



Caractéristiques de la première éclaircie dans les peuplements de Pin maritime des Landes de Gascogne face aux évolutions actuelles

Lucie Rupil

► To cite this version:

Lucie Rupil. Caractéristiques de la première éclaircie dans les peuplements de Pin maritime des Landes de Gascogne face aux évolutions actuelles. Biodiversité et Ecologie. 2015. hal-02801955

HAL Id: hal-02801955

<https://hal.inrae.fr/hal-02801955v1>

Submitted on 5 Jun 2020

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

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

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt
ECOLE **N**ATIONALE **S**UPERIEURE des **S**CIENCES **A**GRONOMIQUES de **B**ORDEAUX
AQUITAINE
1, cours du Général de Gaulle - CS 40201 – 33175 GRADIGNAN cedex

UNIVERSITE de **B**ORDEAUX

Mémoire de fin d'études

pour l'obtention du

Master 2 GIAF à l'Université de Bordeaux

**Caractéristiques de la première éclaircie dans les peuplements
de Pin maritime des Landes de Gascogne face aux évolutions actuelles**

Lucie Rupil

Spécialisation : Foresterie à l'école d'Ingénieur Bordeaux Science Agro

Etude réalisée à : l'INRA, UMR Biogeco

69 route d'Arcachon
33612 Cestas

CRPF Aquitaine

6 quai des Chartrons
33000 Bordeaux

CPFA



Cette étude a été réalisée avec le soutien financier de l'Agence Nationale de la Recherche française (ANR) dans le cadre du programme Investissement d'Avenir, au sein du Cluster d'excellence COTE (ANR-10-LabX-45).

Je tiens en premier lieu à remercier le directeur du CRPF Aquitaine, Mr Roland de Lary et le directeur de l'UMR Biogeco de l'INRA, Mr Rémy Petit pour m'avoir accueillie au sein de leurs équipes. Ensuite, un grand merci à mes trois encadrantes, Cécile Maris, Céline Meredieu et Dominique Merzeau pour leur soutien, leur disponibilité et toutes leurs remarques pertinentes et constructives.

Je remercie également tous les conseillers forestiers du massif forestier qui ont participé à cette étude : Sébastien Barré, Pierre Teyssier, Michel Rault, Sylvain Bazas et Sébastien Renoux. Grâce à toutes ces journées passées ensemble, j'ai pu découvrir toutes les richesses de leur travail. Merci aussi à Thierry Labbé d'avoir passé quelques journées avec Céline pour coder le logiciel suite aux besoins de mon étude.

Enfin, je remercie tous les propriétaires forestiers du groupement CETEF ou des GPF, les sylviculteurs et les experts forestiers qui se sont associés à cette étude. Plus particulièrement, je remercie Mr Chastel, président du CETEF des Landes de Gascogne et Mr de Montbron, président du GPF Sud Gironde. Merci à eux pour leurs remarques qui ont permis de faire avancer l'étude.

Sommaire

I. Introduction.....	1
II. Matériels et Méthodes	5
A. Protocole de mesures et de caractérisation des placettes	5
1. Recherche de parcelle de pin maritime en 1ère éclaircie	5
2. Mesures dendrométriques des arbres	5
3. Travail avec les conseillers et les propriétaires	6
4. Calculs des principales variables descriptives des peuplements	6
5. Utilisation des tables de production	7
B. Utilisation de l'outil Capsis avec le modèle Pinuspinaster	8
1. Présentation de Pinuspinaster et de ses nouvelles fonctionnalités	8
2. Estimation des volumes sur pied : différentes méthodes utilisées	9
III. Résultats	11
A. Caractérisation de la première éclaircie	11
1. Localisation des parcelles mesurées et répartition par types de lande	11
2. Caractéristiques des peuplements mesurés	12
3. Caractéristiques des peuplements après l'éclaircie	15
4. Caractéristiques de la première éclaircie.....	16
5. Volume récolté	17
B. Estimation des volumes	17
1. Diamètre de découpe fin bout de 7 cm.....	17
2. Diamètre de découpe fin bout de 5cm.....	19
C. La croissance du Pin maritime au stade juvénile.....	20
1. La croissance en hauteur (Hdom ou Hg).....	20
2. La croissance en circonférence (Cg)	22
3. Croissance en surface terrière du peuplement.....	23
4. Dynamique des différents accroissements	24
5. Déclenchement de l'éclaircie et relation entre Accroissement en circonférence et circonférence avant l'éclaircie	24
6. Déclenchement de l'éclaircie et relation entre accroissement en surface terrière et surface terrière avant éclaircie.....	25
IV. Discussion	25
A. Les limites du protocole d'échantillonnage.....	25
1. Diversité des sylvicultures appliquées dans le massif forestier	25
2. Représentativité de la placette par rapport à la parcelle.....	26
3. Caractérisation de la fertilité et de la productivité	27
B. Mise en perspectives des résultats	28
1. Caractéristiques des peuplements et pratique de la première éclaircie	28

2. Estimation des volumes par cubage des arbres sur pied	28
3. La croissance des peuplements	28
4. Utilisation de Capsis/ PinusPinaster pour calculer les caractéristiques de l'éclaircie..	30
5. Amélioration du modèle de croissance	30
C. Perspectives	30
V. Conclusion.....	31
Bibliographie.....	32
Annexes.....	36

Liste des illustrations

Figure 1. Photo aérienne d'une parcelle en plantation à Captieux (33) avec la localisation de la placette de mesure en rouge	5
Figure 2. Capture d'écran du logiciel Capsis après ouverture d'un projet issu d'une parcelle mesurée durant l'étude	8
Figure 4. Carte de localisation des placettes de mesure par type de landes dans le massif des Landes de Gascogne (n=62).....	11
Figure 3. Histogramme de répartition des peuplements par origine et par type de Lande (n=62).....	11
Figure 5. Histogramme de répartition des peuplements en plantation suivant le type de matériel génétique et par type de lande (n=47)	12
Figure 6. Répartition des peuplements par type de régénération suivant la densité avant éclaircie (n=62)	13
Figure 7. Graphique représentant la densité avant éclaircie en fonction de la densité de plantation.....	13
Figure 8. Répartition des peuplements par type de régénération suivant l'âge (n=58)	13
Figure 9. Répartition de la surface terrière en fonction de la circonférence moyenne avant éclaircie suivant deux classes de densité avant éclaircie (en nombre tiges/ha) n=62	14
Figure 10. Diagramme de répartition des types de défauts constatés sur n= 493 arbres avec défauts dans 45 parcelles.....	14
Figure 11. Relation entre surface terrière et circonférence moyenne après éclaircie par classe de la densité restante en nombre tiges/ha (n=48).	15
Figure 12. Histogramme représentant le pourcentage d'arbre ayant un défaut sur le nombre d'arbres décrits en qualité sur 20 parcelles avant et après l'éclaircie.....	15
Figure 13. Relation entre intensité de l'éclaircie et densité avant éclaircie suivant les classes de coefficient K (n=46).....	16
Figure 14. Distribution des volumes mesurés bord de route par type de régénération (n=26)	17
Figure 15. Différence entre le volume Lapasse et le volume référence en fonction de la circonférence moyenne des arbres éclaircis (n=10)	18
Figure 16. Volume calculé en fonction du volume référence pour le volume Lapasse et le VLog (n=20).....	18
Figure 17. Accroissement en hauteur dominante en fonction de l'âge des peuplements suivant le type de lande et intégration des tables ONF et Lemoine (n=44 parcelles).....	20
Figure 18. Accroissement en hauteur dominante en fonction de l'âge des peuplements fertilisés et des peuplements non fertilisés (n=44)	21
Figure 19. Accroissement en hauteur dominante en fonction de l'âge suivant le type d'entretien effectué pendant les 1ères années de croissance (n=44)	21
Figure 20. Accroissement en circonférence de l'arbre moyen du peuplement en fonction de l'âge par classe d'accroissement en hauteur dominante et intégration des tables ONF et Lemoine (n=44).....	22
Figure 21. Accroissement en circonférence de l'arbre moyen du peuplement en fonction de la densité de plantation par classe d'accroissement en hauteur dominante et intégration des tables ONF et Lemoine (n=44).....	22
Figure 22. Accroissement en surface terrière du peuplement en fonction de l'âge suivant la densité de plantation et intégration des tables ONF et Lemoine (n=44).....	23
Figure 23. Accroissement en surface terrière du peuplement en fonction de l'accroissement en circonférence de l'arbre moyen par classe d'accroissement en hauteur dominante (n=44).....	24
Figure 24. Accroissement en circonférence moyenne du peuplement en fonction de la circonférence moyenne par classe d'âge (n=44).....	24

Figure 25. Accroissement en circonférence moyenne du peuplement en fonction de la circonférence moyenne par classe d'accroissement en hauteur dominante (n=44).....	24
Figure 26. Accroissement en surface terrière en fonction de la surface terrière du peuplement par classe d'âge à la première éclaircie (n=44).....	25
Figure 27. Accroissement en surface terrière en fonction de la surface terrière du peuplement par classe d'accroissement en hauteur dominante (n=44)	25

Tableau 1. Liste des variables utilisées avec leur formule associée.....	6
Tableau 2. Récapitulatif des calculs utilisés avec leur abréviation et les variables d'entrée associées	10
Tableau 3. Nombre ou pourcentage de parcelle présentant au moins un arbre par type de défaut	14
Tableau 4. Relation entre la nature de l'éclaircie et son intensité (en % du nombre de tige enlevée)	16
Tableau 5. Moyennes et écart type (%) des différences entre les volumes calculés et les volumes "référence" pour un diamètre de découpe de 7 cm et un coefficient de stérage de 1,7	18
Tableau 6. Moyennes et écart type (%) des différences entre volume calculé et volume « référence » pour un diamètre de découpe fin bout de 5 cm et un coefficient de stérage de 1,7	19
Tableau 7. Moyennes et écart type (%) des différences entre volume calculé et volume « référence » pour un diamètre de découpe de 5 cm et un coefficient de stérage de 1,9	20

Liste des abréviations

BE : Bois Energie

BI : Bois d'industrie

E1 : Première éclaircie

ETF : Entreprises de Travaux Forestiers

GPF : Groupements de propriétaires forestiers

PSG : Plan Simple de Gestion

VF1 : Variété génétique issu des vergers à grains de 1^{ère} génération

VF2 : Variété génétique issu des vergers à grains de 2^{ème} génération

VF3 : Variété génétique issu des vergers à grains de 3^{ème} génération

Glossaire

Billons = section de tronc ou de branche de longueur fixe, majoritairement destinée à l'industrie de la trituration ou au chauffage domestique

Bois d'industrie = il est constitué de billons (2 à 2,5 m de longueur et 7-8 à 20-25 cm de diamètre) provenant du bois issu de l'exploitation du bois d'œuvre ainsi que des petits arbres prélevés dans les coupes d'éclaircie, destinés principalement à l'industrie de la pâte à papier et des panneaux.

Bois de trituration = bois destiné à la fabrication des pâtes de cellulose, des panneaux de fibre, des panneaux de particules.

Bois Energie = toutes les formes d'utilisation du bois comme combustible sous forme de bûches ou de déchets issus des industries de transformation du bois.

Canter = bois d'œuvre d'un diamètre compris entre 14 et 22 cm dans le bas du fût

Cubage = opération pour évaluer le volume du bois

Découpe bois fort = diamètre de la hauteur de découpe à 7 cm

Eclaircie = opérations consistant à supprimer un certain nombre d'arbres d'une parcelle afin de diminuer la densité et la concurrence.

Plantation minimottes = plantation par conteneurs à parois perméables de petit volume (16 cm³) pour des durées d'élevage très courts, de 3 à 4 mois

Révolution = durée nécessaire à la réalisation de l'ensemble des opérations de récolte et de renouvellement d'un peuplement

I. Introduction

Le massif forestier des Landes de Gascogne, d'une superficie actuelle de 870 000 hectares (IGN, 2012) est le plus vaste ensemble forestier d'Europe occidentale. Il s'étend sur 3 départements de la région Aquitaine : la Gironde (33), les Landes (40) et le Lot-et-Garonne (47). Il est constitué principalement de peuplements de Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.) et est composé de deux sylvoécorégions¹ (IFN, 2009) : le cordon dunaire géré exclusivement par l'ONF et le plateau landais majoritairement privé (90% de sa surface appartenant à des propriétaires privés). 40% des propriétaires privés possèdent des forêts de petite superficie (entre 4 et 10ha), ne représentant que 5% de la surface totale boisée (Agreste, 2012). Le plateau landais est composé par trois types de landes dépendantes de la variation de la nappe phréatique et de son drainage par les rivières : la lande humide, caractéristique d'un drainage déficient ; la lande mésophile avec une variation de la nappe phréatique de 2 à 3 m et la lande sèche où la nappe est la plus profonde. Le pin maritime, essence héliophile, est l'espèce la mieux adaptée à l'environnement du massif des Landes de Gascogne. En effet, il se développe sur des milieux pauvres et acides (typique du Sable des Landes de Gascogne) et sur des sols secs ou humides. Il supporte ainsi à la fois la sécheresse estivale et l'engorgement hivernal. La production moyenne du pin maritime est influencée par la qualité de la station et le type de sylviculture. Depuis les années 50, elle a doublé, atteignant actuellement une valeur moyenne de 8,2 m³/ha/an (IGN, 2012). Ce gain de production est dû à la fois à l'amélioration des pratiques culturales et des techniques d'installation du peuplement (assainissement, labour, entretien, fertilisation) et plus récemment au progrès génétique avec des nouvelles variétés issues de graines améliorées (VF1, VF2, VF3) et d'espèce hybride comme le Lande x Corse (Raffin, 2013). Ainsi, le volume de bois de pin maritime sur pied disponible est de 69 millions de m³ (IGN, 2012).

La forêt des Landes de Gascogne est couverte à 90% de sa surface par des peuplements de pin maritime réguliers (IGN, 2012) à objectif principal de production de bois. La sylviculture classique est conduite entre 45 et 50 ans après 3 ou 4 éclaircies. Les éclaircies sont des récoltes partielles de bois qui consistent à la mise en distance des arbres en réduisant la densité et donc la concurrence pour l'accès aux ressources (lumière, eau, éléments minéraux). Le niveau de concurrence influence la croissance en circonférence individuel des arbres. L'éclaircie permet alors de maintenir un accroissement en circonférence maximal (Maugé, 1987). Par ailleurs, avec une densité forte trop longtemps, le peuplement perd en qualité avec une déformation des cimes et une hétérogénéité des circonférences. Cette éclaircie contribue donc à l'amélioration de la qualité du peuplement en enlevant (AFOCEL, 1994 et Maugé, 1987) :

- les arbres ne participant pas à la production globale (chablis, arbres morts, arbres de circonférence < à 20 cm)
- les arbres blessés par le gibier, ou attaqués par des insectes (pyrale du tronc, hylobe,...) ou par des champignons racinaires (armillaire, fomes)
- les arbres présentant des défauts de forme (arbre dit "taré") : fourchu, penché, flexueux...

Par ailleurs, plus la densité du peuplement est forte au jeune âge, plus sa stabilité vis-à-vis du vent diminue (rapport H/D élevé). En effet, l'éclaircie rompt l'effet de bloc du peuplement qui protège les arbres des vents violents. Après l'éclaircie, les arbres avec un rapport H/D élevé

¹ Une sylvoécorégion (SER) est définie comme la plus vaste zone géographique à l'intérieur de laquelle les facteurs déterminant la production forestière ou la répartition des habitats forestiers varient de façon homogène entre des valeurs précises, selon une combinaison originale, c'est-à-dire différente de celles des SER adjacentes.

sont vulnérables pendant 3 voire 5 ans après la coupe partielle jusqu'à la fermeture du peuplement (Riou-Nivert, 2009). La date de déclenchement de l'éclaircie et son intensité sont deux paramètres qui ont un impact important sur la croissance. Une éclaircie précoce ou tardive ou une éclaircie trop forte entraîneront soit une diminution du potentiel de croissance en surface terrière soit une réduction de la croissance en circonférence individuelle. Le potentiel de production totale en volume du peuplement ne pourra pas être à son optimum. Dans les années 90, la sylviculture dite "idéale" incite à maintenir un accroissement maximal en surface terrière tout en diminuant de moitié l'accroissement en circonférence dans un objectif d'optimisation de la production globale du peuplement (Maugé, 1987).

Afin d'aider les sylviculteurs dans la réalisation de leurs éclaircies (date et intensité de l'éclaircie), plusieurs outils ont été développés dans les années 80 et 90 basés sur deux variables : la circonférence moyenne du peuplement et sa densité (nombre de tiges/ha). Le premier outil est une table des densités maximales et minimales d'un peuplement en fonction de sa circonférence (annexe 1, Maugé 1987). Elle indique pour chaque circonférence moyenne, la fourchette de densités assurant une production optimale en volume du peuplement. Si la densité du peuplement est supérieure à la densité maximale de la table, alors l'éclaircie est nécessaire. La densité minimale de la table est la densité après éclaircie à appliquer pour suivre la sylviculture "idéale". Grâce à la table, il est possible de prévoir la prochaine éclaircie en se basant sur la densité après éclaircie. Il renseigne alors la circonférence moyenne à atteindre avant de la déclencher. Afin de suivre la sylviculture "idéale", le taux de prélèvement (en nombre de tiges) préconisé est de 25% à chaque éclaircie. Le second outil est un ensemble de tables définissant une zone où l'éclaircie est à réaliser (annexe 2, AFOCEL 1994). La circonférence moyenne et la densité du peuplement sont à reporter sur la figure. L'éclaircie est nécessaire lorsque les valeurs de deux variables placent le peuplement dans la « zone à éclaircir ». Le taux d'éclaircie préconisé est de 37% quel que soit le type de station.

Pour connaître le volume de bois récolté lors de l'éclaircie, les sylviculteurs peuvent réaliser un cubage estimatif des arbres sur pied. L'estimation du volume par cubage s'effectue avec le tarif de cubage Lapasse, préconisé dans le massif forestier (CRPF Aquitaine et SYSSO, 2008). Dans un premier temps, les arbres à couper doivent être identifiés par un marquage. Puis leur circonférence et leur hauteur de découpe à un diamètre de 9 cm doivent être mesurées. Le tarif de Lapasse permet de déterminer des volumes unitaires (en m³) par catégorie de circonférence et de hauteurs. L'évaluation du volume par cubage des arbres est néanmoins délicate car la hauteur de découpe est difficile à apprécier. Ainsi, le prix réel de la vente n'est estimé qu'après l'exploitation, lorsque les arbres sont coupés, façonnés, débordés puis triés en piles bord de route. La quantité de bois coupé est alors estimée par unité de stère.

Pour décider de la date et des caractéristiques des coupes, les sylviculteurs ont à leur disposition les tables de production et les modèles de croissance. Les tables de production indiquent les variables d'un peuplement moyen (volume, production globale,...) après chaque intervention. Elles sont établies par région, essence et pour des peuplements réguliers et monospécifiques. Elles sont représentées sous forme de tableaux pour chaque classe de fertilité, contenant différentes valeurs de description du peuplement (densité, circonférence moyenne, surface terrière...) avant et après chaque éclaircie jusqu'à la coupe rase. La première table de Lemoine (1969) fixe pour chaque classe de fertilité une densité initiale et les paramètres de l'éclaircie (circonférence moyenne des arbres éclaircis, nombre de tiges enlevées,...). La table de Lemoine (1982) à "sylviculture variable" prend en compte deux types d'éclaircie : éclaircie forte pour un peuplement en faible densité initiale (1230 tiges/ha) ou éclaircie faible pour un peuplement en forte densité initiale (2300 tiges/ha). La table de production est donc un outil permettant de suivre une évolution moyenne d'un peuplement

liée à une sylviculture donnée mais dépendante des anciennes valeurs de croissance des arbres enregistrées. Afin de prendre en compte différents scénarios sylvicoles et d'intégrer la diversité des caractéristiques des peuplements avant les interventions, des modèles de croissance ont été créés par les chercheurs dans les années 90 (Houllier et al., 1991). Les modèles sont des équations représentant la dynamique d'évolution de variables décrivant les arbres ou le peuplement forestier mais aussi les liens entre les caractéristiques dendrométriques du peuplement et les dimensions individuelles des arbres. Afin de les rendre utilisable pour la gestion forestière, le logiciel Capsis a été créé en 1994 par l'INRA à Avignon (<http://www7.inra.fr/capsis/>). Il regroupe plus de 60 modèles de croissance européens du plus simple (pour une essence en peuplement régulier) au plus complexe (forêt mélangée inéquienne). Grâce à ce logiciel, des simulations de différents scénarios sylvicoles peuvent être réalisées pour comparer les évolutions des peuplements forestiers. A l'aide de Capsis, l'ONF a rédigé le guide de sylviculture du pin maritime de lande (ONF, 2003) à partir du modèle de croissance de l'INRA (Lemoine, 1995). D'autres logiciels informatiques pour la gestion forestière sont utilisés par les sylviculteurs comme GEFAO (CPFA, 1984) à l'échelle de la propriété et COPEL à l'échelle du peuplement. Ce dernier permet de simuler plusieurs conduites sylvicoles à partir du modèle de croissance de Maugé qui intègre également les conséquences de l'élagage.

