graines extraites des cônes de *Pinus pinea* L. . Ils sont contenus dans des coquilles très dures lignifiées.

Lorsqu'ils sont encore à l'intérieur de cette coquille, ils sont appelés « pignons coques », « graines » ou encore « pignons noirs » en raison de la poudre noire qui les recouvre.

Lorsqu'ils sont séparés de leur coquille et que la fine pellicule qui les recouvre est enlevée, ils deviennent comestibles et se nomment les « pignons blancs » ou « amandes ».



Figure 11. De gauche à droite: pignons noirs ou coques, pignons dans leur pellicule, pignons blancs ou amandes comestibles

Si cette petite amande oléagineuse séduit de nombreux consommateurs, c'est qu'outre son goût raffiné, de nombreuses qualités nutritionnelles intéressantes lui sont attribuées. Il est aujourd'hui en compétition sur le marché avec des pignons de pins de plus de 30 autres espèces, comme par exemple *Pinus koraiensis* venue d'Asie, *Pinus sibirica* de Russie, *Pinus gerardiana* du Pakistan (Agri-Ciência - Consultores de Engenharia, Lda 2014).

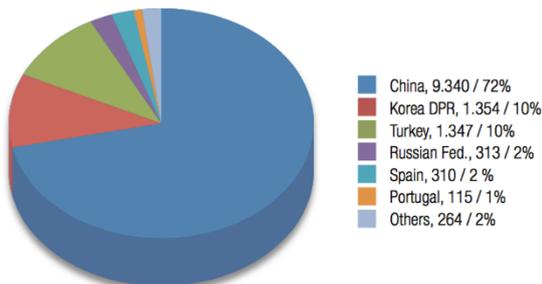


Figure 12. Exportations mondiales moyennes de pignons entre 2009 et 2013. Source: International Nuts and Driedfruits (INC)

En effet, les exportations de pignons, toutes espèces de pins confondues, montre une nette domination du marché par les Asiatiques, qui représentent en moyenne 82% des exportations mondiales de pignons de pins entre 2009 et 2013.

La Turquie, l'Espagne et le Portugal qui produisent du pignon de pin méditerranéen (de *Pinus pinea* L.) ne représentent à eux trois que 13% des exportations mondiales.

Le prix moyen du pignon asiatique est nettement inférieur au pignon méditerranéen, mais aucune différence dans les chiffres d'échanges commerciaux européens ou mondiaux n'est faite entre ces espèces. Les qualités nutritionnelles du pignon asiatique sont pourtant moins bonnes (voir paragraphe suivant), et des dangers sanitaires sont liés à sa consommation. En 2008 est apparue le premier cas français de dysgueusie, une amertume bénigne et transitoire pouvant durer jusqu'à 2 semaines ressentie après consommation de pignons de pin. Des cas similaires avaient déjà été soulevés en 2000 en Belgique, restés inexplicables à l'époque. Ceci serait dû à la présence de graines de *Pinus armandii* et *Pinus massoniana* -espèces chinoises- non comestibles dans les lots de pignons consommés, à cause de la mauvaise traçabilité de ces productions et de l'absence de contrôles sur les pignons commercialisés (Flesh, Daoudi 2010).

La comparaison de la composition du pignon méditerranéen au Portugal avec le pignon chinois montre que ce dernier contiendrait plus de graisses (68,1% de la matière sèche contre 47,7%), et beaucoup moins de protéines (14,1% de la matière sèche contre 33,9%), vitamines et minéraux (Evaristo et al. 2013).

On peut noter qu'au sein de la même espèce *Pinus pinea* L., les compositions chimiques et notamment en protéines diffèrent également -dans une moindre mesure tout de même- selon les provenances, les lieux de production (Nasri, Triki 2007; González, Loewe, Delard 2012). En revanche, ces compositions chimiques n'ont pas été cherchées pour les pignons varois.

Le contexte de l'étude ayant ainsi été replacé, il convient maintenant de rappeler la problématique qu'il a généré, et la méthode adoptée pour y répondre.

I.3 Problématique et démarche adoptée

C'est donc dans ce contexte de forêt méditerranéenne varoise cherchant à diversifier les usages de ses forêts, en prenant en compte les enjeux d'incendies récurrents, d'intégration du paysage dans la gestion forestière et de changement climatique que le Pin pignon trouve sa place. Cet arbre typiquement méditerranéen fait aujourd'hui l'objet d'une attention toute particulière : les pignons qu'il produit sont une denrée à haute valeur nutritive, prisée et recherchée, qui n'est pas valorisée sur le territoire français.

Si historiquement des récoltes traditionnelles familiales étaient pratiquées en amateur en Provence, ce sont maintenant des équipes venues de l'étranger qui se chargent d'effectuer régulièrement des récoltes, avec ou sans accord du propriétaire, profitant ainsi d'une ressource à bas prix aujourd'hui non valorisée.

Pourtant, bien qu'étant reconnu comme la graine la plus chère du monde, et malgré les risques sanitaires encourus par le manque de traçabilité des filières concernées, l'importation de pignons de pins en quantité depuis le monde entier continue, alors qu'ils poussent ici naturellement.

L'émergence et le succès de nombreuses filières courtes valorisant les produits du terroir comme la châtaigne des Maures, ou encore les efforts pour valoriser le liège a convaincu l'association Forêt Modèle de Provence, en partenariat avec le CNPF région PACA, d'initier un projet de développement de la production de pignons de pins. Après un aperçu de la filière lors d'un voyage en Toscane en 2014, le projet se poursuit avec l'étude présentée ici, conduite à l'occasion d'un stage de six mois, répondant à la problématique :

Comment valoriser les peuplements de *Pinus pinea* L. à travers la production de pignons de pins dans le Var ?

Au vu du peu de documents existants sur le sujet en France, la première étape a consisté à regrouper les données bibliographiques pour connaître et caractériser la production de pignons de pins là où elle existe et est expérimentée. Afin d'avoir une idée du potentiel de notre territoire, nous avons ensuite précisé les données cartographiques des peuplements en présence, et installé un dispositif de suivi pour en connaître la productivité et son évolution dans le temps : des premiers résultats ont pu être tirés.

La valorisation des pignons de pins ainsi produits nécessite ensuite la création d'une filière. Celle-ci a dans un premier temps été étudiée étape par étape depuis l'arbre jusqu'à l'assiette, puis illustrée par des exemples existants chez nos voisins espagnols. Le croisement de ces informations a permis de dégager les principaux scénarios d'adaptation envisageables dans le Var, identifiant les contraintes majeures à lever ainsi que les acteurs pouvant jouer un rôle clé dans leur développement.

Enfin, la durabilité de la mise en place d'une telle filière reposera sur la pratique d'une sylviculture adaptée à la production de pignons, et à nos peuplements. Sans être exhaustifs, trois itinéraires ont été identifiés, proposant des pistes de traitements applicables rapidement aux principaux cas que l'on peut rencontrer dans le Var.

Une dernière partie présente les limites de cette étude, et les contraintes rencontrées, pour finir par les perspectives d'avenir pour ce projet, et les propositions d'actions permettant d'atteindre les objectifs fixés.

II. Connaître et caractériser la production de pignons dans le Var

II.1 Synthèse bibliographique : la production de cônes et de pignons en méditerranée

La majorité des ouvrages provient de pays déjà producteurs comme l'Espagne, l'Italie, ou le Portugal, mais également de certains chercheurs tunisiens ou chiliens qui cherchent à développer cette filière.

Partout en Méditerranée, une très grande variabilité de la production est observée, tant dans l'espace que dans le temps. De nombreux facteurs en sont la cause, et leur influence a nourri de nombreuses publications, dont nous faisons une synthèse à travers les points qui suivent.

L'Annexe 1 présente les principales conversions d'unités et équivalences utiles.

II.1.1 Le comportement cyclique de la production

En un endroit donné, la récolte de pignes peut varier énormément d'une année à l'autre, montrant des productions globales 50 fois meilleures les bonnes années.

Il a été constaté par de nombreux auteurs que ces années de production « exceptionnelles » revenaient régulièrement tous les 3, 4, ans ou plus selon les lieux, constituant un sorte de cycle de production, constitué d'une bonne récolte suivie de quelques moins bonnes (Peruzzi, Cherubini 1998; Carrasquinho et al. 2010; Calama et al. 2011; Agri-Ciência - Consultores de Engenharia, Lda 2014).

Une sérieuse hypothèse explicative a été formulée, proposant la piste de l'allocation des ressources des arbres : les fleurs femelles étant initiées à la fin du printemps, cela correspond à la période de croissance principale des cônes mûrs (Calama et al. 2011).

Lors d'une année de très bonne récolte, les ressources pour la formation de nouvelles fleurs femelles manquent, car elles sont allouées pour la maturation finale des cônes, plus nombreux que d'ordinaire. De plus, il a été noté que la vigueur des pousses (longueur, nombre de bourgeons latéraux), et l'effort de reproduction (nombre de cônelets femelles initiés) souffrent du manque d'eau et sont diminués lorsque de nombreux cônes sont en maturation (Mutke, Gordo, Gil 2005).

Les facteurs climatiques étant particulièrement importants pour l'induction florale, ces années exceptionnelles sont donc dépendantes de la présence de conditions climatiques idéales la première année, puis favorables pendant les 3 ans suivants qui permettent la maturation des cônes.

II.1.2 L'influence du climat sur la production de cônes

Les études espagnoles s'appuient sur des bases de données conséquentes qui réunissent parfois plus de 40 ans de récoltes. Il a été constaté que la production moyenne annuelle dans la région de Valladolid était comprise entre 200 et 600 kg/ha (Mutke et al. 2003). Un travail conséquent de caractérisation de la production y a été réalisé, qui trouve des productions moyennes (entre 1963 et 2002) allant de 57 à 435 kg/ha selon les lieux (Gordo 2004).

Les facteurs climatiques les plus influents sur la récolte ont été définis (Mutke, Gordo, Gil 2005). La récolte (année R) de cônes sur le plateau nord de Valladolid, était favorisée principalement par :

- une forte disponibilité en eau et une faible quantité de cônes en cours de maturation au moment de la formation primaire du cône (Juin de l'année R-4).
- Une forte disponibilité en eau pendant la pollinisation (Juin R-3).
- Un milieu d'été doux juste après la pollinisation (R-3) (pour éviter la perte de cônes)
- Des précipitations pendant la dernière année avant récolte (croissance finale, et maturation).

Dans cette même étude, 68 % des variations de la récolte ont été déterminés par les facteurs agissants entre la formation primaire de la fleur et la formation du cône après pollinisation (donc avant R-3).

Ce fort lien avec le stress hydrique a été confirmé en Espagne au nord de Barcelone où il a été trouvé une plus faible mortalité des cônes de deuxième année en 2011 (7 % versus 20 % en 2010) et une plus nombreuse induction florale (14 fleurs/arbre versus 10 fleurs/arbres en 2010) des arbres irrigués par rapport aux témoins (Bono, Aletà 2013). L'effet positif de l'irrigation en avril et mai a été significatif sur la récolte moyenne de cônes, et sur le poids moyen des cônes; en revanche, le prolongement de l'irrigation jusque mi-juillet n'a pas montré d'augmentation supplémentaire significative pour ces deux variables. Une corrélation positive entre les précipitations hivernales moyennes (mm/an) et la production de cônes a également été notée (Calama et al. 2008).

L'importance des précipitations est également confirmée dans une autre étude (Gordo 2004); 58 % des variations interannuelles de la production de pignons en Valladolid sont expliqués par son modèle de régression, dont 46 % attribués à l'influence des précipitations aux étapes clef du développement du cône. Il énonce le fait que Valladolid avec son climat chaud et sec, serait en limite d'aire de répartition du Pin pignon, ce qui expliquerait des productions faibles observées en regard de celles du Portugal, au climat plus doux et humide. La variable la plus influente dans le modèle serait la somme des précipitations entre janvier et mai de l'année de floraison.

En Turquie, dans le bassin de Kozak, les relations entre facteurs climatiques et production de cônes ont été étudiées. Les zones les plus productives bénéficiaient, pendant la période de pollinisation, d'une humidité relative plus faible (entre 47 % et 60%) et d'une vitesse de vent plus forte (>3m/s pendant plus de 20h) que les autres. Le nombre de jour en dessous de -10°C était quasi-nul, 1 heure seulement sur 2 ans (Kilci et al. 2013).

La pollinisation semble être influencée négativement par des précipitations pendant la période de pollinisation, par une forte humidité relative de l'air, par des températures extrêmes, qu'elles soient fortes ou faibles, et par de gros écarts de température entre le jour et la nuit (écarts de 22°C enregistrés dans les zones non productives).

Les données climatiques sont manquantes sur la zone de Kozak, mais il semblerait que le climat y soit très sec en été (source : Turkish State Meteorological Service), la température moyenne annuelle plus chaude qu'en Espagne, mais également qu'il soit beaucoup plus pluvieux sur l'année que l'Espagne, avec 740 mm d'eau/an en moyenne contre 433 mm à Valladolid, 631 mm à Barcelone et du même ordre de grandeur que le Var, avec 776 mm au Luc (83). La production de pignons nécessiterait donc de l'eau sur l'année, avec des humidités relatives restant inférieures à 70 % et des écarts de température jour/nuit faibles pendant la pollinisation.

L'eau semble être le facteur le plus limitant à la production de cônes, et doit être disponible en quantité à certains moments clés du cycle reproductif de l'arbre. Les précipitations annuelles ne seraient importantes que pour la maturation finale et la croissance des pignes, et ne seraient a priori pas un problème au vu des chiffres du Var.

Les conditions climatiques favorables à la production de cônes de Pin pignon peuvent être résumées ainsi:

Mois	Etapas phénologiques correspondantes	Conditions optimales
Avril	<ul style="list-style-type: none"> • Elongation des nouvelles pousses • Croissance des cônes de 2^{ème} année • Croissance des cônes de 3^{ème} année • Début de floraison 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantité d'eau disponible importante (pluies)
Mai	<ul style="list-style-type: none"> • Floraison • Pollinisation • Croissance des cônes de 2^{ème} année • Croissance des cônes de 3^{ème} année 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantité d'eau disponible suffisante (irrigation, réserves du sol), mais des précipitations trop importantes sont néfastes à la pollinisation. • Humidité relative instantanée ne dépassant pas 70 % • Vents importants (>3m/s) présent dans le mois • Ecart de températures jour/nuit faibles
Juin - Septembre	<ul style="list-style-type: none"> • Formation des cônes de 1^{ère} année 	<ul style="list-style-type: none"> • Températures relativement douces, pour éviter l'abscission des cônelets

II.1.3 Les facteurs édaphiques (le sol)

Peu de renseignements existent sur l'influence du sol sur la production de cônes de pin parasol. Les conditions optimales de croissance de l'espèce sont connues pour être des sols légers, à texture plutôt sableuse ou sablo-limoneuses profondes.

Dans ces sols, la présence d'une nappe phréatique à proximité de la surface semble être essentielle pour la vie du pin (Godin (1975), cité par Agrimi, Ciancio (1994)).

En France, la présence de sols peu profonds, d'affleurements rocheux, d'une dalle proche ou d'un pourcentage de cailloux élevé gêne l'enracinement et limite la fertilité des stations (Labadie 1983; Boisseau 1993).

Sur 41 années de récolte, 3 % des surfaces de pin pignon n'ont pas produit de cônes pendant plus de 10 années et leur production présentait des coefficients de variation importants (Mutke, Gordo, Gil 2005). Les auteurs expliquent cela par des conditions de sol désavantageuses : des pentes érodées de marnes calcaires avec des couches de gypse, ou des sols très superficiels sur des nappes salines endoréiques (dont l'écoulement de l'eau n'atteint jamais la mer, mais disparaît par évaporation).

Dans le bassin de Kozak en Turquie, les pertes de cônes observées ces dernières années avaient lieu sur des cônes jeunes (Kilci 2013). Lorsque les éléments azote (N), phosphore (P), calcium (Ca) et manganèse (Mn) du sol diminuaient, la perte des cônes augmentait. Ces sols étaient cependant tous sableux ou sablo-limoneux ou limono-sableux. L'auteur considère que ce sont particulièrement le manque de P et de Ca, combiné à la sécheresse qui pourraient être les facteurs intervenant dans la perte des cônes.

La présence de calcaire dans le sol (total et sous forme carbonatée) ne semble pas être un problème pour le pin parasol. Elle n'a pas ou peu montré d'impact sur la croissance des arbres (Labadie 1983; Boisseau 1993), et des récoltes surprenantes sur terrains calcaires a priori peu favorables et peu profonds ont été constatées (Gordo 2004).

II.1.4 Les facteurs dendrométriques, le peuplement objectif

Dans les facteurs dendrométriques sont regroupés les facteurs liés à l'arbre (hauteur, taille du houppier, diamètre) et les facteurs liés au peuplement (densité, âge dans le cas d'un peuplement équienne...), qui sont en réalité très corrélés et influencés par la sylviculture pratiquée.

De manière générale, il est de notoriété qu'un arbre fruitier bien mis en lumière (parfois même isolé d'un peuplement), concentrera sa croissance sur son houppier, permettant par la suite une fructification accrue. Le pin parasol, lorsqu'il pousse à densité réduite, développe davantage ses rameaux latéraux en longueur et diamètre, maintenant les bourgeons terminaux au sommet du houppier étalé, optimisant la production de pignes (Mutke et al. 2007).

La fructification du pin parasol semble donc être liée aux dimensions des arbres : 71 % de la récolte de cône serait expliquée par la taille des arbres (Mutke, Gordo, Gil 2005, cités par Carrasquinho et al. 2010).

D'autres constatations sont en accord avec les recherches antérieures (Boutheina, Aouni, Balandier 2013):

- Il y a une bonne corrélation entre le diamètre du houppier et la production de cônes (Cappelli 1958; Alpuim et al. 2000; Gonçalves, Pommerening 2012).
- Une faible densité permet une croissance des arbres idéale, ceux-ci plus gros et dominants, produiront plus de fruits (Gordo 2004; Calama et al. 2008, 2011).

De manière générale, il est constaté que tous les scénarios sylvicoles de peuplement de pin parasol à objectif de production de pignes sont basés sur la réduction de la densité d'arbres, pour descendre en dessous des 200 tiges/ha avant d'atteindre l'âge de 15 ou 20 ans (Montero et al. 1998; Gordo et al. 2009) et permettre le développement d'un plus gros houppier en limitant la concurrence pour la lumière (Agrimi, Ciancio 1994).

L'âge des peuplements a en effet également une grosse influence sur la production de cônes. Le pin pignon (comme tous les pins) s'il n'est pas greffé n'est apte à fructifier que lorsqu'il a atteint l'âge d'environ 15 – 20 ans, et sa production atteint son maximum entre 20 et 35 ans, puis chute autour des 80-100 ans (Labadie 1983; Peruzzi, Cherubini 1998; Gordo, Mutke, Prada 1999).

Les arbres objectifs censés atteindre l'optimum de production de pignes se trouveraient donc dans des peuplements peu denses (moins de 200 tiges/ha), avec un accès à la lumière important pour permettre le développement de leur houppier et limiter la concurrence. Les arbres les plus gros, compris entre 30 et 80 ans seraient dans l'optimum de production.

II.1.5 La perte de production observée dans les pays producteurs ces derniers temps : la conséquence d'un ravageur ?

Raphael Calama, lors du séminaire de l'UNAC (União da Floresta Mediterrânica) « Avanços no Conhecimento na Fileira do Pinheiro Manso » du 06/03/2015, décrit la perte de production comme se traduisant par deux phénomènes : une diminution des quantités de pignes récoltées, et du rendement en nombre de pignons par pignes.

II.1.5.1 Une diminution des quantités de pignes récoltées

Dans la province de Valladolid depuis 2012 la production de cônes est très faible, en Andalousie aussi ces dernières années (Martínez 2014), au Portugal la récolte a été divisée par 5 entre 2010 et 2011 (Sousa 2012), en Italie la diminution déjà entamée depuis les années 1990, de -10% par an depuis 1995 (Benassai et al. 2008), est drastique depuis 2008-2009. En Turquie, une baisse de la productivité en cônes est observée dans le bassin de Kozak depuis 2005 (Kilci 2013; Özçankaya, Balay, Bucak 2013)

II.1.5.2 Une diminution du rendement en pignons au sein des cônes

En Espagne, dans la province de Valladolid, les rendements en poids de pignons blancs par rapport au poids de la pigne était de 1,8 % en 2012-13 et 2,7 % en 2013-14 alors que la normale se situe entre 2,7 % et 4,4 % (Calama 2015). De nombreux pignons vides ont été observés (plus de 45% parfois). Au Portugal les rendements sont inférieurs à 2 %, et en Andalousie une perte de rendement est également ressentie.

Ces deux phénomènes sont-ils indépendants ou ont-ils la même cause ? Celle-ci serait-elle plutôt biologique (agent pathogène) ou climatique ? Des éléments de réponses sont présentés dans les prochains points.

II.1.5.3 Les principaux ravageurs des cônes de *Pinus pinea* L.

Plusieurs espèces de pathogènes s'attaquent aux cônes du pin parasol. La liste présentée est loin d'être exhaustive mais cible les principaux accusés pour la diminution de production observée. D'autres espèces non présentées parasitent d'autres parties de l'arbre également.

Dioryctria mendacella (Stgr.): Lépidoptère qui pond à la surface des cônes de 3^{ème} année. Une fois éclos, la génération de chenille creuse et entre dans le cône formant des trous irréguliers en surface avec des excréments jaunâtres à rosâtres, où de la résine est souvent sécrétée. La larve se développe ensuite dans le cône, mangeant les réserves, à savoir les pignons.



Figure 13. Trou d'entrée de *Dioryctria mendacella*.
Source : www.iefc.net

Pissodes validirostris (Gyll.): Ce coléoptère creuse des orifices (reconnaissables car lisses et circulaires en surface) dans les cônes verts (3^{ème} année sur *Pinus pinea* L.) pour s'alimenter et se reproduire, pondant plusieurs dizaines d'œufs par pigne infestée. Le nombre de larves par cône est ensuite de l'ordre de 5 à 8 au final, et conduit généralement à une destruction quasi-complète des graines de cônes attaqués (Roques 1983).

Leptoglossus occidentalis (Heidemann) : Punaise « américaine » observée pour la première fois en Italie en 1999 (Lesieur et al. 2014), largement installée en France depuis 2007 (Dusouliez et al. 2007), elle se nourrit des cônes de 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} année, depuis le stade de nymphe jusqu'à l'adulte. Elle insère sa trompe entre les écailles des cônes et se nourrit des graines et substances protéiques. Les jeunes cônes d'un an touchés peuvent aller jusqu'à l'avortement complet (Bates, Strong, Borden 2002). En revanche, les cônes déjà plus développés ne présentent aucun aspect extérieur permettant de différencier l'attaque d'autres parasites (Strong, Bates, Stoehr 2001), mais les pignons une fois ouverts sont vides, jusqu'à 50% (Mutke, Calama 2015).



Figure 14. *Leptoglossus occidentalis*, ©Denis Bourgeois

Une veille sanitaire méditerranéenne serait nécessaire pour suivre l'impact de ces ravageurs, leur forte présence pouvant mettre sérieusement en danger les potentialités de production de pignons de pins.

II.1.5.4 Les hypothèses d'explication de la diminution de production

En Turquie, plusieurs études ont tenté d'identifier les raisons d'une perte de production observée dernièrement. L'effet des maladies et ravageurs sur ces pertes a également été étudié dans ce site mais aucun lien de causalité n'a pu être démontré (Özçankaya, Balay, Bucak 2013). La Pyrale du pin (*Dioryctria pinea* Staudinger) était l'espèce la plus présente mais les taux de dommages n'étaient que de 3 %. Cependant *Leptoglossus occidentalis* ne fait pas partie des espèces étudiées lors de la publication, alors qu'elle est présente en Turquie déjà depuis 2009 (Hizal, İnan 2012).

Un article a montré sur d'autres espèces de pins (*Pinus sylvestris*, et *Pinus nigra*) en France, que les punaises adultes s'attaquent aux pignes de 2 ou 3 ans, en aspirant avec leur rostre le contenu des graines (Lesieur et al. 2014). Les cônes de première année n'ont cependant pas été plus touchés que les témoins. Sur des conifères américains, la punaise peut provoquer l'avortement et l'abscission des cônes de 1^{ère} année (Bates, Strong, Borden 2002).

En Toscane (Italie), il a été observé une plus forte proportion de cônes de 2^{ème} année dégradés extérieurement que de cônes de 1^{ère} année (Bracalini et al. 2013). Cependant les cônes de 1^{ère} année tombés ou avortés sont plus nombreux que ceux de 2^{ème} année : cette chute des cônelets d'un an peut être causée naturellement par des conditions climatiques particulières ou par une faible pollinisation. Dans le cas de cette étude, la mortalité la plus importante survient au premier hiver chez les cônes de 1^{ère} année : elle pourrait être due à *Leptoglossus occidentalis* selon les auteurs. Etant donné la diminution du nombre de cônes sains

depuis l'introduction de *Leptoglossus* (70 % de sains contre 6 % l'année suivante), il semble être le ravageur potentiel le plus suspecté, mais les attaques restent difficiles à identifier.

Une liste **en faveur de l'hypothèse** inculpant *Leptoglossus occidentalis* a été donnée (Calama 2015) :

- *Dommages observés compatibles avec les descriptions de l'impact de l'espèce*
- *Insecte est détecté dans les zones touchées*
- *Apparition de la perte de cônes simultanée dans différents endroits*
- *Apparition de la perte de cônes sur des années où le climat est différent*

Arguments contre :

- *Peu d'observations de l'insecte tout de même*
- *Retard entre l'apparition de l'insecte et les dommages observés*
- *Amélioration de la production en 2013-2014 dans certaines zones : Andalousie et Portugal*

*La production de cônes et de pignons serait donc caractérisée par une grande variabilité dans le temps (de manière cyclique) et dans l'espace, dont de nombreux facteurs sont responsables : le climat (disponibilité de l'eau principalement), le sol, le peuplement et sa structure, et la présence de ravageurs. Le principal suspect concernant la chute de production observée ces dernières années en Italie, Portugal et Espagne est *Leptoglossus occidentalis* ; l'évolution de cet insecte est à surveiller de plus près.*

Ces informations ont été acquises dans les pays aujourd'hui producteurs de pignons méditerranéens ; Elles restent à confirmer ou infirmer sur le territoire français, qui n'avait jusque là pas encore fait l'objet d'étude particulière dans le domaine de la production de pignons. Pour ce faire, il faut en premier lieu préciser la cartographie des peuplements de pins parasols dans le Var.

II.2 Précisions cartographiques des peuplements présents

Au vu de la durée du stage, il a été convenu qu'une cartographie à l'échelle du Var semblait nécessaire pour préciser où se situent les peuplements présents dans le département. La méthodologie adoptée a donc été un croisement de couches SIG, regroupant les informations existantes connues par les différents organismes. La couche obtenue a ensuite été complétée et rectifiée avec les journées de terrain. Elle est présentée en Figure 15.

Le CNPF PACA a obtenu l'accès à la nouvelle couche BD FORET® V2 de l'IGN (cartographie initiée en 2007) au niveau national. L'adaptation à l'échelle du Var est en cours de réalisation (dernier département de PACA à ne pas en disposer) et n'est pas disponible, nous avons donc pu bénéficier de la couche nationale sur l'emprise du Var bien qu'elle ne soit pas entièrement finalisée sur la zone d'étude.

Une des missions du CNPF étant d'approuver les documents de gestion, il dispose également d'accès aux contours des peuplements de pins parasols recensés dans les Plans Simples de Gestion numérisés.

Peuplements <i>Pinus pinea</i> L.	3768 ha
Mécanisables (pente < 30 %)	3417 ha
Mécanisables (pentes < 12 %)	2424 ha
Débroussaillés	559 ha
Débroussaillés + mécanisables (12%)	231 ha

Tableau 3. Surfaces de pin parasol dans le Var obtenues par croisement de couches

Un travail antérieur de Marie Gautier (Ingénieur CNPF), sur le massif de l'Estérel, avait également recensé de nombreux peuplements de pin pignon et précisé leur répartition sur ce secteur.

Le bilan chiffré a été complété de quelques informations supplémentaires en relation avec la production de pignons. Ces dernières ont été obtenues par le croisement de couches supplémentaires, présentées en Tableau 3.