Depuis 2013, le prix du bois de trituration provenant principalement des premières éclaircies des peuplements de pin maritime (1^{ère} et 2^{ème} éclaircies) dont le diamètre à 1,30 m est compris entre 7,5 et 22,5 cm et la volume unitaire des arbres est inférieur à 0,4 m³, a fortement augmenté. En décembre 2013, il se vendait entre 5 et 10 euros le stère sur pied (Forêts de France, 12/13) alors que fin 2014, le prix variait de 13 à 18 euros le stère (CRPF, 2015). Lors de la vente de Labouheyre de l'ONF en octobre 2014, le volume récolté présumé lors de la première éclaircie était compris entre 20 st/ha et 60st/ha. Cette importante variation peut être expliquée par des différences de volume unitaire dépendant à la fois de l'âge du peuplement au moment de l'éclaircie, de la densité initiale, de la sylviculture appliquée et de la qualité des arbres. En comparaison, les volumes présumés sur écorce issus de la coupe rase des forêts communales variaient de 80 à 260 m³/ha, soit 112 à 364 st/ha (avec un coefficient de stérage de 1,4²). Ainsi, le plus important gain financier est apporté par la vente des bois de la coupe rase. Néanmoins, premier apport de trésorerie du propriétaire, la recette attendue de la vente des bois de 1^{ère} éclaircie devrait pouvoir couvrir les coûts liés au reboisement. En intégrant les dépenses liées à l'installation du peuplement en plantation³ et à deux débroussailllements des interlignes avant la première éclaircie le montant s'élève à 1095 euros/ha (CETEF, 2013). Avec un volume récolté maximal de 60 st/ha et un prix maximal de 18 euros/st, la recette est de 1080 euros/ha, montant quasi égal aux dépenses engendrées pour la régénération et l'entretien du peuplement.

Cette augmentation importante des prix des bois entre 2013 et 2014 est liée à une situation de tension sur la ressource forestière du massif des Landes de Gascogne. En effet, le massif présente un déficit de bois dû à la perte de production annuelle de bois de pin maritime suite aux deux tempêtes de 1999 et 2009. Avant 2009, le volume sur pied était de 114 millions de m³ de bois. Après la tempête et les attaques de scolytes, le volume n'était plus que de 72 millions de m³ de bois soit 37 % de dégâts subis (IGN, 2012). Le potentiel de production annuelle a donc été amputé de 2,2 millions de m³/an (ECOFOR, 2010) notamment pour les peuplements de gros bois⁴ et très gros bois⁵. En parallèle, les usines de transformation des

²mémento FCBA 2014

³ Plantation à 1250 tiges et labour en bande

⁴diamètre au moins égal à 47,5 cm et strictement inférieur à 67,5 cm

⁵diamètre au moins égal à 67,5 cm.

bois de trituration(ou bois d'industrie BI) se sont fortement développées entre 2001 et 2011. La demande en bois d'industrie a augmenté de 22% en 10 ans (ECOFOR, 2010). Aujourd'hui, elle s'est amplifiée avec l'émergence d'une nouvelle demande en bois énergie (BE) afin d'alimenter les chaufferies et les centrales à co-génération du massif des landes de Gascogne (Husson, 2014). Parallèlement à ces modifications (état du massif suite aux deux tempêtes, augmentation de la demande en BE), les itinéraires sylvicoles pour le pin maritime ont fait l'objet de nouvelles réflexions (Lesgourgues et Chantre, 2009). Afin de limiter le risque climatique et économique, les temps de révolution pourraient être raccourcis (25-30 ans) avec l'apparition de nouveaux objectifs de production. Des sylvicultures « dédiées » exclusivement à la production de biomasse ou « semi dédiées » en complémentarité de la production de bois d'œuvre révolutionnent les itinéraires dits standards. Les caractéristiques de la première éclaircie dans les peuplements de pin maritime sont donc au centre de toutes les attentions actuelles d'autant plus que la première éclaircie a un rôle essentiel sur la dynamique de croissance du peuplement.

Les peuplements prêts à subir une 1^{ère} éclaircie en 2015 sont en majorité issus des reboisements après la tempête de 1999. La caractérisation des peuplements et des méthodes de la 1^{ère} éclaircie va permettre d'observer aujourd'hui les différences de sylviculture.

La première partie du rapport va rassembler les informations issues d'inventaires de peuplement prêts pour la première éclaircie selon leur propriétaire. Plusieurs questions sont ainsi posées : les sylviculteurs suivent-ils les normes établies pour une sylviculture standard ? Existe-t-il des différences de sylviculture suivant le peuplement et le type de station ? Dans ce contexte économique particulier, les sylviculteurs augmentent-ils leur taux de prélèvement ?

Avec l'augmentation des prix du bois de trituration, les sylviculteurs du CETEF souhaitent caractériser au mieux la quantité de bois qui sera récoltée lors de la coupe. Le tarif de cubage Lapasse est le seul outil facilement disponible leur permettant d'estimer un volume de récolte. **La deuxième partie du rapport** consiste à comparer plusieurs méthodes de calculs de cubage grâce au logiciel Capsis/Pinuspinaster et à déterminer celui qui paraît le plus performant.

Par ailleurs, pour choisir le moment de l'éclaircie, les sylviculteurs se basent sur les tables de production ou normes d'éclaircie. Ces tables, souvent anciennes, n'intègrent pas le progrès dû à la génétique et à l'amélioration des techniques de reboisement ; et les modalités des éclaircies sont fixées. **La troisième partie du rapport** permettra de définir les accroissements des peuplements mesurés au moment de la 1^{ère} éclaircie afin de les comparer aux valeurs des tables de production. Les valeurs des tables de production reflètent-elles toujours la croissance actuelle des arbres ? Peut-on encore les utiliser ?

II. Matériels et Méthodes

A. Protocole de mesures et de caractérisation des placettes

Le protocole de terrain a été construit et modifié jusqu'en février 2014, date du début de l'étude. Suite aux premières mesures de terrain et aux difficultés rencontrées, la méthodologie du protocole a été de nouveau améliorée. L'objectif fixé en début de stage est de mesurer 60 parcelles de peuplement de pin maritime monospécifique et régulier dans les trois types de landes : soit 20 en lande humide, 20 en lande mésophile et 20 en lande sèche.

1. Recherche de parcelle de pin maritime en 1ère éclaircie

La recherche de parcelle est la première étape du protocole, effectuée par les conseillers forestiers du massif des Landes de Gascogne. Ils prennent contact avec les propriétaires forestiers, les gestionnaires, les experts forestiers, les ETF et les techniciens de la coopérative forestière afin de présenter la démarche de l'étude et d'enregistrer des informations concernant les peuplements (son origine, sa densité) susceptibles d'être éclaircis prochainement pour la première fois. De plus, lors de la validation des PSG ou lors de l'appui à leur rédaction par les conseillers, les informations concernant les dates prévues des interventions peuvent être recueillies. Lorsqu'une éclaircie est programmée dans l'année, les propriétaires ou les gestionnaires sont contactés. Les parcelles sont ensuite géo-localisées sous un logiciel partagé de cartographie "Cartogip⁶" et des informations relatives au peuplement sont demandées aux propriétaires (date d'installation, variété génétique, historique de la parcelle,...) mais leur exactitude ne peut être contrôlée. Après la coupe, les informations de la récolte (volume mesuré bord de route et volume total de la machine d'abattage) sont récupérées.

2. Mesures dendrométriques des arbres

Connaissant la superficie de la parcelle, il est d'abord nécessaire d'observer l'hétérogénéité stationnelle du peuplement. La composition de la flore du sous-bois permet de localiser différents types de lande sur une même parcelle. Ainsi, une ou deux placettes de mesures seront mises en place selon la diversité floristique de la parcelle. La placette comprend 2 lignes de plantation ou 2 lignes de semis sur une longueur de 50 m, mesurée au décimètre (Figure 1). Elle doit être installée dans un environnement homogène (sans trouée et en évitant les ilots de dégâts de tempête) ainsi qu'à une distance d'environ 10-20 m de la lisière.

Dans la placette de mesure, toutes les circonférences sont mesurées à 1,30 m sur les deux lignes à l'aide d'un ruban de circonférence par un premier opérateur. Le second note les circonférences dans une fiche de terrain (annexe 3). Pour des parcelles en plantation, les arbres absents ou morts sont pris en compte dans le relevé pour calculer par la suite la densité de plantation. De même, les arbres issus de régénération naturelle (situés le plus souvent en décalé de la ligne ou entre deux arbres) sont mesurés et notés dans la fiche de terrain. Enfin, quel que soit le type de peuplement, les défauts (de



Figure 1. Photo aérienne d'une parcelle en plantation à Captieux (33) avec la localisation de la placette de mesure en rouge

⁶créé par GIP ATGeRi ; www.cartogip.fr

forme, de dégât sanitaire, dégât de gibier,...) de chaque arbre sont constatés. Si l'éclaircie a été marquée, les arbres sont repérés. Pour une des deux lignes, les hauteurs totales et les hauteurs à la découpe sont estimées grâce à un dendromètre, le Vertex III. La hauteur de découpe correspond à une hauteur soit à 7cm de diamètre, soit à 5cm de diamètre fin bout (suivant le choix de l'opérateur). L'emplacement de la découpe est estimé à l'œil nu grâce à l'expérience de l'opérateur. Après l'exploitation, les opérateurs reviennent sur le terrain et les arbres coupés sont identifiés sur la fiche de terrain.

3. Travail avec les conseillers et les propriétaires

Il a aussi été nécessaire de reprendre contact les conseillers forestiers dans la recherche des parcelles en 1^{ère} éclaircie et de prendre rendez-vous avec les sylviculteurs/ propriétaires par téléphone ou mail afin de récupérer les informations concernant leur peuplement. Les journées de terrain devaient être organisées avec les conseillers forestiers afin de mesurer les parcelles. Enfin, lors des réunions d'assemblée générale de GPF ou de conseil d'administration du CETEF, l'étude et ses avancées ont été présentées aux propriétaires. Elles ont permis à la fois de trouver d'autres parcelles en 1^{ère} éclaircie à mesurer et de prendre en compte les remarques des propriétaires sur les premiers résultats.

4. Calculs des principales variables descriptives des peuplements

Différentes variables ont été calculées afin de caractériser le peuplement. Elles sont répertoriées dans le Tableau 1 avec les formules de calculs utilisées. Les circonférences à 1,30 m sont notées C130 et exprimées en cm ; les hauteurs totales, notées H et les hauteurs à la découpe, notées Hd sont exprimées en m.

Tableau 1. Liste des variables utilisées avec leur formule associée

Variable	Abréviation	Unité	Définition	Formule
Densité de plantation	Np	Nombre de tiges/ha	Densité au moment de la plantation, calculée sur le terrain	$\frac{10000}{\text{interligne} * \text{espacement moy}}$
Taux de mortalité		Nombre de morts/ha/an	Mortalité avant l'éclaircie liée à des dégâts de gibier ou à une forte concurrence	$\left(\frac{N - N_{\text{avt}}}{N}\right) / \text{Age}$
Circonférence moyenne	Cm	cm	Circonférence moyenne du peuplement (avant ou après l'éclaircie, et de l'éclaircie)	$\frac{\sum C130}{\text{nombre de C130}}$
Circonférence de l'arbre moyen	Cg	cm	Circonférence de l'arbre moyen du peuplement (avant ou après l'éclaircie, et de l'éclaircie)	$\sqrt{(Cm)^2 + (\sigma_c)^2}$
Hauteur totale moyenne	Hm	m	Hauteur moyenne du peuplement (avant ou après l'éclaircie, et de l'éclaircie)	$\frac{\sum H}{\text{nombre de H}}$
Hauteur totale de l'arbre moyen	Hg	m	Hauteur de l'arbre moyen du peuplement (avant ou après l'éclaircie, et à l'éclaircie)	A partir de $Hg=f(Cg)$, estimée grâce à la droite de régression de $H=f(C)$
Hauteur découpe moyenne	Hd _m	m	Hauteur à la découpe choisie moyenne du peuplement (avant ou après l'éclaircie, et de l'éclaircie)	$\frac{\sum Hd}{\text{nombre de Hd}}$

Variable	Abréviation	Unité	Définition	Formule
Hauteur découpe de l'arbre moyen	Hd _g	m	Hauteur à la découpe choisie de l'arbre moyen du peuplement (avant ou après l'éclaircie, et à l'éclaircie)	A partir de Hd _g =f(C _g), estimée grâce à la droite de régression de Hd=f(C)
Surface terrière de l'arbre	g	m ²	Surface de la section transversale du tronc, à 1,30 m de hauteur de l'arbre	$\frac{(C/100)^2}{4\pi}$
Surface terrière du peuplement	G	m ² /ha	Somme des surfaces de toutes les sections transversales des troncs, à 1,30 m de hauteur des arbres ramené à un hectare	$\frac{\sum g}{S} * 10000$ avec S, la surface de la placette
Densité du peuplement	N	Nombre de tiges/ha	Nombre de tiges par hectare (avant ou après l'éclaircie et de l'éclaircie)	$\frac{10000 * Nb \text{ arbres mesurés}}{S}$
Intensité de l'éclaircie	I	% en nombre de tige	Rapport de la densité à l'éclaircie sur la densité avant l'éclaircie	$\frac{Necl}{Navt}$
Coefficient K	K	-	Rapport des circonférences moyennes des arbres éclaircis sur la circonférence des arbres avant éclaircie	$\frac{C_{mecl}}{C_{mavant}}$
Accroissement en hauteur	ΔH	m/an	Accroissement en hauteur moyenne ou dominante pour la période donnée	$\frac{Hauteur}{Age}$
Accroissement en circonférence	ΔC	cm/an	Accroissement en circonférence moyenne ou dominante pour une période donnée	$\frac{Circonférence}{Age}$
Accroissement en surface terrière	ΔG	m ² /ha/an	Accroissement en surface terrière du peuplement à une période donnée	$\frac{Surface \text{ terrière}}{Age}$

5. Utilisation des tables de production

Les accroissements des peuplements proposés dans les tables de production (tables de Lemoine (1969), tables révisées de Lemoine (1983) et les tables de l'ONF (2003)) ont été comparés à la croissance des peuplements mesurés.

Les tables de Lemoine (1969 et 1983, annexes 4 et 5) débutent à 12 ans (1ère ligne des tables) à l'étape d'initialisation. Les caractéristiques du peuplement moyen (hauteur dominante, hauteur et circonférence moyennes que l'on considère comme la hauteur et la circonférence de l'arbre moyen, surface terrière et densité initiale) sont fournies pour un peuplement fertile (C1) et moins fertile (C5). A partir de ces variables, les accroissements peuvent être calculés, reflétant la croissance moyenne d'un peuplement au moment de la création des tables.

Les tables de l'ONF (annexe 6) ont été créées à partir du modèle de croissance Lemoine, 1995. Comme les tables Lemoine, on pourra comparer les caractéristiques des peuplements moyens à l'étape d'initialisation entre 12 et 17 ans suivant la classe de potentialité de la plus fertile à la moins fertile. De plus, il sera possible d'observer la première

étape de simulation de croissance du peuplement au moment de la première éclaircie, correspondant aux variables de la seconde ligne des tables de production.

B. Utilisation de l'outil Capsis avec le modèle Pinuspinaster

1. Présentation de Pinuspinaster et de ses nouvelles fonctionnalités

Le modèle Pinuspinaster a été conçu par Céline Meredieu et Thierry Labbé de l'INRA de Cestas Pierroton. C'est un modèle pour des peuplements homogènes, monospécifiques et réguliers de Pin maritime dans les conditions climatiques moyennes des Landes de Gascogne. Il est de type « arbre indépendant des distances avec contrainte peuplement » basé sur le module "PP3" en ajoutant une spatialisation des arbres.

Le logiciel Capsis permet à la fois de regarder les caractéristiques d'un peuplement à une étape donnée et de faire évoluer le peuplement grâce au modèle de croissance. Dans cette étude, le logiciel a été utilisé comme un outil pour visualiser les résultats des peuplements mesurés avant et après l'éclaircie sans simuler d'évolution de croissance. Les variables de peuplement (circonférence de l'arbre moyen, surface terrière, hauteur dominante,...) ainsi que les résultats de volume récolté lors de l'éclaircie sont ainsi directement récupérables.

Après l'ouverture d'un projet (correspondant à une parcelle mesurée), des boîtes indiquent l'étape d'initialisation du peuplement à un âge donné et l'étape après l'éclaircie (Figure 2). Pour chaque étape, on peut choisir d'afficher des graphiques (partie encadrée, Figure 2), et les résultats des calculs de variables (fenêtre en haut) ou de visualiser la placette avec la position des arbres, leur dimension et un code couleur pour identifier les défauts (fenêtre en bas).

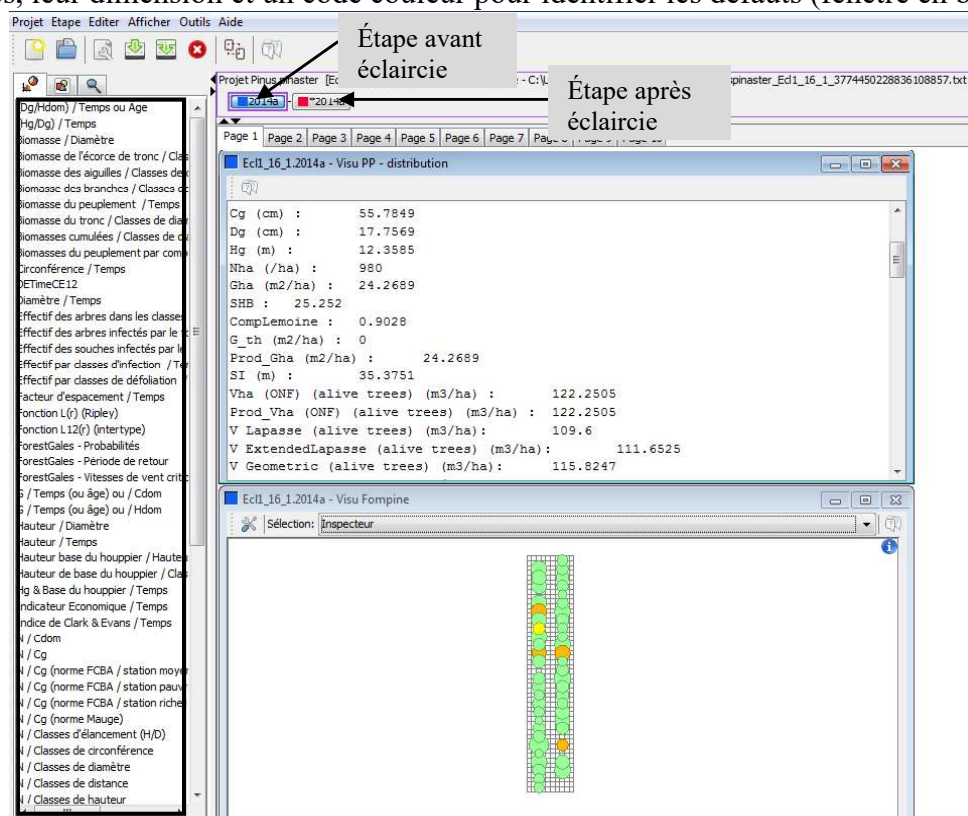


Figure 2. Capture d'écran du logiciel Capsis après ouverture d'un projet issu d'une parcelle mesurée durant l'étude

Pour cette étude, de nouvelles fonctionnalités ont été créées : lecture en séquence de fichiers de parcelles mesurées avec indicateur de l'éclaircie réelle ou marquée, visualisateur de la parcelle mesurée (avant et après éclaircie avec identification des arbres portant des défauts et la présence de semis), nouveaux graphiques de visualisation de résultats (normes de densité et d'éclaircie par exemple), ajout d'indication de la nature et de l'intensité de l'éclaircie dans les boîtes de dialogue de outils de coupe, création de nouveaux fichiers de

sortie pour faciliter l'analyse des résultats de plusieurs placettes. Ces nouvelles fonctionnalités ont été créées dans le cadre de la mise à disposition de l'outil Capsis/Pinuspinaster au CRPF et au CPFA. Les nouveaux fichiers d'exportation de données ont permis d'intégrer de nouvelles méthodes de calcul en particulier de volumes.

2. Estimation des volumes sur pied : différentes méthodes utilisées

De façon générale, afin d'estimer les volumes sur pied, trois méthodes peuvent être utilisées : 1) une formule de cubage basée sur la formule du tronc de cône; 2) une formule intégrant un coefficient de forme ; 3) une formule utilisant une équation de profil de tige donnant pour chaque hauteur la circonférence de la tige.

L'équation de la formule du tronc de cône utilisée est : $V = \frac{Hd}{12 \pi} * \frac{(Co^2 + Co * Cd + Cd^2)}{10000}$ avec 3 variables d'entrée (Hd, Hauteur à la découpe, Co, la circonférence à la base et Cd, la circonférence à la hauteur de découpe).

La circonférence à la base est la seule donnée inconnue ; elle est calculée avec la relation de décroissance métrique: $Co = \left(\frac{C130 - Cd}{Hd - H130} \right) * 1.1 + C130$. Nous avons deux possibilités pour obtenir Hd : la mesure terrain complétée par son ajustement pour fournir une hauteur pour chaque arbre mesuré en circonférence ou l'utilisation de la formule du profil de tige. Nous avons aussi calculé un volume en remplaçant la hauteur à la découpe par une hauteur "utile". Elle correspond à une hauteur déterminée en fonction du nombre de billons de longueur de 2,1 m que l'on peut extraire d'un arbre jusqu'à la hauteur à la découpe.

Les calculs utilisés en intégrant les 3 méthodes sont :

- le tarif Lapasse (annexe 7) qui estime des volumes unitaires des arbres éclaircis par catégorie de circonférence à 1,30 m et de hauteur de découpe. Pour des circonférences comprises entre 40 et 90 cm, les hauteurs de découpe sont à 9 cm de diamètre. De plus, pour la plus petite classe de circonférence à 1,30 m, la hauteur de découpe maximale est de 8 m.
Le tarif a été étendu en calculant grâce à la formule du tronc de cône, les volumes unitaires correspondant aux classes de circonférence à 1,30 m inférieures à 40 cm et à la classe de 40 cm de circonférence lorsque les hauteurs de découpe sont supérieures à 8 m. Le volume total (en m³/ha) est ensuite calculé en sommant tous les volumes unitaires et en les ramenant à l'hectare.
- la formule du tronc de cône appliquée soit pour chaque arbre entier de la placette (avec la Hd estimée par le profil de tige) soit par troncs de cône successifs de 5 cm de chaque arbre de la placette (en utilisant le profil de tige). Le volume total est ensuite calculé en sommant tous les volumes unitaires et en les ramenant à l'hectare. Le volume total de l'éclaircie (en m³/ha) est obtenu par différence des volumes avant et après exploitation.
- la formule du tronc de cône appliqué à l'arbre moyen du peuplement éclairci (avec la Hd mesurée ou estimée par le profil de tige). Le volume total de la récolte (en m³/ha) est obtenu en multipliant le volume unitaire calculé par la densité en nombre de tiges/ha de l'éclaircie.
- la formule avec un coefficient de forme est : $V = f * G * Hg$ avec G, la surface terrière du peuplement, Hg la hauteur totale de l'arbre moyen et f, un coefficient de forme. Le coefficient de forme a deux valeurs pour le pin maritime en peuplement régulier, correspondant à une hauteur découpe de 7cm de diamètre: 0,38 (utilisé par le FCBA)

et 0,43 (utilisé par Maugé dans GEFAO et COPEL). Le volume est calculé directement en m³/ha.

Enfin, nous avons aussi utilisé un tarif de cubage permettant de calculer un volume total de l'arbre jusqu'au fin bout des branches. Le tarif de cubage Emerge (RDVT n°44, printemps 2014, ONF) utilise un nouveau coefficient de forme spécifique au pin maritime et une correction de l'artefact dû à la prise de mesure à 1,30 m. L'équation est la suivante

$$: V_{Emerge} = 0.489 \frac{(H_{tot} * C130)^2}{4\pi * (1 - \frac{1.3}{H_{tot}})^2}$$

Les différentes méthodes de calculs et les variables à utiliser sont indiquées dans le Tableau 2. Les variables d'entrée peuvent être issues :

- des mesures de terrain avec la circonférence à 1,30 m, la hauteur totale de l'arbre moyen, Hg estimée par régression linéaire grâce à la relation H=f(C130) (avec les H mesurées sur le terrain) et la hauteur découpe de l'arbre moyen, Hdg, estimée par régression linéaire grâce à la relation Hd=f(C130) (avec les Hd mesurées sur le terrain) et la hauteur utile de l'arbre moyen Hug, basée sur Hdg
- de l'estimation des H par le modèle de croissance et sa relation H=f(C130),
- de l'estimation des Hd et du Hdg par le profil de tige.

Tableau 2. Récapitulatif des calculs utilisés avec leur abréviation et les variables d'entrée associées

Calcul	Nom	C mesurée	Hg issue des données terrain	H estimée par le modèle	Hdg issue des données terrain	Hd calculée par le profil de tige	Hdg calculée par le profil de tige	Hug issue des données terrain	G issue des données terrain
Tarif Lapasse	VLapasse	X				X			
Tarif Lapasse étendu	VLapasse +	X				X			
Tronc de cône sur l'arbre moyen éclairci	VgTDC	X			X				
	VgTDC Hu	X						X	
	VgGEOM	X					X		
Tronc de cône arbre par arbre	VGEOM	X				X			
Tronc de cône par billons successifs arbre par arbre	VLog	X				X			
Formule avec coefficient de forme = 0,38	VFCBA		X						X
Formule avec coefficient de forme = 0,43	VCRPF		X						X
Volume total de l'arbre	VEmerge	X		X					

III. Résultats

A. Caractérisation de la première éclaircie

1. Localisation des parcelles mesurées et répartition par types de lande

Durant cette étude, 62 parcelles ont été mesurées dont :

- 40 parcelles par les conseillers forestiers dans l'année 2014 (de février à décembre)
- 22 parcelles pendant la période du stage (janvier à juin 2015) avec les conseillers forestiers.

Les parcelles, représentant une superficie totale de 635 ha, sont situées dans tout le massif forestier des Landes de Gascogne (Figure 4). La localisation des peuplements est dépendante à la fois de la participation à l'étude des sylviculteurs notamment ceux du CETEF et des groupements GPF, des conseillers forestiers et des opérations de reboisement après la tempête de 1999. Les peuplements étudiés sont répartis de la façon suivante par type de régénération et par type de lande (Figure 3):

- 50 plantations dont 2 plantations en minimottes
- 12 semis

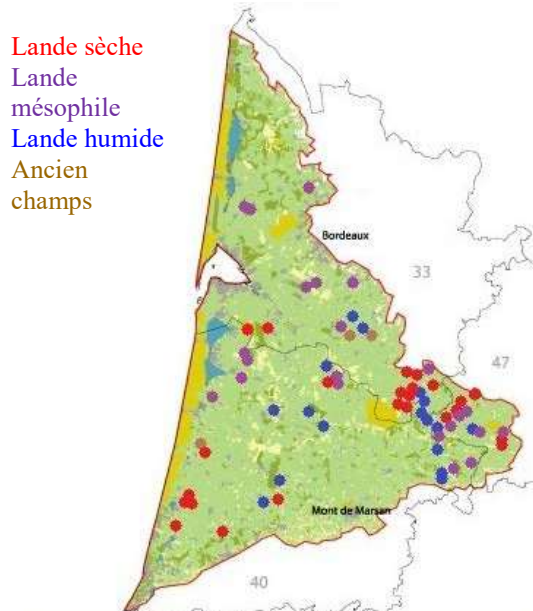


Figure 4. Carte de localisation des placettes de mesure par type de landes dans le massif des Landes de Gascogne (n=62)

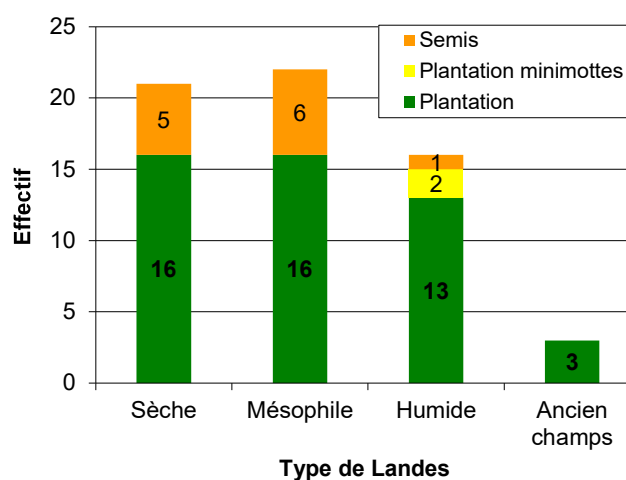


Figure 3. Histogramme de répartition des peuplements par origine et par type de Lande (n=62)

Fin juin, sur les 62 parcelles initiales, 39 parcelles ont été éclaircies soit 12 en lande sèche, 14 en lande mésophile et 11 en lande humide (et 2 sur ancien champs). Les résultats après éclaircie sont analysés sur ces 39 parcelles et sur 7 parcelles non éclaircies mais marquées soit un total de 46 parcelles. Sur les 39 parcelles éclaircies, nous avons récolté 26 données de stérage bord de route correspondant à 26 parcelles éclaircies.

A la fin de cette étude (début juillet 2015), il manque encore 4 plantations en lande sèche, 4 en lande mésophile et 7 en lande humide pour atteindre l'objectif fixé de 20 plantations par type de lande. Les 3 plantations sur ancien champs sont exclues de l'échantillon quand le type de lande est présenté sur les graphiques.

2. Caractéristiques des peuplements mesurés

a) Répartition des peuplements par modalités d'installation

Dans notre échantillon, la technique de **préparation du sol** la plus courante, quel que soit le type de lande est le labour en bande (31 parcelles sur 43 pour lesquelles on dispose de l'information, soit 72%, annexe 8). Le labour en plein représente 14% des types de préparations du sol. L'utilisation d'autres techniques comme le labour par charrue rotative, ou par train d'outils ou par houe rotative est marginale. La **fertilisation** des parcelles avant le reboisement est pratiquée pour 36% des peuplements dont l'information est connue (soit pour 42

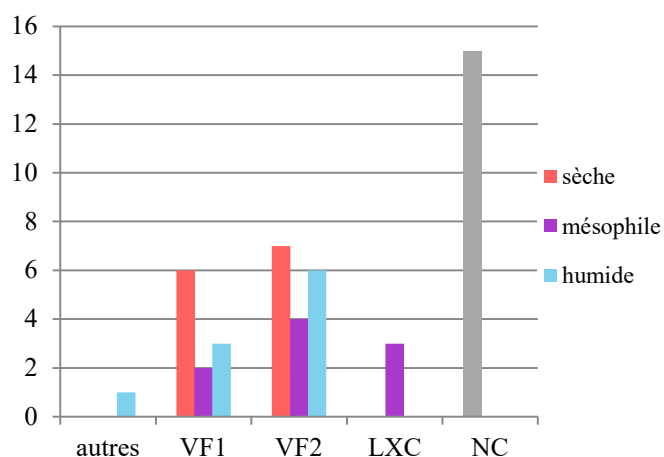


Figure 5. Histogramme de répartition des peuplements en plantation suivant le type de matériel génétique et par type de lande (n=47)

peuplements, annexe 9). Les peuplements sont fertilisés quel que soit le type de lande. Concernant le type de **matériel génétique**, pour les peuplements en plantation, l'utilisation de plants VF2 est la plus courante dans l'échantillon (50% des données recueillies, Figure 5). Cette variété est plantée en majorité en landes sèche et humide. La variété VF1, couramment utilisée (37%) se retrouve essentiellement en lande sèche. L'hybride Lande x Corse et les plants non améliorés (catégorie "autres") sont peu présents dans l'échantillon. On peut cependant observer que la variété hybride est installée dans les stations les plus fertiles, en lande mésophile.

La **densité de plantation** est calculée avec l'espace moyen entre les arbres sur la tige et l'écartement entre les lignes lors du premier recensement sans tenir compte des arbres issus de semis naturel. Pour les peuplements en plantation (y compris les plantations minimottes), la densité est en majorité comprise entre 1100 et 2100 tiges/ha (annexe 10). Les deux pics de répartition se situent dans les classes de 1250 tiges/ha (motif moyen de 4 x 2) et 1450 tiges/ha (motif moyen de 4 x 1,7). On peut observer que sa distribution varie en fonction du type de lande. Dans notre échantillon, les fortes densités (supérieures à 1650 tiges/ha) sont en majorité, typiques des stations sèches contrairement aux observations générales dans le massif.

Pour tous les types de régénération, l'**entretien** des parcelles est une pratique courante dans notre échantillon de peuplement (87% des peuplements sur un total de 43 parcelles dont on dispose de l'information). L'entretien est caractérisé par 1 à 4 débroussaillages des interlignes et de 1 à 3 dégagements des lignes.

b) Caractéristiques des peuplements avant l'éclaircie

Densité / Mortalité

La densité avant éclaircie est la densité mesurée au moment de la première éclaircie. Elle permet de connaître la densité en prenant en compte la mortalité pour les plantations. La densité avant éclaircie est comprise entre 700 tiges/ha et 2350 tiges/ha (Figure 6). Pour les plantations, le pic de répartition est à 1150 tiges/ha et les valeurs oscillent en majorité entre 1100 tiges/ha et 1600 tiges/ha. Les semis présentent une répartition des densités différente des plantations avec 6 semis dont la densité est comprise entre 1200 et 1500 tiges/ha et 6 semis

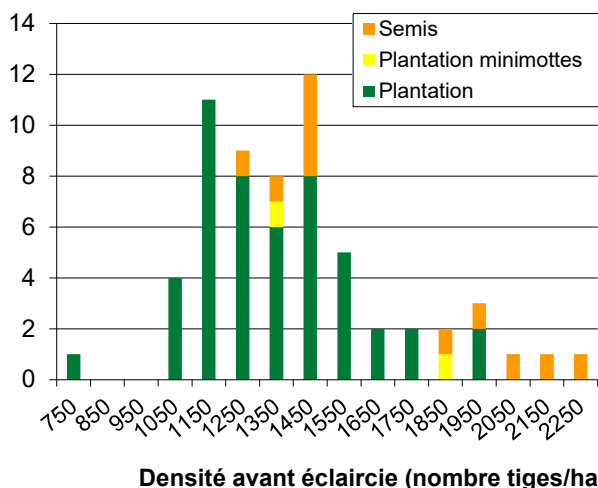


Figure 6. Effectif des peuplements par type de régénération suivant la densité avant éclaircie (n=62)

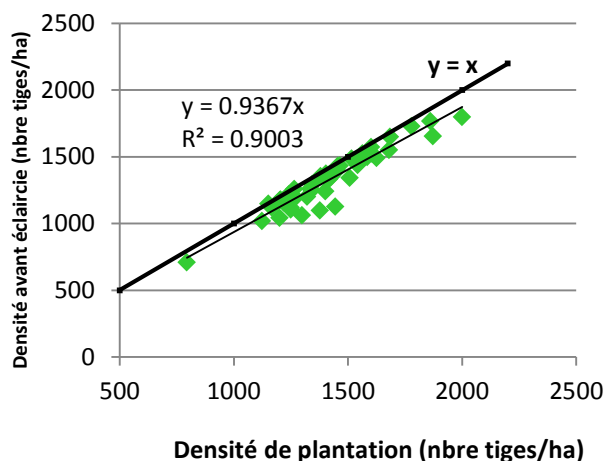


Figure 7. Graphique représentant la densité avant éclaircie en fonction de la densité de plantation

avec des densités supérieures à 1850 tiges/ha. Pour ces derniers, d'après les informations données par les sylviculteurs, soit les opérations de dépressage n'ont pas été effectuées, soit un seul dépressage a été réalisé de manière peu vigoureuse.

Les valeurs de densité avant éclaircie sont corrélées de manière linéaire avec celles de la densité initiale (Figure 7). Plus la densité de plantation est élevée et plus la perte en nombre de tige liée à la mortalité est importante. Elle inclut principalement la mortalité accidentelle due aux gibiers, attaques de parasites et/ou aux tempêtes. Quelle que soit la densité, le taux de mortalité moyen par hectare et par an est de 0,35% variant de 0,01 % à 1,35 % soit une moyenne de 7 morts/ha/an variant de 1 à 9 morts/ha/an.

Afin d'interpréter les résultats de manière plus fine, la densité avant l'éclaircie a été divisée en 2 catégories (voir Figure 6 densité avant éclaircie):

- densité standard : < 1400 tiges/ha (n=36)
- densité forte : > 1400 tiges/ha (n=27)

Les deux catégories permettent de distinguer les deux densités les plus courantes sur le massif : 1250 tiges/ha et 1666 tiges/ha.

Age

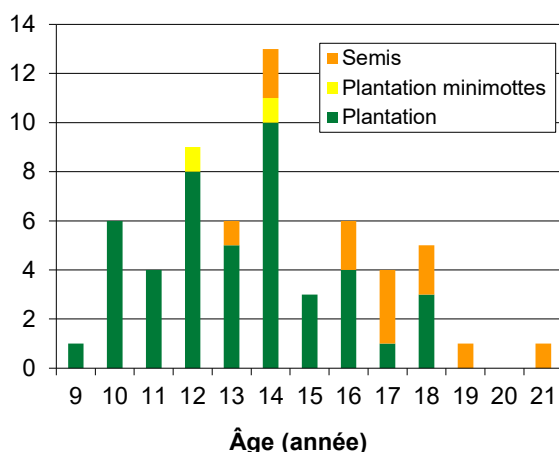


Figure 8. Effectif des peuplements par type de régénération suivant l'âge (n=58)

Les reboisements des peuplements mesurés ont eu lieu entre 1993 et 2005 ; 74% des boisements (soit 42 peuplements) ont été effectués après la tempête de 1999. Au moment de la 1^{ère} éclaircie, les plantations ont entre 9 et 18 ans (âge par rapport à la plantation) avec un nombre important de peuplements âgés de 14 ans (Figure 8). Pour les semis, l'éclaircie est généralement plus tardive avec un âge compris entre 13 et 21 ans. Dans l'échantillon, la date de l'éclaircie n'est pas liée aux types de landes. (Annexe 11)

Circonférence moyenne du peuplement

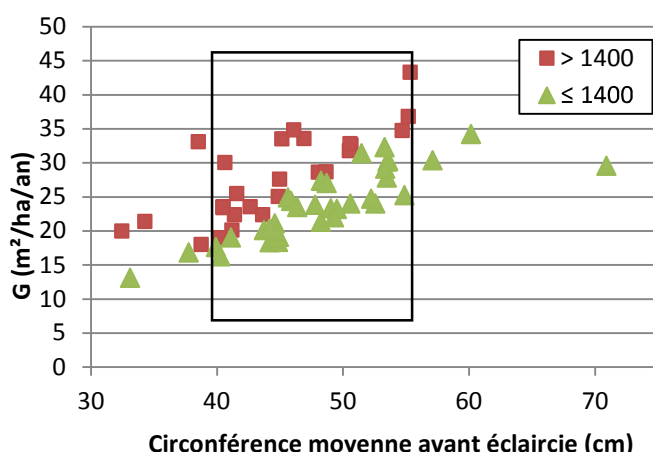


Figure 9. Répartition de la surface terrière en fonction de la circonférence moyenne avant éclaircie suivant deux classes de densité avant éclaircie (en nombre tiges/ha) n=62

Pour les deux classes de densité, la circonférence moyenne avant l'éclaircie est principalement comprise entre 40 et 55 (encadré dans la Figure 9). Le peuplement dont la circonférence moyenne est la plus élevée (75 cm) correspond à une densité de 800 tiges/ha. On observe pour une même circonférence moyenne avant éclaircie, une grande variation de surface terrière avec une différence maximale de 20 m²/ha. Le type de lande n'influence pas la circonférence moyenne avant éclaircie dans notre échantillon. En effet en prenant en compte toutes les densités (sauf le cas particulier de la

densité < 800 tiges/ha), la moyenne des circonférences en lande humide et mésophile est de 48 cm (respectivement écart type de 6,6 cm et 6 cm) et la moyenne des circonférences en lande sèche est de 44 cm (écart type de 5,6 cm).