Le total des surfaces recensées dans cette couche est de 3768 ha. Le Var concentrerait ainsi près de 30% du potentiel national. Cependant, les résultats IFN précédents

montrent une régression des surfaces, inférieure même au chiffre de 1975 de 3850 ha. Ceci est dû à un changement de méthode de calcul de l'IFN, puisqu'entre 1975 et 1999, l'IFN indiquait une augmentation des surfaces d'environ 46%, qui n'ont pu être coupés ni dans un laps de temps aussi court, ni dans le contexte de déprise agricoles que le Var connaît aujourd'hui (voir I.1.1). La nouvelle BD FORET® V2 ne prend en effet plus en compte les peuplements mélangés.

Les pentes ont ensuite été calculées à l'aide du Modèle Numérique de Terrain de la BD TOPO® V2 de l'IGN, et représentent les limites supérieures de pente pour qu'une mécanisation soit possible, 30% pour des engins de débusquage, et 12% pour les secoueurs d'arbres utilisés en Italie ou en Espagne.

A cela nous avons superposé l'information « débroussaillage », contenue dans des couches du Conseil départemental du Var, concernant les obligations légales de débroussaillage, et les pistes DFCI entretenues. La combinaison des deux représente seulement 231 ha qui sont accessibles et mécanisables aujourd'hui, sans coûts de débroussaillage. Ces surfaces ont notamment aidé à sélectionner les emplacements des placettes présentées en II.3. et dans la Figure 15, et seront utiles dans la recherche de parcelles récoltables rapidement dans la suite du projet.

Ces surfaces de pin pignon appartiennent pour 27 % au domaine public et 73 % au domaine privé. Parmi les 1018 ha publics, 58 % sont gérés par l'Office National des Forêts, le reste appartenant au Conseil départemental du Var, au Conservatoire du littoral, au Ministère de la défense... La diversité des gestionnaires peut alors être importante.

Parmi les 2750 ha situés dans le privé, seulement 14% sont situés dans des propriétés soumises à Plan simple de gestion (PSG). La recherche de parcelles et de propriétaires intéressés nécessitera donc une étude foncière approfondie du fait du morcellement des peuplements. À cette cartographie manquent les surfaces qui concernent les arbres en ville, les arbres d'alignement, ou d'ornement chez les particuliers - difficile à cartographier, mais certains arbres ont des houppiers très volumineux du fait de leur isolement et parfois

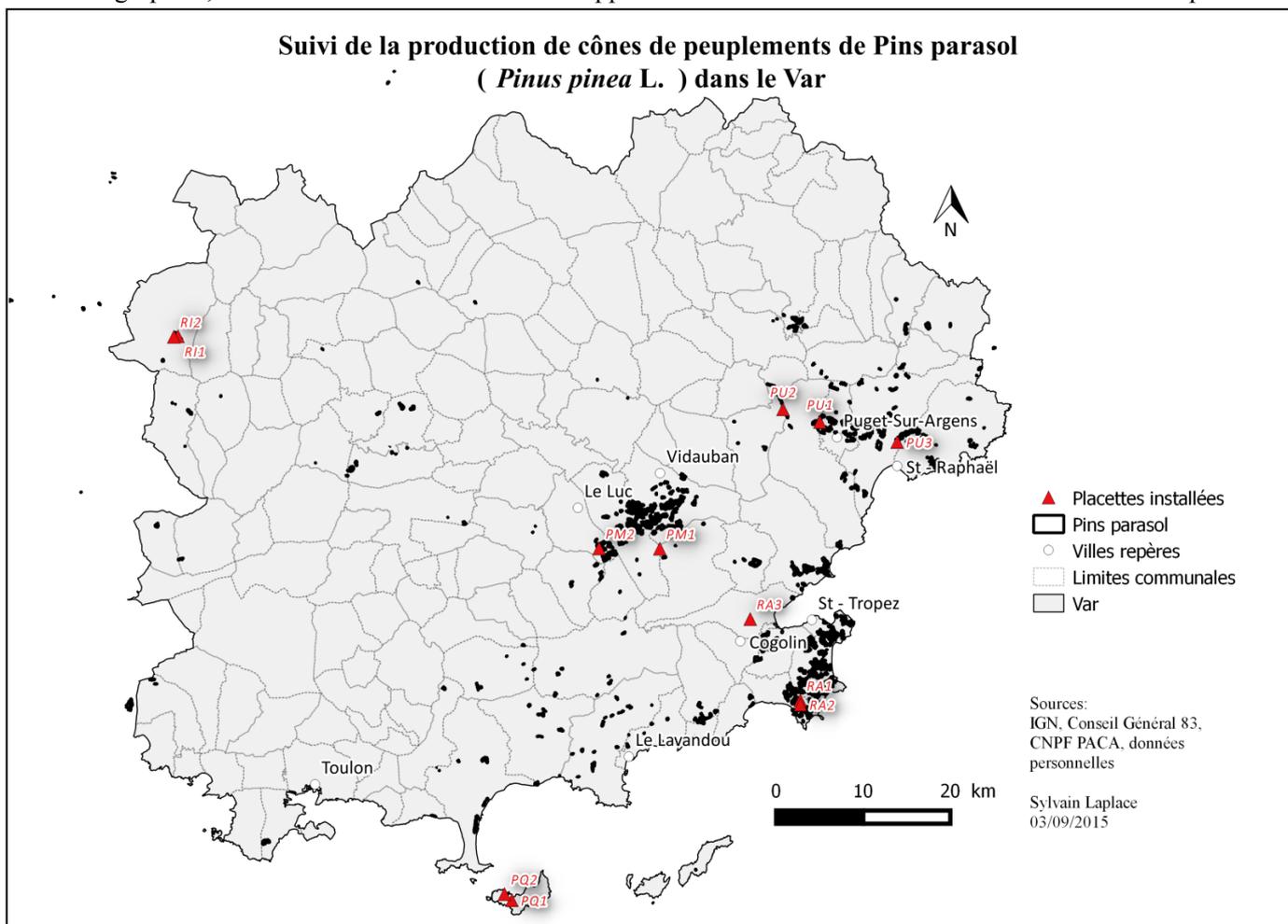


Figure 15. Précisions cartographiques sur les peuplements de Pin parasol et sur l'emplacement des placettes de suivi de la production de cônes dans le Var

d'une bonne disponibilité en eau -. Dans le cadre d'une cartographie de la ressource en pignes, il serait intéressant de les repérer également.

Trois foyers de peuplement peuvent être distingués sur la carte présentée, qui concentrent d'importantes surfaces : la Plaine des Maures au sud du Luc-en-Provence et de Vidauban, la plaine de l'Argens entre Le Muy et Fréjus, et enfin le littoral entre le Cap Lardier et Ramatuelle. Il existe également de nombreux peuplements plus épars dans le département.

II.3 Installation d'un dispositif de suivi de production

II.3.1 Objectif

Les organismes de recherche dans les pays producteurs, qui bénéficient d'une activité de récolte et de transformation effective depuis de nombreuses années, montrent à quel point la production de pignes est complexe et dépendante de plusieurs facteurs. Les données bibliographiques rapportées en II.1 présentent cette production comme très variable, dans l'espace et dans le temps. Si des pistes d'explication ont pu être tirées de ces études, elles ne s'appliquent en aucun cas partout, et ce serait une erreur que de vouloir reprendre leurs résultats transposés sur le territoire du Var.

L'acquisition de données concernant la production de pignes de nos arbres est donc un impératif avant d'envisager la création d'une filière locale.

A l'échelle du département, les objectifs du dispositif de suivi sont :

- Quantifier et comparer la production de pignes en divers endroits du Var
- Préciser les relations entre la production de pignes et les facteurs qui l'influencent

La constitution du protocole de suivi doit également prendre en compte des contraintes, temporelles et économiques. Si une récolte doit être réalisée chaque année, il faut qu'elle prenne le moins de temps possible à l'organisme qui en a la charge et ne doit pas employer des moyens onéreux.

II.3.2 Type d'inventaire et choix de l'emplacement des placettes

Plusieurs types d'inventaires peuvent être réalisés pour l'acquisition de données. Au vu des objectifs présentés et la taille du territoire considéré, un échantillonnage de la population est indispensable.

Dans le but de préciser les relations entre la production de pignes et les facteurs qui l'influencent, le choix de l'emplacement de ces placettes est important. Il doit permettre de mettre au maximum en évidence les gradients des facteurs concernés, et représenter l'ensemble des peuplements du département. La carte de la Figure 15 montre 3 foyers de peuplements principaux. Le postulat suivant a été fait : les 3 zones de foyers de pin pignon rendent compte de certaines différences du point de vue de leur situation (littorale pour Ramatuelle et Fréjus, plus continentale pour la Plaine des Maures), et doivent être représentés dans notre échantillonnage car l'espèce y est fortement présente.

L'obtention de données de production de cône doit passer par une récolte. Celle-ci s'effectuant normalement avec des machines secoueuses dont le CNPF ne dispose pas, elle sera réalisée manuellement à l'aide de cannes, prêtées gracieusement par l'IRSTEA (Figure 16). Le temps nécessaire pour ramasser les cônes étant relativement important et au vu des contraintes économiques fixées, un nombre arbitraire d'une dizaine de placettes a été fixé pour ce protocole.



Figure 16. Récolte avec les cannes de l'IRSTEA

Au sein de chacune des 3 zones définies ci-dessus, nous considérons que le climat est très similaire. Afin de rendre compte des différences de sol, nous essaierons de positionner au moins 2 voire 3 placettes par zone, idéalement dans des situations topologiques ou édaphiques distinctes: haut de pente ou plateau, mi-pente, bas de pente ou vallon, ou avec une profondeur de dalle différente.

Deux autres situations stationnelles complémentaires ont été ajoutées à l'échantillon : 2 placettes en situation insulaire à Porquerolles, et 2 placettes sur sol calcaire, à Rians.

Au total, 12 placettes de suivi ont donc été installées, représentées sur la Figure 15.

Les coûts de re-mesure des placettes doivent être faibles les années qui suivent leur mise en place. La disponibilité de personnel pour effectuer ces relevés les prochaines années étant inconnue, un effort a été fait pour diminuer fortement le temps de récolte des données (environ 2jours/an pour un binôme) pour que l'étude puisse être poursuivie.

Ces placettes sont donc accessibles (le long des pistes DFCI par exemple, ou dans tous les cas sans coûts de débroussaillage supplémentaires) sur le long terme, et les peuplements identifiés ont été choisis pour être le plus homogènes possible: structures, âges et densités similaires afin de diminuer leur effet sur la production de cônes dans nos suivis. D'autres paramètres ont compliqué le choix d'emplacement, comme la taille des arbres (les arbres trop hauts ne sont pas récoltables à la canne sans monter dans l'arbre).

Arrivé dans la parcelle repérée par cartographie, si le peuplement correspond, l'emplacement définitif de la placette est choisi au hasard (nombre de pas et azimut déterminés aléatoirement depuis la route).

II.3.3 Le protocole de mesures utilisé

Les placettes sont permanentes, circulaires à rayon fixe de 10 mètres (Figure 17). La fiche de relevés est présente en Annexe 3. Au sein des placettes il a été noté:

- la topographie
- l'embroussaillage

Une fosse pédologique a été effectuée creusée à la pioche, afin de relever les critères suivants:

- Texture du sol
- Pourcentage d'éléments grossiers (estimation visuelle avec l'aide de l'Annexe 2)
- Profondeur d'arrêt de l'enracinement
- Profondeur d'arrêt de prospection à la pioche

Tous les arbres ont été:

- Comptés (toutes essences confondues)
- Mesurés (diamètre à 1,30m, puis distance et azimut par rapport au centre de la placette)
- Classés par catégorie de diamètres (Petit Bois - 17,5 à 22,5 cm -, Bois Moyen - 22,5 à 42,5 cm- et Gros Bois -45 cm ou plus-).

Quatre d'entre eux sont sélectionnés répartis dans ces catégories de diamètres et constitueront l'échantillon qui sera récolté chaque année.

Une fois ces 4 arbres numérotés, il a été effectué :

- Une mesure du volume de houppier à l'aide d'un télémètre laser (mesure de 4 rayons de houppier opposés, la hauteur de la première branche de l'arbre, et hauteur totale de l'arbre).
- Une récolte puis comptage des cônes vieux (4 ans et +), une collecte des cônes mûrs, les cônes de 2 ans tombés par erreur sont ramassés et comptés.

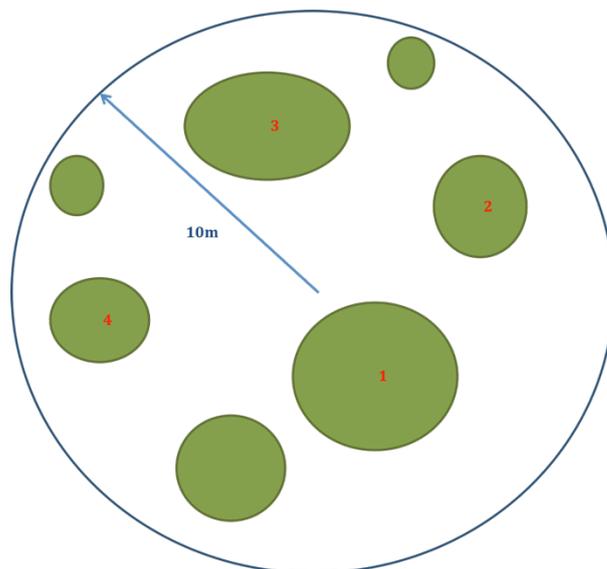


Figure 17. Schéma des placettes de suivi (bleu: le périmètre de la placette, en vert: les houppiers des arbres, en rouge: les arbres sélectionnés)

La durée du suivi des placettes n'est pas déterminée et dépendra de nombreux facteurs; néanmoins, afin que celui-ci soit efficace et que les investissements réalisés soient justifiés, il est recommandé de l'effectuer au moins jusqu'à une année de production correcte, soit au minimum 5 ans a priori (voir II.1.1).

L'étude du nombre de pignons par cône a été faite en cassant manuellement 1 cône par arbre récolté (travail fastidieux et chronophage) choisi aléatoirement, soit au total 37 cônes sur 447, afin d'avoir au moins 1 cône par placette analysé. Il y a été compté le nombre de pignons noirs, puis, à l'aide d'une séparation par flottaison, le nombre de pignons « sains » qui contiennent théoriquement une amande comestible. Les résultats obtenus sont maintenant détaillés.

II.3.4 Résultats obtenus

II.3.4.1 Analyse descriptive des données et résultats

Les données récoltées peuvent être regroupées dans deux catégories : les données liées à la placette (densité, climat, sol...), et les données liées à l'arbre (volume houppier, hauteur, nombre de cônes produits).

Le Tableau 5 précise chacune des variables obtenues.

Du point de vue topographique, les relevés sont majoritairement localisés en plaine ou à mi-pente, seules deux placettes sur Ramatuelle sont en haut de pente. Cet indice permet d'appréhender les flux hydriques dans le sol. En haut de pente, les départs en eau sont plus importants, à mi-pente, les départs sont équivalents aux arrivées d'eau et en bas de pente ou en plaine les arrivées supérieures aux départs.

Les sols identifiés sont principalement limono-sableux, parfois sablo-limoneux en s'approchant des côtes, et seuls les deux relevés réalisés à Rians présentent de l'argile et un fort pourcentage d'éléments grossiers compris entre 25 et 30%. La placette PQR1 et les deux placettes de haut de versant RAM1 et RAM2 ont un fort taux d'éléments grossiers, pouvant perturber le développement des racines.

La profondeur des sols est approchée à partir de la profondeur du trou réalisé, c'est-à-dire jusqu'où il a été possible de creuser avec la pioche (ce qui ne correspond pas toujours avec la présence d'une dalle ou de la roche mère).

Afin de compléter le diagnostic, il est important de relever la profondeur maximale à laquelle des racines sont visibles dans la fosse pour évaluer jusqu'à quelle profondeur l'arbre tire ses ressources. Les sols les plus profonds où des racines se développent bien sont sur PQR2, PUG2, PUG1. A ces placettes correspondent également les plus fortes Réserves Utiles maximales en eau (RUM), respectivement de 86,4mm, 87,3 et 57mm. Cet indice est révélateur du réservoir hydrique potentiel que constitue un sol pour la plante. Il dépend également de la texture des horizons du sol, qui ont des capacités de rétention en eau différentes. Ainsi, RIA1, qui contient de l'argile possède une Réserve Utile maximale de 49.88 mm alors que le sol y est moins épais. A l'échelle française, ces RUM se situent dans des plages de valeurs très faibles à moyennes.

Au regard de la bibliographie, la RUM semblerait être un bon indicateur des potentialités de production, puisque l'eau semble être un facteur primordial (voir II.1.2). Il a été noté que les deux relevés réalisés dans la plaine des Maures (PMA1 et PMA2) montrent des sols très superficiels (les observations complémentaires précisent la présence d'une dalle impénétrable pour les racines à moins de 20 cm de profondeur), et une RUM très faible : la production de cônes observée est quasi-nulle. Cependant, la très faible production de cônes de PQR2, alors qu'elle possède une des meilleures RUM et un sol profond fait douter de cette hypothèse.

Il faudra confronter ces premières analyses aux analyses statistiques présentées dans les parties suivantes.

Les données climatiques proviennent de la base de données Aurelhy de Météo France. Ce sont des moyennes calculées sur la période 1971-2000, et de BIOCLIMSOL, qui est un outil informatique développé par le CNPF, qui s'appuie sur les données Aurelhy et Digitalis, d'AgroParisTech. Les valeurs montrent une pluviométrie annuelle moyenne non négligeable, comprise entre 690 mm enregistrés sur Porquerolles et 854 mm aux alentours de Roquebrune sur Argens, sur la placette PUG2. Ces valeurs sont largement supérieures aux données moyennes retrouvées dans d'autres zones méditerranéennes de forte production de pignons (350 mm au Portugal, 460 mm en Espagne sur le plateau central...), cette pluviométrie annuelle ne devrait donc

pas être limitante. En revanche, c'est la disponibilité en eau à certaines périodes du cycle de reproduction de l'arbre qui est importante (voir II.1.2).

Les autres variables de précipitations sont présentées dans le Tableau 5 correspondent à des moyennes mensuelles additionnées pour les périodes jugées intéressantes. Elles feront partie des facteurs explicatifs candidats rentrés dans nos analyses statistiques.

Enfin, le nombre de jours de gel par an moyen est très variable : compris entre 0,6 jour sur Porquerolles et 95 sur Rians, il ne semble pas être dans notre étude un facteur essentiel faisant varier la production de cônes. En effet les 2 placettes qui ont donné le plus de pignes appartiennent à ces deux localités.

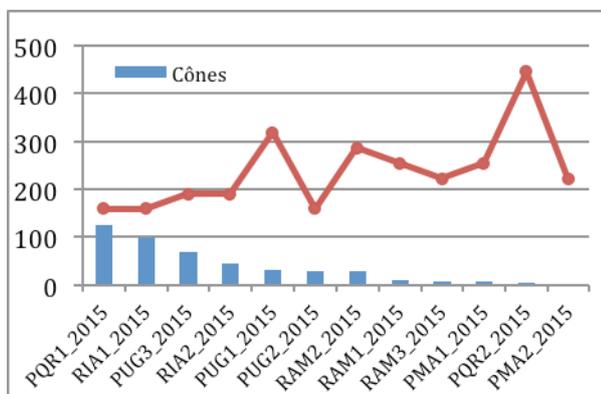


Figure 18. Densité des peuplements (tiges/ha) et nombre de cônes récoltés en 2015

A l'échelle de la placette, la variable à expliquer est le nombre de cônes total par placette, qui correspond à la somme des cônes récoltés sur les 4 arbres au sein de chaque placette (voir protocole en II.3.3). Les chiffres ne peuvent donc pas être interprétés comme des valeurs absolues (le nombre de cônes affiché ne correspond pas à la production de tous les arbres, seulement de 4 d'entre eux) mais seulement pour comparaison entre les différents relevés, puisque les placettes ne contiennent pas le même nombre d'arbres.

La densité des peuplements varie entre les relevés du simple au triple, entre 159 et 446 tiges/ha. Seules 5 placettes ont une densité convenable quant à la production de cônes de pin pignon (voir II.1): PQR1,

RIA1, PUG2, PUG3 et RIA2². Ce sont également les placettes où il a été observé le plus grand nombre de cônes (Figure 18). En effet, il semble y avoir une relation inverse entre la densité et le nombre de cônes, puisque les deux placettes qui ont produit plus de 100 cônes chacune sont à 150 tiges/ha, les deux suivantes PUG3 et RIA2 sont à 190 tiges/ha. Les autres placettes, moins productives, se situent entre 200 et 300 tiges/ha.

La Figure 19 montre que parmi les arbres ayant produit peu de cônes, la plupart avait un houppier de moins de 150 m³. Certains arbres avec des houppiers importants n'ont pas ou peu produits, cependant, tous les arbres qui ont montré des productions supérieures à 20 cônes ont un houppier de plus de 200 m³. Le volume du houppier pourrait donc être un facteur important pour la production de cônes.

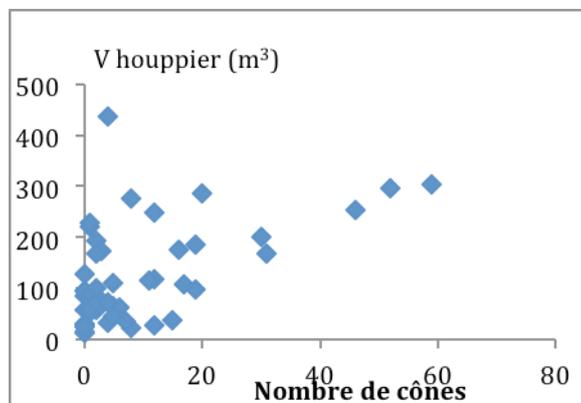


Figure 19. Volume du houppier en fonction du nombre de cônes récoltés (Récolte Juin 2015)

² Les abréviations des placettes correspondent au nom des foyers de peuplement : RIA = Rians (sur la Figure 15 « RI »), PUG= Puget-sur-Argens, ou « PU » sur la Figure 15 (les placettes du Muy-sur Argens, et Fréjus sont regroupés sous ce nom), PQR = Porquerolles (« PQ » sur la carte), RAM = Ramatuelle (« RA » sur la carte), PMA = Plaine des Maures (« PM » sur Figure 15).

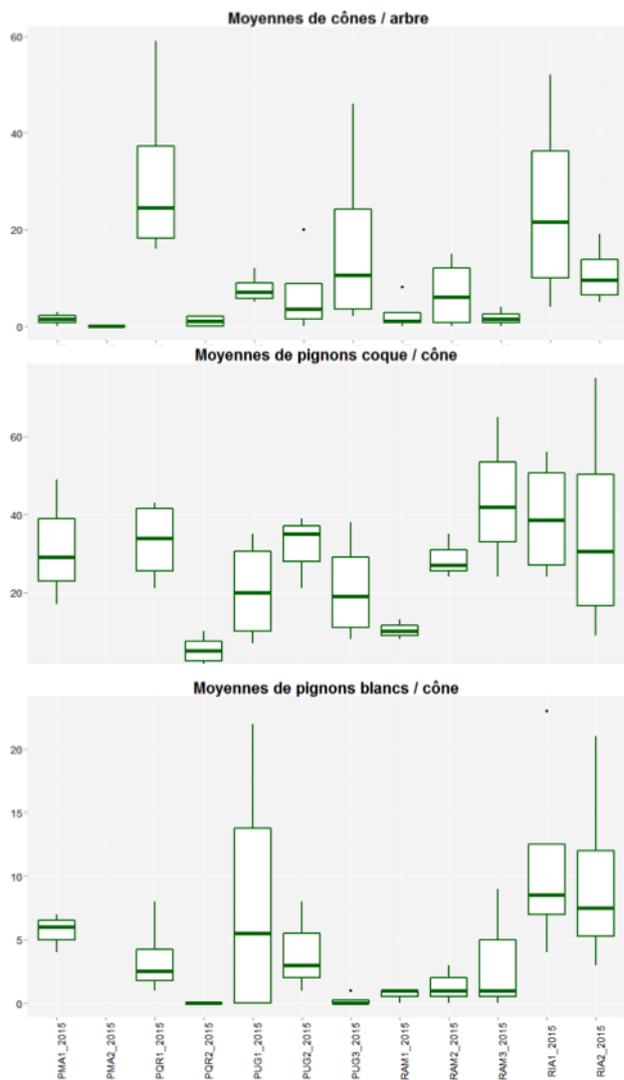


Figure 20. Chiffres de la récolte de juin 2015

Après avoir décrit les facteurs explicatifs supposés, l'analyse descriptive des résultats de récolte est proposée, illustrée avec la Figure 20.

La production de pignons peut être caractérisée par le nombre de cônes et par le nombre de pignons qu'ils contiennent.

Calculer une moyenne générale du nombre de pignons/cône n'a ici que peu de sens au vu des variabilités inter-placettes. En revanche, la superposition de ces graphes permet de constater que ce ne sont pas toujours les placettes qui ont le plus de cônes qui produisent le plus de pignons.

Le passage du cône au pignon coque possède son ratio propre à chaque emplacement, et il en est de même pour le ratio du pignon blancs/pignons coques. Par exemple la placette PMA1 n'avait qu'un seul cône/arbre de moyenne, qui contenait environ 30 pignons noirs dont 7 étaient sains (« blancs »).

En revanche PQR1, qui possédait le plus grand nombre de cônes en moyenne possède au final seulement 3 pignons blancs/ cône.

Il semble y avoir un facteur (climatique, sanitaire ?) qui réduit drastiquement le rendement en pignon dans les pignes collectées. Le Tableau 4 pourrait aider à repérer les lieux avec les meilleurs rendements en regroupant les placettes par foyers de peuplements.

	Nb placettes	Nb cônes/arbre	Nb pignons noirs /cône	Nb pignons blanc sains/cône
PQR	2	16,0	23,7	2,3
PUG	3	10,6	23,7	4,2
PMA	2	0,8	31,7	5,7
RAM	3	3,7	27,6	1,8
RIA	2	17,8	37,8	10,4

Tableau 4. Nombre de cônes, de pignons coques et de pignons blancs/ arbres regroupés par foyers de peuplements

En regroupant les résultats de chaque placette par foyer de peuplement dans lesquels elles se trouvent (Tableau 4), le nombre de cônes par arbre apparaît très variable entre nos foyers, mais est tout de même assez faible. Cependant, les moyennes trouvées en Espagne par (Calama et al. 2011) sur un échantillon de 741 arbres récoltés entre 1996 et 2005 montrent des moyennes de nombre de cônes/arbre variant entre 0,6 (2004) et 22,4 (1996) selon les années, avec un coefficient de variation selon les lieux toujours supérieur à 100% (Calama et al. 2011). Les valeurs obtenues ici ne seraient donc pas dramatiques partout : sur Rians, et Porquerolles, cela correspond en réalité à une année correcte en terme de production de cônes. En revanche la Plaine des Maures et Ramatuelle étaient très peu productifs cette année.

Le nombre de pignons noirs/cône est en moyenne de 28,9 avec un Coefficient de Variation de 20,7% entre les foyers. Il semblerait qu'une pigne produit donc en général une quantité de pignons noirs assez

proche dans chacun nos foyers de peuplements. Dans les données présentées ce sont les cônes de Rians qui contenaient le plus de pignons coque, 37,8 en moyenne. Une pigne adulte peut théoriquement contenir environ 120 pignons (il y a environ 120 potentiels emplacements de pignons). En pratique ce n'est jamais le cas.



Figure 21. Pignons desséchés, pourris récoltés sur des cônes de Porquerolles en 2015

Le nombre de pignons blancs par cône (et donc de pignons sains) affiche des valeurs extrêmement faibles, avec un grand coefficient de 70,8%, entre nos foyers de peuplements. Les cônes de la Plaine des Maures, bien que peu nombreux semblent avoir un bon rendement. Ce sont encore les placettes de Rians qui montrent le meilleur rendement. Pour les autres foyers, ces très faibles valeurs interrogent : les pignons noirs cassés qui ne contenaient pas de pignons blancs étaient parfois desséchés, parfois pourris illustrés dans la Figure 21 (présence de champignon ?), parfois tout petits.

Ces résultats, bien que faibles sur leur globalité, témoignent de grandes variabilités et des zones comme Rians ressortent comme productives. Cela peut paraître surprenant, au vu de la situation des peuplements qui sont sur roches calcaires, qui ne sont pas présentés comme les stations les plus favorables pour le pin pignon.