Critères de qualité des peuplements

La qualité des arbres a été décrite pour 45 parcelles (sur un total de 62). Le Tableau 3 présente le nombre et le pourcentage de parcelles présentant au moins un arbre avec un type de défaut constaté (branchaison, forme,...). Les dégâts dus au gibier sont observés dans 8 parcelles. Le défaut de forme est le plus courant (80% des parcelles présentent au moins un arbre noté avec un défaut de forme). Avant l'éclaircie, 17 % des arbres mesurés sur les 45 parcelles présentent un défaut. Les défauts les plus souvent constatés (Figure 10) sont à 33% les arbres malformés (courbé, flexueux, penché par rapport à la ligne) et les dégâts de tempêtes (arbre couché ou très penché). Les problèmes de branchaison et ceux liés aux risques sanitaires arrivent dans un deuxième temps.

Tableau 3. Nombre ou pourcentage de parcelle présentant au moins un arbre par type de défaut

Défauts	Branchaison	Forme	Gibier	Sanitaire	Tempête
Nombre de parcelle (n=45)	26	35	8	24	31
Proportion	59 %	80 %	18 %	54 %	70 %

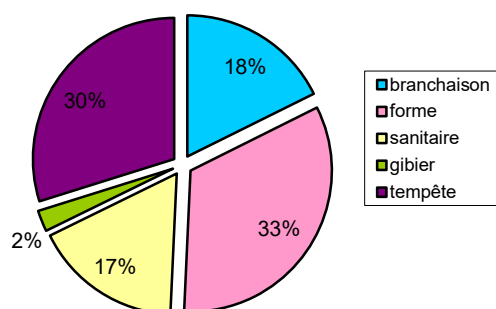


Figure 10. Diagramme de répartition des types de défauts constatés sur n= 493 arbres avec défauts dans 45 parcelles

3. Caractéristiques des peuplements après l'éclaircie

Après l'éclaircie, 48 parcelles sont étudiées (40 parcelles éclaircies et 8 parcelles non éclaircies mais marquées).

Relation densité, surface terrière et circonférence moyenne après l'éclaircie

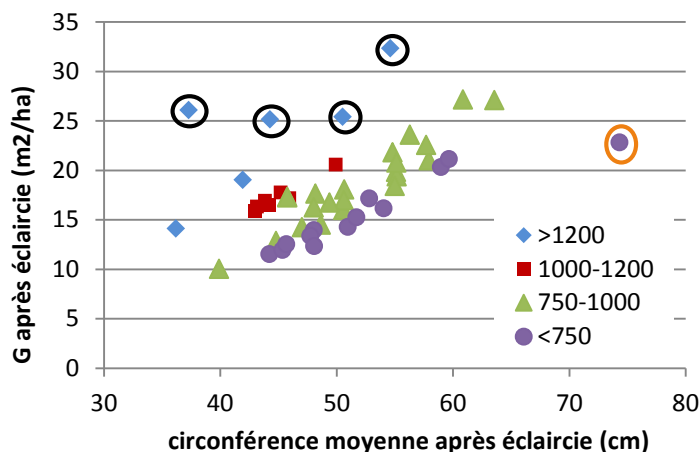


Figure 11. Relation entre surface terrière et circonférence moyenne après éclaircie par classe de la densité restante en nombre tiges/ha (n=48).

linéarité et une gradation des valeurs de surface terrière en fonction de la circonférence moyenne après éclaircie. Seuls 5 peuplements présentent des caractéristiques différentes liées à la sylviculture appliquée. On retrouve le peuplement en très basse densité (<750 tiges/ha) avec la plus forte circonférence moyenne après éclaircie (entourée en orange sur la figure) ; et 4 peuplements en forte densité après éclaircie avec une surface terrière G élevée quelle que soit la circonférence moyenne, représentant la sylviculture "Prosilva"(entourés en noir sur la figure).

La majorité des peuplements ont une densité après éclaircie comprise entre 600 et 1000 tiges/ha. Des catégories de densité après éclaircie ont été établies pour différencier les basses densités (< 750 tiges/ha) et les fortes densités (> 1200 tiges/ha). Après l'éclaircie, la surface terrière varie de 10 à 33 m²/ha (Figure 11). Pour une même circonférence moyenne, la variation de la surface terrière n'est plus que de 5 m²/ha. Suivant les densités après éclaircie, on observe une

Critères de qualité des peuplements

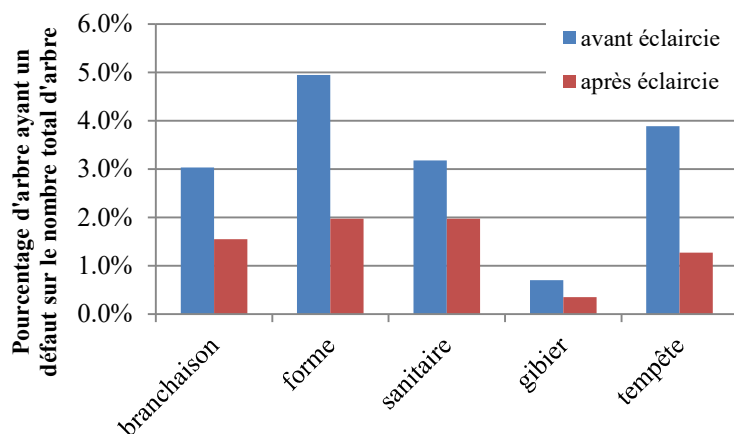


Figure 12. Histogramme représentant le pourcentage d'arbre ayant un défaut sur le nombre d'arbres décrits en qualité sur 20 parcelles avant et après l'éclaircie

Sur 20 parcelles éclaircies dont les défauts ont été décrits, on remarque que les arbres présentant des défauts de forme et des dégâts de tempêtes sont les plus souvent coupés (Figure 12). En effet, 66 % des arbres avec un dégât de tempête et 61% des arbres présentant un défaut de forme sont éclaircis.

4. Caractéristiques de la première éclaircie

a) Marquage et Type d'éclaircie

Le marquage est une opération consistant à marquer à la peinture les arbres qui vont être coupés par le bûcheron. Dans notre échantillon, le marquage des arbres est réalisé dans 30% des peuplements à éclaircir (19 peuplements). Ce marquage est toujours réalisé en plein, sur toute la parcelle. Il dépend aussi de la densité avant éclaircie. En effet, 63% des parcelles marquées ont une densité avant éclaircie > 1400 tiges/ha. Plus le peuplement est dense et donc hétérogène dans la distribution des circonférences et plus il semble que les propriétaires marquent leur parcelle.

Les éclaircies peuvent être de type sélectif, en sélectionnant pour chaque ligne les arbres qui sont dominés ou mal formés ou de type systématique, en coupant 1 arbre sur 2 dans chaque ligne. Ce dernier type d'éclaircie n'est appliqué que pour une seule parcelle.

b) Nature et Intensité de l'éclaircie

La nature d'une éclaircie est définie par le coefficient K. Une éclaircie dite par le bas a un coefficient $K \leq 0,8$, une éclaircie par le haut a un coefficient $K > 0,9$ (CRPF, 2009). Lorsque K est compris entre 0,8 et 1, l'éclaircie est de type mixte. Toutes densités avant éclaircie confondues, l'éclaircie est à part égale soit de type mixte ou soit par le haut. Les arbres coupés sont préférentiellement les arbres les plus gros présentant des défauts. Lorsque l'éclaircie est par le haut, l'intensité de la coupe est en majorité comprise entre 20 et 40% (Tableau 4). Lorsque l'éclaircie est mixte, elle est réalisée principalement à une intensité comprise entre 30 et 50 %.

Tableau 4. Relation entre la nature de l'éclaircie et son intensité (en % du nombre de tige enlevée)

		Intensité					Nombre total de parcelles
		10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	>50%	
Nature de l'éclaircie	Mixte	-	13 %	39 %	26 %	13 %	23
	Haut	4 %	35%	35 %	26 %	-	23

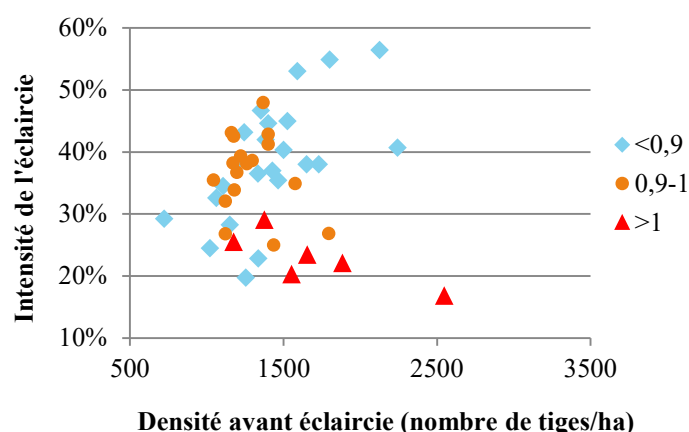


Figure 13. Relation entre intensité de l'éclaircie et densité avant éclaircie suivant les classes de coefficient K (n=46)

D'après la Figure 13, il semble difficile de faire un lien entre intensité de l'éclaircie et densité avant éclaircie. Pour des densités avant éclaircie comprises entre 1200 et 1600 tiges/ha, l'intensité de l'éclaircie varie de 20 à 50 %. Les 4 parcelles en forte densité avec un coefficient $K > 1$ et une faible intensité de l'éclaircie sont représentatives de la sylviculture Prosilva.

Il n'est pas observé de relation entre l'intensité de l'éclaircie et le type de lande dans notre échantillon (annexe 12).

5. Volume récolté

Pour les 26 peuplements dont nous avons la donnée de stérage, nous observons que les volumes récoltés sont très variables : le volume de la récolte mesuré bord de route varie de 30 st/ha à 90 st/ha (Figure 14). Le volume attendu lors de la première éclaircie peut varier du simple au triple. Pour les peuplements en semis ou en plantation minimottes, les volumes sont parmi les plus importants (de 50 st/ha à 90 st/ha). Le volume sorti n'est pas lié au type de lande (Annexe 13).

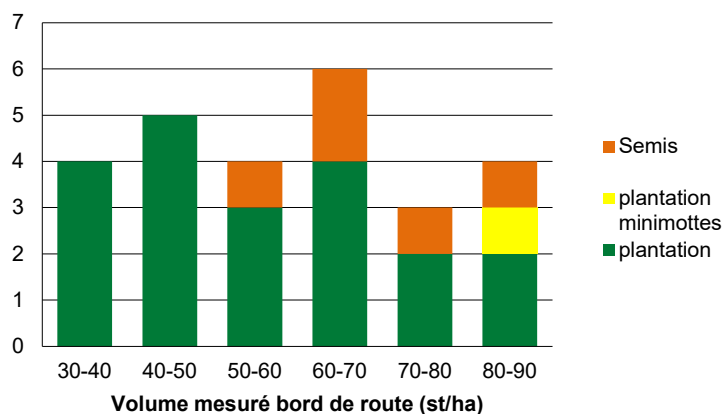


Figure 14. Distribution des volumes mesurés bord de route par type de régénération (n=26)

B. Estimation des volumes

Les données de volume récolté, recueillies auprès des propriétaires sont des volumes mesurés bord de route, en stère/ha. Les volumes que nous estimons par différents calculs de cubage sont des volumes sur pied en m³/ha. Afin de pouvoir les comparer, un coefficient de stérage doit être appliqué au volume stéré. Nous avons choisi de tester systématiquement deux coefficients : 1,7 (utilisé par le CETEF) et 1,9 signifiant un empilement moins homogène et donc plus d'espace vide dans un stère (valeur maximale du mémento FCBA). Un volume de référence est ainsi calculé en divisant le volume stéré par le coefficient choisi sauf pour une parcelle où le volume de référence a été fourni directement par la machine d'abattage.

Les résultats ont été différenciés suivant le diamètre de découpe fin bout. En effet, la découpe est l'emplacement qui limite la longueur de la grume à cuber. La découpe « bois fort » (bois de feu et d'industrie compris) est arrêtée à 7 cm de diamètre fin bout (soit 22 cm de circonférence). Néanmoins, dans notre étude, nous avons constaté un diamètre de découpe fin bout égal à 5 cm (soit 16 cm de circonférence).

1. Diamètre de découpe fin bout de 7 cm

a) *Calcul du volume de référence avec un coefficient de stérage de 1,7*

Les résultats de différences entre les volumes calculés et les volumes de référence sont très variables suivant la méthode de calcul. Néanmoins, les écarts types des différences restent assez stables suivant le calcul (environ 16 %). Le calcul permettant d'estimer les volumes au plus proches du volume référence semble être le Volume Lapasse avec une différence de – 2 % et un écart type de 17 % (Tableau 5). Le volume Lapasse est aussi le seul calcul qui sous-estime les volumes de référence. En effet, le tarif Lapasse ne prend pas en compte les arbres de petites circonférences (< à 40 cm) et les arbres dont la circonférence est comprise entre 40 et 45 cm avec une hauteur de découpe > à 8m. De plus, la hauteur de découpe est à 9 cm de diamètre donc le volume unitaire estimé est plus faible qu'un volume unitaire basé sur une hauteur de découpe de 7 cm de diamètre. Il a été remarqué que lorsque la circonférence moyenne des arbres éclaircis est inférieure à 45 cm (Figure 15.), la moyenne des différences varie de -20 à -30% ; et lorsqu'elle est > à 45 cm, la moyenne varie entre -10 à 10 %. Enfin

pour deux parcelles, le volume VLapasse surestime de façon importante le volume de référence (moyennes des différences > à +10 %). On peut alors supposer que dans ces 2 cas, la placette n'est pas représentative du peuplement dans son ensemble. Cette fois, l'erreur peut être due à une densité initiale surestimée, à un taux d'éclaircie trop fort ou des circonférences trop élevées des arbres éclaircis sur la placette de mesure par rapport au reste du peuplement.

Tableau 5. Moyennes et écart type (%) des différences entre les volumes calculés et les volumes "référence" pour un diamètre de découpe de 7 cm et un coefficient de stérage de 1,7

Variables	Profil de tige			Hg issue des mesures	Profil de tige		Hu issue des mesures	Hdg issue des mesures	Hg issue des mesures
Calculs	VLapasse	VLog	VgGEOM	VForm FCBA	VLapasse +	VGEOM	VgTDCHu	VgTDC	VForm CRPF
Moyenne %	-2,1	6,8	11,1	11,4	11,7	12,5	17,4	22,6	23,1
Ecart type %	16,9	15,1	15,5	16,1	15,5	15,5	15,8	16,7	17,8

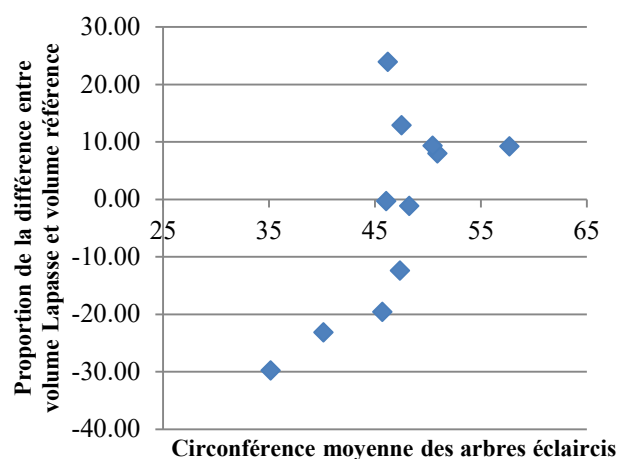


Figure 15. Différence entre le volume Lapasse et le volume référence en fonction de la circonférence moyenne des arbres éclaircis (n=10)

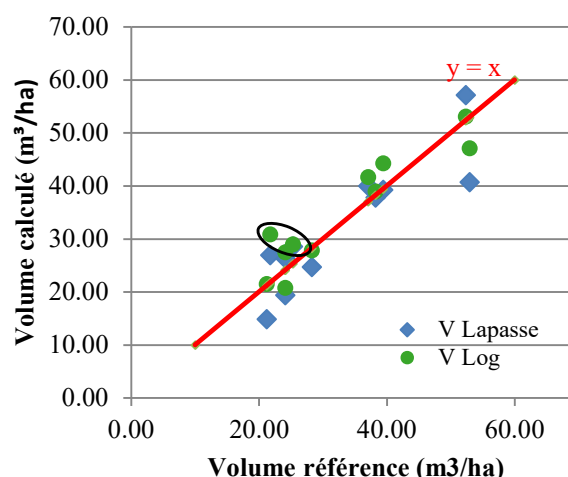


Figure 16. Volume calculé en fonction du volume référence pour le volume Lapasse et le VLog (n=20)

Les résultats du calcul du VLog sont proches du volume de référence avec une moyenne des différences de 7 % et un écart type de 15 %. Les volumes issus du VLog sont en moyenne moins proches du volume de référence que les volumes du tarif Lapasse mais la variabilité est moins importante (Figure 16.). Hormis les deux parcelles (entourées en noir Figure 16) dont la placette n'est pas représentative du peuplement, les autres résultats du VLog ont une différence maximale de 14%.

Les méthodes de calcul qui entraînent la moins bonne estimation du volume par rapport au volume de référence sont le VformCRPF (moyenne de la différence de 23%) et le VgTDC (moyenne des différences de 25%). Il a été remarqué que la hauteur de découpe à 7 cm estimée sur le terrain correspondait plutôt à une hauteur de découpe de 6 ou 5 cm (annexe 14). L'erreur du diamètre de découpe va avoir une grande influence sur le calcul des volumes car en utilisant la formule du tronc de cône, la circonférence à la découpe est élevée au carré. Ainsi le volume calculé avec les hauteurs de terrain est toujours surestimé. Enfin, les méthodes de calcul avec les coefficients de forme ne permettraient pas de s'approcher au plus près des volumes de référence. L'utilisation de la hauteur utile dans le calcul du volume

permet de diminuer la différence entre volume calculé et volume référence à 17 %. Ces résultats de volume sont cependant encore trop éloignés des volumes de référence.

b) Calcul du volume de référence avec un coefficient de stérage de 1,9

Les différences de résultats entre les volumes calculés et les volumes de référence avec un coefficient de stérage de 1,9 sont plus importants quelle que soit la méthode de calcul en comparaison aux résultats avec un coefficient de 1,7. Le calcul avec VLapasse engendre une moyenne de différence de 9 % avec un écart type de 19 % et le calcul du VLog, une moyenne des différences de 19 % avec un écart type de 17 %.

Lorsque le diamètre de découpe fin bout est de 7 cm, il semble préférable d'utiliser un coefficient de stérage de 1,7 cm.

2. Diamètre de découpe fin bout de 5cm

a) Calcul du volume de référence avec un coefficient de stérage de 1,7

Quelle que soit la méthode de calcul utilisée, les volumes calculés sous-estiment le volume de référence (Tableau 6). Le calcul qui renvoie des résultats de volume proches des volumes issus du stérage est le VformCRPF avec une moyenne des différences de -8,60 %. Le calcul avec le coefficient de forme est défini sur la base d'un volume de tige bois fort, soit à un diamètre de découpe de 7 cm. Le volume calculé sera donc sous-estimé par rapport au volume de référence.

Les deux autres calculs permettant d'obtenir des volumes proches des volumes de référence sont le VgTDC et le VGEOM avec une moyenne des différences de -12 %. La méthode utilisant le VGTDC est la plus fastidieuse car les hauteurs de découpe doivent être mesurées sur le terrain. Au contraire, le calcul du VGEOM utilise l'équation du profil de tige pour déterminer les hauteurs de découpe.

Le Volume Lapasse, dans ce cas, entraîne de plus grandes différences de volume (moyenne des différences de -32,9 %). Le Volume Lapasse intègre des hauteurs de découpe à un diamètre de 9 cm. Les volumes calculés seront donc sous-estimés comparés aux volumes de référence à un diamètre fin bout de 5 cm.

Tableau 6. Moyennes et écart type (%) des différences entre volume calculé et volume « référence » pour un diamètre de découpe fin bout de 5 cm et un coefficient de stérage de 1,7

Variables	Hg issue des mesures	Hdg issue des mesures	Profil de tige			Hg issue des mesures	Profil de tige	Hu issue des mesures	Profil de tige
Calculs	VformCRPF	VgTDC	VGEOM	VgGEOM	Vlapasse +	VformF CBA	VLog	VgTDC Hu	VLapasse
Moyenne %	-8,60	-11,6	-12,8	-14,0	-15,3	-17,3	-17,4	-17,5	-32,9
Ecart type %	9,6	11,1	9,3	9,4	8,6	8,7	8,9	11,5	19,2

Parmi les 15 parcelles, on observe 3 parcelles présentant des différences de volumes les plus élevées. Avec le VformCRPF, les moyennes des différences de volumes varient de -17 % à -31%. En calculant le volume total pour ces 3 parcelles avec le tarif Emerge, on s'aperçoit que la différence entre le volume total de l'arbre et le volume référence est compris seulement entre 6 et 26 %. Les volumes issus du VEmerge sont alors ceux qui se rapprochent le plus du volume de référence. On peut en déduire que les placettes choisies ne sont pas représentatives de leur parcelle. Tous les calculs des volumes de récolte sous-estiment de façon importante le volume de référence. Le biais de cette sous-estimation peut venir : soit d'une densité initiale sous-estimée, soit d'un taux d'éclaircie trop faible ou soit d'une mauvaise

répartition en dimension des arbres éclaircis. Dans tous les cas, la placette inventoriée n'est pas représentative de l'éclaircie de la parcelle complète.

b) Calcul du volume de référence avec un coefficient de stérage de 1,9

Avec un coefficient de stérage plus fort de 1,9, les moyennes des différences quelle que soit la méthode de calcul diminuent (Tableau 7) en comparaison aux moyennes du Tableau 6. Cette fois, la moyenne de la différence entre les volumes avec VformCRPF est de 1,5 % avec un écart type de 11% et celle avec VgTDC est de -1,8 % avec un écart type de 13 %. Ces moyennes incluent pourtant les parcelles qui montrent un problème de représentativité des placettes. Ainsi lorsque la hauteur de découpe est de 5 cm, il semble préférable malgré un écart type de 10% d'utiliser un coefficient de stérage de 1,9.

Tableau 7. Moyennes et écart type (%) des différences entre volume calculé et volume « référence » pour un diamètre de découpe de 5 cm et un coefficient de stérage de 1,9

Variables	Hg issue des mesures	Hdg issue des mesures	Profil de tige			Hg issue des mesures	Hu issue des mesures	Profil de tige	
Calculs	Vform CRPF	VgTDC	VGEOM	VgGEOM	VLapasse +	Vform FCBA	VgTDC Hu	VLog	VLapasse
moyenne	1,5	-1,8	-3,3	-4,6	6,8	-8,2	-8,3	-8,3	-25,4
Écart type	11,1	13	10,5	10,7	20,5	10,1	13,8	10,2	21,3

C. La croissance du Pin maritime au stade juvénile.

La croissance d'un peuplement de Pin maritime peut être caractérisée à la fois par l'accroissement en hauteur et en circonférence de chaque arbre constituant le peuplement et par l'accroissement en surface terrière du peuplement. Ces valeurs d'accroissement sont calculées à partir des données mesurées sur le terrain dans la phase de croissance juvénile des peuplements avant la première éclaircie.

Nous allons, de plus, compiler des données issues des tables de production présentant la répartition des accroissements en hauteur, circonférence et surface terrière. Ces variables représentent l'état d'un peuplement "exemple" à l'étape d'initialisation. Puis elles indiquent les caractéristiques des peuplements moyens à différentes périodes. Dans notre analyse, nous avons pu intégrer les accroissements issus :

- des tables de Lemoine de 1969 correspondant à classe la plus fertile (C1) et la moins fertile (C5), nommés respectivement Lemoine1 C1 et Lemoine1 C5
- des tables de Lemoine de 1982 en classe de fertilité C1, nommés Lemoine2 C1
- des tables de l'ONF de 2003 pour la classe la plus fertile (P1) et la moins fertile (P5) nommés ONF P1 et ONF P5.

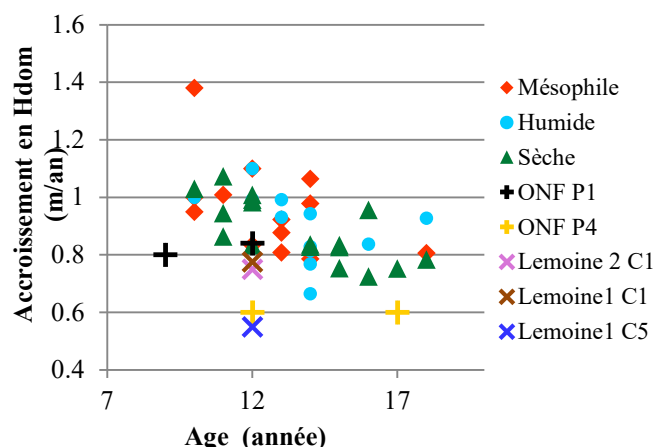


Figure 17. Accroissement en hauteur dominante en fonction de l'âge des peuplements suivant le type de lande et intégration des tables ONF et Lemoine (n=44 parcelles)

1. La croissance en hauteur (Hdom ou Hg)

Effet de l'âge : L'accroissement en hauteur de l'arbre moyen ou en hauteur dominante est lié à l'âge du peuplement (Figure 17). L'accroissement en hauteur est d'autant plus faible que le peuplement est âgé. La moyenne des accroissements en hauteur dominante à 11 ans est de 0,97 m/an (écart type

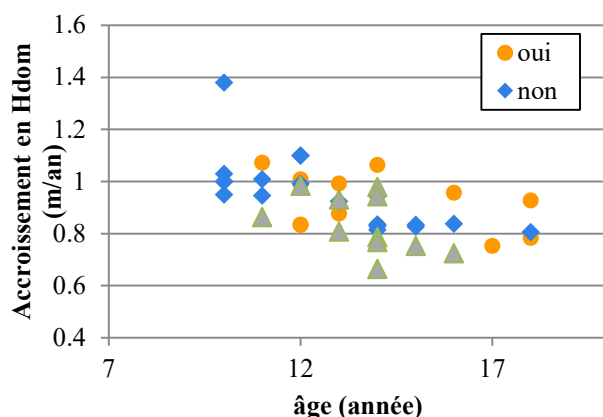


Figure 18. Accroissement en hauteur dominante en fonction de l'âge des peuplements fertilisés et des peuplements non fertilisés (n=44)

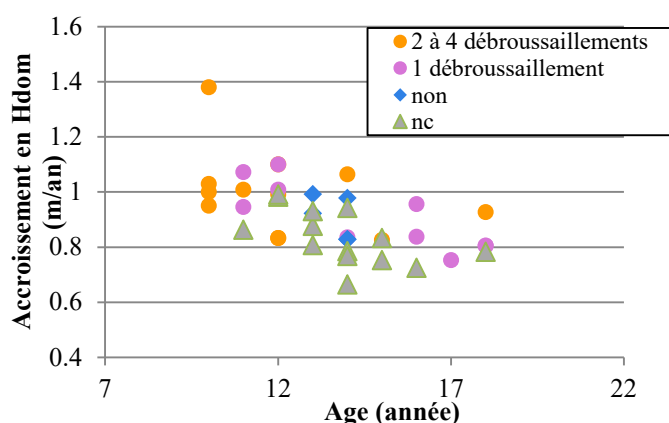


Figure 19. Accroissement en hauteur dominante en fonction de l'âge suivant le type d'entretien effectué pendant les 1ères années de croissance (n=44)

A 16 ans et 11 ans, on observe la plus forte croissance en hauteur pour des peuplements fertilisés en lande sèche ; à 14 et 18 ans, la fertilisation permet un meilleur accroissement en hauteur pour des peuplements en lande mésophile ou méso-humide. L'entretien des peuplements dans les premières années de croissance a aussi un effet sur la croissance en hauteur. La Figure 19 met en évidence qu'un entretien par 1 ou plusieurs débroussailllements permet une meilleure croissance quel que soit le type de lande. Ainsi, la "fertilité" d'une station est la combinaison entre un type de lande, une fertilisation et un entretien de la parcelle. Pour la suite des résultats, on observera l'effet de la fertilité sur la croissance grâce à des classes d'accroissement en hauteur dominante.

Effet de la variété génétique : on n'observe pas dans notre échantillon d'effet de la variété sur la croissance en hauteur. Cependant, on remarque que le peuplement dont l'accroissement en hauteur dominante est maximal (1,4 m/an à 10 ans) est de type Lande x Corse.

Comparaison aux tables de croissance : on remarque que les accroissements en hauteur à l'initialisation (à 12 ans) des tables Lemoine1 C1 et Lemoine2 C1 correspondent aux plus faibles accroissements observés (0,8 m/an). Quant aux accroissements des tables Lemoine1 C5 et ONF P4, ils sont très inférieurs aux valeurs trouvées (0,6 m/an à 12 ans). Enfin pour la table ONF C1, à 9 ans, l'accroissement en hauteur dominante est de 0,8 m/an. Cette valeur est actuellement observée pour des peuplements de 13 ans. L'accroissement en hauteur dominante des stations les plus fertiles a donc fortement augmenté depuis 2003. De plus, l'estimation à 12 ans de la croissance en hauteur est de 0,84 m/an. D'une part, l'accroissement simulé augmente entre l'âge de 9 ans et de 12 ans ce qui ne correspond pas à nos observations

de 0,09) et la moyenne des accroissements à 15 ans est de 0,8 m/an (écart type de 0,04m/an).

Effet du type de lande : La Figure 17 montre que les peuplements avec une forte croissance en hauteur dominante (>1 m/an) sont répartis dans les trois types de lande (mésophile, sèche et humide). De même, pour un âge donné, certains accroissements les plus élevés sont observés pour des peuplements en lande humide ou sèche. Ces peuplements sont décrits sur le terrain en lande méso-humide ou méso-sèche.

Effet de la densité initiale : L'accroissement en hauteur dominante ou de l'arbre moyen est indépendante de la densité initiale (annexe 15).

Effet de la fertilité : La Figure 18 permet de voir que la fertilisation a un effet sur l'accroissement en hauteur pour quelques peuplements.

et d'autre part ces valeurs d'accroissement seraient parmi les plus faibles, et donc correspondraient plutôt à des stations les moins fertiles.

2. La croissance en circonférence (Cg)

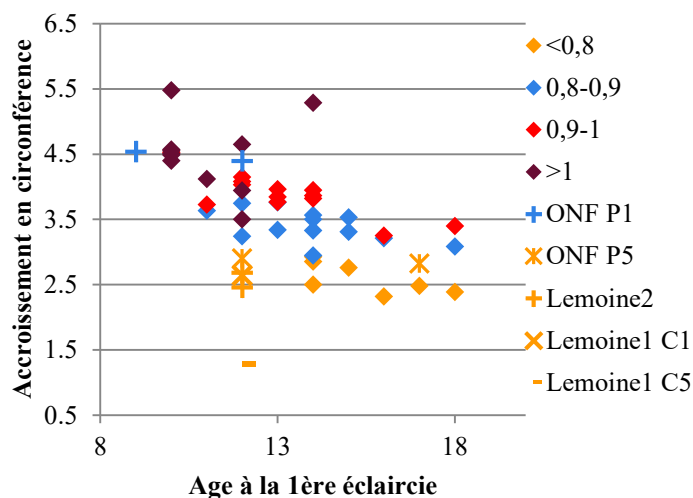


Figure 20. Accroissement en circonférence de l'arbre moyen du peuplement en fonction de l'âge par classe d'accroissement en hauteur dominante et intégration des tables ONF et Lemoine (n=44)

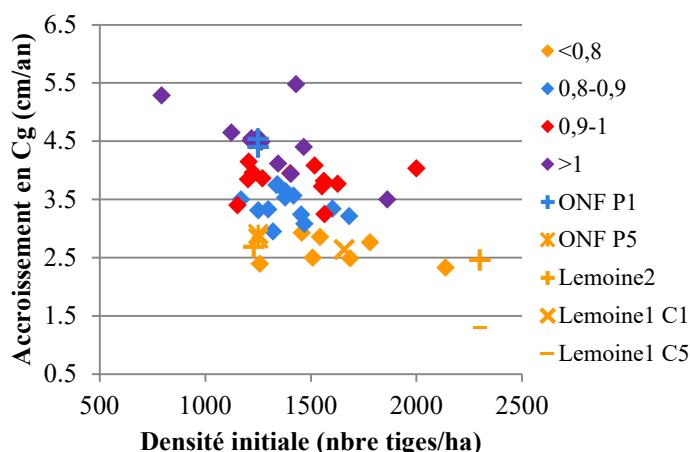


Figure 21. Accroissement en circonférence de l'arbre moyen du peuplement en fonction de la densité de plantation par classe d'accroissement en hauteur dominante et intégration des tables ONF et Lemoine (n=44)

l'accroissement en hauteur dominante : les peuplements dans des stations les plus fertiles (>1 m/an) ont les plus forts accroissements en circonférence (entre 4 et 4,5 cm/an) pour des densités standards. L'accroissement maximal de 5,5 cm/an est lié au type de variété génétique. Pour des peuplements en station peu fertile ($\Delta < 0,8$ m/an), l'accroissement en circonférence est compris entre 2,4 cm/an et 3 cm/an.

Effet de la variété génétique : Dans notre échantillon, le type de variété génétique semble avoir un effet sur la croissance en circonférence. Les peuplements en VF2 auraient un meilleur accroissement que les peuplements en VF1. L'accroissement maximal correspond au peuplement en Lande X Corse. Planté en densité 1400 tiges/ha, ce peuplement a la capacité de résister à la concurrence et de garder un accroissement en circonférence très élevé. De même un peuplement a une forte croissance en circonférence malgré une densité initiale de 2000 tiges/ha. C'est une plantation en minimottes en lande méso-humide, fertilisée dont la densité

Effet de l'âge : L'accroissement en circonférence de l'arbre moyen est lié à l'âge du peuplement (Figure 20). L'accroissement en circonférence diminue d'autant plus que le peuplement est âgé. Pour des peuplements en station fertile ($\Delta \text{Hdom} > 0,9$ m/an) entre 10 et 11 ans, l'accroissement moyen en circonférence est de 4,48 cm/an (écart type de 0,46 cm/an) alors qu'entre 14 et 16 ans, l'accroissement moyen n'est plus que de 3,72 cm/an (écart type de 0,31 cm/an).

Effet de la densité initiale : Entre 1200 et 1600 tiges/ha et quelle que soit la classe d'accroissement en Hdom, la croissance en circonférence semble constante (Figure 21). Cependant, on peut observer un effet de la densité initiale sur la croissance pour des densités minimales et maximales. Malgré un effectif très faible dans ces gammes de densité, on observe pour des stations très fertiles ($\Delta \text{Hdom} > 1$ m/an) un maximum de 5,3 cm/an pour une densité de 800 tiges/ha et un minimum d'accroissement à 3,5 cm/an pour une densité de 1800 tiges/ha.

Effet de la fertilité : On observe une gradation des accroissements suivant

avant éclaircie est de 1800 tiges/ha. La forte croissance n'est pas liée à une mortalité importante mais sûrement à un effet positif de la fertilisation.

Comparaison aux tables : Les accroissements en circonférence des peuplements des tables de Lemoine (Lemoine2 et Lemoine1 C1) pour des stations fertiles à 12 ans sont inférieurs aux accroissements en circonférence observés. De même, l'accroissement en circonférence de la table Lemoine1C5 pour des stations peu fertiles est très inférieur (1,3 cm/an) à l'accroissement minimal observé (2,4 cm/an) en forte densité. Concernant les normes ONF (en classe P1 ou P5), les valeurs (4,5 cm/an) sont réparties parmi les accroissements observés de la classe la plus fertile ($\Delta H_{dom} > 1$ m/an).

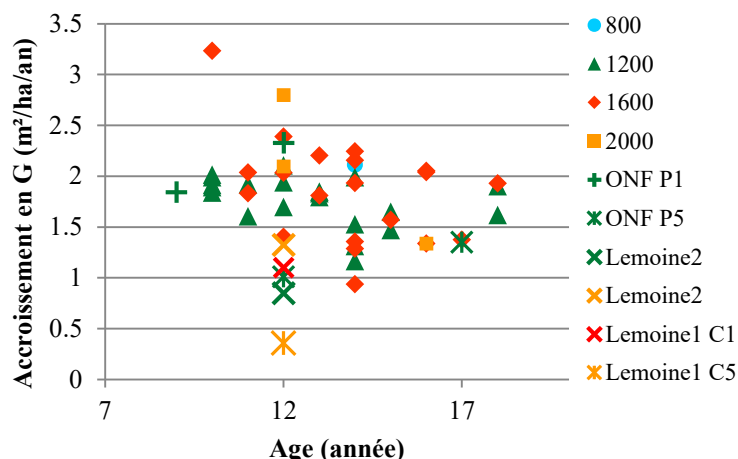


Figure 22. Accroissement en surface terrière du peuplement en fonction de l'âge suivant la densité de plantation et intégration des tables ONF et Lemoine (n=44)

3. Croissance en surface terrière du peuplement

Effet de l'âge : La croissance en surface terrière du peuplement n'est pas liée à l'âge (Figure 22). En effet, pour une classe de densité de 1500 tiges/ha et une classe de $\Delta H_{dom} > 0,9$ m/an, l'accroissement en G entre 11 et 12 ans est en moyenne de 2,08 m²/ha/an (écart type de 0,18 m²/ha/an) et l'accroissement en G entre 14 et 16 ans est en moyenne de 2,14 m²/ha/an (écart type de 0,08 m²/ha/an).

Effet de la densité initiale : La croissance en surface terrière est indépendante de la densité initiale (Figure 22). A 14 ans et dans des stations fertiles, un peuplement dans la classe de densité de 1500 tiges/ha a la même croissance en G (soit un accroissement de 2,2 m²/ha/an) qu'un peuplement en basse densité à 800 tiges/ha. Pour des faibles densités, le nombre réduit d'arbres à la plantation est compensé par un taux d'accroissement en circonférence élevé. Au contraire, en forte densité, le nombre d'arbre est élevé mais la compétition est plus forte donc la croissance individuelle en circonférence est réduite.