Cela confirmerait la surprise de productions de cônes supérieures aux attentes (Gordo 2004).



Figure 22. Photo de la fissuration de la roche calcaire sur les placettes de Rians

La présence de fortes fissures dans le sol, comme illustré sur la photo de la Figure 22 pourrait permettre une bonne alimentation des arbres par ses racines et compenser le fort taux de pierrosité des stations concernées.

Après avoir décrit les données, il convient de présenter les résultats des analyses statistiques effectuées, à savoir une description des données par une analyse en composante principale sur les variables numériques, puis une régression linéaire à l'aide d'une sélection de variable automatique et enfin une régression logistique pour connaître l'influence des différentes variable sur la présence ou l'absence de cônes dans les arbres.

Placette	N (tiges/ha)	Indice topo	Embossaillement (%)	Texture sol	EG (%)	prof_racines (cm)	prof_trou (cm)	RUM (mm)	Cônes
PQR1_2015	159	4	20	SL	15	25	30	38,25	124
PQR2_2015	446	4	0	LS	4	60	60	86,4	4
PUG1_2015	318	4	0	LS	5	40	40	57	31
RIA1_2015	159	4	0	AL	25	35	35	49,88	99
RIA2_2015	191	2	20	AL	30	20	20	26,6	43
PUG2_2015	159	4	20	LS	3	40	60	87,3	27
RAM1_2015	255	1	0	LS	20	15	25	30	10
RAM2_2015	286	1	0	LS	20	25	40	48	27
PMA1_2015	255	2	20	SL	7	10	15	13,95	6
PUG3_2015	191	2	0	LS	7	25	30	41,85	69
RAM3_2015	223	4	20	SL	3	30	45	43,65	7
PMA2_2015	223	4	40	LS	10	15	20	27	0

Où pour l'indice Topo : 1= Haut de pente, 2= Mi-pente, 3= Plaine, 4= Bas de pente

Pour la Texture : SL= sablo-limoneux , LS = limono-sableux, AL=Argilo-limoneux

EG = % Eléments Grossiers estimé (à l'aide de l'Annexe 2)

Prof_rac et prof_trou = profondeurs maximales des racines observées, et du trou creusé à la pioche

RUM= Réserve Utile Maximale = (épaisseur de l'horizon x coefficient texture horizon)x(1-%EG). Le coefficient de texture est obtenu à partir des tables de Duchaufour, 1967.

Cônes = Nombre de cônes total récoltés sur la placette

Source	Donnée Digitalis (©AgroParitech), période 61-90						Données Aurelhy sur la période 1971 - 2000				
	50 m	50 m	1 km	50 m	1 km	1 km	1 km				
Placette	PETP0410 (mm)	ETPAN (mm)	P0410 (mm)	PETP0608 (mm)	TMAN (°C)	PAN (mm)	P0506 (mm)	P1011 (mm)	P0709 (mm)	P0205 (mm)	Nbjgel
PQR1_2015	-466,13	969,33	331,03	-363,15	15	700,88	67,4	197,6	90,9	213,6	0,6
PQR2_2015	-465,28	961,66	326,76	-362,52	15,08	690,32	67,9	196,2	90,5	214,3	0,9
PUG1_2015	-370,86	937,13	403,16	-316,97	13,99	802,91	93,5	232,6	142,1	268,2	21,5
RIA1_2015	-329,89	853,49	400,65	-290,15	11,76	746,1	112,3	172,5	147,5	252,8	94,9
RIA2_2015	-327,58	846,17	397,56	-289,02	11,75	740,48	112,3	172,5	147,5	252,8	94,9
PUG2_2015	-334,44	927,31	435,1	-302,01	14	854,9	98,5	231	142,5	274,3	25
RAM1_2015	-420,09	963,73	372,39	-345,42	14,85	794,28	79,1	216,8	115,9	255,6	11,3
RAM2_2015	-406,92	936,05	367,42	-340,6	14,87	784,05	77,5	213,3	113,5	252,4	9,1
PMA1_2015	-377,38	937,16	403,62	-323,62	14,52	797,13	101,6	233	150,1	277,7	47
PUG3_2015	-388,95	949,77	392,26	-326,78	13,9	813,43	86,8	233,8	137	263,9	18,2
RAM3_2015	-421,33	972,26	378,13	-343,37	14,97	789,02	91,2	256,1	140	287,9	32,6
PMA2_2015	-391,32	951,01	400,06	-326,98	14,21	773,51	99	224,9	146,5	262,8	48,9

PETPXY : Différence entre les précipitations et l'ETP entre les mois XX et YY.

PAN = précipitations annuelles

PXXYY = précipitations entre le mois XX et le mois YY.

TMAN = température minimale annuelle.

PAN = Précipitations annuelles

Nbjgel = Nombre de jours de gel dans l'année

Tableau 5. Présentation des données obtenues

II.3.4.2 ACP

L'Analyse en Composantes Principales est une approche exploratoire (et non prédictive) qui permet de découvrir les liens entre variables, de réduire le nombre de variables à considérer, détecter les individus aberrants au sein d'un jeu de données. L'objectif est de représenter graphiquement la variabilité des données, et de visualiser les ressemblances entre individus et entre variables (et éventuellement de former des groupes).

Il faut rester vigilant quant aux valeurs des graphiques, car ce sont les variations relatives qui sont représentées (on compare les axes entre eux, mais ils ne représentent pas de valeur absolue).

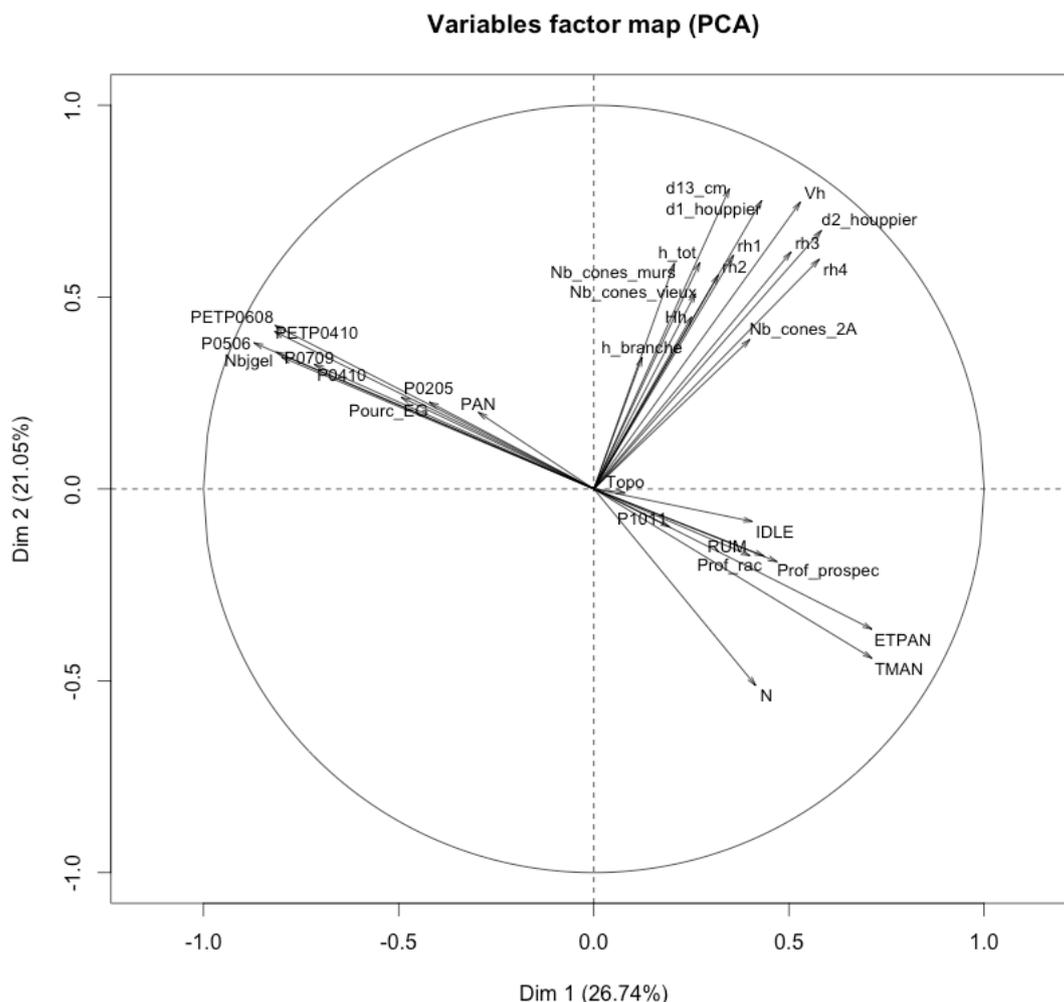


Figure 23. Analyse en Composantes Principales sur le jeu de données 2015

valeurs propres	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7
variance	8.550	6.736	4.443	3.754	1.684	1.214	1.010
% of var.	27.582	21.729	14.331	12.111	5.431	3.917	3.257
Cumulative % of var.	27.582	49.311	63.643	75.754	81.185	85.102	88.359

Sur le tableau des valeurs propres, les 3 premières dimensions expliquent 63% de l'information contenue dans les données, ce qui n'est pas trop mauvais au regard du grand nombre de variables (32) et du faible nombre d'individus (48): il existe des liaisons entre les variables de notre jeu de données.

Les liaisons observées en Figure 23 sont simplement dues à la construction du tableau de données : le fait de mélanger des données « placette » (comprenant les variables climatiques) et des données « arbre » (principalement dendrométriques) biaise la représentation puisqu'il y a redondance des valeurs climatiques et

édaphiques pour plusieurs individus. De plus, le nombre de cônes mûrs est mal représenté sur le cercle des corrélations, il n'est pas possible de tirer des informations interprétables de cette ACP.

II.3.4.3 Régression Linéaire

Une **régression linéaire multiple** a ensuite été réalisée. Elle permet d'établir une relation entre la variable à expliquer, à savoir le nombre de cônes et toutes les autres. Le jeu de données est composé de 48 individus (arbres) en ligne et de 46 variables en colonnes.

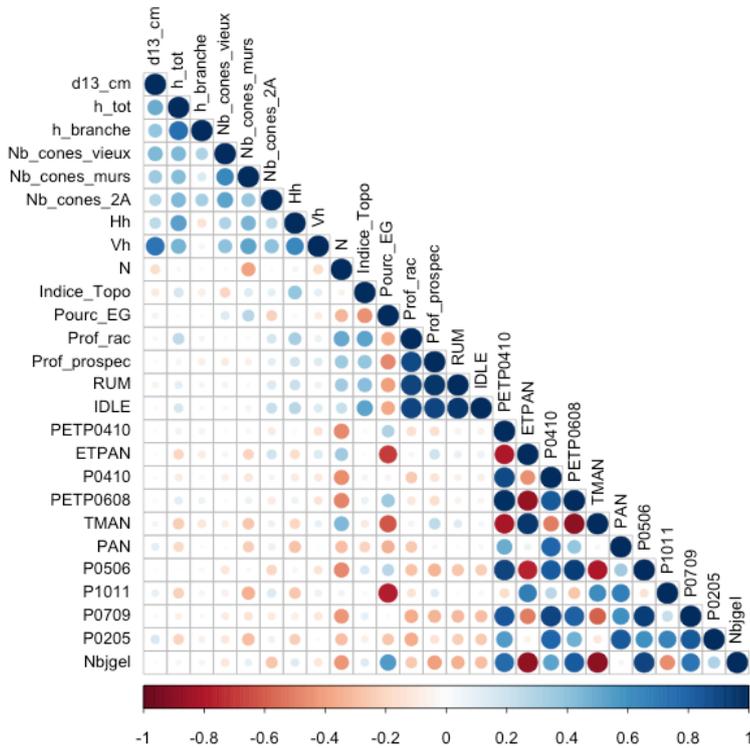


Figure 24. Représentation des corrélations entre variables

La Figure 24 est une représentation de la matrice des corrélations pour les principales variables du tableau. La taille des points montre l'importance de la corrélation et la couleur le signe. Trois groupes de variables très corrélées entre elles sont remarquables: les variables dendrométriques, tout en haut à gauche, les variables de sol, et les variables climatiques. Le nombre de cônes mûrs est corrélé positivement avec le nombre de cônes de 2A, la hauteur du houppier et le volume du houppier. En revanche, il apparaît corrélé négativement avec la densité, et avec la plupart des variables climatiques.

Au vu du grand nombre de variables corrélées entre elles, il est indispensable de procéder à une sélection de variables pour la régression.

Un modèle quel qu'il soit est idéalement le plus simplifié possible afin d'en rendre la compréhension plus aisée. Il faut donc limiter le nombre de

variables explicatives, et cette sélection évite ainsi une perte de degrés de liberté qui augmentent la variance résiduelle. Cela limite aussi les imprécisions dans l'estimation des coefficients.

Quand le nombre de variables explicatives est important, ce qui est le cas ici, il est d'usage de recourir aux méthodes de sélection de variables automatiques.

La méthode dite « stepwise » a été utilisée dans R. Elle part du modèle nul, puis ajoute la variable qui contribue le plus à augmenter le R^2 du modèle. A chaque ajout d'une nouvelle variable, elle teste la nullité des variables déjà acquises pour vérifier leur significativité dans le modèle et ne garde que les plus explicatives. Le résultat de la sélection montre les 4 variables les plus explicatives suivantes, et leur coefficient :

```
call:
lm(formula = Nb_cones_murs ~ Nb_cones_vieux + N + PAN + Prof_rac + Vh, data = placrecolte)

Coefficients:
(Intercept)  Nb_cones_vieux          N          PAN          Prof_rac          Vh
 99.52548      0.28025      -0.09617     -0.10758      0.20450      0.02659
```

Ces 4 variables sont donc intégrées dans leur ordre de sélection dans le modèle de régression linéaire. Les résultats synthétisés sont contenus dans le tableau suivant :

```

Call:
lm(formula = Nb_cones_murs ~ Nb_cones_vieux + N + PAN + Prof_rac + Vh, data = placrecolte)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-12.5616  -4.4134  -0.0503   2.9378  20.9624

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  99.52548   19.93148   4.993 1.09e-05 ***
Nb_cones_vieux  0.28025    0.04154   6.747 3.35e-08 ***
N             -0.09617    0.01573  -6.113 2.73e-07 ***
PAN           -0.10758    0.02386  -4.509 5.15e-05 ***
Prof_rac      0.20450    0.09174   2.229  0.0312 *
Vh            0.02659    0.01216   2.186  0.0344 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7.061 on 42 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7626,    Adjusted R-squared:  0.7343
F-statistic: 26.98 on 5 and 42 DF,  p-value: 4.138e-12

```

Toutes les variables introduites dans le modèle sortent significatives au seuil de 5%, c'est-à-dire que l'on rejette l'hypothèse selon laquelle leur coefficient de régression est nul. Les valeurs des coefficients indiquent que plus le nombre de cônes vieux -les cônes pouvant rester dans l'arbre encore plusieurs années- dans l'arbre était important, plus la récolte de pignes mûres l'a été. Ceci conforte l'hypothèse d'hétérogénéité de la production inter-individus. Ce sont toujours les mêmes arbres qui produisent le plus de cônes.

Le coefficient pour la densité est négatif. Comme suggéré lors de la description de données, les placettes où la densité était plus faible ont produit plus. Ceci est à relier avec le volume du houppier, qui lorsqu'il est dans un peuplement à faible densité se développe mieux et fructifie davantage.

La pluviométrie annuelle moyenne est ici liée négativement : il semblerait que les endroits où la récolte était meilleure sont en général moins arrosés annuellement que ceux où la récolte était inférieure.

Enfin, une bonne profondeur de prospection racinaire aurait une influence positive sur la production de cônes, que l'on pourrait interpréter comme le témoin d'un meilleur accès aux ressources minérales et/ou hydriques.

Ce modèle présente un R^2 ajusté de 73.43% qui est un ajustement correct.

Analysis of Variance Table

Response: Nb_cones_murs

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Nb_cones_vieux	1	3506.5	3506.5	70.3343	1.626e-10 ***
N	1	1347.6	1347.6	27.0301	5.566e-06 ***
PAN	1	1248.7	1248.7	25.0464	1.049e-05 ***
Prof_rac	1	383.5	383.5	7.6924	0.008237 **
Vh	1	238.2	238.2	4.7781	0.034450 *
Residuals	42	2093.9	49.9		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Il faut regarder la table d'analyse de la variance pour connaître la variance due au modèle et quelles variables sont impliquées.

SCM=6724.5 (part de variation expliquée par le modèle)

SCR=2093.9 (représente la part inexpliquée de la variance)

SCT= 8818.4 (variation totale)

Toutes les variables ont contribué significativement à la constitution de la variation expliquée par le modèle, mais les trois premières avec beaucoup plus d'importance.

L'étape suivante consiste à valider les hypothèses du modèle linéaire en étudiant le graphique des résidus Figure 25.

L'hypothèse d'homoscedasticité n'est visiblement pas respectée : En effet, les résidus augmentent avec les valeurs estimées, et une structure est distinguable dans le nuage de points.

La forme incurvée de la courbe rouge du premier graphique indique également que l'hypothèse de linéarité n'est pas validée, le modèle linéaire n'est apparemment pas adapté.

La normalité : la droite du graphique « Normal-QQ » représente la courbe obtenue si les résidus suivaient une loi Normale. La droite paraît à peu près normale, mais quelques individus sortent du lot : le 30 (RIA1), le 5 (PQR1), le 24 (PUG1) et le 83 (RAM3).

En théorie, pour continuer l'analyse, il faudrait supprimer les individus aux valeurs extraordinaires qui perturbent la construction du modèle.

Dans le cas présent, ceci mènerait à un non-sens. En effet, deux de ces individus correspondent aux placettes où le plus de cônes a été récolté, autrement dit, l'analyse serait privée de l'effet des seuls bons producteurs échantillonnés. Ces valeurs extraordinaires sont le résultat d'un échantillonnage trop faible, et la non-validité des hypothèses est aussi due à la nature de la variable « nombre de cônes ».

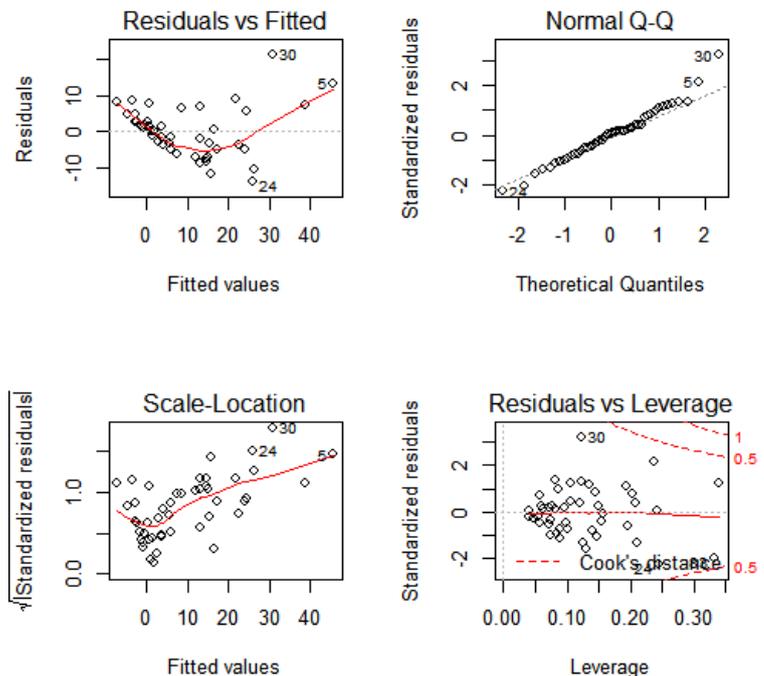


Figure 25. Graphiques des résidus pour le modèle de régression linéaire multiple

En regardant de plus près la distribution de cette variable (Figure 26), une forte asymétrie est visible, ainsi qu'une inflation sur la valeur 0 : un grand nombre d'arbres n'a pas produit de cônes mûrs, seuls quelques arbres ont fourni un grand nombre de cônes.

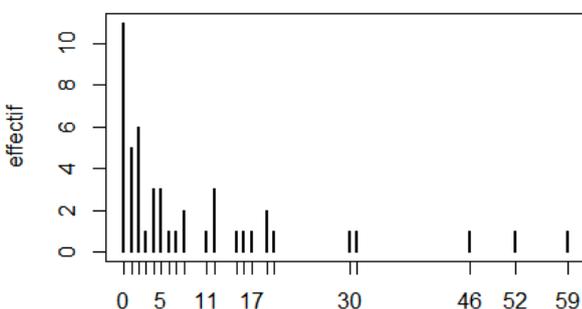


Figure 26. Distribution de la variable "nombre de cônes"

Ces effectifs s'approchent de ce qu'ont trouvé les Espagnols (Calama et al. 2011) dans leur modélisation sur un échantillonnage beaucoup plus important.

Cette tendance confirme que la majorité de la récolte est due à seulement quelques arbres qui produisent régulièrement de grandes quantités de cônes.

Le meilleur moyen de traiter statistiquement ce type de données est de combiner deux modèles en traitant les valeurs 0 cône/arbre et les valeurs positives séparément (Fortin, DeBlois 2007). Cela revient à effectuer un test sur l'occurrence de l'évènement de fructification puis caractériser son intensité (nombre de cônes).

Pour la partie binaire : il faudrait utiliser une fonction logistique qui suit une distribution binomiale. Le test statistique réalisé consiste à déterminer quelle est la probabilité d'observer au moins 1 cône sur l'arbre.

Pour effectuer cette analyse statistique, il faut séparer le jeu de données en 2 :

- Une table absence/présence de cônes mûrs (0 et 1) qui permettra d'obtenir la probabilité de tomber sur un arbre ayant fructifié

- Un log transformation pour effectuer une régression multiple et avoir une idée de l'intensité de la production

La moyenne de cônes sur un arbre donné serait égale à la probabilité d'en avoir x l'espérance de la log-transformation. Au vu du faible nombre d'individus, envisager le modèle combiné paraît présomptueux, et le l'intensité de production serait trop mal représentée. En revanche, réaliser la première partie du modèle pour caractériser la présence/absence de cônes peut s'avérer intéressant.

II.3.4.4 La régression logistique

La régression logistique permet de modéliser les liens entre plusieurs variables explicatives X_i (quantitatives ou qualitatives) et une variable expliquée binaire (1 ou 0). Ici, la transformation est effectuée sur le nombre de cônes mûrs en présence ou absence de cônes mûrs ($Y= 0$ ou 1). Il est ainsi contourné la faible représentativité des individus produisant beaucoup de cônes en regard du grand nombre d'arbres qui n'ont rien produit.

C'est une application du modèle linéaire généralisé utilisant une fonction logistique comme fonction de lien, qui permet d'obtenir la probabilité qu'un arbre ait des cônes mûrs :

$$P(y = 1|x_1, x_2, \dots, x_p) = \hat{y}_i = \frac{\exp(\widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_1 + \dots + \widehat{\beta}_p x_p)}{1 + \exp(\widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 x_1 + \dots + \widehat{\beta}_p x_p)}$$

Où y_i suit une distribution binomiale, et les observations sont indépendantes.

Tout comme pour la régression linéaire, il convient de ne garder que le plus petit nombre de variables explicatives possibles. Pour cela, il a été réalisé une régression logistique avec toutes les variables explicatives une à une confrontées à la variable expliquée.

De la sélection ressortent significatives les liaisons avec les variables suivantes : Htot, Vh, Nb_cônes_vieux, Hh, et le diamètre. Elles ont été injectées dans le modèle de régression logistique.

```
Call:
glm(formula = Pres_cone ~ h_tot + Nb_cones_vieux + N + Nb_cones_2A,
     family = "binomial", data = placrecolte)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.88423  0.00000  0.03951  0.36065  1.95702

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  -3.459e+00  3.009e+00  -1.149   0.2504
h_tot         6.773e-01  3.377e-01   2.005   0.0449 *
Nb_cones_vieux 9.212e-02  4.961e-02   1.857   0.0634 .
N             -1.242e-02  6.733e-03  -1.845   0.0650 .
Nb_cones_2A   1.709e+01  3.704e+03   0.005   0.9963
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 51.674 on 47 degrees of freedom
Residual deviance: 24.775 on 43 degrees of freedom
AIC: 34.775

Number of Fisher Scoring iterations: 20
```

Au seuil de 10%, les hypothèses retenues sont que les coefficients des variables h_tot, Nb_cônes_vieux, et N sont nuls. Ce sont les 3 variables qui sont les plus reliées à la présence/absence de cône dans un arbre.

La relation permettant alors d'avoir la probabilité de présence d'un cône dans l'arbre est la suivante :

$$P(y = 1 | htot, Nbcônesvieux, N) = \hat{y}_i = \frac{\exp(0.677 * htot + 0.09212 * Nbcônesvieux - 0.01242 * N)}{1 + \exp(0.677 * htot + 0.09212 * Nbcônesvieux - 0.01242 * N)}$$

La partie suivante est dédiée à l'interprétation de ces résultats.

II.3.5 Interprétation et discussion des résultats

La caractérisation de la production de cônes effectuée présente l'avantage d'être reproductible facilement les années suivantes (protocole de mesure léger, peu coûteux en temps), et ils donneront chaque année les chiffres constituant la première base de donnée de suivi de production de cône de pins pignons en France.

La description des données met en évidence plusieurs choses : l'année de production 2014- 2015 présentait peu de cônes dans les arbres, en particulier dans la Plaine des Maures. Il faut noter que les deux placettes réalisées dans la Plaine des Maures sont situées dans des peuplements probablement âgés (âge supérieur à 100 ans sur PMA1 - pour un diamètre à 1,30m compris entre 14 et 38 cm - mesuré après installation de la placette), sur de très faibles épaisseurs de sols à proximité de la dalle. La faible production pourrait résulter de ces deux facteurs qui auraient provoqué à la fois un manque d'eau disponible pour la plante lors des sécheresses de juin, et une chute de production inhérente à l'âge du peuplement. Il a été noté des rougissements importants et des pertes d'aiguilles lors des sécheresses du mois de juin-juillet 2015, illustrant la faible disponibilité en eau de ces stations aux périodes cruciales du développement des cônes. Cependant, les trois derniers étés étaient a priori plus pluvieux. Pour finir, une visite dans la propriété du Golf de Vidauban a conforté cette hypothèse : les pins parasols qui poussent au milieu des greens sont arrosés quasi-quotidiennement et montrent visuellement de très bonnes productions de cônes en regard des peuplements de la Plaine des Maures.

Le nombre de pignons blancs sains est très faible partout sauf à Rians. L'hypothèse la plus probable pourrait être la présence d'un ravageur (par exemple *Leptoglossus occidentalis* - voir II.1.5.3), qui serait présent dans les foyers et absent à Rians (le climat y étant un peu plus frais ?). Cette piste serait à approfondir, et des relevés d'insectes seraient d'une grande aide pour détecter l'éventuel individu et sa fréquence.

Les résultats de la régression linéaire multiple montrent un lien entre la production de cône de 2014-2015 et des variables dendrométriques liées à l'arbre (N, Nombre de cônes vieux), une variable climatique (pluviométrie annuelle), et une variable de condition édaphique (profondeur de prospection racinaire), témoignant de la diversité des facteurs explicatifs à prendre en compte.

Quelques remarques peuvent être faites à ce sujet : les variables dendrométriques sont dans tous les modèles utilisés plus significativement influentes que les autres sur la production de cônes, ce qui n'est pas contradictoire avec la bibliographie. Cependant, cela témoigne aussi de quelques défauts d'échantillonnage. En effet, la densité est un facteur anthropique qui n'aurait pas dû tant varier entre les placettes, dont le but était de comprendre la variabilité de production dans le Var. L'absence de machines ou d'élagueurs pour monter dans les arbres a restreint le choix des peuplements, à ceux qui sont accessibles, relativement bas, parfois au détriment du choix de la densité.

Ces mêmes raisons expliquent la présence de seulement 2 placettes sur la plaine des Maures, les autres peuplements situés en conditions édaphiques intéressantes étant trop hauts pour être récoltés manuellement par nos soins.

Parmi ces variables dendrométriques, le facteur densité est secondé par le volume du houppier (Vh) dans les résultats de régression : ces deux variables étant très liées, l'apport d'information du facteur Vh pourrait être dû à la hauteur des arbres (qui entre dans le calcul du volume mais pas de la densité). Htot revient d'ailleurs dans l'analyse de la régression logistique comme une variable influente. A âge de peuplement égal, elle est considérée comme un indicateur de fertilité.