Effet de la fertilité : lorsque l'accroissement en Hdom est $> 0,9$ m/an, l'accroissement en G est en moyenne de 2,09 m²/ha/an (écart type de 0,3m²/ha/an ; annexe 16). Pour des stations peu fertiles, l'accroissement en G est en moyenne de 1,35 m²/ha/an (écart type de 0,2 m²/ha/an). On retrouve cependant, deux peuplements dont les accroissements en G sont maximaux : le peuplement Lande x Corse (accroissement en G de 3,3 m²/ha/an) et le peuplement en minimottes (2,8 m²/ha/an).

Variété génétique : Il ne semble pas y avoir d'effet de la variété génétique sur la croissance en surface terrière.

Comparaison aux tables : Les tables ONF P1 et ONF P5 à l'initialisation correspondent aux accroissements en G observés pour les classes de densité et de fertilité correspondantes. On observe qu'à l'étape d'éclaircie, le modèle génère une augmentation des accroissements en G alors qu'il a été observé dans notre échantillon une stabilité des valeurs d'accroissement quel

que soit l'âge. Les valeurs issues des tables Lemoine quelle que soit la classe de fertilité sont inférieures aux valeurs observées.

4. Dynamique des différents accroissements

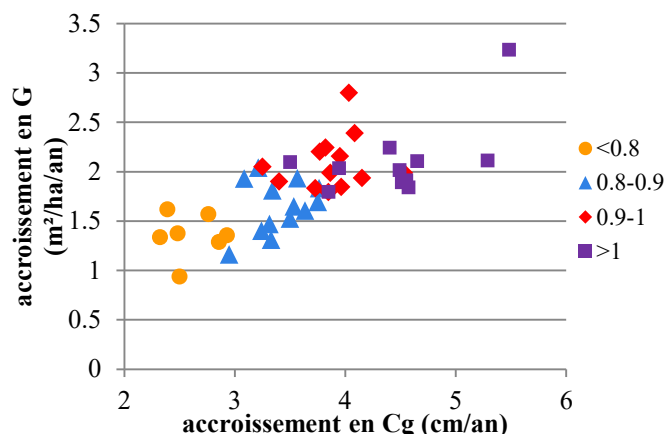


Figure 23. Accroissement en surface terrière du peuplement en fonction de l'accroissement en circonférence de l'arbre moyen par classe d'accroissement en hauteur dominante (n=44)

accroissements dépassent les 2,5 m²/ha/an.

La Figure 23 permet de voir la relation entre l'accroissement en circonférence et l'accroissement en surface terrière suivant les catégories d'accroissement en hauteur.

La croissance en G et Cg est plus forte pour des peuplements en station fertile que pour les peuplements en station peu fertile. Cette relation est vérifiée pour un âge donné (Annexe 17). Pour des stations très fertiles, les accroissements en G semblent atteindre un maximum à 2,3 m²/ha/an sauf pour deux peuplements, le Lande x Corse et la plantation en minimottes où les

5. Déclenchement de l'éclaircie et relation entre Accroissement en circonférence et circonférence avant l'éclaircie

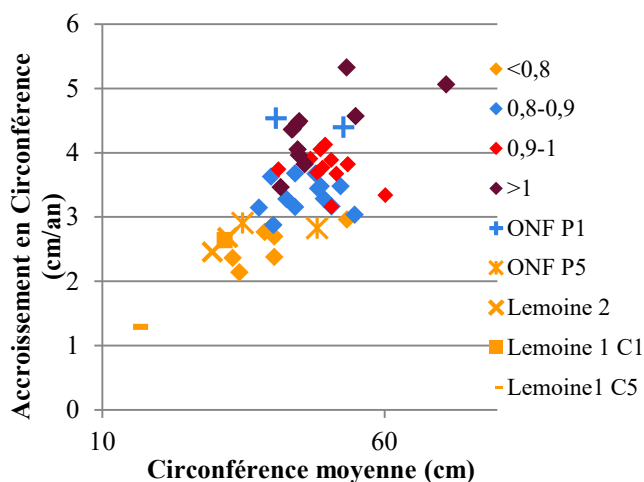


Figure 25. Accroissement en circonférence moyenne du peuplement en fonction de la circonférence moyenne par classe d'accroissement en hauteur dominante (n=44)

Pour des stations peu fertiles, l'éclaircie est réalisée lorsque la circonférence moyenne est entre 35 et 40 cm (Figure 25). Elles sont déclenchées en majorité entre 13 et 15 ans (Figure 24). Une éclaircie a été effectuée à 18 ans et son accroissement en Cg est le plus faible (2,1 cm/an) parmi ceux observés dans la même classe de fertilité. L'éclaircie était peut être trop tardive.

Pour des stations fertiles ($\Delta H_{dom} > 0,9$ m/an), la circonférence moyenne à l'éclaircie varie entre 45 cm et 50 cm. On remarque un peuplement à 50 cm de circonférence avec un des plus faibles accroissements en circonférence (3,2 cm/an) dans sa classe de fertilité. L'éclaircie a eu lieu entre 16 et 18 ans, on peut penser que l'accroissement a diminué du fait du retard d'éclaircie. On distingue 3 peuplements dont l'accroissement en Cm est maximal. Ces

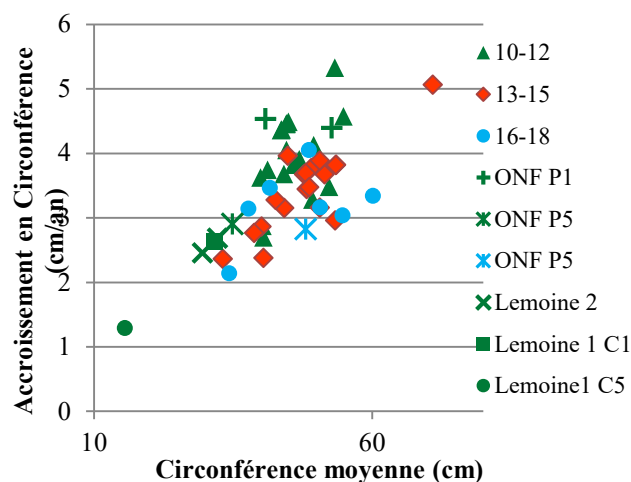


Figure 24. Accroissement en circonférence moyenne du peuplement en fonction de la circonférence moyenne par classe d'âge (n=44)

peuplements sont le peuplement Lande X Corse, le peuplement en basse densité et celui en minimottes fertilisé.

6. Déclenchement de l'éclaircie et relation entre accroissement en surface terrière et surface terrière avant éclaircie

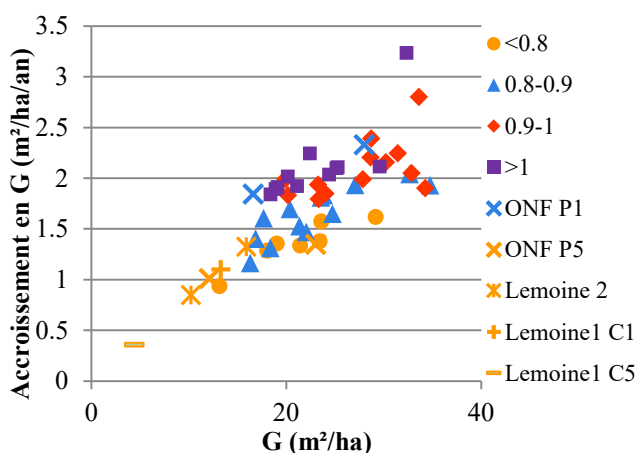


Figure 27. Accroissement en surface terrière en fonction de la surface terrière du peuplement par classe d'accroissement en hauteur dominante (n=44)

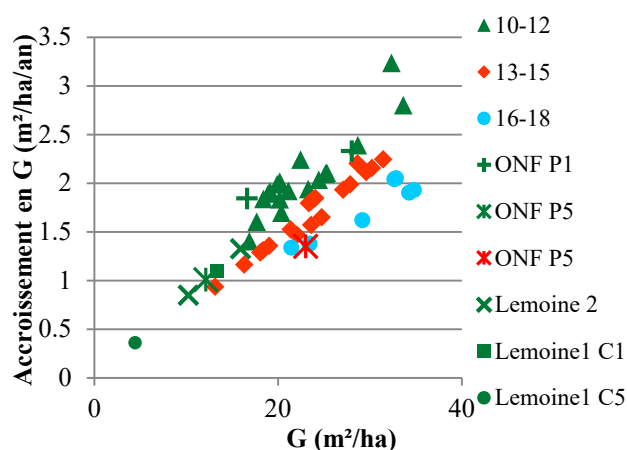


Figure 26. Accroissement en surface terrière en fonction de la surface terrière du peuplement par classe d'âge à la première éclaircie (n=44)

La Figure 27 permet d'observer que l'accroissement en surface terrière augmente d'autant plus avec la surface terrière. Les peuplements ne montrent pas de mortalité par concurrence au moment de la 1^{ère} éclaircie. Les peuplements dans les classes les plus fertiles montrent des surfaces terrières et des accroissements en G les plus élevés. On observe un effet de la fertilité sur l'accroissement en G. D'après la Figure 26, les peuplements les plus âgés (entre 16 et 18 ans) peuvent avoir les surfaces terrières les plus fortes avec un accroissement en G équivalent à un peuplement plus jeune (10-12 ans) de la même classe de fertilité. En augmentant l'âge d'un peuplement, on pourrait augmenter la surface terrière en conservant le même accroissement en G.

IV. Discussion

A. Les limites du protocole d'échantillonnage

1. Diversité des sylvicultures appliquées dans le massif forestier

L'étude menée avait pour objectif de décrire les peuplements de pin maritime arrivant en 1^{ère} éclaircie et la manière de réaliser cette opération sylvicole. Afin d'être représentatif du massif des Landes de Gascogne, nous avons recherché des peuplements dans tout le massif mais on peut constater un manque de données principalement dans le secteur du Médoc en Gironde. En effet, c'est un secteur qui a subi de nombreux dégâts après la tempête de 1999. Les travaux de reboisement ont pris du temps et les parcelles plantées après tempête n'atteindront l'âge de la première éclaircie que dans les prochaines années. De même, l'objectif du protocole qui était de mesurer 20 plantations dans les 3 types de lande n'a pas été atteint. Nous en avons mesuré seulement 47 au lieu des 60. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce manque de données. D'une part, lorsque les propriétaires décident de faire une éclaircie, elle n'est pas réalisée immédiatement, seulement dans les mois à venir voire parfois retardée à l'année suivante. D'autre part, la période de mesure sur le terrain pendant le stage a eu lieu en hiver, moment où les sols sont gorgés d'eau et les exploitations en lande humide sont retardées.

Par ailleurs, les propriétaires contactés pour participer à l'étude sont en majorité des sylviculteurs du groupement CETEF. Ce sont des propriétaires, sans doute non représentatifs du massif, ayant une bonne connaissance des principes sylvicoles et des outils de gestion forestière. Les résultats sur la caractérisation des éclaircies sont donc influencés par ce groupe particulier de propriétaires et pourraient ne pas montrer l'ensemble des sylvicultures pratiquées. D'autres certains propriétaires ont proposé plusieurs parcelles et leurs pratiques peuvent donc peser plus fortement dans les résultats. Par ailleurs, notre échantillon intègre des pratiques peu courantes dans le massif comme 4 parcelles avec une sylviculture « Prosilva » privilégiant une gestion arbre par arbre ou une plantation à très basse densité, « expérimentation » menées par le propriétaire pour obtenir du bois canter en 1^{ère} éclaircie. On retrouve alors des résultats « atypiques » par rapport à l'ensemble des autres parcelles.

2. Représentativité de la placette par rapport à la parcelle

L'effort d'échantillonnage est mené sur un nombre important de parcelles afin d'avoir une bonne représentativité des pratiques tout en minimisant l'effort de mesures proprement dit. Les placettes mesurées ont une superficie d'environ 500 m² soit 0,05 ha pour une parcelle donnée quelle soit sa superficie. Elles représentent entre 0,1 et 3,5 % de la superficie totale des parcelles. La mise en place d'une placette d'échantillonnage et les mesures dendrométriques prennent environ 1 h à 1h 30. Le second passage sur la parcelle après l'éclaircie est plus rapide lorsque la placette a été bien localisée (environ 20 min). La question de la bonne précision des variables calculées sur une faible surface d'échantillonnage tout en ayant un nombre minimal d'arbres égal à 17 (pour la densité 750 tiges/ha) peut se poser. Dans une parcelle où deux placettes ont été installées, les résultats des différents calculs de variables utilisant 1 placette ou 2 placettes ont été comparés : les différences sont de 0,2 % pour le calcul de la surface terrière et de 0,15 % pour celui de la circonférence de l'arbre moyen. La densité avant éclaircie, l'intensité de l'éclaircie, la circonférence dominante ou la hauteur dominante indiquent une très faible variabilité < à 0,08 %. Ces données correspondent en partie aux résultats de Gonzales, 1993 qui comparait la variabilité des résultats sur les placettes concentriques de l'IFN de 0,01 ha à 0,07 ha. Il a été montré que le calcul de la surface terrière et de la densité présentaient une forte variabilité ; et que plus la placette est petite et plus la circonférence dominante et celle de l'arbre moyen sont biaisées. Ces erreurs sur le résultat des calculs de variable peuvent avoir une conséquence sur l'estimation des volumes notamment avec une circonférence de l'arbre moyen et une surface terrière biaisées.

L'estimation des hauteurs à la découpe sur le terrain est aussi une source d'erreur dans le calcul du volume. La mesure de ces hauteurs est difficile car les diamètres de découpe sont difficilement évaluables à l'œil nu. Par exemple, les conseillers pensent ainsi mesurer une hauteur à la découpe de 7 cm mais en réalité, la hauteur mesurée correspond à des diamètres inférieurs. La mesure des hauteurs est effectuée sur une ligne de plantation ou de semis sur 50 m, soit en moyenne sur 30 arbres. Ce nombre d'arbre a pour conséquence d'avoir des relations $H=f(C130)$ peu corrélées car les hauteurs de toutes les circonférences ne sont pas mesurées. Le calcul de la hauteur dominante est basé sur ces 30 arbres mesurés. Dans certains cas, soit aucune hauteur des arbres les plus gros n'a été mesurée soit seulement 1 arbre. La valeur de la hauteur dominante est donc estimée avec la circonférence dominante et la relation $H=f(C130)$. Pour éviter d'estimer cette variable qui est importante dans le fonctionnement des modèles de croissance, les mesures de hauteur pourraient être prises sur les arbres les plus gros de la placette en plus des arbres de la ligne choisie.

Enfin, les données recueillies sur le volume sont des volumes mesurés bord de route en stère principalement. Dans seulement quelques cas, nous avons obtenu des volumes machine en m³/ha. Il a fallu comparer des résultats de cubage d'arbre sur pied en m³/ha avec des volumes en stère/ha. Nous avons rencontré plusieurs problématiques : quel coefficient de stérage utiliser pour convertir les stères en m³ ? On trouve dans la littérature des coefficients

varient habituellement de 1,4 à 1,9 pour le bois de trituration (memento FCBA). Des données plus nombreuses sur le volume récolté issu des machines auraient pu nous servir à mieux caractériser les volumes en termes de nombre, de longueur et de volume unitaire des billons coupés. Cependant les ETF nous ont fait remarquer que les volumes machines ne sont pas toujours exacts faute de calibrage régulier des machines.

Finalement, quel est le calcul permettant de se rapprocher au plus près des valeurs de stérage ? Pour répondre à ses questions de manière plus approfondie, une autre étude est à mener sur le cubage des arbres abattus pour améliorer l'estimation du cubage des arbres sur pied. Les volumes des billons peuvent être calculés de manière plus précise par des mesures de longueurs et de circonférences sur des arbres abattus et les dimensions précises des piles de bois devront être mesurées.

3. Caractérisation de la fertilité et de la productivité

La notion de fertilité serait à rapprocher du terme de station et qui à trait aux caractéristiques pédo-climatiques. Au contraire, la productivité intègre généralement l'effet des différents facteurs de production : station, mais aussi espèce et traitement. Les stations sont décrites via une description floristique et sont divisées en types de lande : sèche, mésophile et humide. Mais, pour caractériser la fertilité d'un peuplement le seul critère floristique n'est pas suffisant. Des informations supplémentaires doivent être recueillies et vérifiées comme la réalisation de travaux d'assainissement ou la présence d'un alios superficiel ou non. Nous avons pu montrer que la stratification des données de croissance suivant le type de lande semble peu efficace. Il paraît préférable de définir un niveau de productivité pour chaque parcelle à partir de l'accroissement en hauteur dominante. L'ONF dans son guide de sylviculture définit des classes de productivité suivant les hauteurs dominantes à 40 ans et une description de la station approfondie intégrant type de lande et présence ou non d'alios. Cependant, pour pouvoir comparer les données en fonction de la productivité, il faut savoir si les parcelles ont été fertilisées ou non, si elles ont été entretenues et quel est le type de matériel génétique. Ces données sont difficiles à obtenir car l'historique des parcelles n'est parfois pas connu des propriétaires notamment lors de l'achat récent d'une parcelle. L'effet de la fertilisation est variable suivant le type de lande. Des peuplements fertilisés en lande humide ou en lande sèche montrent des taux d'accroissement en hauteur élevés alors que d'autres ne montrent aucune amélioration. Les connaissances actuelles indiquent que la réponse à la fertilisation est très hétérogène dans le massif landais : elle peut être efficace en lande humide et mésophile mais l'intensité de la réponse reste variable (Trichet, 2013). En lande sèche, l'ajout de fertilisant ne semble pas montrer de gain sur la productivité. Dans notre échantillon, la fertilisation efficace en lande sèche peut être expliquée par un alios profond ne gênant pas la disponibilité en eau et permettant une assimilation efficace du phosphore par la végétation. Le type de matériel génétique a aussi un effet sur la production. Selon les calculs théoriques de génétique quantitative, les VF1 permettraient un gain de production en volume de 15 % par rapport à des graines non améliorées et les VF2 de 20 à 30 % (Raffin, 2011). Dans notre échantillon, il est observé des meilleurs accroissements en circonférence pour les VF2 que pour les VF1 mais, il n'est pas remarqué des gains de production suivant la variété. La moyenne de production des VF1 est de 9,4 m³/ha/an (écart type de 2,9 m³/ha/an) et celle des VF2 est de 8,7 m³/ha/an (écart type de 2,1 m³/ha/an). Un hybride Lande x Corse présente des accroissements élevés en circonférence, hauteur et surface terrière avec une production de 15 m³/ha/an. Développé principalement pour améliorer la rectitude et la vigueur provenant des qualités de l'espèce Corse, cet hybride présente aussi des gains de production grâce à la sélection des meilleurs pins maritimes.

B. Mise en perspectives des résultats

1. Caractéristiques des peuplements et pratique de la première éclaircie

Dans notre échantillon, la densité avant éclaircie des peuplements est très variable au moment de la première éclaircie (de 750 tiges/ha à 2250 tiges/ha). La densité de 1250 tiges/ha préconisée par les organismes de développement de la forêt privée n'est donc pas une « norme » suivie par les propriétaires dans notre échantillon. De même, on observe des variations importantes d'âge à la première éclaircie entre 9 et 21 ans. On ne retrouve pas de « logique » sylvicole mais peut être plutôt une dépendance des éclaircies au calendrier de la propriété, fortement impacté par la tempête Klaus. Les interventions seront plutôt réalisées en fonction de la priorité des travaux sur la propriété. Les deux peuplements les plus âgés correspondent à des semis en forte densité avant éclaircie. La prise en compte des semis dans l'échantillon engendre une variabilité supplémentaire car des opérations de dépressage doivent être réalisées avant la première éclaircie. Si les dépressages n'ont pas été effectués ou de manière peu vigoureuse alors les peuplements peuvent atteindre des très fortes densités au stade habituel de la première éclaircie. On a observé que quelle que soit la densité avant éclaircie, la majorité des circonférences moyennes sont comprises dans une faible gamme de variation (de 40 à 55 cm) engendrant des différences importantes entre les surfaces terrière des peuplements (de 10 à 45 m²/ha/an). L'éclaircie est réalisée principalement de façon mixte : en coupant à la fois les arbres dominés et les arbres présentant un défaut. L'intensité est quant à elle très variable (de 10 à plus de 50 % en nombre de tiges enlevées). En effet, l'importante variation d'intensité est liée à la variabilité des densités avant éclaircie. Nos résultats sont alors différents du taux d'éclaircie préconisé de 25% pour suivre une sylviculture "idéale" (Maugé, 1987). Malgré cette variabilité des pratiques, l'éclaircie permet de réduire les différences de surface terrière suivant les densités à moins de 5 m²/ha tout en ayant une variation de densité encore très large de 600 à 1200 tiges/ha.