Htot est une variable qui peut être interprétée comme une composante du calcul du volume de houppier, et est liée à l'âge de l'arbre. A âge égal, elle est considérée comme un indicateur de la fertilité. La probabilité

d'avoir au moins 1 cône dans l'arbre augmenterait donc avec la hauteur de l'arbre, et le nombre de cônes vieux encore présents dans l'arbre, ce qui renforce l'observation donnée dans la régression linéaire.

La pluviométrie annuelle liée négativement avec le nombre de cônes mûrs est surprenante, en comparaison avec la bibliographie. Les valeurs observées dans le Var sont globalement supérieures à celles d'Espagne ou du Portugal. Il semble peu probable d'avoir un surplus de précipitations qui influe négativement sur la production. En revanche, les données climatiques utilisées sont des moyennes sur 30 ans de relevés, entre 1971 et 2000. La production étant dépendante des conditions climatiques des 4 années avant la récolte, le fait d'utiliser des moyennes, qui de plus ne correspondent pas à la période concernée est discutable. Des données journalières existent (données SAFRAN, développées par Météo France) et sont disponibles pour le CNPF pour un usage de type recherche, mais il faut les demander à l'avance et un traitement des extractions brutes est nécessaire, ce qui n'était pas réalisable dans les délais du stage.

Le facteur individu est fort, ce sont les mêmes arbres qui produisent beaucoup sur plusieurs années.

Enfin la corrélation négative entre densité et nombre cônes mûrs confirme également les impressions formulées dans la description ou dans l'analyse de la régression : la densité est un critère qu'il faut prendre en compte, et la réduire dans les peuplements améliore la production.

L'âge n'a malheureusement pas pu être mesuré (absence de tarière de Pressler fonctionnelle) et aurait sûrement été un facteur très significatif. Les arbres de faibles diamètres poussant sur des sols très superficiels (comme dans la Plaine des Maures) peuvent avoir plus de 100 ans, et ne plus produire de cônes, alors qu'ils donnent l'impression d'être jeunes. C'est une donnée qu'il faudra impérativement obtenir et analyser lors des futures récoltes.

Le faible nombre de placettes est réellement limitant pour améliorer la significativité des résultats. Comme présenté dans la partie précédente, la nature de la variable nombre de cône fait que la construction du modèle présenté repose sur la production d'un très faible nombre d'arbres, qui sont considérés comme des valeurs exorbitantes dans la régression. La création d'un modèle combiné est une approche intéressante, mais qui nécessite l'acquisition de données supplémentaires :

- de production (récoltes) sur plusieurs années
- de climat sur les années précédentes les récoltes

Enfin, les valeurs obtenues sont les valeurs de récolte 2014-2015 (théoriquement, il aurait fallu la récolter en novembre 2014). Cette année, la production était plutôt faible, voire inexistante selon les placettes. Les équipes espagnoles qui viennent habituellement récolter n'ont même pas fait le déplacement, ce qui confirme le cas d'une mauvaise année. Les chiffres doivent être remis dans leur contexte et relativisés, le principal apport de ce travail restant la mise en place du réseau, de leurs outils d'analyse (scripts de traitement statistique présents en Annexe 4, Annexe 5, Annexe 6, Annexe 7, Annexe 8), plus que les résultats de récolte.

Une remarque supplémentaire peut être formulée sur ce protocole. Il a été décidé de compter les cônes, et le nombre de pignons. Pour avoir des valeurs plus comparables avec la bibliographie, il eût été préférable de peser les récoltes. De plus, le poids de pigne prend en compte un paramètre supplémentaire qui est sa contenance en pignons. Une pigne presque vide, où tous les pignons ont été mangés, sera plus légère qu'une pigne pleine. Il serait ainsi plus facile de rapprocher la production de cône et les résultats des analyses statistiques de ce que l'on cherche à comprendre *in fine*, à savoir la production de pignons de pin.

L'objet de cette partie était de caractériser la production de cônes et de pignons dans le Var. Après avoir regroupé et synthétisé les connaissances bibliographiques sur cette production en méditerranée, il a été réalisé un regroupement des informations cartographiques sur les peuplements de pins parasols varois. Une fois ces surfaces identifiées, un dispositif de suivi a été mis en place regroupant 12 placettes réparties dans les principaux foyers de peuplements. Au fil des années, il sera éventuellement possible (si des moyens sont mis dans le traitement des informations) de comprendre les variations temporelles et spatiales de la production, et de confirmer les hypothèses formulées à partir des résultats de la première récolte.

III. La construction d'une filière : quels scénarios envisager ?

Outre la caractérisation de la ressource, la valorisation d'un produit doit passer par l'étude de sa filière. Le cas du pignon de pin méditerranéen est particulier, puisque le marché existe, mais que la filière locale est inexistante. Autrement dit le territoire consomme mais ne produit pas.

Les résultats des statistiques européens permettent de situer brièvement le marché du pignon de pin en France à partir de ses importations (Figure 27).

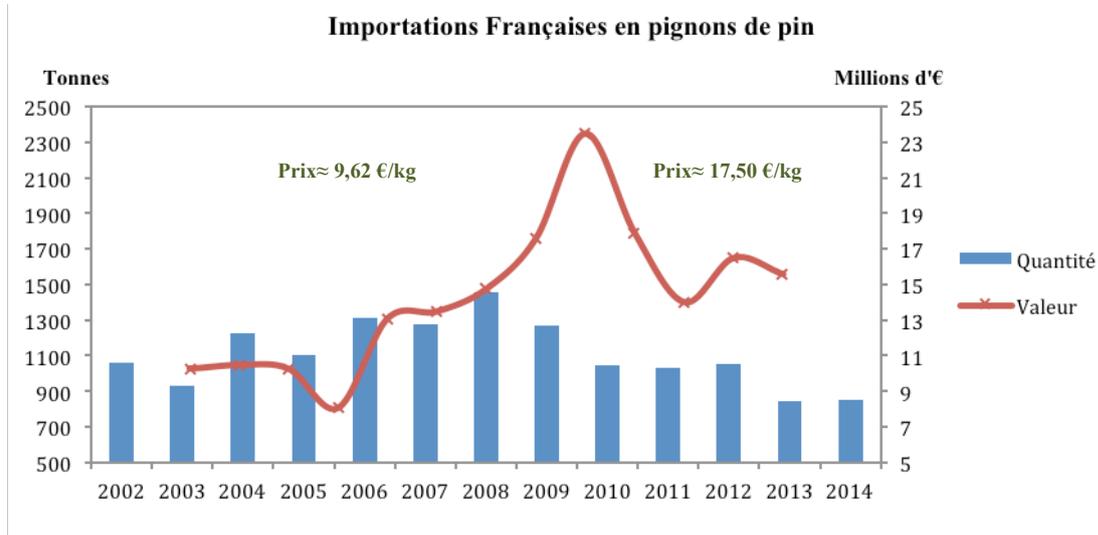


Figure 27. Importations françaises de pignons de pin, toutes espèces confondues. Source : Eurostat

Au sein de ces prix et quantités sont confondus les pignons de *Pinus pinea* L. dits méditerranéens, et les autres pignons de pins (asiatiques, russes etc.. voir I.2.3), les produits conditionnés et les pignons en « gros ».

La France importe chaque année entre 850 et 1400 tonnes de pignons de pins. Les quantités importées ont régulièrement augmenté entre 2003 (900 tonnes) et 2008 (1450 tonnes), malgré une augmentation parallèle du prix d'achat du pignon (passant de 9€/kg à 14,7 €/kg). Après 2008, les chutes de rendements des pays producteurs et l'apparition de la dysgueusie (défini en I.2.3) provoque une forte augmentation du prix qui dépasse 23€/kg, réduisant la quantité importée. En 2013, la France a importé 850 tonnes de pignons qui correspondent à un prix de 15,6€/kg.

Malgré un prix qui a doublé en moyenne après 2008 le pignon continu d'être acheté, en quantité moindre certes, mais néanmoins conséquente. Comment valoriser notre propre production au sein de ce marché ? C'est le sujet qui intéresse les paragraphes suivants.

Différents scénarios de valorisation seront détaillés, après avoir décrit le cheminement nécessaire à l'arrivée du pignon varois dans nos assiettes.

III.1 De l'arbre à l'assiette, un long parcours

Les pays voisins (Italie, Espagne, Portugal) pratiquent l'activité de récolte de pignes et leur transformation depuis plusieurs décennies, voire siècles. À partir de leur expérience retranscrite dans la bibliographie, complétée par le retour du voyage en Toscane organisé par Forêt Modèle e Provence en 2014, les différentes étapes de cette filière sont synthétisées ici.

III.1.1 Panorama général de la filière



Source: Calama (2015)



Itinéraire de production

C'est l'étape la plus en amont de la filière. Celle-ci sera l'objet de la partie IV. Son objectif est de produire un maximum de pignes dans les arbres.

Récolte

La récolte s'effectue à l'automne (dès novembre). Réalisée par méthode mécanique avec des machines secoueuses ou manuelle à l'aide de perches elle permet d'accéder à la ressource. C'est la première étape essentielle qui est coûteuse en temps, et en argent, et qui nécessite une organisation à l'échelle d'un territoire.

Stockage

Le stockage permet de conserver et protéger les pignes récoltées, en attendant leur transformation.

De la pigne au pignon noir

La transformation de la pigne au pignon noir est constituée de plusieurs étapes : le séchage, qui permet d'ouvrir les cônes en écartant les bractées, le broyage suivi d'un tri, permettant d'extraire et séparer les pignons coques du reste des cônes.

Du pignon noir au pignon blanc

La transformation du pignon noir au pignon blanc est l'étape la plus complexe et coûteuse du processus de transformation. Elle consiste à fendre la coque qui entoure le pignon, soit à l'aide de 2 rouleaux compresseurs dont l'écartement est adapté à la taille du pignon, soit par propulsion contrôlée sur une surface métallique. Il faut ensuite séparer la biomasse du pignon, et souffler sur ce dernier pour retirer la dernière fine pellicule fine qui est autour de l'amande blanche comestible.

Divers nettoyages permettent de rendre le pignon « blanc » et attractif.

Conditionnement

Au sortir de l'usine les sacs de 20L de pignons récupérés partent au conditionnement, afin de diminuer les quantités unitaires vendues et augmenter la valeur ajoutée. Cette étape nécessite des outils de conditionnement déjà employés dans de nombreux autres domaines agro-alimentaires.

Commercialisation

Choix du circuit de distribution du produit, pour proposer à la vente le produit au meilleur prix au consommateur.

L'Institut national de la statistique et des études économiques définit une filière comme l'ensemble des activités complémentaires qui concourent, d'amont en aval, à la réalisation d'un produit fini. Une vision d'ensemble de la filière pignon de pin est présentée en Figure 28. Certaines étapes seront ensuite détaillées dans la partie suivante.

III.1.2 Etapes clés

Les principales étapes qui permettront le développement de l'activité sont ici présentées. La production, gérée par une sylviculture appropriée, fera l'objet d'un développement à part en partie IV.

III.1.2.1 La récolte

Le ramassage de pignons par les particuliers se fait traditionnellement dans le Var au courant de l'été, quand les pignons, voire les pignes tombent des arbres. S'il est beaucoup plus simple d'accéder aux pignes déjà au sol, cette méthode n'est pas reproductible dans une optique de rentabilité de production. En effet, les pignes tombées sont souvent déjà ouvertes sous l'effet du soleil, mangées par les insectes, sangliers et autres consommateurs de graines, et une partie conséquente des pignes et pignons qu'elles contiennent est perdue. La récolte des pignons – il s'agit cette fois de récolte et non de ramassage - s'effectue en automne, quand les cônes sont encore verts, fermés et dans l'arbre (voir Figure 5).

Le vol de pigne est un fait constaté depuis des années en France à différents endroits (du Var jusqu'à l'île de Ré), et récurrent en Espagne et Italie. Les propriétés forestières étant peu souvent clôturées, il est difficile de surveiller les parcelles constamment. L'unique parade efficace à ce jour consiste à récolter avant les voleurs de pignes, c'est-à-dire le plus tôt possible (des panneaux de mise en garde peuvent être installés -cf châtaigne des Maures « respectez nos cultures »-, il est également possible de retarder le débroussaillage juste avant le passage en récolte).

La date de récolte est donc importante : elle doit être réalisée le plus tôt possible entre mi-novembre et mai.

Certains pays utilisent des techniques de récolte originales dans d'autres productions forestières de fruits, comme le dressage de singes récolteurs de noix de coco en Indonésie (*Les cueilleurs de ciel, portrait d'un peuple dresseur de singes : les minang* 1995). Pour la récolte du pignon dans le Var, deux méthodes de récolte sont envisageables : la récolte manuelle et la récolte mécanique.

- *La récolte manuelle*

Activité traditionnelle dans plusieurs régions d'Espagne et d'Italie, la récolte manuelle des cônes de pin pignon est périlleuse et éprouvante. Elle s'effectue par équipes d'au minimum 2 ou 3 personnes. Un grimpeur rentre dans le houppier de l'arbre, fait tomber les cônes au sol avec une canne munie d'un crochet métallique à son extrémité. Le ou les autres personnes restent au sol, lui indiquent les cônes oubliés et ramassent ceux qui sont tombés.

En France, des récoltes de cônes sont organisées par les producteurs de semences forestières qui fournissent les pépiniéristes. Ces entreprises font appel à des élagueurs – cueilleurs expérimentés (voir la Liste des contacts à la fin du rapport) parfois complétés par des élagueurs locaux au besoin. Il est vivement conseillé d'employer quelqu'un qui a déjà pratiqué la cueillette de cônes, car les gains de temps et de rendement sont considérables (entreprise Vilmorin, communication personnelle, le 17/05/2015).

Selon les semenciers et élagueurs français contactés, 1 cueilleur peut récolter 5-6 hL (entre 200 et 480 kg de pignes) de pignes par jour, mais ce chiffre est très variable selon la conformation des arbres, la présence de branches dans le houppier, et la quantité de cônes par arbre. La bibliographie espagnole annonce plutôt 2-3 hL en moyenne, (80 kg à 240 kg) que l'on peut doubler ou tripler selon les conditions (arbres très chargés, peu de branches basses).

Pour les raisons détaillées en II.1, il est difficile de donner un nombre d'arbres/jour correspondant, puisque la quantité de cônes dans ceux-ci est très variable. En revanche, certains considèrent que la récolte

manuelle n'est possible que là où la quantité de pignes dépasse 150 kg/ ha (Ovando et al. 2008). En effet, un récolteur sera peu disposé à monter dans un arbre peu chargé en pignes.

Le prix de la prestation est d'environ 350 euros/jour pour un élagueur, ou bien 70-80 euros/hL selon le contrat de paiement pour la prestation (entreprise Vilmorin, élagueur/cueilleur, sècherie de Lajoux, communications personnelles).

Pour un poids moyen d'1 hL de pigne environ égal à 65 kg (si les pignes sont saines), et si un élagueur ramasse entre 3 hL et 6 hL par jour et qu'il est payé 350 €/jour, la fourchette de coûts de récolte manuelle (hors coût d'organisation du chantier etc.) approximative est comprise entre **0,88 €/kg et 1,75 €/kg** (selon la quantité de pignes que contiennent les arbres, la facilité d'accès au houppier).

- *La récolte mécanisée*

Elle consiste à utiliser une machine secoueuse d'arbre, du même type que pour les oliviers ou les noyers. L'ajustement au tronc et la durée de vibration doivent être rigoureusement contrôlés pour éviter que tombe plusieurs années de récolte. Son usage est limité aux zones planes, accessibles et peu denses. C'est la méthode avec le meilleur rendement. Cependant, le manque de spécialisation des entreprises et de formation peut avoir des conséquences négatives graves sur l'arbre, qui se trouve blessé, et qui affectent la production si des pignes non mûres tombent ou que des rameaux cassent.

Avant d'opter pour une récolte mécanique, il faut étudier plusieurs facteurs:

- L'orographie (le relief) peut gêner l'accès à la parcelle, soit par la pente (< 13% pour les machines de récolte employées) soit par les rochers ou par des accès difficiles. Il est possible d'approcher les limites de pente par des outils SIG (voir partie II.2) mais une confirmation sur le terrain est toujours nécessaire.
- La densité est un facteur important à prendre en compte, car le rendement d'une machine vibrante est dépendant de son temps de déplacement, lui-même proportionnel à la densité (Pérez et al. 2001; Ovando et al. 2008) : plus la parcelle est dense, plus le temps de déplacement est important. L'Annexe 9 présente le calcul du temps de déplacement de la machine en fonction de la densité.
- La machine est guidée par une personne qui repère les arbres qui contiennent des pignes, et suivie par des ramasseurs, qui mettent dans des sacs ce qui est à terre. Il faut éventuellement prévoir quelques cannes pour récupérer les quelques pignes non tombées facilement accessibles.
- La récolte mécanisée implique obligatoirement la formation d'opérateurs de machines pour éviter les dommages aux arbres par une mauvaise utilisation de la machine : la durée et fréquence de vibration est très importante pour éviter les dommages aux arbres

Les paramètres de vibration permettant un maximum d'efficacité tout en limitant les dégâts ont été définis au sein du programme Agropine 2011. Il faut limiter la durée de vibration (moins de 4 sec, possibilité de répéter la vibration 1 fois), contrôler la fréquence (16-19Hz), et surtout bien choisir la date de récolte, impérativement avant la nouvelle élongation des rameaux de l'année (mars) et hors période de gel (Martin-Moya 2011).

L'impact à long terme de la vibration serait une réduction de la taille des rameaux annuels (Peruzzi et al. 1989; Zurimendi et al. 2009), combinée à une augmentation de la croissance en diamètre. Les pignes seraient moins nombreuses, mais plus grosses et pleines, ce qui n'aurait pas d'impact sur la récolte finale en pignons (Peruzzi et al. 1989).

De plus, elle induirait une plus forte présence de *Tomicus piniperda* L. (parasite foliaire qui s'attaque aux arbres affaiblis), en revanche, la processionnaire *Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff préfère les arbres récoltés manuellement (Zurimendi et al. 2009).

Une machine de récolte italienne vaut approximativement 150 k€ neuve, et il est possible d'en trouver entre de 20 et 35 k€ d'occasion (entreprise Grassini, communication personnelle, le 24/08/2015).

Les coûts de récolte mécanique sont principalement liés au temps de circulation de l'engin dans la parcelle, lui-même principalement dépendant de la densité du peuplement (Annexe 9). Ramenés au kg de pigne, ces coûts ont été calculés sur une récolte entre 2000 et 2001 autour de 0,05 euros/kg contre 0,16 euros/kg avec la méthode manuelle : dans cette étude, les coûts sont 3 fois inférieurs en récolte mécanique par rapport à une récolte manuelle, pourtant déjà plus de 5 fois inférieurs au coût calculé avec les valeurs données par les élagueurs français (Pérez et al. 2001; Ovando et al. 2008). Il est probable que les ramasseurs ne soient pas des élagueurs professionnels, et que cela soit dû à une grande différence de salaire (entre l'Espagne en 2001 et la France aujourd'hui). Cependant leur étude est basée sur des récoltes réelles, et ont donc une plus grande fiabilité que les calculs réalisés en partie précédente.

En Italie, il a été montré qu'à partir de 75 heures de récolte/an, la récolte mécanique est systématiquement plus rentable que la récolte manuelle, bien que les coûts n'intègrent pas l'investissement et la maintenance de la machine (Peruzzi et al. 1989).

Si les mêmes ordres de grandeur sont repris, la récolte mécanique reviendrait environ entre **0,29 €/kg et 0,60 €/kg** selon la quantité de pignes contenues dans les arbres, et la densité du peuplement.

Les principales limites de l'utilisation de la récolte mécanique dans le Var semblent être :

- la présence de zones de protection réglementaire (Tortue d'Hermann, Cœur de parc du Parc National de Port-Cros, Réserve naturelle de la plaine des Maures) où la pénétration d'engins est limitée voire interdite.
- la réticence des propriétaires ou gestionnaires au secouage des arbres et à la pénétration d'engins dans la parcelle.
- l'accessibilité des parcelles.
- la taille des parcelles et le morcellement qui impliquent l'accord à tous les propriétaires pour utiliser la machine.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - diminue le risque d'accident très important lié à l'activité des cueilleurs - diminue fortement le coût de récolte (divisé par 3), surtout sur des surfaces importantes - diminue la période de récolte et donc le risque de vols de pignes - récolte plus d'arbres/jour 	<ul style="list-style-type: none"> - investissement initial (vite rentabilisé cependant) - contraintes de terrain (orographie, sol), de peuplement (la densité), de zones de protection réglementaires - effet des vibrations à long terme sur les arbres peu connu - contrainte temporelles (sols non humides, absence de gel, récolte doit impérativement se faire avant la croissance des pousses terminales) - très déconseillé lorsque la régénération naturelle est recherchée

Tableau 6. Avantage et inconvénients de la récolte mécanisée des pignes

Cette étape de récolte achevée, il faut stocker les pignes dans un endroit abrité et protégé, puis, en juin peut débiter le séchage et la transformation.

III.1.2.2 Le séchage des pignes

Pour récupérer les pignons dans les pignes, il faut tout d'abord procéder à l'ouverture de celles-ci. Deux méthodes existent pour cela : la méthode naturelle, et la méthode artificielle dite de pignes « vertes ».

- *La méthode naturelle*

Les pignes sont disposées sur une dalle lisse de séchage pendant les mois chauds (juin-juillet-août) et vont s'ouvrir sous l'action de soleil et de la chaleur. C'est la méthode la plus simple, la moins coûteuse, et qui donne les meilleurs résultats en terme de qualité de pignons (Castaño et al. 2004).



Figure 29. Séchage naturel de pignes. Source : Martinez (2011)

Cependant, c'est aussi la plus risquée, car s'il pleut sur les pignes, il y a un risque de germination.

Le dimensionnement d'une dalle est d'environ 80 -100 m² pour sécher 20 hL de pignes soit entre 800 et 1600 kg de pignes (D'anoste, conversation personnelle).

- *La méthode artificielle*

Les procédés varient selon les transformateurs, mais la méthode consiste à réchauffer les pignes soit à l'eau bouillante, soit dans un four, pour provoquer leur ouverture prématurée. Le principal avantage est de permettre de transformer du pignon toute l'année, notamment avant les périodes de fêtes de Noël quand les prix augmentent. De plus, les pignons extraits se conservent généralement mieux que les pignes.

Le climat du Var permet tout à fait d'imaginer sécher les pignes naturellement sans investissement initial important autre que la dalle, et les outils de manutention de cônes. Il faut ensuite en extraire les pignons noirs.

III.1.2.3 De la pigne au pignon noir

En Espagne, les chaînes de transformation industrielles utilisent des moulins égraineurs de pignes. Ceux-ci broient une partie de la pigne, tout en préservant les pignons, et permettent de séparer les pignons noirs du reste du cône.



Figure 30. a) Broyeur à rouleaux du moulin égraineur et b) Moulin égraineur/cribleur
Source : www.casatabares.com

Deux types d'égraineuses existent dans le commerce : les égraineuses horizontales, au rendement d'environ 8000 kg pignes traitées/h et les égraineuses verticales, d'un rendement de 3000 kg pignes traitées/h. Ces dernières sont souvent privilégiées, car la proportion de pignons cassés ou abimés dans la machine est inférieure, d'environ 1 à 4 % du total. Il faudrait dans l'idéal 3 personnes pour faire tourner la machine : 2 qui l'alimentent, et 1 qui la contrôle.

A ce stade la quantité de pignons perdus est liée au procédé d'ouverture utilisé : si l'ouverture se fait par séchage au soleil de manière traditionnelle, la majeure partie des pignons sera tombée dans les zones de stockage séchage, et dans les tamis de récupération à l'entrée de l'égraineuse. A l'inverse si l'ouverture est réalisée à l'eau bouillante, la résine sécrétée plus abondamment colle les pignons et les empêche de sortir de la pigne aussi facilement, et ils passent en plus grande quantité dans les moulins égraineurs, avec des risques de pertes.

Les pignons qui sont restés coincés dans la pigne peuvent être extraits avec 2 types de cribleurs : des tapis de criblage qui secouent et font tomber les pignons à travers des tamis (déjà inclus dans les machines présentées en Figure 30, ou des cribleurs sphériques rotatifs composés de plusieurs tamis,

Enfin, les pignons récoltés sont passés dans un séparateur à air comprimé (Figure 31), qui va les propulser plus ou moins loin selon leur poids, afin de séparer les pignons des résidus restants (écaillés, tête de cône, ailettes, pignons vides, rachis, poudre noire et tégument qui entourent le pignon).



Figure 31. Séparateur rotatif pneumatique. Source : www.casatabares.com

Casa Tabarés est l'entreprise de construction de machine référencée qui fournit la majorité des installations d'extraction de pignon aujourd'hui en Espagne. L'investissement dans un broyeur/cribleur accompagné du séparateur, permettant de traiter 100 Tonnes de pignes par jour, reviendrait à 50 000 € neuve. La version permettant d'ouvrir les pignes de manière artificielle avec de l'eau bouillante, jusqu'au pignon noir coûte environ 95 000 €.

Sur internet, il existe des alternatives, dont la fiabilité reste à prouver (site internet en Turc non traduit en Anglais, liens qui ne fonctionnent pas toujours): le site <http://www.bozkurtmakina.net/altsayfa/iletisim.html> présente cependant des machines aux prix intéressants. Selon certains commentaires trouvés sur des vidéos de l'entreprise, la machine de broyage et criblage acheminée en Europe coûterait 22 000 dollars américains. Également, des sites chinois vendent des machines peu onéreuses, mais dans les deux cas un gros travail de traduction est nécessaire.

Il est également possible de trouver du matériel d'occasion pour un investissement plus faible.

III.1.2.4 Du pignon noir au pignon blanc

Ce processus consiste à extraire l'amande du pignon coque, et passe par de nombreuses étapes successives et relativement complexes, qui peuvent mobiliser 2 personnes ou plus selon les machines :

- Humidification du pignon pour faciliter l'ouverture de sa coquille, limiter la libération de trop de poudre dans la machine, améliorer l'élasticité du pignon dans sa coque pour ne pas l'abimer lors de la fracture de celle-ci.
- Un nouveau tri puis un lavage pneumatique est effectué pour séparer les restes de coquille, les restes de pigne, et trier les pignons par taille.
- Décorticage: 2 cylindres mobiles à espacement variable vont casser la coque. Le rendement dépend de l'humidité, de la taille du pignon, de la dureté de la coque, et il peut varier de 500 à 2000 kg/ jour.
- Un système de renvoi des pignons non séparés de leur coque dans la machine est mis en place, avec une nouvelle sélection dans des cribleurs.
- L'étape finale est un nouveau lavage pneumatique puis une régulation de l'humidité pour atteindre les 3 à 4 % sur la matière sèche.

Le produit obtenu contient encore 20 % de saletés (résidus de coque, ailettes des pignons...), il passera ensuite dans un processus de nettoyage comprenant lui aussi différentes étapes non détaillées ici, puis au conditionnement, avant d'être envoyé dans les circuits de distribution.

Le coût d'investissement dans ces machines dépend du dimensionnement désiré. Il faut compter 135 000 € pour transformer 30 kg de pignon blanc/heure.

III.1.3 **Une filière qui reste opaque**

La production de pignons de pins reste malgré tout peu transparente. Le graphique présenté en Figure 27 témoigne de l'absence de traçabilité qui règne sur cette filière. En effet, dans les échanges internationaux et les normes alimentaires (EUROSTAT, Codex Alimentarius), il existe un flou sur le produit « pignon de pin » : les réexportations ne sont pas distinguées des exportations de pays producteurs. L'espèce de pin dont sont issus les pignons n'est pas différenciée, alors que les qualités nutritionnelles sont très spécifiques à chacune, et que des risques sanitaires sont à considérer (voir I.2.3). Ceci dessert la commercialisation de pignons méditerranéens, plus coûteux à la production, et donc au final plus chers dans les rayons de distribution que tous les autres pignons.

Une autre fragilité de cette production est due au peu d'acteurs engagés dans cette filière : l'importante variabilité de production interannuelle freine l'investissement et déstabilise les structures de transformation déjà en place. Ceci conduit à des logiques d'économie d'échelles sur la production de pignons, avec une « course » pour l'approvisionnement lors des années de faible production. Les entreprises capables de transformer jusqu'au pignon blanc sont encore moins nombreuses, et de taille importantes : ce sont elles qui fixent les prix en bout de filière sur le marché (Martínez 2014) les prix sont ensuite ajustés pour les autres maillons de la filière jusqu'au producteur.

Cette production forestière est difficilement quantifiable et contrôlable : les estimations de production à l'hectare servent au calcul du prix de vente dans les contrats avec le propriétaire, et sont très approximatifs. Cela laisse une grande marge de manœuvre pour l'acheteur, et le prix final dépendra beaucoup de ses capacités de négociation.

Ce climat d'incertitude de la production, de faiblesse structurelle de la filière, mis en regard avec la très haute valeur du produit transformé favorise l'implantation de négociants intermédiaires (pas toujours déclarés), à tous les niveaux entre la pigne dans l'arbre et le pignon blanc en sortie d'usine.

A titre d'exemple, il n'existe pas de registre officiel d'entreprises dans le secteur (producteurs, cueilleurs, opérateurs intermédiaires et industriels) en Espagne, pourtant un des principaux pays méditerranéens producteurs (Martínez 2011).

Cependant, en province de Castille-et-León, de nouvelles normes d'approvisionnement et des normes de traçabilité ont vu le jour en 2012, qui permettent une première clarification. Des normes ibériques sont attendues désormais.

En France, il faut bien avoir en tête que l'installation d'une filière de pignons de pins varois nécessiterait impérativement une traçabilité exemplaire maîtrisée à l'aide de cahiers des charges depuis la production jusqu'à la commercialisation, et le développement de normes adaptées pour pouvoir promouvoir le pignon local.

Afin de mieux comprendre le fonctionnement de cette filière, un aperçu de l'organisation de filière existante chez nos voisins espagnols est intéressant.

III.2 Exemple espagnol d'organisation de filière

La Figure 32 montre la localisation des peuplements de pins parasols espagnols. A chaque localité, le type de peuplement, de sol, de climat sont différents.

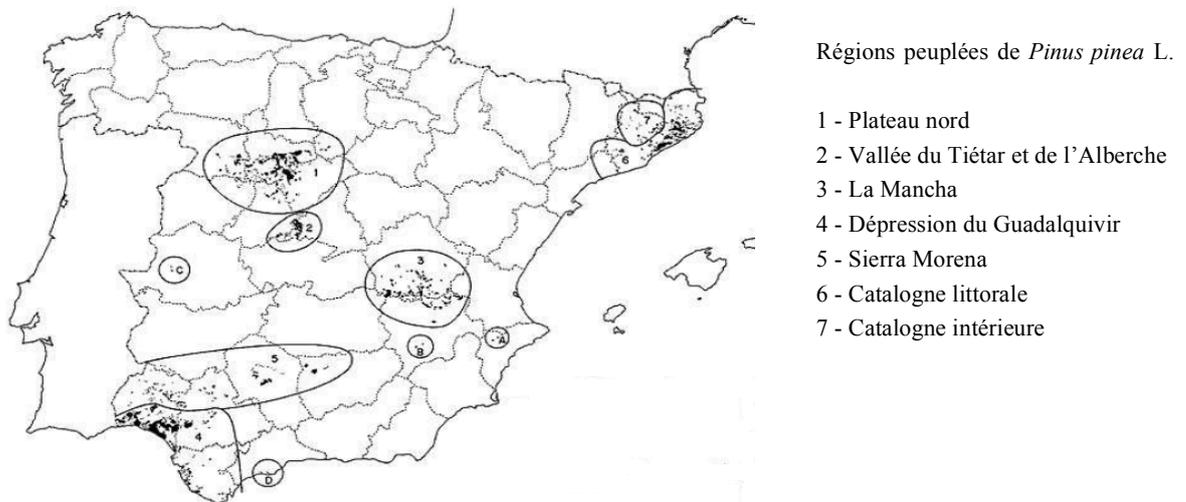


Figure 32. Localisation des peuplements de Pin pignon Espagnols. Source : Oar (2011)

La collecte est généralement réalisée soit par des entreprises familiales qui possèdent les terres, ou par des regroupements de cueilleurs, soit par des coopératives, ou encore des intermédiaires indépendants (non enregistrés).

Cependant, voici les grandes lignes qui caractérisent le secteur en Espagne, tirés de différents documents (Ortuño Pérez, Barranco Reyes 2004; Martínez 2011). Une entreprise considérée comme « grande » si elle

transforme plus de 150 T pignons blancs/jour, et une petite entreprise produit moins de 60 T de pignons blancs/jour.

Andalousie : 180 784 ha

4 entreprises dont 2 qui transforment jusqu'au pignon noir (Frutos Secos Puig et COFOREST), et 2 familiales jusqu'au pignon blanc. D'autres opérateurs existaient il y a quelques années mais la documentation récente manque à ce sujet.

Catalogne : 39 546 ha

1 entreprise qui contrôle une grosse part de la production catalane, et possède 30% du marché espagnol à travers ses filiales : Frutos Secos Puig. Les autres entreprises sont mentionnées dans le rapport (Ortuño Pérez, Barranco Reyes 2004) dont l'existence à ce jour est à vérifier.

Castille-et-Leon : 87 400 ha

60 petites entreprises familiales qui transforment jusqu'au pignon noir, et des grosses entreprises (dont Frutos Secos Puig qui transforme jusqu'au pignon noir, et Piñones de Castilla, S.A qui transforme jusqu'au pignon blanc), plus 1 grosse coopérative regroupant les producteurs de pignons noirs, Piñonsol, qui transforme jusqu'au pignon blanc et se veut la plus transparente possible. Le maintien de ces petites entreprises est dû à leur expérience, leur savoir-faire transmis de générations en générations, sans main d'œuvre très qualifiée coûteuse. Peu d'entre elles possèdent le registre sanitaire, voire même les autorisations requises pour fonctionner (Ortuño Pérez, Barranco Reyes 2004).

III.2.1.1 Caractéristiques du marché

Alors que le marché de la pigne reste local ou national (gros coûts de transport, nécessité de regrouper pour les transformateurs), celui du pignon noir ou blanc est national ou international (dans l'Union Européenne). Des échanges sont effectués entre premiers transformateurs (jusqu'au pignon noir) et seconds transformateurs (pignons blancs), puis avec des conditionneurs également, et enfin dans les circuits de mise sur le marché au particulier/3^{èmes} transformateurs (boulangers...)

III.2.1.2 Dynamique d'acteurs

Au sein d'une filière, un « turn over » d'acteurs est parfois observé. Les entreprises doivent rester compétitives afin de garder une part d'action dans le marché.

Le secteur du pignon espagnol est quant à lui assez protégé de l'arrivée de nouveaux concurrents. En effet, les investissements initiaux importants, l'expérience pour optimiser tout le processus de transformation, la spécificité du matériel et savoir faire de transformation, le caractère irrégulier de la production de cônes des arbres sont des facteurs de dissuasion pour entreprendre. A cela s'ajoute la difficulté d'accès à un marché assez obscur comme celui du pignon où les canaux de distribution sont déjà monopolisés. Cependant, du changement a été observé ces dernières années, et de nouveaux débouchés plus transparents ont été créés, qui relèvent souvent du mode coopératif (COFOREST, Piñonsol).

III.2.1.3 La compétition pour la ressource

Le surdimensionnement des industries qui traitent les pignes provoque un déséquilibre entre la demande et l'offre. Les entreprises de transformateurs sont souvent en compétition pour leur approvisionnement. Afin de maintenir un fonctionnement d'usine rentable, les industriels importent d'autres régions, d'autres Pays (Portugal, France). La variabilité des prix est essentiellement dépendante de la quantité de cônes disponible à l'année d'achat, résultant de cette compétition pour la ressource.

Du fait du manque de regroupement des propriétaires producteurs en Espagne jusqu'à récemment, la négociation des prix avec les acheteurs restait toutefois limitée. De plus, comme présenté en III.1.3, de

nombreux petits intermédiaires s'insèrent dans la chaîne de traitement entre petits producteurs et transformateurs, à qui ils revendent en quantités moyennes (1 ou 2 camions de 25 tonnes chacun).

Aujourd'hui, plusieurs points font partie des thématiques en réflexion autour du pignon en Espagne:

- Identifier et enregistrer les acteurs officiels -producteur/transformateur/vendeurs-
- Regrouper les propriétaires producteurs pour avoir un pouvoir de négociation
- Informer les consommateurs pour limiter la concurrence hors Europe (pignons asiatiques...)
- Aider le secteur par des mesures juridiques (protection du propriétaire contre le vol, mettre en lumière les flux réels de produits, pénaliser les récalcitrants), et des mesures financières (aider les producteurs, pour dynamiser cette filière et donner de la valeur à son territoire, tout en créant de l'emploi)

Avec les connaissances acquises dans la bibliographie sur les étapes de la filière du pin pignon et l'exemple de l'Espagne, quelques scénarios de valorisation pour les pignons varois vont être présentés.

III.3 Scénarios Varois identifiés

Il est possible d'imaginer plusieurs scénarios de valorisation pour la production de pignons varois. Au vu de la durée réduite du stage, et considérant l'absence totale de filière et d'acteurs localement, seule l'étude des scénarios allant jusqu'à la transformation de la pigne en pignon noir a été réalisée.

Une fois les pignes présentes dans l'arbre, il est possible de les valoriser avec une vente sur pied, avec une vente après récolte, ou une vente de pignons après transformation des pignes.

Les différences entre scénarios seront principalement liées au transfert de propriété, réalisé au moment du contrat de vente, qui aura une influence sur l'organisation de la filière. Il convient alors de rappeler qu'en amont de la filière, tout comme pour les champignons, les cônes -qui sont les fruits du pin pignon- appartiennent de plein droit au propriétaire du sol (article 547 du code civil).

III.3.1 Le regroupement de la ressource, une étape essentielle

Les peuplements varois appartiennent majoritairement au domaine privé (73 %) qui est morcelé, comme dans la plupart des régions françaises. L'absence de filière sur le territoire va impérativement nécessiter un regroupement de la ressource pour :

- intéresser un acheteur;
- avoir un pouvoir de négociation avec l'acheteur ;
- organiser et contrôler la récolte, mettre en commun les frais, les investissements.

Plusieurs statuts de regroupement peuvent être envisagés à terme pour cette activité (Coopérative, SCIC, ou SARL...). Ces statuts ont chacun leur spécificité, leurs avantages et inconvénients. Cependant, ils concernent généralement le regroupement d'une activité économique déjà en place, à un stade plus avancé d'installation de filière.

Il semble plus judicieux de partir sur un regroupement assez léger à mettre en place, permettant d'être opérationnel rapidement en cas de bonne année de récolte. Le statut de syndicat ne permet pas le développement d'une activité commerciale, ce qui sera une contrainte importante très rapidement.

La forme juridique de regroupement apparaissant comme la plus utile dans un futur proche est celle de l'Association Syndicale Libre (ASL). Elle est caractérisée par une grande liberté d'organisation et de fonctionnement, puisque l'association est définie par ses propres statuts (nom, objet, siège social, règles de fonctionnement) et porte sur le bien immobilier et non la personne propriétaire. Deux obligations à sa création : l'existence d'une assemblée générale, et d'un bureau.

Le regroupement, la sous-traitance de certaines parties de la filière sont des activités tout à fait envisageables pour les parcelles gérées par l'ASL, et elle permettrait surtout de débloquer plus facilement les fonds publics et autres financements pour aider la mobilisation et le montage de la filière.

Une ASL est déjà présente sur le territoire (ASL Subéraise Varoise) et la question se pose d'ajouter le regroupement de propriétaires autour de la production de pignons de pins à ses actions.

Les avantages seraient d'éviter de créer une nouvelle structure, les lourdeurs administratives que cela suppose, et le financement d'un poste d'animateur pour la faire fonctionner. De plus, l'ASL pourrait compléter le carnet d'adresses en ayant accès aux contacts des propriétaires possédant déjà parcelles avec du liège gérées par l'ASL qui contiennent du pin parasol.

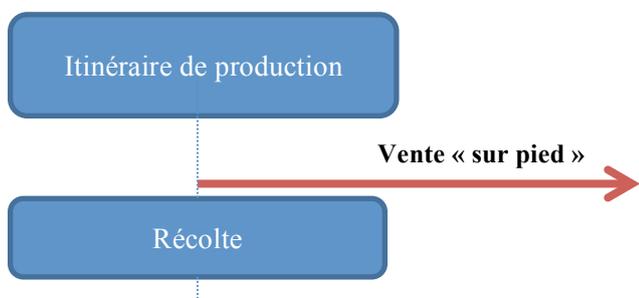
Les inconvénients sont plutôt liés au territoire d'action de l'ASL qui est limitée par ses statuts à l'aire de répartition du chêne liège, donc essentiellement sur terrains siliceux. Toute la partie calcaire (au nord de la dépression permienne) ne pourrait pas être prise en charge. Le temps à consacrer à l'animation risque également de manquer aux chargés de mission de l'association qui ont déjà une charge de travail

conséquence. L'adhésion à l'ASL subéraie varoise peut également être un frein puisqu'elle coûte environ 50 euros par an au propriétaire.

L'option reste tout de même imaginable, du moins temporairement: un partenariat entre ASL et CNPF et pourrait permettre un premier travail de regroupement pour des phases test de récolte chez les propriétaires motivés.

Une fois le regroupement effectué, plusieurs voies de valorisation sont possibles ; elles sont présentées dans les parties suivantes.

III.3.2 Vente sur pied



Le premier scénario de valorisation consiste à vendre les cônes « sur pied », c'est à dire dans les arbres. De manière similaire à la vente de lots de bois sur pied, le propriétaire foncier passe un contrat de vente sur pied avec l'acheteur, à qui la responsabilité de la récolte - et des ramasseurs qui l'effectuent - est transférée.

L'acheteur potentiel peut être dans ce cas soit un transformateur qui se déplace pour aller chercher son approvisionnement, soit un exploitant forestier indépendant, qui achète les pignes et les revend une fois récoltés.

Le prix de vente est calculé comme suit:

$$\text{Prix de vente (€)} = \text{Quantité de pignes (kg)} \times \text{Prix de la pigne (€/kg)}$$

La quantité de pignes peut être obtenue de 2 manières :

- Estimation de la quantité sur pied *a priori* : le prix est négocié dans le contrat par estimation avant la récolte de la quantité de cônes/arbres. Les deux partis trouvent un accord ne reviennent généralement pas sur les termes du contrat.
Cette option est la plus fréquente en Espagne et au Portugal. Bien que les quantités soient souvent mal évaluées en défaveur du propriétaire, la vente peut se faire avant la période de récolte, donne de la visibilité aux cueilleurs sur leurs chantiers et décharge les propriétaires du problème de vol des pignes et de l'avancement de trésorerie pour la récolte.
- Mesure de l'Unité de Produit (UP): la définition du prix se fait après la récolte, par pesée, ce qui permet de connaître la quantité précise de ressource prélevée. Si l'organisation est un peu plus compliquée à mettre en place –il faut trouver une balance à proximité-, cette méthode permet d'avoir des données précises sur les productions des peuplements, et de rémunérer au plus juste le propriétaire. De plus, elle permet de contrôler la propreté des travaux réalisés puisque le versement n'est réalisé qu'après exploitation. Ces avantages ne sont valables que si le propriétaire a la possibilité de surveiller le nombre de camions qui partent de la parcelle.
Cependant, les ramasseurs ont tendance avec cette méthode à laisser les pignes difficilement accessibles dans les arbres, pour limiter les coûts de récolte, au détriment du propriétaire et de l'approvisionnement de la filière.

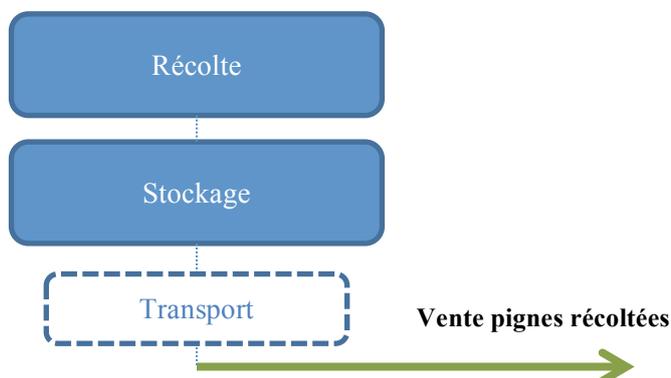
Le prix du kg de pignes est proposé par l'acheteur. Il dépend généralement de plusieurs facteurs :

- L'accès aux parcelles (distance que doit parcourir l'acheteur, la desserte), les difficultés d'exploitation (terrain en pente, blocs rocheux, cours d'eau, arbres non élagués...)
- La compétition pour la ressource à l'année considérée : la variabilité interannuelle de production force parfois les transformateurs à augmenter les prix pour obtenir des contrats, ou à prospecter plus loin.
- Le mode de vente : il peut se faire de gré à gré, ou aux enchères. Le contrat sur le long terme n'est pas utilisé étant donné la variabilité de production.
- Le rendement en pignons/pigne : l'acheteur peut parfois demander un échantillon pour vérifier que les rendements sont bons, en comptant le nombre de pignons sains contenus dans les cônes. Le prix est alors souvent renégocié au rabais si la quantité est faible.

En 2014, les prix mesurés par l'ASFOVA (Asociación Forestal de Valladolid) en Espagne pour la vente sur pied étaient compris entre **0,5 et 0,7 €/kg** cônes.

La principale difficulté dans la réalisation de ce scénario est de trouver un acheteur. La distance avec les transformateurs existants pose une grosse contrainte, et trouver une équipe de ramasseurs disposés à venir dans le Var en pleine saison de récolte ne sera pas forcément aisée.

III.3.3 Vente après récolte



Le transfert de propriété s'effectue une fois les pignes récoltées (l'équivalent en exploitation forestière est la vente « bord de route »). Le propriétaire réalise lui-même une récolte s'il dispose du savoir-faire et des outils, ou bien il fait appel à des Entrepreneurs de Travaux Forestiers (ETF).

Dès lors, il est responsable du choix de l'entreprise et doit s'assurer que celle-ci dispose des compétences requises et qu'elle est titulaire d'un constat de levée de présomption de salariat. Si c'est bien le cas, alors le propriétaire se décharge de la responsabilité de la récolte et des personnes qui l'effectuent.

Le choix du mode de paiement pour l'ETF

S'il sous-traite l'activité de récolte, plusieurs modes de paiement peuvent être envisagés.

A la journée : permet d'assurer un salaire convenable au récoltant lorsque les cônes sont peu nombreux (rentabilité de la machine, déplacement des élagueurs), et de rapprocher la paye de la quantité de travail réellement demandée. Il faut cependant rester vigilant lors du choix de l'entreprise récoltante, et il y a un risque d'augmentation des délais de chantier à surveiller.

Au contrat : il est possible de payer le récoltant par unité de produit (en poids ou le plus souvent en volume hL). Cela permet d'avoir une idée des coûts du chantier pour le propriétaire et diminue le risque de perdre de l'argent. Il faut alors surveiller plus attentivement les dommages causés aux arbres si le travail est précipité, et la quantité de pignes laissées sur pied (car plus difficilement accessibles).

La vente ne se fait généralement qu'à l'UP : La quantité de cônes exacte est alors connue, un suivi de la production des peuplements concernés est possible, et permet d'affiner la gestion (zones trop peu

productives pour être récoltées, effet d'éclaircies sur les arbres restants, sélection des meilleurs producteurs etc.). Afin de limiter les intermédiaires et de sécuriser le débouché, il est sûrement plus intéressant de chercher un acheteur parmi les transformateurs dont les contacts sont disponibles, plutôt qu'un négociant.

La vente doit être réalisée le plus rapidement possible, car la conservation de pignes nécessite un emplacement de stockage sûr -contre le vol-, conséquent -volume de pignes important-, au sec, et que le séchage des cônes fait perdre du poids à son produit, et donc de la valeur.

L'acheteur n'est pas forcément disposé à prendre en charge le transport des pignes jusqu'à son usine. En effet, la distance entre les usines de transformation existantes et les peuplements varois est importante, et il semble peu probable d'intéresser suffisamment un acheteur pour qu'il vienne les récupérer aussi loin. C'est une contrainte économique qui serait dans ce cas à prendre en compte, avec un coût qui reste relativement faible en regard du prix de récolte, de 0,054 €/kg pour une distance moyenne de 250 km (Castaño et al. 2004). Un exemple supplémentaire illustre ce point, avec des chiffres approximatifs donnés à titre indicatif qui permettent d'avoir un ordre de grandeur. Un devis est nécessaire pour confirmer ou infirmer ces données.

Exemple : Un camion benne de 35 m³ (26 Tonnes de pignes) coûte environ 900 €/jour (Coopérative Provence Forêt, communication personnelle, le 10/09/2015). Pour une base d'une journée de transport (le trajet entre Le Luc en Provence et la Catalogne est de 5 h en voiture), cela reviendrait à environ 34 €/Tonne soit 0,034 €/kg. Si ce temps de transport est doublé (s'il n'est pas trouvé de retour pour le camion) cela revient à 0,068 €/kg. La valeur 0,1 €/kg sera gardée pour prendre en compte les éventuels surcoûts non précisés dans le calcul.

Cette étape de transport via une société de transport est lourde en logistique, et mérite une plus ample réflexion. Des lois régissent le transport de matériel végétal, la durée de conduite des chauffeurs, qu'il faudrait prendre en compte si un scénario de ce type est envisagé.

Evaluation de la rentabilité du scénario :

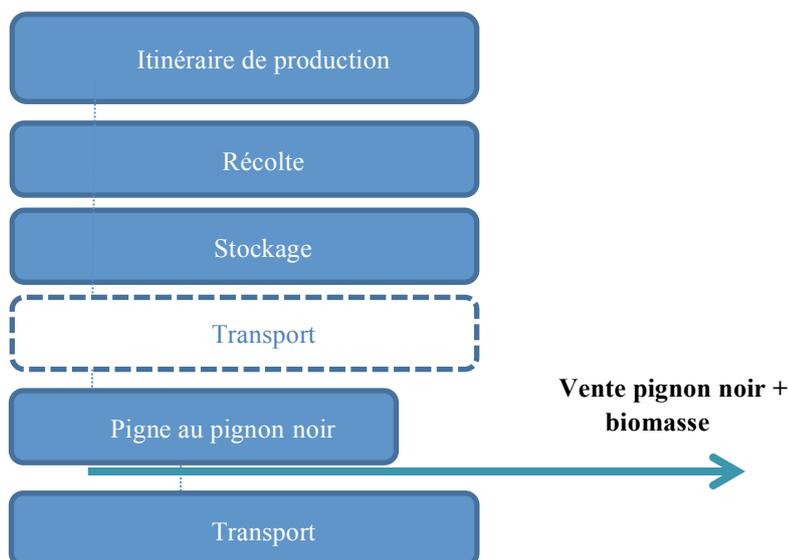
Reprenant les données acquises durant le stage qui proviennent de nombreuses sources (Peruzzi, Cherubini 1998; Pérez et al. 2001; Zurimendi, Sierra de Grado 2006; Ovando et al. 2008) il est possible de tirer les conclusions suivantes :

Rentabilité du scénario
Coût de récolte manuelle: entre 0,88 et 1,75 €/kg
Coût de récolte mécanique : entre 0,29 et 0,60 €/kg
Coût de transport ?
Prix de vente de la pigne entrée d'usine en Espagne (2014) : 1,15 €/kg

(Il est rappelé que l'Annexe 1 permet de connaître les conversions entre unité de pignes de pignons)

- La récolte manuelle ne sera pas rentable partout : elle est à proscrire là où les ramasseurs n'atteignent pas le rendement de 300 kg/jour soit environ 4,6 hL de pignes (coût de récolte = prix de vente des pignes).
- S'ils récoltent 6 hL par jour, cela laisserait une marge d'environ 0,27 €/kg pour le transport, l'organisation de la récolte, les frais de fonctionnement de la structure de regroupement (hors subvention), et la rémunération du propriétaire.
- Une fois l'investissement réalisé, la récolte mécanique laisserait au moins 0,55 €/kg pour le transport, l'organisation de la récolte, les frais de fonctionnement de la structure de regroupement (hors subvention), et la rémunération du propriétaire.

III.3.4 Vente après transformation



Afin de capter un maximum de valeur ajoutée localement, et supprimer des intermédiaires, il est possible pour le propriétaire de réaliser la première transformation de la pigne qui consiste à extraire les pignons noirs des cônes. L'opération dégage également de la biomasse valorisable. C'était le schéma le plus répandu en Andalousie il y a quelques années, quand il n'y avait pas d'industriel à proximité pour transformer jusqu'au pignon blanc. Aucun transformateur n'est présent dans le Var aujourd'hui, il existe donc deux options pour y parvenir : l'investissement ou la sous-traitance.

Le prix d'achat du pignon noir par les transformateurs n'a pas encore été communiqué par les transformateurs contactés. Il faut attendre la période de récolte pour connaître quels seront les prix de l'année (qui dépendent de la quantité produite l'année considérée et de la compétition pour la ressource) et savoir quelle option semble la plus intéressante. Sur les diapositives d'une présentation d'un séminaire au Portugal, les producteurs vendaient les pignons noirs à 5,5 €/kg (Silveira 2012). Ce chiffre sera à confirmer lors de réception des devis.

III.3.4.1 L'investissement

En plus de la récolte présentée dans le scénario précédent, si le propriétaire veut réaliser lui-même sa transformation, l'investissement dans des machines (présenté en III.1.2.3) est nécessaire et peut s'avérer conséquent et risqué au vu de des connaissances actuelles sur les potentialités de cette activité. Il pourrait alors rentabiliser sa machine en complétant son approvisionnement par des achats de pignes d'autres producteurs alentour. L'association est également une alternative intéressante pour ce genre d'achats (CUMA etc...), mais un regroupement préalable des propriétaires est préférable pour se rapprocher au mieux des besoins et partager les frais d'achat – voir la partie sur le regroupement en III.3.1 -.

Le coût de l'investissement pour transformer les pignes en pignon coque dépend de quelques facteurs non maîtrisés à ce stade de l'étude :

- le dimensionnement de l'installation : il sera connu quand des récoltes sur le territoire identifieront les parcelles mobilisables, et les quantités produites approximatives. Dans tous les cas, ce serait une petite installation de type familiale qu'il faudrait pour lancer la production.
- le matériel : neuf (60 000 €) ou d'occasion (proposition à partir de 10 000 €) ?
- la disponibilité du foncier (son prix), pour l'installation de l'usine.

Les frais de fonctionnement de l'installation de transformation ne sont aujourd'hui pas connus. Cependant, il peut être supposé d'après la bibliographie qu'il faut au moins 2 ouvriers pour la faire fonctionner. Etant données les capacités de traitement des machines (100 tonnes/jour), le coût de fonctionnement au kg est relativement faible, même en comptant la rémunération des 2 ouvriers.

Théoriquement, cette option présente l'avantage de capter de la valeur ajoutée sur le territoire de production, et de supprimer un intermédiaire supplémentaire, pour diminuer les coûts totaux de production pour un produit qui est déjà le plus cher des fruits secs vendus sur le marché. Un autre avantage réside dans l'économie du transport: le rapport de volume comme de masse entre la pigne et le pignon étant de 6, l'économie dans le nombre de camions à envoyer à l'acheteur est nette.

Rentabilité du scénario
Coût de récolte manuelle: entre 0,88 et 1,75 €/kg
Coût de récolte mécanique : entre 0,29 et 0,60 €/kg
Investissement minimum dans une installation : 10 000 €, 60 000 €+ Foncier
Frais de fonctionnement : ? (< 0,1 €/kg)
Frais de transport : ?(a priori <0,05 €/kg)
Prix de vente du pignon noir entrée d'usine en Espagne (2014) : 5,5 €/kg ???
Prix de vente de la biomasse générée : 0,035 €/kg

Trop d'inconnues sont en jeu dans ce calcul de la rentabilité du scénario complet. Cependant, il est possible de dire que si le prix de vente de pignons noirs est bien de 5,5 €/kg, réaliser la transformation semble ne pas être intéressant économiquement.