2. Estimation des volumes par cubage des arbres sur pied

L'estimation des volumes est liée à plusieurs paramètres : le coefficient de stérage et le choix du diamètre à la découpe. Nous avons vu que plus le diamètre à la découpe est petit (diamètre de 5 cm) et plus le coefficient de stérage à utiliser est élevé. Une plus forte hauteur de découpe engendrerait une plus grande hétérogénéité dans l'empilement des billons dans une pile de bois. De même, les méthodes de cubage à préconiser sont différentes suivant la hauteur à la découpe. Pour un diamètre à la découpe de 5 cm (avec un coefficient de stérage à 1,9), le calcul le plus simple et le plus rapide est celui appliquant la formule du tronc de cône arbre par arbre en estimant les hauteurs de découpe grâce au profil de tige. Le propriétaire avec le conseiller mettent en place une placette d'échantillonnage et mesurent les circonférences ainsi que la hauteur dominante du peuplement. Grâce au logiciel Capsis, les hauteurs de découpe seront estimées par le profil de tige pour chaque arbre. Pour un diamètre à la découpe de 7 cm (avec un coefficient de stérage de 1,7), la méthode à utiliser serait le calcul par succession de tronc de cône arbre par arbre avec l'estimation des hauteurs de découpe grâce au profil de tige. Le protocole de mesure de terrain est le même que précédemment. On peut cependant remarquer des variabilités importantes des résultats pour une même méthode de calcul. Les résultats apportent une précision variant de 15 à 18 % par rapport aux données de stérage. Pour confirmer le choix des méthodes de calculs de volume sur pied, les prochaines données des parcelles exploitées prochainement vont être recueillies et intégrés aux calculs.

3. La croissance des peuplements

L'âge des peuplements a un effet important sur la croissance en hauteur. L'accroissement en hauteur dominante à 11 ans est de 0,97 m/an (écart type de 0,09 m/an)

alors que l'accroissement en hauteur dominante à 15 ans n'est plus que de 0,8 m/an (écart type de 0,04 m/an). Comme l'annonçait Maugé, la croissance en hauteur des peuplements diminue chaque année (Maugé, 1987). L'âge a aussi un effet sur l'accroissement en circonférence de l'arbre moyen mais de façon moins importante. A 11 ans, l'accroissement est de 3,8 cm/an (écart type de 0,25 cm/an) et à 16 ans, l'accroissement est de 2,9 cm/an (écart type de 0,5 cm/an). La variabilité des accroissements en circonférence à un même âge est importante. Elles dépendent de la classe de fertilité où se situe le peuplement et de son type de matériel génétique. Les peuplements dont l'accroissement en Hdom est le plus élevé ont des accroissements les plus forts (4,5 cm/an). On n'observe pas d'effet de l'âge sur l'accroissement en surface terrière dans notre échantillon. Pour une même classe d'accroissement en Hdom, un peuplement qui a été éclairci entre 16 et 18 ans a une plus forte surface terrière (30 m²/ha/an) qu'un peuplement à 12 ans (20 m²/ha/an). Tout en présentant un accroissement comparable en G qu'un peuplement plus jeune, son accroissement en circonférence moyenne est plus faible. Si l'intervention est trop tardive, elle entraîne essentiellement une perte de croissance individuelle par rapport à un accroissement maximum potentiel (Afocel, 1997).

Dans notre échantillon, nous avons observé que la densité lorsqu'elle est comprise entre 1200 et 1600 tiges/ha n'influence ni la croissance en hauteur, ni la croissance en circonférence moyenne, ni la croissance en surface terrière. La croissance en hauteur d'un arbre ne dépend pas de la concurrence (Maugé, 1987). Nos résultats sont contradictoires par rapport à la loi de croissance de Maugé qui indique que la perte de croissance en circonférence moyenne est proportionnelle à la densité et à la circonférence moyenne. Dans notre étude, le couple circonférence-densité ne rend pas compte de l'effet de la concurrence et ne peut être utilisé pour connaître la date de déclenchement de l'éclaircie. Ainsi Maugé utilise le couple circonférence-densité pour connaître la date de déclenchement de l'éclaircie, indépendamment de la fertilité de la station, ce qui ne semble pas possible d'après nos résultats. En effet dans notre échantillon, la détermination de la circonférence moyenne à l'éclaircie est essentiellement liée à la classe d'accroissement en hauteur dominante. Dans une station peu fertile, la circonférence à l'éclaircie est comprise entre 35 et 40 cm alors qu'en station fertile elle est comprise entre 45 et 50 cm. En effet, pour des stations peu fertiles, l'accroissement en circonférence semble atteindre un maximum pour ces gammes de circonférences moyennes. Pour caractériser le meilleur moment d'éclaircir, il faudrait connaître les accroissements en circonférence et en surface terrière et la classe de fertilité dans laquelle le peuplement se place. On pourrait alors savoir si les accroissements ont atteints le maximum en accroissement potentiel ou s'il faut encore attendre avant d'éclaircir. Un peuplement avec un G élevé (> 30 m²/ha) va avoir des circonférences plus hétérogènes qu'un peuplement avec une faible surface terrière (annexe 18). Les arbres de plus gros volumes sont recherchés par les industries papetière car la proportion de bois juvénile est généralement plus importante et ses caractéristiques papetières sont appréciées (Net bois.fr).

Deux peuplements présentent des valeurs de circonférence moyenne et de surface terrière très élevées : le Lande x Corse et la plantation minimottes. Ces peuplements ont entre 10 et 12 ans et présentent des accroissements en Cg et en G très supérieurs aux autres peuplements. Même en situation de concurrence, leur accroissement continue d'augmenter. Compte tenu du manque de parcelles mesurées, il est possible que les accroissements en Cg ou en G n'aient pas encore atteint un maximum. Plus le Cg ou le G va augmenter et plus l'accroissement augmente. Il serait intéressant de vérifier cette hypothèse avec de nouvelles parcelles. Des peuplements avec de fort accroissement en G présenteraient un intérêt pour l'itinéraire sylvicole de production de biomasse (Lesgourgues et Chantre, 2009) car il est recherché une surface terrière et un accroissement en G les plus élevés.

4. Utilisation de Capsis/ PinusPinaster pour calculer les caractéristiques de l'éclaircie

Le modèle Pinuspinaster dans Capsis permettra aux propriétaires de réaliser des simulations de conduite sylvicole à l'échelle de leur parcelle forestière. Le logiciel permettra de donner aux propriétaires des résultats fiables en termes de volume et de production pour la première éclaircie. Facile et rapide d'utilisation, il doit cependant plutôt être utilisé par les conseillers. Ils devront installer la placette d'échantillonnage, mesurer les circonférences et déterminer la hauteur dominante en mesurant les plus gros arbres de la placette ou mesurer toutes les hauteurs en respectant la procédure établie. Ensuite, les relevés dendrométriques et les caractéristiques de la placette et du peuplement doivent être intégrés grâce à 2 fichiers excel en formats .csv. Une fois que le logiciel a lu les informations, l'utilisateur peut choisir différents graphiques dont les tables de décision des éclaircies. Pour conseiller les propriétaires, les conseillers pourront s'appuyer sur les tables de décision pour déterminer la date de l'éclaircie et ils pourront même comparer différents types d'éclaircie. En simulant ensuite la croissance du peuplement et les coupes partielles jusqu'à la coupe rase, le logiciel fournit les volumes récoltés à chaque éclaircie et permet de mettre en évidence les effets d'une première éclaircie trop forte ou trop tardive sur la croissance future.

5. Amélioration du modèle de croissance

Grâce à nos inventaires, nous avons vu qu'à l'initialisation, les tables de production Lemoine ne peuvent plus être utilisées car les caractéristiques ne correspondent plus, ni en Cg ni en Hdom. Pour les tables de production de l'ONF (2003), les valeurs d'initialisation des accroissements en hauteur de l'arbre moyen ou en hauteur dominante pour la meilleure comme pour la moins bonne classe de fertilité sont très sous estimées par rapport aux accroissements observés. En comparaison à 2003, les peuplements en 1^{ère} éclaircie ont un meilleur accroissement en hauteur mais un accroissement égal en circonférence et en surface terrière. La relation entre la hauteur et la circonférence a donc évolué. Ainsi, les courbes de croissance en hauteur pour les premières années sont modifiées et pourraient modifier les classes de fertilité caractérisées par la hauteur dominante à 40 ans. Nous avons pu déterminer les accroissements maximums en circonférence et en surface terrière pour chaque classe de fertilité suivant la circonférence moyenne et la surface terrière moyenne. Elles serviront à définir des limites aux modèles afin de réaliser des simulations au plus proche des valeurs réelles. Nous avons pu également déterminer un taux de mortalité moyen quelle que soit la densité initiale. Cette mortalité sera intégrée au modèle afin de simuler les éclaircies à partir d'un peuplement dont la densité est celle d'un peuplement réel avant éclaircie.

C. Perspectives

Afin de calibrer le modèle de croissance sur un temps de révolution complet et de définir les relations entre hauteur et surface terrière ou hauteur et circonférence dans le temps, il sera possible par la suite de revenir sur les placettes et suivre la croissance des arbres en mesurant de nouveau les circonférences, les hauteurs en fonction de la densité. Avec ces nouvelles données, l'impact des différentes méthodes d'éclaircie pourront être analysés. Lorsque les éclaircies étaient fortes (entre 40 et plus de 50 %), il sera intéressant d'étudier les impacts sur la croissance des arbres par rapport à une éclaircie plus faible (10 - 20%).

Les résultats notamment sur la croissance des peuplements doivent être confirmés par la mesure de nouvelles parcelles éclaircies. Ils pourront aussi être confrontés aux données du réseau GIS Coopérative de données.

Pinuspinaster dans Capsis fournit principalement à l'utilisateur des volumes récoltés en fonction des scénarios choisis. Il serait intéressant d'intégrer des données socio-économiques comme les prix du bois, et les dépenses liées à l'exploitation, ou la gestion

forestière. Le logiciel pourra permettre d'estimer une rentabilité en calculant les recettes attendues lors des ventes des éclaircies suivant les volumes sortis et un prix du bois fixé ainsi qu'en déterminant un coût moyen des dépenses. Puisque différents scénarios sylvicoles peuvent être établis, la rentabilité peut être estimée pour chacun d'entre eux. Avec le changement actuel des prix, qui favorise une augmentation des prix des volumes de petits bois et l'augmentation des risques en particulier ceux liés aux tempêtes, les scénarios à courte révolution sont envisagés par les sylviculteurs. Le calcul du taux de rentabilité permet de comparer plusieurs scénarios. Le Cetef a étudié la rentabilité pour un peuplement donné en station fertile avec les prix du bois de 2014 : le scénario le plus rentable, sur la parcelle étudiée, est celui avec une révolution de 33 ans et 3 éclaircies (CETEF 2013). Le scénario de courte révolution (21 ans) sans éclaircie devient aussi rentable que le scénario de révolution de 45 ans avec 5 éclaircies. Pour définir le scénario sylvicole le plus adapté, le propriétaire doit donc avoir accès à tous ces paramètres.

V. Conclusion

Les peuplements mesurés de pin maritime présentent une grande variabilité à la fois des densités (de 800 à 2250 tiges/ha), des circonférences moyennes (de 30 à 75 cm) et de l'âge (de 9 à 21 ans) au moment de la première éclaircie. Les préconisations de plantation à 1250 tiges/ha et d'éclaircie lorsque la circonférence moyenne est comprise entre 40 et 60 cm, ne sont pas toujours suivies. Pour ces peuplements, l'éclaircie est de type mixte. Elle a un rôle essentiel dans l'amélioration de la qualité du peuplement en enlevant des arbres dominés, de petites circonférences et des plus gros arbres présentant des défauts. Les arbres avec des défauts de forme et les arbres touchés par la tempête sont les plus coupés. L'intensité de l'éclaircie présente plus de variabilité. Pour des densités comprises entre 1200 et 1600 tiges/ha (densités les plus courantes), l'intensité varie de 20 à 50 % avec une moyenne de 37 %. L'intensité est donc différente de la préconisation de 25 % pour privilégier la production globale. Il est préféré une récolte de bois plus importante en favorisant une croissance individuelle des arbres. Certains sylviculteurs font le choix de couper environ la moitié des arbres à des densités standards. D'importants volumes issus de la coupe sont mesurés bord de route : de 30 à 90 st/ha. Afin d'estimer avant l'exploitation le volume de la coupe et pour déterminer un prix de vente, plusieurs méthodes de calculs sont possibles mais dépendantes du choix de la hauteur de découpe. Pour un diamètre de découpe de 7 cm (avec un coefficient de stérage de 1,7), le calcul des volumes sur pied avec le tarif Lapasse fait partie des meilleures méthodes mais elle engendre une importante variabilité des résultats notamment pour des arbres éclaircis de petites circonférences. Le calcul de cubage arbre par arbre par billons successifs avec le profil de tige permet de réduire cette variabilité avec une précision de calcul de 15%. Pour un diamètre de découpe de 5 cm (avec un coefficient de stérage de 1,9), le tarif Lapasse ne peut être utilisé et un calcul de volume arbre par arbre avec le profil de tige apporte une précision de 10 %. Le logiciel Capsis/Pinuspinaster adapté à intégrer des données de terrain permet de calculer ces volumes et de caractériser la date et les paramètres de l'éclaircie. Les outils toujours utilisés comme les tables de production de Lemoine et les tables de décision ne semblent plus adaptées aux caractéristiques des nouveaux peuplements. Les accroissements en hauteur, circonférence ont évolué et la circonférence moyenne associée à une densité ne seraient pas les variables pertinentes pour aider à la décision. Une autre méthode serait de calculer grâce à Capsis les accroissements en Cg et G d'un peuplement et de vérifier si les accroissements ont atteint leur optimum.

Bibliographie

Livres :

AFOCEL. Manuel de sylviculture du Pin maritime, AFOCEL Paris, 1994, 145pp

Chaperon H, La culture du Pin maritime en Aquitaine. AFOCEL, 1986

CRPF Aquitaine, Syndicats des sylviculteurs du Sud-Ouest. Aide-mémoire de Sylviculteur des Landes de Gascogne, 2008, 40pp

ONF, Guide de sylviculture du Pin maritime de Lande. 2003

ONF, Itinéraires techniques de travaux sylvicoles du Pin maritime de Lande. 2004

ONF, Itinéraires Techniques de Travaux Sylvicoles (I.T.T.S.) : Plateau landais, pin maritime des landes. 2013

Maugé J-P, Le pin maritime : premier résineux de France, IDF, 1987

Birot Y., Landmann G., Bonhême I., La forêt face aux tempêtes, Versailles, Editions Quae, coll. Synthèses, 2009, 433 p.

Articles :

Bergès L, Sensibilité des peuplements forestiers face aux dégâts du vent : influences conjointes de la station et de la structure sur la résistance de diverses essences forestières. *Dossiers de l'environnement de l'INRA*, 2000, n°20, p. 140 – 148

Colin, F., Riou-Nivert, P., Relations entre résistance au vent, descripteurs du peuplement et sylviculture. *Innovations Agronomiques*, 2009, 6, 39-49.

Decourt N, Les tables de production, leurs limites et leur utilité, *Revue Forestière Française*, 1964, 8-9, pp 640-657

Decourt N, Lemoine B, Le Pin maritime dans le Sud-Ouest de la France : tables de production provisoires. *Annales des sciences forestières* 1969, 26 (1), pp 3-44

Dufour-Kowalski, Courbaud, Dreyfus, Meredieu, Coligny, Capsis an open software framework and community for forest growth modelling. *Annals of Forest Science*, 2012, 69 (2), 221-233

Emeyriat R, Villette A, Landes de Gascogne : des 1ères éclaircies compétitives, *Le bois international*, 11/2007

Frayssé, JY, Le Pin maritime en minimottes : une alternative au semis direct en forêt Landaise, *Information forêt*, 1999, AFOCEL n°4

- Goreaud F., De Coligny F., Courbaud B., Dhôte JF, Dreyfus Ph. et al, La modélisation : un outil pour la gestion et l'aménagement en forêt. *Vertigo*, Paris : Avancées cinématographiques, 2005, n°6 (2), 1-12
- Goreaud, F; Allain, R; Courbaud, B; Ngo Bieng, M-A et al, Simuler des peuplements de structures variées pour faciliter l'utilisation des modèles "arbre" spatialisés. *Revue Forestière Française*, 2007, *LIX* (2), 137-161.
- Guo, B., Peyron, J.-L. Optimiser la sylviculture à long terme des peuplements forestiers équiennes grâce au logiciel Sylopt. *Revue Forestière Française*, 1995, n°47 (sp), 120-130
- Houllier, F., Bouchon, J., Birot, Y. Modélisation de la dynamique des peuplements forestiers: état et perspectives. *Revue Forestière Française* 1991, n°43 (2), 87-107
- Jolivet, C., Augusto, L., Trichet, P., Arrouays, D. Les sols du massif forestier des Landes de Gascogne: formation, histoire, propriétés et variabilité spatiale. *Revue Forestière Française*, 2007, *LIX* (1), 7-30
- Lemoine, B., Sartolou, A., Les éclaircies dans les peuplements de pin maritime d'âge moyen. Résultats et interprétation d'une expérience. *Revue Forestière Française*, 1976, 28 (6), 447-457
- Lemoine B, Satolou A, Croissance et production du Pin maritime I – Recherche d'un modèle et d'une méthode, *Annales des Sciences Forestières*, 1982, 39 (4), pp 321-354
- Lesgourgues Y., Bossut P., Gestion forestière informatisée : le dispositif de la maison de la forêt en Aquitaine, *Revue Forestière Française*, 1993, XLV, n°sp
- Maugé J-P, Une nouvelle méthode de cubage du Pin maritime pour la région landaise, *Annales de l'école nationale des eaux et des forêts et de la station de recherches et expériences*, 1960, Vol 18, n°1, p 71-95
- Najar N, Un nouveau modèle de croissance pour le Pin maritime, *Informations forêt*, 1999, n°4, fiche n°597
- ONF, Estimer le volume total d'un arbre, quelles que soient l'essence, la taille, la sylviculture, la station. *RDV techniques*, 2014 n°44 p.22-31
- ONF, Le projet EMERGE pour des tarifs cohérents de volumes et biomasses des essences forestières françaises métropolitaines. *RDV techniques*, 2014 n°39-40 p. 32-36
- Palm R, Influence de la formule de cubage et de la longueur des billons sur la détermination du volume des arbres abattus. *Annales des sciences forestières*, 1982, 39 (3), pp.231-238.
- Pardé J, Comment préciser l'intensité d'une éclaircie? *Revue Forestière Française*, 1961, 8-9, 551-557
- Pardé J, Une nouvelle méthode de cubage approchée des peuplements forestiers équiennes, *Revue Forestière Française*, 1963, 8-9, 714-720

Pérot, T., Perret, S., Meredieu, C., Ginisty, C, Prévoir la croissance et la production du Pin sylvestre : le module Sylvestris sous Capsis 4. *Revue Forestière Française*, 2007, n°59 (1), 57-84

Raffin A., Conserver les ressources génétiques du pin maritime en France, Pinus Pinaster. *Ministère de l'Agriculture*, Paris, 2011, 4p

Raffin A, Les cahiers de la reconstitution : matériel végétal de reboisement. GIS Groupe Pin Maritime du Futur, juin 2014, n°4

Riegger, W, Le cubage du bois d'industrie à l'usine est-il suffisamment précis? *La Forêt* 2009, n°62, 1: 20-22.