En effet 1kg de pigne rapporte 1,15 €. Le rapport de masse entre la pigne et le pignon noir est de 1/5, les 4/5 représentent la biomasse générée par le processus. Si ce rapport est appliqué au prix du pignon noir (5,5 €/kg) pour trouver l'équivalence en poids de pigne, le prix est de 1,1 €/kg, auquel il faut ajouter les revenus de la biomasse ramenés au kg de pigne, soit 0,028 €. Le total donne 1,13 €/kg, ce qui est inférieur au prix de la pigne vendu en entrée d'usine sans transformation. Avec ces prix, il n'y aurait pas d'intérêt à réaliser la transformation.

Ce résultat est surprenant, et mérite d'être approfondi avec un prix du pignon noir vérifié. Il faut noter que celui-ci varie d'une année à l'autre en fonction de la ressource disponible à proximité des usines de transformation, et de la demande des consommateurs. Ansub.pt a réalisé une étude de rentabilité de ce type d'installation. Ils ont trouvé une Valeur Ajoutée de +99% avec transformation par rapport au témoin qui était vente de la pigne aux transformateurs (Silveira 2012).

Même si les coûts de main d'œuvre, de récolte, et surtout les quantités disponibles ne sont pas les mêmes en France qu'au Portugal, une telle augmentation laisse imaginer des possibilités pour développer ce type d'installation dans le Var.

III.3.4.2 La sous-traitance

Le propriétaire peut également sous-traiter la transformation, et dispose pour cela de plusieurs options : soit il trouve un transformateur en France (peu nombreux, essentiellement des sècheries ou producteurs de semences), soit il envoie ses pignes à l'étranger, là où la filière existe déjà.

En France, nous disposons d'opérateurs qui produisent des semences forestières (mais pas dans le Var), qui possèdent les machines pour réaliser l'extraction de pignons noirs à partir des cônes. Le prix approximatif de cette prestation reviendrait entre 1,5 €/kg à 2,5 €/kg (hors taxe) de pignons coques obtenus (sècherie de Lajoux, communication personnelle, août 2015). Si les pignes ont un nombre correct de pignons, cela correspond à **0,36 € TTC/kg ou 0,55 € TTC/kg** de pigne traitée. Il faut ensuite trouver un acheteur parmi les transformateurs existants à l'étranger, et prendre en charge le transport jusqu'à l'usine.

Le propriétaire peut aussi choisir un prestataire de service à l'étranger, là où la filière existe déjà. Dans ce cas, l'intérêt de récupérer les pignons noirs transformés est limité, puisque il leur serait ensuite vendu ou sous-traité de nouveau pour en extraire les pignons blancs. L'idéal serait donc de sous-traiter la transformation jusqu'au pignon blanc. Pendant le stage 2 entreprises relativement proches du Var (Catalogne, Toscane) ont été contactées pour la prestation de service de transformation de la pigne en pignon

blanc, en attente de réponse. D'autres transformateurs doivent être contactés également pour avoir plus de choix et les prix les plus intéressants. Cette option semble être la plus intéressante à réaliser (du moins dans un premier temps), puisqu'elle permettrait de vendre le pignon du Var localement (malgré une transformation à l'étranger), sans investissement initial.

Pour cela, il faut impérativement réaliser un cahier des charges pour la prestation : le pignon de pin méditerranéen est un produit à haute valeur économique, une amande de luxe dont il faut savoir valoriser les qualités, et l'origine. Pour être concurrentiel, la communication autour du pignon varois, et les preuves de sa provenance seront nécessaires. Pour cela, un cahier des charges précis devra être établi afin de pouvoir assurer la traçabilité du produit que le consommateur achète.

Les principaux avantages de la sous-traitance :

- connaître le ratio pignons noirs/pignes. Celui-ci est parfois un argument pour baisser les prix quand les cônes ne contiennent pas beaucoup de pignons. Une première composante, la quantité de pignons noirs par pigne, est ainsi éliminée. Il est ensuite possible de réaliser un tri pour obtenir une quasi-totalité des pignons noirs pleins, avec une forte probabilité d'y trouver une amande comestible.
- actuellement, seules les semences forestières de pin parasol sont vendues sous la forme de pignons noirs. En Andalousie, la coopérative Coforest conditionne des pignons noirs pour la vente directe. Peut-être qu'il existe également un marché, de pignon « rustique » vendu tel quel au consommateur, qu'il ouvrirait lui-même ?

Rentabilité du scénario

Coût de récolte manuelle: entre 0,88 et 1,75 €/kg
Coût de récolte mécanique : entre 0,29 et 0,60 €/kg
Frais de Transport pignes: ? (a priori < 0,1 €/kg)
Coût de la sous-traitance : entre 0,35 et 0,55 €/kg
Frais de transport pignons: ? (a priori <0,05 €/kg)
Prix de vente du pignon noir entrée d'usine en Espagne (2014) : 5,5 €/kg ???

Même constat que pour la rentabilité de l'investissement concernant le prix du pignon noir.

Dans la meilleure des options présentées ci-dessus, avec une récolte mécanique peu onéreuse, un coût de sous-traitance faible, et les valeurs de transport maximales présentées, le coût total de production de pignons noirs est de 0,79 €/kg de pignes. Avec un rapport de masse de 1/5 entre la pigne et le pignon, le prix du pignon noir équivaut alors à 1,1 €/kg. Cela laisserait 0,31 €/kg de pigne pour les frais d'animation de la structure de regroupement, et pour la rémunération du propriétaire.

Si la récolte est manuelle et peu coûteuse (0,88€/kg), et que les autres coûts sont identiques, le coût total de production et d'acheminement est de 1,35 €/kg pigne, ce qui est supérieur au prix de vente.

Il est difficile de tirer des conclusions de chiffres ayant autant d'incertitudes. Il est tout de même important de préciser que les plus gros facteurs qui feront pencher la balance pour un scénario rentable ou non seront les coûts de récolte (et notamment la méthode employée), et les coûts de sous-traitance : en comparatif, les frais de transport resteraient moins importants en regard de ces derniers.

Les scénarios présentés dans les paragraphes précédents présentent chacun leurs avantages et inconvénients. Certains paraissent cependant plus facilement réalisables dans un premier temps et moins risqués.

Dans tous les cas, un travail concerté avec les acteurs impliqués ou à impliquer dans la production de pignons est important. Une liste de contacts a été rédigée à la fin du document pour cela. Ces scénarios ne seront durables que si un approvisionnement en pigne régulier est assuré. Pour cela, il faut mettre en production les peuplements dont nous disposons à l'aide d'une gestion sylvicole adaptée. C'est l'objet de la partie suivante.

IV. Une sylviculture à adapter

La prospérité d'une filière de production de ressource forestière réside en grande partie dans la durabilité de ses itinéraires sylvicoles. Cette partie s'attache donc à exposer des exemples de scénarios sylvicoles qui peuvent être adaptés au contexte des peuplements du Var. Loin d'être exhaustive, elle se base sur les expériences espagnoles et italiennes en matière de gestion des pinèdes de pin parasol et les principes généraux qui ont pu en être tirées, ainsi que sur les observations de terrain constatées lors de l'installation du dispositif de suivi (voir II.3).

Certaines régions, en Italie, en Espagne ou au Portugal, ont développé des typologies des pinèdes à pins parasols permettant une meilleure précision de sylviculture, adaptée à chacun des territoires (Mondino, Bernetti 1998).

En France nous ne disposons pas de réelle typologie sur le pin parasol, l'IFN parle de "Futaie de Pin pignon", et les cahiers d'habitats d'intérêt écologiques (Tome 1) le regroupe dans deux catégories

- les "*pinèdes méditerranéennes de pins mésogéens endémiques* » (Tome 1) qui regroupe les sous-types « pinèdes de pin parasol » différenciée à nouveau entre « *Pinèdes provençales de pin parasol* » et « *Pinèdes corses de pin parasol* » car la provenance n'est pas la même.
- « *Dunes avec forêts à Pinus pinea* » (Tome 2)

Il apparaît peu pertinent d'utiliser ces deux classifications pour des préconisations sylvicoles dont le but est la production de pignons méditerranéens. La démarche choisie a été celle de préconisations adaptées aux peuplements présents à partir de principes généraux, qu'il convient de rappeler premièrement.

Les productions fruitières les plus fortes sont dans des boisements sur bonnes stations, à faible densité et aux diamètres importants (Calama, Montero (2005) cités par Torres Alvarez, Suarez de la Camara (2007)). Les peuplements gérés pour la production de graines sont très souvent conduits en plantations équiennes. Ils nécessitent globalement très peu d'intervention en dehors du contrôle de la densité, par la réalisation d'éclaircies successives suffisamment fortes avant l'âge de fructification (Mutke et al. 2007).

Ceci semble correspondre avec les résultats obtenus sur les arbres récoltés cette année dans le Var : les placettes à faible densité étaient bien plus productives que les autres, et les régressions réalisées ont toujours placé la densité comme une des variables les plus influentes sur la production de cônes (II.3.4). Également, le graphique présenté en Figure 19 confirmerait cette tendance, avec un volume de houppier toujours important sur les arbres les plus productifs.

Les paragraphes suivants détaillent les étapes sylvicoles employées dans le cas de la production de pignons.

Les plantations équiennes

La densité objectif pour la production de pignon est de 80 à 120 pieds/ha. Ce traitement exige d'être arrivé à une densité adéquate à 25 ans, au début de la fructification.

Les éclaircies débutent à 8 ou 10 ans, et sont répétées tous les 4 ou 5 ans selon la densité initiale. Les italiens la pratiquent par le bas, éliminant les arbres dominés peu producteurs. La tendance aujourd'hui est plutôt à l'économie d'interventions déficitaires dans le peuplement, en plantant moins dense qu'auparavant.

Dans la province de Valladolid en Espagne, la première intervention se fait à une hauteur de 1,50 m : elle a pour but de réduire la densité pour atteindre les 400 plants /ha. La seconde intervention a pour but de faire passer la densité de 400 tiges/ha à 150 tiges/ha : la taille (sur une hauteur égale à la moitié de la hauteur de l'arbre, éliminer les branches) est alors pratiquée sur les arbres conservés qui ont atteint 6 m (*Tengo una forestación de piñonero ¿qué hago?* 2013).

Les peuplements irréguliers

Un modèle sylvicole irrégulier a été proposé dans une pinède d'Alberèse en Italie, basé sur des coupes modulaires (c'est à dire variées, et adaptées à chaque passage) à bref intervalles (4 à 6 ans), et par l'abandon d'au moins 20 % des cônes au moment de la récolte, permettant l'arrivée de régénération naturelle. En fin de révolution, la pinède aurait entre 90 à 130 tiges/ha d'un diamètre supérieur à 17,5 cm, avec un G de 9 à 13 m²/ha, représentant 60 à 100 m³ (Ciancio et al. 1990).

Les peuplements mixtes

Une tournée Pro Sylva dans la région de Valladolid (*Lettre de Pro Silva France N°59 2014*) rapporte l'existence de peuplements mixtes pins parasols et chênes verts. Les chênes en sous-étage sont tolérés jusqu'au seuil de 15 % du couvert (pour éviter la concurrence avec la production de pignons), tandis que les gros bois de pins en réserve servent de semenciers pour acquérir de la régénération naturelle. Ce traitement est bien perçu de la population et permet de ne pas remettre le capital à 0 entre 2 cycles de production. Dans cette région, les peuplements arrivés à 16 – 17 m²/ha passent en coupe, avec un prélèvement de 50 % du capital.

Dans la province de la Huelva en Espagne, il existe des exemples de plantations mixtes de pins pignons greffés et de chênes lièges. La rapide mise en production du pin (10 ans environ) se combine avec l'entrée en production plus lente du chêne liège dont les levées pourront encore s'effectuer à l'arrêt de production des pins.

La régénération naturelle

Si le schéma traditionnel de sylviculture à objectif de production de graines préconise une coupe rase puis plantation, des travaux ont recherché les méthodes d'obtention de régénération naturelle. Elle a été étudiée en Espagne, (Gordo 1999; Gordo et al. 2012) mais également en Italie, où des difficultés de renouvellement de peuplement sont constatées. La régénération naturelle apparaît les années où un ensemble de conditions sont optimales : conditions écologiques adéquates, trouées et densité de peuplement permettant le développement correct du houppier (90 – 200 tiges/ha selon les sources), mais également la présence d'un sous-bois continu les premières années de croissance des semis (car si l'essence est héliophile, elle prend un comportement de demi-ombre les premières années).



Figure 33. Régénération naturelle de pin pignon sur Porquerolles

Le fort prélèvement de cônes pour la production des pignons de pins comestibles est un frein à ce renouvellement, qui peut être levé en laissant une certaine quantité de pignes dans les arbres. En Espagne ou en Italie, il est recommandé de laisser 20% des cônes dans l'arbre lors des récoltes (Ciancio et al. 1990; Badre, Bertrand, Viglietti 2008). Cependant certains signalent qu'une trop faible densité (typique des pinèdes à objectifs de production de graines) peut également gêner l'apparition de régénération et leur développement les premières années (Gordo et al. 2012).

Lors du voyage d'étude en Toscane organisé par Forêt Modèle de Provence en 2014, les intervenants Italiens expliquaient les problèmes de régénération naturelle existants, notamment à cause de la forte présence de daims sur le territoire. Le choix de coupes rases puis plantations a été fait, pour assurer le renouvellement et sa vigueur.

La plantation

Lors de la conversion d'une parcelle nue en parcelle de production de pignons, ou en complément de régénération naturelle, il est possible de procéder à la plantation.



Figure 34. Plantation de pin pignon, 6x6 m lors du voyage en Toscane.
©Jean-Marc Corti, CNPF

Elle se fait généralement avec des plants d'1 an, avec un espacement compris entre 2,5 x 3,5 mètres (Bianchi 2005) c'est à dire entre 800 et 1600 tiges/ha, jusqu'à 6 x 6 m en Italie (visite en Toscane en 2014), c'est à dire 280 tiges/ha, afin de limiter les dépenses de plantation et les étapes déficitaires de dépressage et d'éclaircie. La plantation suppose souvent un travail très superficiel du sol (2-3cm sur sables).

Une fois la plantation acquise, le peuplement passe à densité optimale avec des éclaircies successives (selon densité initiale), passant à 125-150 t/ha avant les premières fructifications, qui surviennent entre 15 et 25 ans selon les individus.

Le dépressage

Si la régénération naturelle est très dense, un dépressage est alors conseillé, avant les 5 ans idéalement. Si l'opération est faite avant les 5 ans, la sélection est généralement d'ordre numérique (un nombre de pieds enlevés pour laisser une densité voulue). Si elle est faite après les 5 ans, alors elle se fait sur la conformation de l'individus : taille de houppier importante, arbres mieux développés (Agrimi, Ciancio 1994).

Le greffage

Dans les itinéraires sylvicoles productifs, il est souvent préconisé le greffage qui permet d'accélérer la mise en production des peuplements. La fructification peut alors avoir lieu dès que l'arbre atteint les 5-6 ans une fois greffé, car l'arbre conserve alors la maturité sexuelle du pied mère du greffon (Castaño et al. 2004). Cela permet également de reproduire des clones d'individus particulièrement performants pour la production de cônes. Des efforts de sélection ont été réalisés dans plusieurs pays méditerranéens producteurs pour les reboisements actuels.



Figure 35. Greffe de pin pignon juste achevée. Source : Castaño et al. (2004)

Les éclaircies

Pour produire une quantité maximale de graines, l'objectif principal de l'itinéraire sylvicole est donc l'obtention de la densité optimale avant d'atteindre la maturité sexuelle (âge de fructification), qui selon les peuplements avoisine les 15- 25 ans (Montero et al. 1998; Gordo et al. 2009). Lors de ces éclaircies, il est conseillé de sélectionner et garder les arbres les plus productifs (visuellement).

Il est possible de récolter facilement les cônes des tiges qui sont retirées une fois qu'elles sont au sol, et le bois peut alors être valorisé, par exemple en bois-énergie. Avec les nombreux industriels de l'énergie qui s'installent en région PACA, les débouchés pour ce type de bois ne manqueront pas. En Italie, ils utilisent le bois des éclaircies, ainsi que les résidus de cônes pour chauffer les fours qui servent à ouvrir les pignes de manière artificielle (voir III.1.2.2), rendant l'utilisation de l'arbre très complète.

Elagage

Afin d'optimiser la production de pignons, il est recommandé de procéder à un élagage. Il permet un accès facilité au houppier pour les cueilleurs et les machines, augmentant le rendement de l'étape de récolte. De plus il favorise la production ligneuse de meilleure qualité (même si ce n'est pas l'objectif premier du peuplement), et produit du bois de chauffage. Enfin, il diminue la masse combustible de faible hauteur des peuplements, et limite l'accès du feu dans les hautes branches. Il est recommandé d'effectuer cet élagage peu avant la première floraison, lors de la dernière éclaircie pour arriver à densité finale sur les arbres sélectionnés comme futurs producteurs. Les arbres atteignent alors 5 mètres environ, et l'élagage ne doit pas dépasser la moitié de la hauteur pour laisser suffisamment de feuilles à la réalisation de la photosynthèse (asfova.es).

Ces principes généraux et exemples sylvicoles sont maintenant à adapter aux peuplements présents dans le Var, qu'il faut remettre en production. Il est possible de distinguer trois cas qui dépendent en premier lieu de l'âge du peuplement, représentatif de ses potentialités de réactions aux interventions sylvicoles. Ils seront détaillés dans les parties qui suivent. Ces recommandations sont une sorte de guide pratique pour aider le gestionnaire dans ses choix sylvicoles pour remettre en production une pinède de *Pinus pinea* L. rapidement et à moindres coûts, et optimiser la production de graines. D'autres itinéraires intermédiaires permettent de produire à la fois du bois et des pignes, parfois en associant aussi du pâturage. Ils ne seront pas présentés ici, mais n'en sont pas moins pertinents, dans le but de diversifier les produits et les revenus. Les peuplements mélangés ne sont pas détaillés non plus dans ce rapport, mais il existe des associations forestières qui fonctionnent très bien (chênes lièges et pins ou chênes verts et pins pignons présentées plus haut), ou encore des associations agro-forestières : céréales sous plantations de pins pignons - Portugal - ou plus simplement du pastoralisme entre les arbres (Mutke et al. 2007).

Une clé de détermination a été réalisée pour orienter les interventions sylvicoles du propriétaire ou gestionnaire selon le peuplement qu'il possède. Pour l'utiliser, quelques éléments doivent être connus : l'âge du peuplement (ou de la strate majoritaire), la densité et la structure. Ces éléments sont des critères de la clé proposée en Figure 36, en Figure 37, et en Figure 38.

IV.1 Les peuplements de moins de 25 ans

Dans les années 1990, l'essence a beaucoup été utilisée dans les reboisements (programme FEOGA) en zone « Littorale calcaire », notamment dans un but paysager après incendie (fiche n°000400 du SRGS PACA). Il en résulte qu'aujourd'hui, ces anciennes plantations sont souvent non entretenues et beaucoup trop denses. Elles constituent des réserves de combustible quand elles ne sont pas élaguées, et ne font pas l'objet de traitement sylvicole. Ce sont généralement des parcelles à l'abandon.

De nombreuses plantations en bordures d'autoroute sont aussi assez jeunes et mériteraient une attention particulière, au vu de leurs conditions d'accès souvent facile.

Le pin pignon est également la première espèce à coloniser les anciennes terres agricoles ou viticoles à l'abandon. Ainsi avec la déprise agricole de plus en plus marquée, de nombreuses parcelles s'enfrichent et de jeunes pins parasols s'installent.

Comme énoncé plus haut, la remise en production de ces peuplements nécessite une intervention, et leur houppier réagit bien avant leur première floraison. Si la majorité des arbres a moins de 25 ans, il est encore temps d'intervenir pour relancer la production. L'objectif est donc la mise en lumière des jeunes arbres, et un itinéraire type peut être le suivant :

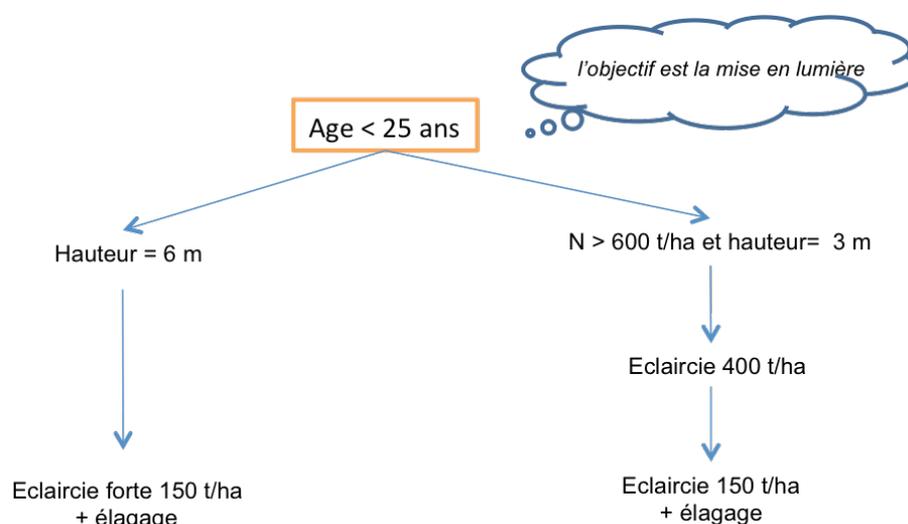


Figure 36. Itinéraire sylvicole proposé pour les peuplements de pin pignon de moins de 25 ans (N est la densité du peuplement)

Les seuils de hauteurs permettent d'approcher l'âge visuellement : à 6 mètres, les arbres sont considérés âgés d'environ 15-25 ans, et sont donc proches de l'âge limite pour réaliser une éclaircie pleinement efficace. La densité optimale est donc obtenue en un seul passage.

Dans tous les cas, à l'occasion de la dernière éclaircie avant obtention de la densité optimale, un élagage à mi-hauteur est recommandé pour faciliter l'accès au houppier des cueilleurs ou de la machine. Les tiges retirées peuvent être valorisées en bois énergie.

IV.2 Les peuplements de plus de 25 ans

Si les peuplements ont plus de 25 ans, ils ont l'âge de fructifier et sont alors déjà rentrés en production et la réaction du houppier à une éclaircie ne sera plus suffisante pour en justifier le coût.

Si ils sont productifs en l'état, l'itinéraire sylvicole consiste uniquement à réaliser les récoltes chaque année, et à entretenir la parcelle, par du débroussaillage, ou du pâturage. Dans ce dernier cas, il serait intéressant de contacter le Centre d'Etudes et de Réalisations Pastorales Alpes-Méditerranée (CERPAM) et effectuer des recherches complémentaires pour connaître les préconisations plus précises concernant la conduite à tenir pour ne pas mettre en péril le développement des jeunes plants (mise en défens éventuelle des parcelles plantées récemment ?), ainsi que les itinéraires sylvo-pastoraux existants avec cette essence.

Si en revanche le peuplement est improductif, l'objectif est donc la régénération pour obtenir des nouveaux sujets que l'on disposera dans les conditions idéales de production de pinèes.

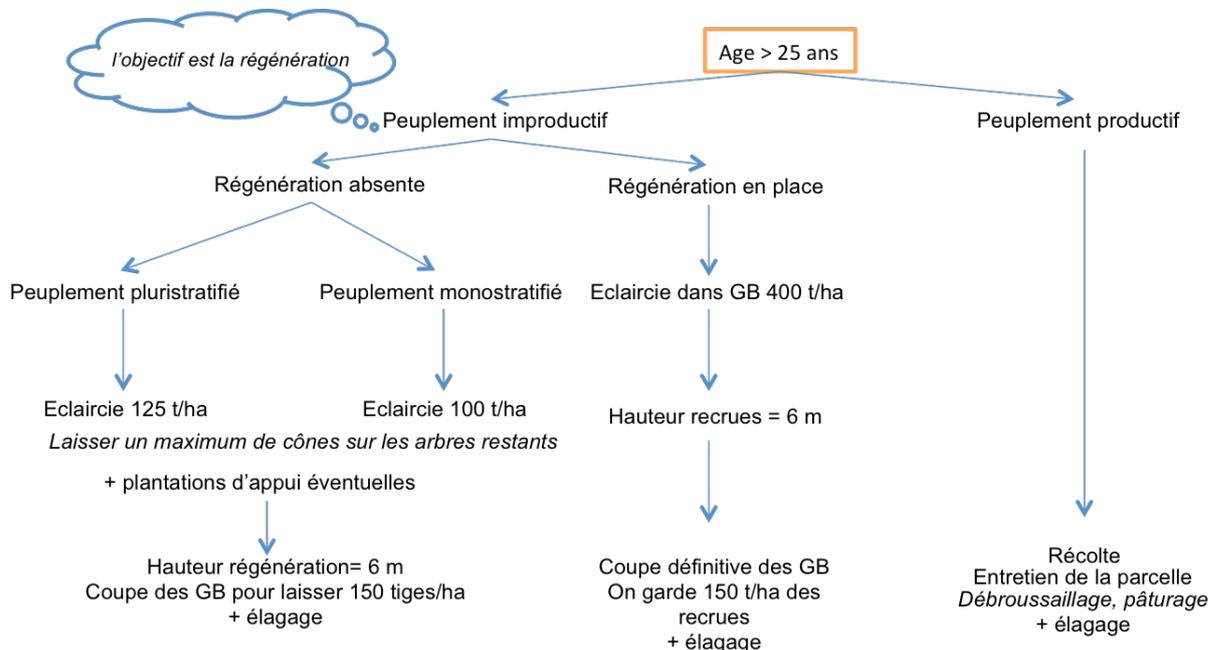


Figure 37. Itinéraire sylvicole proposé pour les peuplements de pin pignon de plus de 25 ans

IV.3 Installation d'un peuplement

Pour la production de graines, le dernier itinéraire consiste à réaliser une plantation de pin pignon sur terrain initialement nu ou à reconvertir. Pour cela, deux options possibles : la plantation ou le semis.

Le semis n'est plus beaucoup pratiqué aujourd'hui en raison du grand taux d'échec. Pour le réaliser, il est fortement conseillé d'effectuer une préparation du sol au préalable, à savoir un dessouchage (si cela suit une coupe rase) et un griffage.

La plantation est plus coûteuse que le semis, mais donne en revanche des résultats bien plus fiables. Il est conseillé d'effectuer un travail du sol adéquat selon le terrain sur lequel il faut planter. Un nettoyage est obligatoire les premières années pour contenir la végétation concurrente.

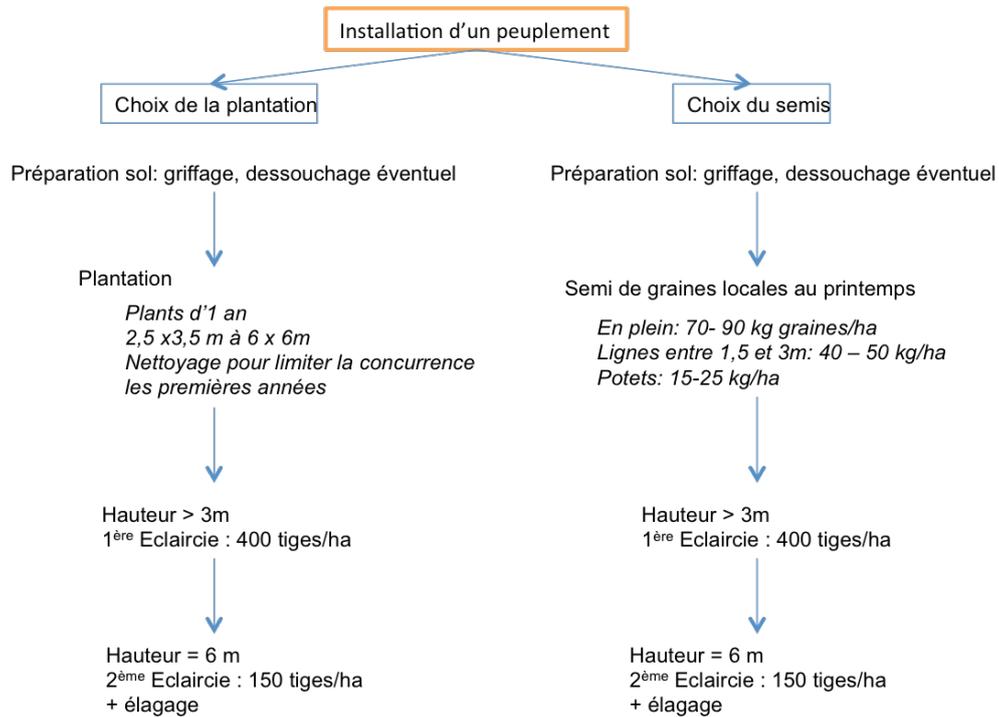


Figure 38. Itinéraire sylvicole proposé pour les peuplements de pin pignon à installer

S'il n'existe pas aujourd'hui de guide de sylviculture adapté à la production de pignons dans le Var, les expériences menées depuis plusieurs siècles dans les pays voisins et les résultats obtenus dans les placettes de suivi installées cette année ont permis de dégager des grandes orientations à respecter. La remise en production des pinèdes à pins pignons serait ainsi faite en adaptant la sylviculture aux principaux peuplements qu'il est possible de rencontrer sur le territoire.

V. Limites et perspectives de l'étude

Le lancement d'une nouvelle filière dans un territoire donné est un processus long, qui, en l'absence d'acteurs déjà implantés, nécessite une réflexion sur la cohérence de son développement, son intérêt et sur sa faisabilité.

Le stage, par sa durée de six mois et son point de départ, ne pouvait pas résoudre toutes les questions qui gravitent autour d'un sujet si complexe et complet. Il peut cependant apporter une première base d'informations qui seront utiles dans la définition de la méthodologie des actions à suivre dans le projet. Cette partie sera dédiée à la critique de cette présente étude, montrant ses limites et ses perspectives.

V.1 Analyse critique de l'étude

Une première remarque concerne la période de stage. Celle-ci a débuté en mars et se termine en septembre 2015, c'est à dire trop tard pour réaliser une récolte dans les conditions idéales et trop tôt pour entamer celle de 2015. Le discernement des différentes années de cônes est plus difficile, et nous n'avions pas non plus l'assurance que l'intégralité des cônes était encore dans l'arbre lors des mesures (chute des cônes mûrs possible, ou vol). De plus l'année 2014-2015 s'est malheureusement trouvée être une année de plutôt faible production de pignes, ne permettant pas d'avoir les résultats les plus motivants pour intéresser les acteurs et des potentiels partenaires. Il faut aussi rappeler que la production de cônes que l'on cherchait à caractériser est très variable dans le temps et dans l'espace ; disposant de 6 mois sur un territoire départemental, il n'était pas envisageable de caractériser la production de pigne de manière fiable et certaine.

En revanche, des idées pour la récolte de novembre 2015 ont pu être tirées, avec une priorisation et localisation des actions à effectuer. De plus, les placettes de suivi sont désormais opérationnelles et permettront d'enregistrer de l'information à faibles coûts. Les limites de l'analyse statistique sont détaillées en II.3.5 ; il faut garder en tête que les premiers résultats obtenus quantifient ce que peut être une mauvaise année de production et quels facteurs ont majoritairement influencé cette production. Le croisement de ces résultats avec les nouvelles données météo ajustées à notre étude (qui peuvent être obtenues prochainement par le CNPF) donnera sûrement lieu à d'autres interprétations intéressantes.

Le temps nécessaire à l'ouverture des cônes, et à la récupération des pignons qu'ils contiennent n'a pas permis de pousser la réflexion sur la quantité de pignons récoltable dans les peuplements du Var. Une analyse statistique serait envisageable, du même type que celle réalisée pour le nombre de cônes/arbre, en prenant un échantillon plus significatif. Casser des pignes manuellement et compter puis peser les pignons est un travail très fastidieux, et il sera difficile pour les repreneurs du projet de poursuivre ces analyses tant que l'extraction des pignons noirs ne sera pas mécanisée. Il semble plus judicieux d'attendre les résultats d'une récolte test pour effectuer une transformation (par exemple en sous-traitance) et connaître les quantités de pignons récupérables. L'idéal serait d'acquérir une machine pour comparer les rendements selon les localités du Var.

L'emplacement de ces placettes se trouve majoritairement en forêt publique, dont les gestionnaires sont l'ONF, le Parc National de Port-Cros et le Conseil départemental du Var. Le critère de sélection de l'emplacement était avant tout dendrométrique, et d'accès ; il n'y avait pas de critère de propriété. La participation de propriétaires privés dans l'étude sera indispensable à l'avenir, pour concrétiser les actions de récolte et de regroupement. Dans de nombreux projets de développement de filière, il a été constaté que l'action seule des organismes publics ne peut permettre un maintien durable dans le temps. Il faudra prochainement pouvoir compter sur des propriétaires privés motivés par la thématique pour aller plus loin dans la démarche.

Un voyage en Espagne était initialement prévu. Il aurait permis de comparer les observations réalisées lors du voyage en Toscane organisé par Forêt Modèle de Provence, et sûrement d'obtenir des contacts et des informations beaucoup plus rapidement qu'à distance. Des échanges plus fréquents devraient être faits avec les voisins espagnols et italiens, qui peuvent être de très bons partenaires pour le développement du projet.

En effet, en plus d'avoir l'expérience dans la production de pignons, ils ont les industries qui manquent aujourd'hui en France, et peuvent (au moins dans un premier temps), représenter un débouché intéressant pour financer des récoltes tests...

Les sources d'informations bibliographiques sont en grande partie espagnoles ; pour des raisons linguistiques, la lecture de certains ouvrages italiens et portugais a été plus difficile. Les contacts réalisés avec les entreprises de transformateurs sont aussi majoritairement avec l'Espagne, et parfois l'Italie. Compléter ces informations avec d'autres données italiennes, portugaises, libanaises ne serait pas inintéressant, notamment sur la partie « exemple de filière ». Celle-ci présente l'exemple de l'industrie et l'organisation de filière espagnole, qui est celle du pays possédant le plus de surface et une production historiquement très importante. Ce modèle n'est évidemment pas reproductible tel quel, et des exemples à échelle réduite, plus proche du contexte du Var ou de la France auraient été un plus dans la scénarisation des valorisations possibles.

Si la première partie s'est attachée à caractériser « l'offre » à savoir ce que l'on peut produire sur le territoire, une étude primordiale réside dans la demande. Il semble que la consommation de pignon se maintienne malgré l'augmentation de prix, ce qui est bon signe. Cependant, une étude de marché réalisée par un bureau d'étude expérimenté en la matière sera une étape obligatoire pour déterminer comment s'insérer dans le contexte économique actuel dans la filière de pignons de pin.

Les études de rentabilité des scénarios de la partie III.3 sont à prendre avec du recul. Leur intérêt est avant tout d'avoir des premiers ordres de grandeur. La variabilité des prix annoncés par les différentes sources, et les incertitudes sur la production du territoire rendent une comparaison coûts/bénéfices difficilement fiable. C'est ici une des limites principales de l'étude bibliographique, qui est que l'utilisation de ces données dans un contexte totalement différent peut impliquer des grosses différences de prix et de coûts. Seule la réalisation concrète d'une récolte « test » permettra d'avoir une idée de la rentabilité économique des scénarios, et de la production d'une parcelle dans le Var.

De plus, une évaluation de la rentabilité globale d'un scénario devrait également comprendre les coûts des opérations sylvicoles de l'itinéraire choisi, ainsi que les frais de fonctionnement de la structure de regroupement et d'animation, ce qui n'a pas été fait en raison de temps disponible. La rémunération du propriétaire est une question essentielle à laquelle il faudra réfléchir quand tous les coûts mentionnés ci-dessus seront déterminés. Il faut tout de même rappeler qu'aujourd'hui ces peuplements ne sont pas valorisés et que ces pignes sont souvent volées.

V.2 Pistes d'amélioration et suite du projet

Le protocole de relevé réalisé devra être légèrement modifié l'année prochaine. En effet, la récolte devra être pesée (non pas comptée) et le volume indiqué, afin de pouvoir comparer ces valeurs à la bibliographie, et rendre compte par la même occasion des zones où les pignes sont improductives. Le cassage manuel de pignes étant très chronophage, le comptage de pignons ne semble pas être reproductible sans machine d'extraction de pignons noirs (dénombrer les pinons blancs sains est ensuite relativement facile par des méthodes de flotaison). Si une récolte est réalisée et vendue, le rendement en pignons noirs et en pignons blancs peut-être connu facilement.

La mobilisation d'une structure de regroupement est une des priorités du projet dans les mois qui viennent. En effet, si la réalisation d'une récolte expérimentale est à prévoir pour le mois de novembre, le développement concret des actions dépendra de ce regroupement. Il doit être réalisé le plus tôt possible, pour être prêt en cas de forte production une année.

Malgré la variété des thèmes abordés dans cette étude, certains sujets n'ont pas pu être traités suffisamment, et seront à étudier et prendre en compte dans le développement éventuel de la filière. En voici une liste non exhaustive :

- Le greffage des plants
- Les provenances, amélioration génétique

- Les coûts des itinéraires de sylviculture, les financements possibles pour les éclaircies (contrats Natura2000, ou bien la nouvelle taxe de défrichement à réinvestir dans ce genre d'opérations ?)
- Une étude de la demande
- La recherche de financements
- Le développement d'une réglementation en parallèle pour encadrer l'activité

Ce projet, bien que multi-acteurs et réunissant plusieurs partenaires, doit être communiqué dans les pays voisins. Un partenariat peut s'avérer d'une grande aide pour monter la filière, grâce à leur expérience et leurs acquis.

A ce propos, un dialogue a été repris avec des chercheurs espagnols, qui invitent le CNPF à venir visiter des récoltes mécaniques, et rencontrer les industriels de la transformation. Des contacts pour sous-traiter l'activité de transformation de manière transparente ont été obtenus, et des accords de principe sur une collaboration a été faite avec un industriel italien.

Une coordination sur le suivi phytosanitaire de l'essence semble également inévitable. En effet, la chute de production observée ces dernières années est peu encourageante dans le lancement d'une filière. Si la cause est un ravageur, des échanges d'informations avec les services DSF sont à souhaiter pour comprendre ce phénomène qui semble toucher le pin pignon, mais également le pin maritime dans les Landes (qui pose des gros problèmes aux semenciers et pépiniéristes).

Au terme de la partie II.3.4, il était espéré connaître la valeur théorique de production de cône à l'hectare. A l'échelle du Var, il faudrait pour cela considérer un effort d'échantillonnage bien trop élevé, mobilisant de grands moyens et du personnel. Un passage à une phase expérimentale plus concrète est désormais nécessaire.

Lors d'une réunion du comité de pilotage le 27 août 2015 à la Maison de la Forêt au Luc-en-Provence, la présence d'agriculteurs intéressés pour mettre à profit leurs compétences et matériels a permis d'animer le débat. Une bonne dynamique semble être lancée sur le projet, et une priorisation des actions à effectuer a été tirée des analyses de cette étude :

- Prospector des surfaces boisées déjà productives
- Réaliser une récolte dès novembre avec des élagueurs-cueilleurs afin de connaître leur rendement, les coûts de récolte, les contraintes de terrain et l'organisation d'un tel chantier
- Réaliser une récolte test avec l'aide des agriculteurs de la famille Rey-Brot, les possibilités d'emploi de leur matériel agricole pour cette collecte.
- Réaliser les mesures du protocole de suivi de production installé cette année
- Faire des interventions sylvicoles dans les peuplements peu productifs de moins de 25 ans.
- Contacter, vulgariser et motiver des propriétaires, notamment privés, pour participer au projet. Ils peuvent être les moteurs du lancement de la filière.

Pour réaliser ces actions, la recherche de financements est importante. Le territoire de la Provence verte dispose par exemple d'aides LEADER pour lesquels des dossiers devront être montés.

Le financement à terme d'un poste d'animateur pour faire durer cette initiative et développer le projet semble inévitable.

CONCLUSION

Le projet de relance de la filière du pignon de pin en Provence, initié en 2014 par Forêt Modèle de Provence, a déjà réuni des partenaires techniques, politiques et financiers, publics comme privés, 3 fois depuis son lancement.

Au sein des actions programmées jusqu'en décembre 2015, la présente étude permet de répondre aux premières attentes et questionnements techniques sur la valorisation possible des pignons de pins, et de proposer des pistes de réflexion et des suggestions sur la suite à donner au projet.

Le travail réalisé a consisté à regrouper des données bibliographiques et expérimentales autour de la production de pignons de l'espèce *Pinus pinea* L. dans les pays méditerranéens qui en ont l'expérience, à élaborer un protocole et effectuer des mesures pour produire de la connaissance sur le long terme, puis scénariser les possibilités d'adaptation de filière en PACA à partir d'entretiens réalisés auprès d'acteurs du territoire et de la filière. Des propositions sylvicoles ont été dégagées à partir des peuplements observés et des connaissances actuelles de l'espèce.

La synthèse d'expériences et de ressources bibliographiques a permis d'éclairer plusieurs points jusque là non révélés en France : les principaux facteurs connus qui influencent la production de pignons ont été détaillés (climatiques, édaphiques, dendrométriques, et enfin biotiques), bien qu'ils soient nombreux et qu'une part de ce phénomène complexe ne soit pas encore élucidée à ce jour.

La mise en place d'un dispositif de suivi de la production de cônes a été réalisée avec l'aide et l'appui de plusieurs structures, dont le Parc National de Port Cros et l'ONF. Les résultats de la récolte de cette année ont montré des fortes différences de production dans le département, avec des récoltes plutôt bonnes à Rians, et des récoltes quasi inexistantes dans la Plaine des Maures. Ces tendances sont à confirmer les prochaines années. La fiabilité des données recueillies et des connaissances qui en découleront dépendra en grande partie de la poursuite des mesures sur les placettes installées, qui apporteront des connaissances spatiales et temporelles ainsi qu'un suivi régulier qui alertera en cas de production exceptionnelle de pignes.

La poursuite de la discussion avec les acheteurs de la ressource existants à ce jour permettra de confirmer ou d'infirmer les hypothèses de rentabilité des scénarios imaginés, et de juger objectivement du meilleur choix de valorisation à développer.

La durabilité du projet dépendra également des partenariats créés ou à créer avec les acteurs travaillant autour du sujet dans les pays européens producteurs, et de l'implication et l'investissement des propriétaires publics ou privés pour que cette filière ne reste pas qu'à l'état de projet. En effet, si des scénarios de valorisation semblent envisageables, il sera nécessaire dans un futur proche de structurer une filière notamment par le regroupement de propriétaires et la mobilisation de transformateurs.

La dernière réunion du groupe de travail était l'occasion d'effectuer une présentation des résultats de cette étude, suivie d'une discussion-débat dynamique qui a initié la démarche proposée. La motivation et les attentes d'acteurs privés prêts à s'impliquer dans la filière va sans doute accélérer le processus, et concrétiser des actions, ce qui est indispensable arrivé à ce stade du projet.

Malgré un contexte économique de « restrictions budgétaires » dans les administrations publiques, les perspectives pour le projet sont bonnes, et les actions déjà engagées méritent d'être poursuivies.

Outre l'animation du projet, des thématiques restent à éclaircir, comme la mise en place d'une réglementation française sur l'activité, qui évitera des débordements et encadrera le développement de cette nouvelle production forestière jusqu'ici non exploitée.

BIBLIOGRAPHIE

AGRI-CIÊNCIA - CONSULTORES DE ENGENHARIA, LDA, 2014. *Estudo sobre a cadeia de valor da fileira Pinha/Pinhão (Pinus pinea L.)*. UNAC - União da Floresta Mediterrânica.

AGRIMI, M. et CIANCIO, O., 1994. Le pin pignon (*Pinus pinea* L.). Monographie. Provisional proceedings, 16. Dans : CFFSA/CEF/CFPO. meeting, Silva Mediterranea, FAO, Larnaca, Cyprus. 1994.

ALPUIM, M., BAETA, J., CARNEIRO, M.M., CARVALHO, M.A., ROCHA, M.E. et PESSOA, J., 2000. Classification of stone pine selected by pine kernels production. Dans : *IUFRO International Meeting*. 2000.

BADRE, A., BERTRAND, J. et VIGLIETTI, D., 2008. *Techniques et modes de gestion sylvicoles appliqués à la production de pignons de pin Rapport destiné au projet de relance de la production de pignons dans le massif forestier de*. Montpellier Supagro, cursus Ingénieur agronome, deuxième année. Encadrement : SARL Alcina ,Sébastien DIETTE (co-gérant) ; Association ICD Afrique, Henri DALBIES (Président).

BATES, S., STRONG, W. et BORDEN, J., 2002. Abortion and seed set in lodgepole and western white pine conelets following feeding by *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae). *Environmental entomology*. 2002. Vol. 31, n° 6, pp. 1023–1029.

BENASSAI, D., FEDUCCI, M., INNOCENTI, M., CAPRETTI, P. et TIBERI, R., 2008. Danni alla fruttificazione del pino domestico: indagine sulle cause e sulle perdite di produzione in Toscana. *Linea Ecologica*. 2008. Vol. 2, n° 4-6, pp. 59–65.

BIANCHI, L., 2005. *La selvicoltura delle pinete della Toscana*. Arsia.

BOISSEAU, B., 1993. Ecologie du pin pignon. Dans: Le Tholonet : CEMAGREF. pp. 26.

BONO, D. et ALETÀ, N., 2013. Cone yield evaluation of a grafted *Pinus pinea* L. trial. Dans : *Mediterranean stone pine for agroforestry* [en ligne]. Zaragoza : CIHEAM / FAO / INIA / IRTA / CESEFOR / CTFC. pp. 35–41. Disponible à l'adresse : <http://om.ciheam.org/om/pdf/a105/00006779.pdf>

BOUTHEINA, A., AOUNI, M.H. et BALANDIER, P., 2013. Influence of stand and tree attributes and silviculture on cone and seed productions in forests of *Pinus pinea* L. in northern Tunisia. Dans : *Mediterranean stone pine for agroforestry* [en ligne]. Zaragoza : CIHEAM / FAO / INIA / IRTA / CESEFOR / CTFC. pp. 9–14. Disponible à l'adresse : <http://om.ciheam.org/om/pdf/a105/00006775.pdf>

BRACALINI, M., BENEDETTELLI, S., CROCI, F., TERRENI, P., TIBERI, R. et PANZAVOLTA, T., 2013. Cone and Seed Pests of *Pinus pinea*: Assessment and Characterization of Damage. *Journal of Economic Entomology*. 2013. Vol. 106, n° 1, pp. 229–234. DOI 10.1603/EC12293.

CABANETTES, A., 1979. Croissance, biomasse et productivité de *Pinus pinea* L. en petite Camargue. 1979.

CALAMA, R., GORDO, J., MUTKE, S. et MONTERO, G., 2008. An empirical ecological-type model for predicting stone pine (*Pinus pinea* L.) cone production in the Northern Plateau (Spain). *Forest Ecology and Management*. 2008. Vol. 255, n° 3, pp. 660–673.

CALAMA, R. et MONTERO, G., 2005. Multilevel linear mixed model for tree diameter increment in stone pine (*Pinus pinea*): a calibrating approach. *Silva Fenn*. 2005. Vol. 39, n° 1, pp. 37–54.

CALAMA, R., MUTKE, S., TOMÉ, J., GORDO, J., MONTERO, G. et TOMÉ, M., 2011. Modelling

spatial and temporal variability in a zero-inflated variable: the case of stone pine (*Pinus pinea* L.) cone production. *Ecological Modelling*. 2011. Vol. 222, n° 3, pp. 606–618.

CALAMA, R., 2015. Rendimiento de piñón en piña de *Pinus pinea* en Portugal: caracterización y comparación con otras regiones. *Seminario UNAC « Avanços no conhecimento na Fileira do Pinheiro Manso »*. Alcácer do Sal. 6 mars 2015.

CAPPELLI, M., 1958. Note preliminari sulla produzione individuale di strobili in *Pinus pinea* L. *L'Italia Forestale e Montana*. 1958. Vol. 13, n° 5, pp. 181–203.

CARRASQUINHO, I., FREIRE, J., RODRIGUES, A. et TOMÉ, M., 2010. Selection of *Pinus pinea* L. plus tree candidates for cone production. *Ann. For. Sci.* 2010. Vol. 67, n° 8, pp. 814. DOI 10.1051/forest/2010050.

CASTAÑO, J.R., OLIET, M.E., ABELLANAS, B., BUTLER, I., COSANO, I., LUENGO, J., GARCÍA, J. et CANDELA, J.A., 2004. Puesta en valor de los recursos forestales mediterráneos: el injerto de pino piñonero (*Pinus pinea* L.). *Manuales de restauración forestal*. 2004. Vol. 9.

CIANCIO, O., CUTTINI, A., MERCURIO, R. et VERANCINI, A., 1990. Un modèle sylvicole pour la conservation et l'amélioration de la pinède de Pin pignon d'Albarese (Toscana-Italy). *Forêt méditerranéenne*. 1990. Vol. 12, n° 2.

DURAND, E. et FLAHAULT, C., 1886. Les limites de la végétation méditerranéenne en France. *Bulletin de la Société Botanique de France*. 1886. Vol. Tome 33, pp. 24 à 33.

DUSOULIER, F., LUPOLI, R., ABERLENC, H.P. et STREITO, J.C., 2007. L'invasion orientale de *Leptoglossus occidentalis* en France: bilan de son extension biogéographique en 2007 (Hemiptera Coreidae). *L'Entomologiste*. 2007. Vol. 63, n° 6, pp. 303–308.

EVARISTO, I., BATISTA, D., CORREIA, I., COSTA, R. et CORREIA, P., 2013. Chemical profiling of Portuguese *Pinus pinea* L. nuts and comparative analysis with *Pinus koraiensis* Sieb. & Zucc. commercial kernels. Dans : *Mediterranean stone pine for agroforestry* [en ligne]. Zaragoza : CIHEAM / FAO / INIA / IRTA / CESEFOR / CTFC. pp. 99–104. Disponible à l'adresse : <http://om.ciheam.org/om/pdf/a105/00006787.pdf>

FLESH, F. et DAOUDI, J., 2010. *Pignons de pin et dysgueusie retardée*. Comité de Coordination de Toxicovigilance.

FORET MEDITERRANÉENNE, COMITE DE SAUVEGARDE ET DE RENOVATION DES FORETS ET DES ESPACES NATURELS, CENTRE NATIONAL DU MACHINISME AGRICOLE, DU GENIE RURAL, DES EAUX ET DES FORETS, UNIVERSITE DE DROIT, D'ECONOMIE ET DES SCIENCES D'AIX-MARSEILLE, LABORATOIRE DE BOTANIQUE ET ECOLOGIE MEDITERRANÉENNE, OFFICE NATIONAL DES FORETS., 1982. Fiche Forêt Méditerranéenne: Le Pin pignon. 1982.

FORTIN, M. et DEBLOIS, J., 2007. Modeling tree recruitment with zero-inflated models: the example of hardwood stands in southern Québec, Canada. *Forest Science*. 2007. Vol. 53, n° 4, pp. 529–539.

GONÇALVES, A.C. et POMMERENING, A., 2012. Spatial dynamics of cone production in Mediterranean climates: A case study of *Pinus pinea* L. in Portugal. *Forest Ecology and Management*. 2012. Vol. 266, pp. 83–93.

GONZÁLEZ, M., LOEWE, V. et DELARD, C., 2012. El piñón de *Pinus pinea* producido en Chile: características nutricionales y organolépticas. *La publicación de este suplemento fue financiada por la Facultad de Ciencias y el Programa de Posgrados en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia–Sede Bogotá*. 2012. Vol. 19, n° Supl 1.

GORDO, J., CALAMA, R., PARDOS, M., BRAVO, F. et MONTERO, G., 2012. La regeneración natural de los pinares en los arenales de la Meseta Castellana. *Valladolid: Universidad de Valladolid-INIA*. 2012.

GORDO, J., MUTKE, S. et PRADA, A., 1999. El pino piñonero (*Pinus pinea* L.). Dans : Alía R., Galera R., Martín S., *Mejora genética y masas productoras de semilla de los pinares españoles*. CIFOR INIA-DGCONA. 1999.

GORDO, J., 1999. Ordenación y silvicultura de *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid. *Ciencias y técnicas forestales*. 1999. Vol. 150, pp. 638.

GORDO, J., 2004. *Selección de grandes productores de fruto de Pinus pinea L. en la meseta norte*. Montes.

GORDO, J., CALAMA, R., ROJO, L.I., MADRIGAL, G., ÁLVAREZ, D., MUTKE, S., MONTERO, G. et FINAT, L., 2009. Experiencias de clareos en masas de *Pinus pinea* L. en la Meseta Norte. Dans : *Summaries of the Spanish fifth forestry congress*. SECF-Junta de Castilla y León. 2009.

HIZAL, E. et İNAN, M., 2012. *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910) is an invasive insect species. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*. 2012. Vol. 14, n° 21, pp. 56–61.

KILCI, M., SAYMAN M., AKKAŞ M.E., BUCAK C., BOZA Z. et PARLAK S., 2013. Climate factors and their relation regarding cone yield of stone pine (*Pinus pinea* L.) in the Kozak Basin, Turkey. Dans : *Mediterranean stone pine for agroforestry* [en ligne]. Zaragoza : CIHEAM / FAO / INIA / IRTA / CESEFOR / CTFC. pp. 15–19. Disponible à l'adresse : <http://om.ciheam.org/om/pdf/a105/00006776.pdf>

KILCI, M., 2013. Effects of nutrients on cone losses of stone pine (*Pinus pinea* L.) in Kozak Basin. Dans : *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens* [en ligne]. Zaragoza : CIHEAM / FAO / INIA / IRTA / CESEFOR / CTFC. pp. 21–28. Disponible à l'adresse : <http://om.ciheam.org/om/pdf/a105/00006776.pdf>

LABADIE, J., 1983. *Etude des exigences écologiques du pin pignon en région méditerranéenne française*. Mémoire de 3ème année de l'E.N.I.T.E.F. CEMAGREF Département Forêt.

Les cueilleurs de ciel, portrait d'un peuple dresseur de singes : les minang, 1995. Canal +

LESIEUR, V., YART, A., GUILBON, S., LORME, P., AUGER-ROZENBERG, M.A. et ROQUES, A., 2014. The invasive *Leptoglossus* seed bug, a threat for commercial seed crops, but for conifer diversity? *Biological Invasions*. 2014. Vol. 16, n° 9, pp. 1833–1849. DOI 10.1007/s10530-013-0630-9.

Lettre de Pro Silva France N°59, 2014.

MARTÍNEZ, J., 2011. Situación actual y perspectivas del sector, vertebración y competitividad. La experiencia andaluza del sector a la luz del de otras comunidades autónomas. *Jornadas sobre pinar, pino, piña y piñon - piñonero* [en ligne]. Córdoba. 11 mars 2011. Disponible à l'adresse : http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/montes/ usos_y_aprov/jornada_pina/Pina/3javier.pdf

MARTÍNEZ, J., 2014. *Coforest, Dossier Informativo*. 2014. Coforest, SCA.

MARTIN-MOYA, M.J., 2011. Trunk shakers automation to mechanical pine cone harvesting. Dans : *AgroPine 2011*. SEFOSA (Spain). 2011.

MONDINO, G.P. et BERNETTI, G., 1998. I tipi forestali. *Boschi e macchie di Toscana*. Edizioni Regione Toscana, Firenze. 1998. pp. 358.

MONTERO, G., CANDELA, J.A., GUTIÉRREZ, M., PAVÓN, J., ORTEGA, C., GARCÍA, C.G. et

- CAÑELLAS, I., 1998. Manual de claras para repoblaciones de *Pinus pinea* L. Editado por EGMASA y Junta de Andalucía. 1998.
- MUTKE, S., CALAMA, R., GORDO, J. et GIL, L., 2007. El uso del pino piñonero como especie frutal en sistemas agroforestales de secano [en ligne]. *Actas de la III Reunión sobre Sistemas Agroforestales. SECF*. 2007. pp. 137-142.
- MUTKE, S. et CALAMA, R., 2015. La Seca de la Piña -pérdida severa de producción de piña y piñon en el Mediterráneo. *Seminario UNAC « Avanços no conhecimento na Fileira do Pinheiro Manso »*. Alcácer do Sal. 6 mars 2015.
- MUTKE, S., GORDO, J., CLIMENT, J. et GIL, L., 2003. Shoot growth and phenology modelling of grafted Stone pine (*Pinus pinea* L.) in Inner Spain. *Annals of Forest Science*. 2003. Vol. 60, n° 6, pp. 527-537.
- MUTKE, S., GORDO, J. et GIL, L., 2005. Variability of Mediterranean Stone pine cone production: yield loss as response to climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2005. Vol. 132, n° 3, pp. 263-272.
- NASRI, N. et TRIKI, S., 2007. Les protéines de réserve du pin pignon (*Pinus pinea* L.). *Comptes Rendus Biologies*. 2007. Vol. 330, n° 5, pp. 402-409.
- ORTUÑO PÉREZ, S.F. et BARRANCO REYES, J., 2004. Aproximación al sector del piñon en España. *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*. 2004. N° 201, pp. 165-192.
- OVANDO, P., CAMPOS, P., CALAMA, R. et MONTERO, G., 2008. Rentabilidad de la forestación de tierras agrícolas marginales con pino piñonero (*Pinus pinea* L.) en la provincia de Valladolid. Dans : *III Conferencia de la Asociación Hispano Portuguesa de Economía de los Recursos Naturales y Ambientales (AERNA)*. Palma de Mallorca. 2008.
- ÖZÇANKAYA, I. M., BALAY, S. N. et BUCAK, C., 2013. Effects of pests and diseases on stone pine (*Pinus pinea* L.) conelet losses in Kozak catchment area. Dans : *Mediterranean stone pine for agroforestry* [en ligne]. Zaragoza : CIHEAM / FAO / INIA / IRTA / CESEFOR / CTFC. pp. 29-33. Disponible à l'adresse : <http://om.ciheam.org/om/pdf/a105/00006778.pdf>
- PÉREZ, F., TORRE, B., SANZ, L., GARCÍA-JIMÉNEZ, C., GORDO, F.J., FINAT, L., ZURIMENDI, P., SIERRA-DE-GRADO, R., PANDO, V., SAN MARTÍN, R. et OTHERS, 2001. Seguimiento del ensayo de recogida de mecanizada de piña de *Pinus pinea* L. en tres montes del catálogo de UP de la provincia de Valladolid. *Servicio territorial de medio ambiente de la Junta de Castilla y León de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (ETSIAA), Universidad de Valladolid, TRAGSA*. 2001.
- PERUZZI, A., MAZZONCINI, M., CIOMEI, D. et SENESI, G., 1989. Meccanizzazione delle operazioni di raccolta degli strobili di pino domestico *Pinus pinea* L. *Nota 1, Nota 2*. 1989. Vol. 2, pp. 234-239.
- PERUZZI, A. et CHERUBINI, P., 1998. *Le pinete e la produzione dei pinoli dal passato ai giorni nostri, nel territorio del parco di Migliarino, S. Rossore e Massaciuccoli*. Ento Parco Regionale Migliarino.
- ROQUES, A., 1983. Les Insectes Ravageurs des Cônes et Graines de Conifères en France. INRA.
- SILVEIRA, P., 2012. Pinha ou Pinhão Negro Rentabilidade e Resultados. *Seminário « Valorização da Fileira da Pinha/Pinhão »*. Alcácer do Sal. 18 septembre 2012.
- SOUSA, E., 2012. Sanidade dos povoamentos de pinheiro manso em Portugal. *Seminário « Valorização da Fileira da Pinha/Pinhão »*. Alcácer do Sal. 18 septembre 2012.
- STRONG, W.B., BATES, S.L. et STOEHR, M.U., 2001. Feeding by *Leptoglossus occidentalis*

(Hemiptera: Coreidae) reduces seed set in lodgepole pine (Pinaceae). *The Canadian Entomologist*. 2001. Vol. 133, n° 06, pp. 857–865.

Tengo una forestación de piñonero ¿qué hago?, 2013. [en ligne]. Asociación forestal de Valladolid. Disponible à l'adresse : <http://www.asfova.es/?p=506>

TORRES ALVAREZ, E. et SUAREZ DE LA CAMARA, A., 2007. *Plan de gestion simplifié des pinèdes de pin pignon (Pinus pinea) de la forêt de Gouaria (Tunisie)*. janvier 2007. Université de la Huelva (Espagne).

ZURIMENDI, P., ÁLVAREZ, J.M., FERNÁNDEZ, V.P., DOMÍNGUEZ, M., GORDO, J., FINAT, L. et SIERRA DE GRADO, R., 2009. Efectos del vibrado del pino piñonero (« *Pinus pinea* » L.) en el vigor de los árboles: densidad de copa, crecimiento de guías y parásitos de debilidad. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*. 2009. Vol. 18, n° 1, pp. 50–63.

ZURIMENDI, P. et SIERRA DE GRADO, R., 2006. Posibilidades del aprovechamiento mecanizado de piña. 2006.

LISTE DES CONTACTS

Contacts pris lors du stage

Organisme	Prénom	Nom	Fonction (si connue)	Tel	Tel 2	Mail	Adresse	Pays
AgroSourcing - Importateur de fruits secs	Philippe	Sendral	Chef d'entreprise	0488148078	-	negoce@agrosourcing.com	ZAC de la Barque – Immeuble Le Griffon, 10 Impasse Sainte Rosalie - 13710 FUYEAU	France
Auto-entrepreneur	André	Celle	Elagueur - Cueilleur	0471750635	-	-	Le Garay de Cornassac 43600 STE SIGOLAINE	France
Auto-entrepreneur	Bernard	Jacquot	Elagueur - Cueilleur	0688306107	-	-	rue Bouloin 70000 ROZEY	France
Auto-entrepreneur	Claude	Nesuis	Elagueur - Cueilleur	0682884369	-	-	Melvieu 12400 ST VICTOR ET MELVIEU	France
Auto-entrepreneur	Françis	Burgun	Elagueur - Cueilleur	0685704885	-	-	L'Echarenne 38710 ST SEBASTIEN	France
Auto-entrepreneur	Hugues	Failletaz	Elagueur - Cueilleur	0476729466	-	-	38760 St PAUL DE VARCES	France
Auto-entrepreneur	Jean-Pierre	Forest	Elagueur - Cueilleur	0676055940	-	-	1150 route du village 38480 PRESSINS	France
Auto-entrepreneur	Karim	Bekhat	Elagueur - Cueilleur	0626931979	-	-	L'Haut de Lée 58370 LAROCHEMILLAY	France
Barsatea - Gestion Forestière	Gregory	Miaillet	Ingénieur Forestier	(+34)948196453	-	gregorim@basarte.com	31194 ARRE (NAVARRA)	Espagne
Bozkurt Makina	Cagri	Bozkurt	Constructeur de machines de transformation	02326324830	-	bozkurtmakina1970@gmail.com	Fevzipaşa Mh. Fevzipaşa 1. Sk No : 6 Bergama Bergama / İZMİR -	Turquie
CIFOR-INIA - Madrid	Sven	Mutke	Chef du service Industries Forestières	(+34)913476874	-	mutke@inia.es	Crta. La Coruña km 7,5 - 28040 MADRID	Espagne
CNPF - IDF	Jean	Lemaire	Responsable de développement outil Bioclimsol	-	-	lemairejean@yahoo.fr	-	France
CNPF - IDF	Michel	Chartier	Responsable des bases de données climatiques	-	-	michel.chartier@cnpf.fr	-	France
Commune Rians	Julien	Dridi	Adjoint	0626740880	-	-	-	France
CRPF - PACA	Pauline	Marty	Ingénieur Départements 04 – 05 Environnement/Expérimentation	0492316481	0601322429	pauline.marty@cnpf.fr	97 boulevard Gassendi, 04000 DIGNE-LES-BAINS	France
D'anoste	Jean-Jacques	Berger	Chef d'entreprise	0556417776	0607387182	danoste@wanadoo.fr	Le Grand Bos, 33930 VENDAYS-MONTALIVET	France

Département du Var, Direction de l'Environnement, Service Espaces Naturels Sensibles	Denis	Delsol	Chargé de projet Espaces Naturels Sensibles	0483956456	-	ddelsol@var.fr	390, av des Lices - CS 41303, 83076 TOULON CX	France
Famille agriculteurs diversifiés	Virgile et Christian (père)	Rey-Brot	Agriculteurs - Eleveurs	0785124396	-	virgilereybrot@gmail.com	83120 PLAN-DE-LA-TOUR	France
Frutos Secos Puig, SA.	Juan	Puig	-	(+34) 938491300	-	3pins@fspuig.com	Ctra. Sant Celoni Km. 1,300 08520 LES FRANQUESES DEL VALLES	Espagne
IRSTEA - Ecosystèmes méditerranéens et risques	Michel	Vennetier	Ingénieur divisionnaire agriculture environnement	-	-	michel.vennetier@irstea.fr	3275, route de Cézanne CS 40061 AIX-EN-PROVENCE	France
Laboratoire d'Etude des Ressources Forêt-Bois, INRA-Nancy	Ruben	Manso	Ph.D	-	-	ruben.manso@nancy.inra.fr	Rue Amance, 54280 CHAMPENOUX	Espagne
Négociant en pignes	Juan Carlos	Lopez Ortega	Manager, commercial	(+34) 975214518	+34 699900918	jc.lopezortega@gmail.com	C/Cubo, 39, E-42146 Cabrejas del Pinar, SORIA	Espagne
ONF Agence Var-Alpes Maritimes, Service Forêt	Gérard	Gapin	Chef de Service	0498013271	0603996835	gerard.gapin@onf.fr	Chemin de San Peyre - Les Gravettes - 83220 LE PRADET	France
ONF UT - Collines Varoises	Régis	Gorgerin	Agent Patrimonial	0494772993	0607255291	regis.gorgerin@onf.fr	ONF - 20, rue du Grand Jas - 83470 SEILLONS SOURCE D'ARGENS	France
ONT UT Dracénié - Verdon	Richard	Ciappara	POT - Animation Formation	0494454001	0616437184	richard.ciappara@onf.fr	Bureau de Palayson, Ancienne route de Callas, 83520 ROQUEBRUNE-SUR-ARGENS	France
Pinoli Biologici Grassini Amilcare	Frederico	Grassini	Chef d'entreprise	050.870291	-	info@pinolibiologici.it	Grassini Amilcare snc; Via Toniolo, 182; 56010 - Campo di San Giuliano Terme - PI P.IVA 00939080503	Italie
Sècherie de Lajoux - ONF	Jerôme	Lejeune	Appui commercial	0777796071	-	jerome.lejeune@onf.fr	Sècherie de Lajoux, 39300 SUPT	France
Sècherie de Lajoux - ONF	Jimmy	Equenot	Responsable	-	-	jimmy.equenot@onf.fr	Sècherie de Lajoux, 39300 SUPT	France
Sècherie de Lajoux - ONF	Standard	-	-	0384514209	-	sgp@onf.fr	Sècherie de Lajoux, 39300 SUPT	France

Vilmorin SA	Frederic	Detroy	Responsable récoltes et stock de graines	0241794166	-	frederic.detroy@vilmorin.com	Rue du Manoir, 49250 LA MENITRE	France
Parc Naturel Régional San Rossore (Pise, Italie)	Francesca	Logli	Responsable aménagement	-	-	foreste@sanrossore.toscana.it	Parc San Rossore, Toscane	Italie
Résèrve Naturelle de la Plaine des Maures	Concha	Agero	Conservatrice	0494508082	-	rnn.plainedesmaures@cgvar.fr	Maison de la Nature Quartier Saint-Jean 83340 Les Mayons	France

Groupe de travail restreint

Organisme	Prénom	Nom	Fonction (si connue)	Tel	Mail	Adresse
Forêt Modèle de Provence	Ludivine	Guy	Ingénieur chargée de mission	0642583154	ludivine.guy@foretmodele-provence.fr	Pavillon du Roy René - Valabre CD7 - 13120 GARDANNE
CRPF Var	Marie	Gautier	Ingénieur Var et Alpes maritimes	0684502243	marie.gautier@crpf.fr	
ASL Suberaie Varoise	Chloé	Monta	Ingénieur forestier, animatrice	0699712721	aslsuberaievaroise83@gmail.com	Pôle Forêt, Quartier Précoumin, Route de Toulon 83340 LE LUC
Parc National de Port Cros	Eric	Serantoni	Référent gestion & travaux forestiers, Adjoint Service Aménagement	0683991484	eric.serantoni@portcros-parcnational.fr	Allée du Castel Sainte Claire, BP 70220, 83406 - HYERES cedex
Chambre d'Agriculture du Var	Michel	Dard	Administrateur CNPF, Syndicat Forestiers Privésdu Var, Chambre d'agriculture du Var (commission forêt)	-	mdard83@orange.fr	-
Communauté de Communes du Golf de Saint-Tropez	Jacques	Brun	Développement économique, Agriculture Sylviculture Energie	0621130905	jbrun@cc-golfedesainttropez.fr	Hotel communautaire, 2 rue Blaise Pascal, 83310 COGOLIN
Conseil départemental du Var	Jean	Labadie	Chef du service prospective, direction de la forêt	0483956795	jlabadie@var.fr	-
Syndicat des Forestiers Privés du Var	Katia	Lagarde	Propriétaire, représentante	-	katia.lagarde@wanadoo.fr	-
Syndicat des producteurs de châtaigne du Var	Anne-Laure	Llobet	Animatrice en développement local au syndicat	0494366617	spcv@orange.fr	La maison du châtaignier, Avenue Charles Caminat - 83610 COLLOBRIERES
Conseil Régional PACA	Chantal	Gillet	Chargée de mission- Service Forêt		cgillet@regionpaca.fr	27, place Jules Guesde 13481 MARSEILLE Cedex 20

ANNEXES

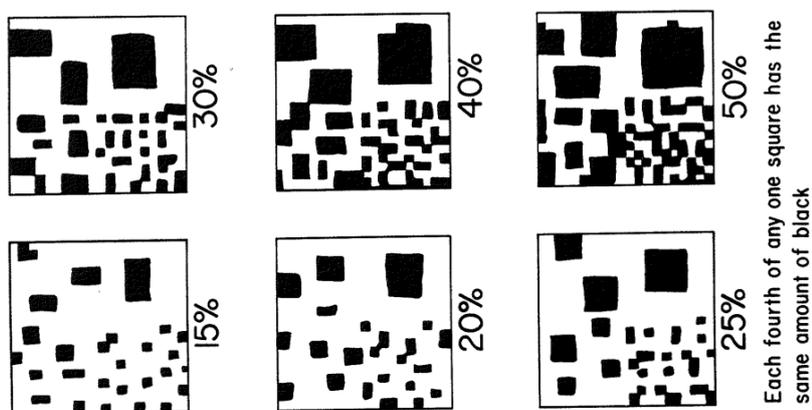
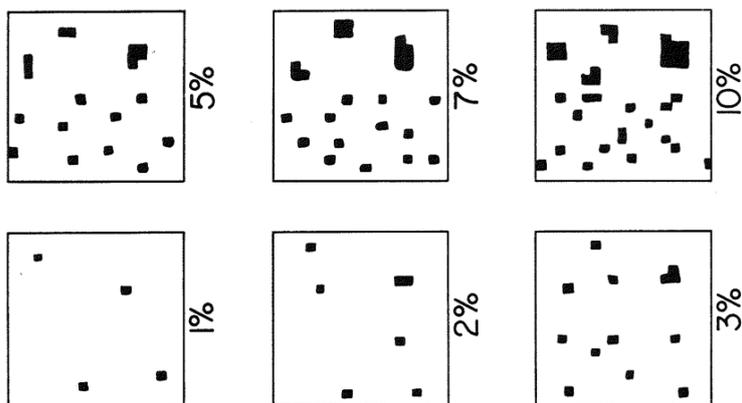
Annexe 1: Tableau de conversion et équivalences entre pignes et pignons. Sources: Castano et al. (2004) et sècherie de Lajoux, communication personnelle.....	74
Annexe 2: Estimation du pourcentage d'éléments grossiers dans le sol Source : « Munsell® Soil Color Charts 1994 Revised Edition ».....	74
Annexe 3: Fiche de relevé - Protocole de suivi de la production de cônes appliqué en 2015	75
Annexe 4: Script de l'ACP sous R	76
Annexe 5: Script de la régression linéaire sous R.....	76
Annexe 6: Script de la description générale des données sous R	77
Annexe 7: Script pour la régression linéaire.....	78
Annexe 8 : Script du traitement des données de comptage de cônes / pignons/ pignons blancs.....	79
Annexe 9: Temps de déplacement d'une machine de récolte par arbre, selon la densité du peuplement	80

Annexe 1: Tableau de conversion et équivalences entre pignes et pignons. Sources: Castano et al. (2004) et sècherie de Lajoux, communication personnelle

Quantité et Unité de départ		Quantité et Unité arrivée
200 pignes	donnent	1 hL pignes
1 hL pignes	donne	16 L pignons noirs
1 pigne	pèse	308g (entre 160 et 530)
1 pigne	donne	117 pignons noirs
1 pigne	donne	73 g pignons noirs
1 hL pignes	donne	65 kg (entre 40 et 80kg)
100 pignons noirs	donnent	10- 20 pignons noirs vides
1000 pignons noirs	donnent	650 g (entre 400 et 850)
1 hL cône	donnent	7 à 9 kg graine

Annexe 2: Estimation du pourcentage d'éléments grossiers dans le sol
Source : « Munsell® Soil Color Charts 1994 Revised Edition »

CHARTS FOR ESTIMATING PROPORTIONS OF MOTTLES AND COARSE FRAGMENTS



-9-

-10-

Annexe 4: Script de l'ACP sous R

```
# Charger les librairies
library(car)
library(MASS)
library(nnet)
library(ellipse)
library(lattice)
library(cluster)

library(leaps)
library(FactoMineR)
library(doBy)
library(rJava)

# Vider l'environnement
rm(list=ls())

# Importer les données
placACP <- read.csv2("/User/.../bdd_ACP2.csv", header = TRUE, sep = ";", fill = TRUE)

# Sélection des arbres récoltés dans la placette
placrecACP <- subset(placACP,placACP$d1_houppier>0)
rownames(placrecACP) <- placrecACP$Id

# Réalisation de l'ACP sur les variables numériques
par(mfrow=c(1,1))
res.acp = PCA(placrecACP[,2:33],scale.unit =T, axes=c(1,2),graph=T)

# Visualiser le graphique des variables
plot(res.acp,choix="var",cex=0.6, shadow=TRUE)

# Visualiser le graphique des individus
plot.PCA(res.acp,choix="ind",cex=0.8)

# Principales données d'analyse de l'ACP
summary(res.acp, nbelements=Inf)
```

Annexe 5: Script de la régression linéaire sous R

```
# Chargement des librairies
library(ggplot2)
library(corrplot)

# Vider l'environnement
rm(list=ls())

# Définir le dossier de travail
setwd("C:/Users/.../Pignons")

# Importer les données
plac <- read.csv2("/Users/.../bdd_plac_pignons2.csv", header = TRUE, sep = ";", fill = TRUE)
placrecolte <- subset(plac,plac$Id_arbre_recolte>0)

# Régression linéaire
reg =
  lm(Nb_cones_murs~P0709+P0205+Nbjgel+Prof_rac+Prof_prospec+h_tot+Vh+N+Nb_cones_vieux+Hh+N
  b_cones_2A+PETP0410+PETP0608+TMAN+PAN+ETPAN+P0410+P0506+P1011+Indice_Topo,
  data=placrecolte)
```

```

null=lm(Nb_cones_murs~1,data=placrecolte)

# Selection de variables
step(null, scope=list(upper=reg),data=placrecolte, direction="both")
model=lm(Nb_cones_murs ~ Nb_cones_vieux + N + PAN + Prof_rac +Vh, data=placrecolte)
summary(model)
anova(model)

# Représentation des graph des résidus
par(mfrow=c(2,2))
plot(model)

```

Annexe 6: Script de la description générale des données sous R

```

#Chargement des librairies
library(ggplot2)
library(doBy)
library(FactoMineR)
library(doBy)
library(gridExtra)

# Vider l'environnement
rm(list=ls())

#Chargement du dossier de travail
setwd("C:/Users/.../Pignons")

#Chargement des données
plac <- read.csv2("/Users/.../bdd_plac_pignons2.csv", header = TRUE, sep = ";", fill =
TRUE,na.string="")

# Sélection des variables à décrire, et des arbres récoltés dans la placette
descrip <- subset(plac,plac$Id_arbre_recolte== 1)
descrip <- subset(descrip,select = c(1,26:28,30:46))
descrip$N <- round(descrip$N, 0)
descrip$IDLE <- round(descrip$IDLE, 2)

# Renommer les variables, manipulation d'unités
names(descrip)<- c("Placette" ,"N (tiges/ha)", "Indice topo", "Embossaillement (%)",
"Texture sol", "EG (%)", "prof_racines (cm)", "prof_trou (cm)", "RUM (mm)", "IDLE",
"PETP0410 (mm)", "ETPAN (mm)", "P0410 (mm)", "PETP0608 (mm)", "TMAN (°C)", "PAN (mm)",
"P0506 (mm)", "P1011 (mm)", "P0709 (mm)", "P0205 (mm)", "Nbjgel")
descrip$`Embossaillement (%)` <- descrip$`Embossaillement (%)`*100
descrip$`EG (%)` <- descrip$`EG (%)`*100

# Calcul du nombre de cône par placette (somme des arbres récoltés)
new <- summaryBy(plac$Nb_cones_murs~plac$Placette,data=plac,FUN=sum, na.rm=TRUE)
names(new) <- c("Placette","Cones")
descrip$Cones<- new$Cones[match(descrip$Placette,new$Placette)]

# Résumé des données
summary(descrip)

# Graphiques avec les barres pour le climat

plot1 <- ggplot(descrip, aes(x=Placette, y=descrip$`P0205 (mm)`)) +
geom_bar(stat="identity", fill="grey", colour="darkgreen") +

```

```

  theme(panel.background = element_rect(fill="white"),axis.text.x =
  element_text(angle=90,colour="black"))+

labs(title = "Pluviometrie cumulee Fevrier- Mai", y = "mm",x="")

plot2 <- ggplot(descrip, aes(x=Placette, y=descrip$`P0506 (mm)`)) +
  geom_bar(stat="identity", fill="grey", colour="darkgreen") +
  theme(panel.background = element_rect(fill="white"),axis.text.x =
  element_text(angle=90,colour="black"))+
  labs(title = "Pluviometrie cumulee Mai-Juin", y = "mm",x="")

plot3 <- ggplot(descrip, aes(x=Placette, y=descrip$`P0709 (mm)`)) +
  geom_bar(stat="identity", fill="grey", colour="darkgreen") +
  theme(panel.background = element_rect(fill="white"),axis.text.x =
  element_text(angle=90,colour="black"))+
  labs(title = "Pluviometrie cumulee Juillet-Septembre", y = "mm",x="")

plot4 <- ggplot(descrip, aes(x=Placette, y=descrip$`P1011 (mm)`)) +
  geom_bar(stat="identity", fill="grey", colour="darkgreen") +
  theme(panel.background = element_rect(fill="white"),axis.text.x =
  element_text(angle=90, colour="black"))+
  labs(title = "Pluviometrie cumulee Octobre-Novembre", y = "mm",x="")

# Multi-graph sur une page
grid.arrange(plot1, plot2,plot3, plot4, nrow=2, ncol=2)
grid.arrange(plot2,plot3, nrow=1, ncol=2)

# Exporter le tableau de données en csv
write.csv2(descrip, "C:/Users/.../nomtableau")

# Obtenir la distribution de la variable nombre de cônes
unique(placrecolte$Nb_cones_murs)
effectif <- table(placrecolte$Nb_cones_murs)
effectif
plot(effectif)

```

Annexe 7: Script pour la régression linéaire

```

# Chargement de la librairie
library(ggplot2)
library(questionr)
library(vegan)

# Vider l'environnement et charger les données
rm(list=ls()) ## on vide l'environnement
setwd("C:/Users/.../Pignons")
placbin <- read.csv2("/Users/.../bdd_plac_pignons2.csv", header = TRUE, sep = ";", fill =
TRUE)

# sélection des variables
placrecolte <- subset(placbin,placbin$Id_arbre_recolte>0)

# Création de la variable "présence de cône"
placrecolte$Pres_cone<- decostand(placrecolte$Nb_cones_murs, "pa")

# Description données
x <- table(placrecolte$Pres_cone,placrecolte$Placette)
x

```

```

# Modèle logistique toutes variables confondues
mod=glm(Pres_cone~P0709+P0205+Nbjgel+Prof_rac+Prof_prospec+h_tot+Vh+N+Nb_cones_vieux+Hh+N
b_cones_2A+PETP0410+PETP0608+TMAN+PAN+ETPAN+P0410+P0506+P1011,data=placrecolte,
family="binomial")
summary(mod)

# Modèle logistique avec chaque variable une à une pour sélection manuelle
modhtot= glm(Pres_cone~h_tot,data=placrecolte, family="binomial")
summary(modhtot)

modVA= glm(Pres_cone~VA,data=placrecolte, family="binomial")
summary(modVA)

# Sélection de variable automatique
reg =
glm(Pres_cone~P0709+P0205+Nbjgel+Prof_rac+Prof_prospec+h_tot+Vh+N+Nb_cones_vieux+Hh+Nb_c
ones_2A+PETP0410+PETP0608+TMAN+PAN+ETPAN+P0410+P0506+P1011, data=placrecolte,
family="binomial")
null=glm(Pres_cone~1,data=placrecolte, family="binomial")
step(null, scope=list(upper=reg),data=placrecolte, direction="both")

# Réalisation de la régression logistique avec les variables sélectionnées
model=glm(Pres_cone ~ Nb_cones_vieux + N + PAN + Prof_rac +Vh, data=placrecolte,
family="binomial")
summary(model)

```

Annexe 8 : Script du traitement des données de comptage de cônes / pignons/ pignons blancs

```

# Chargement de la librairie
library(ggplot2)

# Vider l'environnement
rm(list=ls())

#Chargement des données
setwd("C:/Users/.../Pignons")
pignons <- read.csv2("/Users/.../comptagepignonsfin.csv", header = TRUE, sep = ";", fill =
TRUE)

# Résumé
summary(pignons)

# Description des données
#cônes
mean(pignons$cones)
by(pignons$cones,pignons$Placette,mean)
by(pignons$cones,pignons$Placette,summary)
by(pignons$cones,pignons$Placette,sd)

par(mfrow=c(1,1))
boxplot(pignons$cones~pignons$Placette)
unique(pignons$cones)
effectifs <- by(pignons$cones,pignons$Placette,table)

plot(effectifs)

# pignons coques
mean(pignons$cones)
by(pignons$cones,pignons$Placette,mean)

```

```

by(pignons$cones,pignons$Placette,sd)

# Représentation en boxplot du nombre de pignes,
#      pignons noirs et pignons blancs
par(mfrow=c(1,3))
boxplot(pignons$pcoques~pignons$Placette)

plot1 <- ggplot(pignons, aes(x=Placette, y=pcoques)) +
  geom_boxplot(stat="boxplot", fill="white", colour="darkgreen", cex=0,5) +
  theme(plot.title=element_text(size=11, face="bold"),panel.background =
  element_rect(fill="whitesmoke"),axis.text.x = element_text(angle=90,colour="black",
  size=9),axis.text.y = element_text(colour="black", size=9))+
  ggtitle("Moyennes de pignons coques / cône")+
  labs(title = "Moyennes de pignons coques / cône",y="",x="")
plot1

plot2 <- ggplot(pignons, aes(x=Placette, y=pblancs)) +
  geom_boxplot(stat="boxplot", fill="white", colour="darkgreen", cex=0,5) +
  theme(plot.title=element_text(size=11, face="bold"),panel.background =
  element_rect(fill="whitesmoke"),axis.text.x = element_text(angle=90,colour="black",
  size=9),axis.text.y = element_text(colour="black", size=9))+
  ggtitle("Moyennes de pignons blancs / cône")+
  labs(title = "Moyennes de pignons blancs / cône",y="",x="")
plot2

plot3 <- ggplot(pignons, aes(x=Placette, y=cones)) +
  geom_boxplot(stat="boxplot", fill="white", colour="darkgreen", cex=0,5) +
  theme(plot.title=element_text(size=11, face="bold"),panel.background =
  element_rect(fill="whitesmoke"),axis.text.x =
  element_text(angle=90,colour="black",size=9),axis.text.y =
  element_text(colour="black",size=9))+
  ggtitle("Moyennes de cônes / arbre")+
  labs(title = "Moyennes de cônes / arbre",y="",x="")
plot3

grid.arrange(plot1, plot2, plot3, ncol=1)

```

Annexe 9: Temps de déplacement d'une machine de récolte par arbre, selon la densité du peuplement

Une formule empirique a été établie pour calculer le temps de déplacement par arbre requis par la machine, sachant qu'il occupe 40 à 50% du temps de travail productif (Pérez et al. 2001) :

$$\text{Temps déplacement (sec/arbre)} = 1/(0.0132056 + 0.00048698 * N)$$

Où N = densité en tiges/ha