Rosa J, Stabilité des peuplements réguliers résineux- caractéristiques des peuplements. *Forêt entreprise*, avril 2004, n°156

Salas-Gonzalez, R., Houllier, F., Lemoine, B., Pierrat, J.C. Représentativité locale des placettes d'inventaire en vue de l'estimation de variables dendrométriques de peuplement. *Annales des Sciences Forestières*, 1993,50 (5), 469-485

Thivolle-Cazat A., Najar M. Evolution de la productivité et de la récolte du Pin maritime dans le massif landais. Evaluation de la disponibilité future en Gironde. *Revue Forestière Française*, 2001, n°3-4, 5p

Trichet P, Les cahiers de la reconstitution : installation des peuplements. GIS Groupe Pin Maritime du Futur, mai 2013, n°3

Fiche/ Rapport

Agreste Aquitaine, Enquête CEFIL 2012 Analyses et résultats. Juin 2014, n°52

CRPF Aquitaine, Le pin maritime Pilier de l'économie forestière d'Aquitaine, CRPF Aquitaine, mai 2008

CRPF Bretagne, Les coupes d'amélioration en traitement régulier- L'éclaircie des peuplements forestiers, janvier 2009

De Wouters P, Lorent V, Le cubage des arbres sur pied. *Silva Belgica*, 2001 n°6
ONF, Vente de Bois par appel d'offres en bloc et sur pied à la mesure. Catalogue octobre 2014

ECOFOR, Etude prospective après le passage de la tempête Klaus sur l'adéquation offre/demande en bois en Aquitaine, avril 2010

DRAAF Aquitaine, La filière Forêt-Bois en Aquitaine, Enjeux de territoire, 2011

Husson H. Memento aquitain du bois énergie. CRPF Aquitaine, 2014
IFN, Les tempêtes de décembre 1999 bilan national et enseignements, L'if, 2003 n°2

IFN, Massif des landes de Gascogne 1988-1999-2000, Résultats après la tempête du 27/12/1999, IFN, 2003

IFN, Etude rétrospective et mise à jour de la ressource en Pin maritime du massif des Landes de Gascogne après la tempête Klaus du 24/01/09, décembre 2010

IGN, Résultats d'inventaire forestier, les résultats pour la SER F21 – Les Landes de Gascogne, 2012

IGN, Disponibilité en bois en Aquitaine de 2012 à 2015, juillet 2013

Lesgourgues Y, Chantre G, Rapport de synthèse du groupe de travail itinéraires sylvicoles, GIP ECOFOR, novembre 2009

Sites Internet

www.capsis.fr

www.cartogip.fr

www.fcba.fr : Mémento FCBA

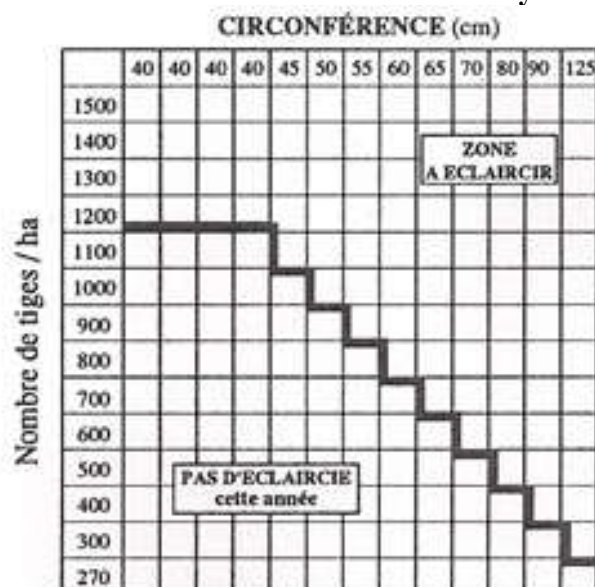
www.netbois.fr : extrait de l'étude sur la qualité papetière, AFOCEL

Annexes

Annexe 1 : Tableau des densités maximum et minimum en fonction de la circonférence moyenne (Maugé, 1987)

densité maximum	circonférence	densité minimum
1467	40	1101
1438	41	1079
1410	42	1058
1382	43	1037
1355	44	1016
1328	45	996
1301	46	976
1275	47	956
1249	48	937
1224	49	918
1200	50	900
1179	51	884
1158	52	868
1137	53	853
1117	54	837
1097	55	822
1077	56	808
1058	57	793
1039	58	779
1020	59	765
1002	60	752

Annexe 2 : Table de décision de l'éclaircie en station moyenne (AFOCEL, 1994)



Caractérisation des 1eres éclaircies

Date des mesures : 24/04/2015 cote - 2nd Barre

Parcelle COTER : ECH 62 1

Date de plantation de la coupe : modélisme

Contenance : Lugos

Station : (1)

Plantation/Semis : plantation

Matériel génétique : (2)

Densité initiale pour les plantations (théorique) : 2136/752137

Type de coupe : E1

Marquage de l'écclaircie : (3)

Date de l'installation du peuplement : Non

Surface de la parcelle forestière : 1597/1598

ha

C0 : 61.5 cm

Nb de lignes mesurées : 2

Longueur de la ligne mesurée : 25

Interligne mesuré : 1.04 m

Espacement moyen sur la ligne : 225 m²

Surface du placard mesuré : #DNV0

Eclaircissage :

☐ Plan de situation

☐ Fertigation

☐ Travail de sol

☐ Entretien (désherbage)

☐ Problème sanitaire particulier

☐ Commentaires

en vert : les informations à saisir en jaune : les cellules de calcul auto

Hauteur par la Moyenne	Hauteur réel	Hauteur d'éclaircie	Hauteur de la coupe
H avant éclaircie : 9.16	6.53	5.30	
H après éclaircie : 9.16	6.53	5.30	
H éclaircie : #DNV0	#DNV0	#DNV0	

Par régression linéaire	Hauteur réel	Hauteur d'éclaircie	Hauteur de la coupe
H avant éclaircie : 9.67	6.08	4.20	
H après éclaircie : 9.67	6.08	4.20	
H éclaircie : #DNV0	#DNV0	#DNV0	

Volume marchand VMA par la VU	Tronc de c. Vt = $\frac{Vt}{Vt+Vc}$	Vt = $\frac{Vt}{Vt+Vc}$	Vc = $\frac{Vc}{Vt+Vc}$	Vt (m ³)	Vc (m ³)	Vt (m ³)	Vc (m ³)
Volume total avant éclaircie : 98	84.3	74.5	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4
Volume total après éclaircie : 98	84.3	74.5	67.4	67.4	67.4	67.4	67.4
Volume total éclaircie : #DNV0	#DNV0	#DNV0	#DNV0	#DNV0	#DNV0	#DNV0	#DNV0

Attention avec l'ajout de Vt dans Vc

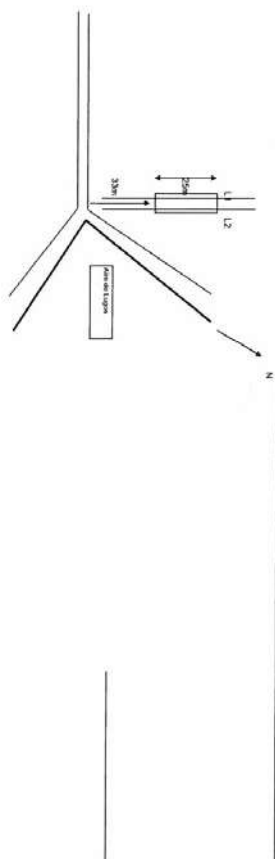
Densité avant éclaircie	1996
Densité après éclaircie	1996
Nombre de types entrecoups	0
	0%

Circconférence Cm	Ecart type	C0	Gem m ³ /ha
Avant éclaircie : 34.27	14.34	37.15	21.41
Après éclaircie : 34.27	14.34	37.15	21.41
Eclaircie : #DNV0	#DNV0	#DNV0	0.00

V avant éclaircie	V après éclaircie	V éclaircie	V tronc de cône	V tronc de cône avec l'éclaircie	Déclasse en c	Déclasse en c
0.0489	0.0489	0.0489	0.0489	0.0489	21.991148	Déclasse en c
Va éclaircie : #DNV0	Va éclaircie : #DNV0	Va éclaircie : #DNV0	Va éclaircie : #DNV0	Va éclaircie : #DNV0		
Vc éclaircie : #DNV0	Vc éclaircie : #DNV0	Vc éclaircie : #DNV0	Vc éclaircie : #DNV0	Vc éclaircie : #DNV0		

Tronc de cône	éclaircie	éclaircie	éclaircie
#DNV0	#DNV0	#DNV0	#DNV0
Volume marchand de la coupe			
Volume marchand en m ³			
Volume (m ³)			
Prélèvement (fraction)			

Schéma de la parcelle - localisation du placard



Parcelle	Placette	Ligne	Arbre	Circ	Hauteur Totale	Hauteur découpe	statut (Mort/Vivant/Abant)	Eclaire 7	Justif de l'E1 (Pyrals, Fourche Branchu, Dominée...)
Ecl1_62_2	1	1	1	22	10.9	7.6		2	
Ecl1_62_2	1	1	2	36	10.2	6.5		2	
Ecl1_62_2	1	1	3	39	8.7	5.5			
Ecl1_62_2	1	1	4	32	6			2	
Ecl1_62_2	1	1	5	17	5			2	
Ecl1_62_2	1	1	6	24	9.4	6.5		2	
Ecl1_62_2	1	1	7	40	7.9	4.3			
Ecl1_62_2	1	1	8	44	10.6	8.2			
Ecl1_62_2	1	1	9	35				2	
Ecl1_62_2	1	1	10	21	10.5	7.3		2	
Ecl1_62_2	1	1	11	47	10.1	6.9			
Ecl1_62_2	1	1	12	20	9.9	6.9		2	
Ecl1_62_2	1	1	13	31				2	
Ecl1_62_2	1	1	14	24	6.4			2	
Ecl1_62_2	1	1	15	51	11	7.8			
Ecl1_62_2	1	1	16	18	10.7	6.7		2	
Ecl1_62_2	1	1	17	28	7.7			2	
Ecl1_62_2	1	1	18	24	10.3	6		2	
Ecl1_62_2	1	1	19	31	7.7				
Ecl1_62_2	1	1	20	36	10.9	7.9			
Ecl1_62_2	1	1	21	39					
Ecl1_62_2	1	1	22	10	10.3	7.9		2	
Ecl1_62_2	1	1	23	34	8.4	4		2	
Ecl1_62_2	1	1	24	40	9.7	6		2	
Ecl1_62_2	1	1	25	10				2	
Ecl1_62_2	1	1	26	32					
Ecl1_62_2	1	1	27	27				2	
Ecl1_62_2	1	1	28	26				2	
Ecl1_62_2	1	1	29	43				2	
Ecl1_62_2	1	1	30	48					
Ecl1_62_2	1	1	31	38				2	
Ecl1_62_2	1	1	32	39				2	
Ecl1_62_2	1	1	33	39				2	
Ecl1_62_2	1	1	34	32				2	
Ecl1_62_2	1	1	35	29					
Ecl1_62_2	1	1	36	40					
Ecl1_62_2	1	1	37	42				2	
Ecl1_62_2	1	1	38	35					
Ecl1_62_2	1	1	39	36					
Ecl1_62_2	1	1	40	20				2	
Ecl1_62_2	1	1	41	22				2	
Ecl1_62_2	1	1	42	55					
Ecl1_62_2	1	1	43	49					
Ecl1_62_2	1	1	44	33				2	
Ecl1_62_2	1	1	45	41					

Annexe 4 : table de production de Lemoine, 1969

Table de production pour le Pin maritime du sud-ouest de la France (Landes)

PEUPLEMENT PRINCIPAL									ECLAIRCIES								
Age Ans	Hdom M	Hmoy M	Tiges	Cmoy CM	Cdom CM	Vmoy M3	St M2	Vol M3	Tiges	Cmoy CM	Vmoy M3	Vol M3	Vtot M3	Ecl /100	Prtot M3	Acc.c M3/An	Acc.m M3/An
Classe 1																	
12	9,3	7,4	1658	31,7	50,5	0,027	13,3	46,2	0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	46,2	—	3,8
16	12,2	10,5	1021	46,9	66,0	0,080	17,9	82,4	637	33,4	0,039	25,0	25,0	23,3	107,5	16,2	6,7
20	14,9	13,4	642	63,2	82,2	0,182	20,4	117,5	379	48,5	0,088	33,7	58,8	33,3	176,3	18,5	8,8
24	17,5	16,1	441	79,8	98,4	0,349	22,3	154,2	201	64,1	0,213	42,9	101,7	39,7	255,9	19,8	10,6
28	19,8	18,5	341	94,9	113,1	0,563	24,4	192,2	100	77,8	0,414	41,4	143,2	42,6	335,4	19,1	11,9
34	22,7	21,5	255	115,3	132,8	0,958	26,9	244,5	86	94,9	0,696	59,9	203,1	45,3	447,6	16,7	13,1
40	25,0	23,9	223	129,5	146,7	1,341	29,7	299,4	32	107,6	1,068	34,1	237,3	44,2	536,7	12,9	13,4
46	26,7	25,7	207	139,3	156,5	1,658	32,0	344,3	16	116,6	1,336	21,3	258,6	42,9	603,0	8,9	13,1
54	28,1	27,2	198	147,1	164,4	1,944	34,1	385,2	9	123,8	1,941	17,4	275,1	41,7	661,4	5,1	12,2
62	28,6	27,8	194	150,3	167,7	2,072	34,9	402,3	4	126,8	1,817	7,2	283,4	41,3	685,7	—	11,0
Classe 2																	
12	8,4	6,5	1899	27,4	46,0	0,018	11,3	35,6	0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	35,6	—	2,9
16	10,9	9,2	1266	40,1	59,1	0,052	16,2	66,3	633	27,3	0,023	14,8	14,8	18,2	81,1	12,3	5,0
20	13,3	11,7	828	53,7	72,8	0,117	19,0	97,2	438	39,5	0,050	22,1	37,0	27,5	134,2	14,0	6,7
24	15,6	14,1	573	67,4	86,3	0,219	20,7	125,7	255	52,1	0,120	30,8	67,8	35,0	193,5	15,5	8,0
28	17,6	16,2	435	80,4	99,0	0,357	22,4	155,5	138	64,7	0,257	35,4	103,3	39,9	258,8	15,4	9,2
34	20,1	18,8	328	97,3	115,4	0,604	24,7	198,1	107	79,9	0,432	46,2	149,5	43,0	347,7	13,8	10,2
40	22,1	20,9	270	111,1	128,8	0,866	26,5	234,1	58	91,6	0,713	41,3	190,9	44,9	425,0	11,3	10,6
46	23,6	22,5	236	121,6	138,8	1,113	27,8	263,6	34	100,1	0,846	28,7	219,7	45,4	483,3	7,5	10,5
54	24,8	23,8	224	128,6	145,9	1,315	29,5	295,5	12	106,8	1,307	15,6	235,3	44,3	530,9	4,2	9,0
62	25,3	24,3	219	131,6	148,8	1,406	30,2	308,8	5	109,5	1,306	6,5	241,9	43,9	550,7	—	8,8
Classe 3																	
12	7,5	5,6	2140	23,2	41,7	0,011	9,1	25,0	0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	25,0	—	2,0
16	9,7	7,9	1553	33,7	52,6	0,032	14,0	50,8	587	19,8	0,013	7,6	7,6	13,0	58,4	9,1	3,6
20	11,7	10,0	1106	44,5	63,6	0,069	17,4	76,8	447	31,3	0,031	13,8	21,5	21,8	98,3	10,5	4,9
24	13,7	12,0	792	55,4	74,5	0,127	19,4	101,2	314	41,2	0,062	19,7	41,2	28,9	142,5	11,1	5,9
28	15,4	13,8	591	66,2	85,1	0,208	20,6	123,0	201	51,0	0,116	23,4	64,7	34,4	187,7	11,5	6,7
34	17,6	16,1	436	80,3	98,9	0,355	22,4	155,3	155	64,6	0,247	38,3	103,0	39,8	258,3	10,8	7,5
40	19,3	17,9	360	91,5	109,8	0,510	24,0	183,6	76	74,8	0,407	30,9	134,0	42,1	317,6	8,6	7,9
46	20,5	19,3	312	100,3	118,3	0,656	25,0	205,1	48	82,3	0,478	22,9	157,0	43,3	362,1	6,1	7,8
54	21,6	20,4	284	107,3	125,1	0,789	26,0	224,3	28	88,5	0,800	22,4	179,4	44,4	403,7	3,6	7,4
62	22,0	20,8	272	110,4	128,1	0,852	26,4	132,3	12	91,0	0,784	9,4	188,8	44,8	421,1	—	6,7

Table de production pour le Pin maritime du sud-ouest de la France (Landes)

PEUPLEMENT PRINCIPAL									ECLAIRCIES								
Age Ans	Hdom M	Hmoy M	Tiges	Cmoy CM	Cdom CM	Vmoy M3	St M2	Vol M3	Tiges	Cmoy CM	Vmoy M3	Vol M3	Vtot M3	Ecl /100	Prtot M3	Acc.c M3/An	Acc.m M3/An
Classe 4																	
12	6,6	4,6	2300	19,2	37,4	0,006	6,7	15,8	0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	15,8	—	1,3
16	8,4	6,5	1892	27,5	46,2	0,019	11,4	35,9	408	10,8	0,010	4,1	4,1	10,3	40,1	6,1	2,5
20	10,1	8,3	1425	36,1	55,1	0,039	14,8	56,4	467	23,2	0,010	4,7	8,9	13,6	65,4	7,2	3,2
24	11,7	10,0	1107	44,5	63,5	0,069	17,4	76,7	318	31,3	0,039	12,5	21,4	21,8	98,2	8,0	4,0
28	13,2	11,5	848	52,7	71,8	0,112	18,8	95,1	259	38,5	0,050	13,1	34,6	26,7	129,7	7,9	4,6
34	15,0	13,4	635	63,6	82,6	0,185	20,5	118,2	213	48,8	0,116	24,8	59,5	33,4	177,7	7,6	5,2
40	16,4	14,9	514	72,6	91,5	0,268	21,6	138,3	121	57,5	0,192	23,3	82,8	37,4	221,2	6,4	5,5
46	17,5	16,1	442	79,7	98,3	0,348	22,3	154,0	72	64,0	0,258	18,6	101,5	39,7	255,5	4,5	5,5
54	18,3	17,0	394	85,6	104,1	0,425	23,0	167,9	48	69,4	0,327	15,7	117,2	41,1	285,1	2,6	5,2
62	18,7	17,4	380	87,9	106,3	0,457	23,4	174,1	14	71,6	0,475	6,6	123,8	41,5	298,0	—	4,8
Classe 5																	
12	5,7	3,7	2300	15,5	33,4	0,004	4,4	9,4	0	0,0	0,000	0,0	0,0	0,0	9,4	—	0,7
16	7,2	5,2	2230	21,6	40,0	0,009	8,3	21,0	70	1,8	0,010	0,7	0,7	3,2	21,7	4,0	1,3
20	8,5	6,7	1857	28,1	46,8	0,020	11,7	37,4	373	11,7	0,010	3,8	4,5	10,7	41,9	4,8	2,0
24	9,8	8,0	1513	34,5	53,3	0,034	14,3	52,6	344	20,9	0,010	3,5	8,0	13,2	60,6	5,0	2,5
28	11,0	9,2	1258	40,3	59,4	0,053	16,3	66,9	255	27,5	0,027	7,1	15,1	18,4	82,0	5,2	2,9
34	12,4	10,7	973	48,4	67,5	0,087	18,1	85,6	285	34,6	0,041	11,9	27,1	24,0	112,7	4,8	3,3
40	13,6	11,9	802	55,0	74,0	0,124	19,3	100,1	171	40,8	0,075	12,9	40,1	28,5	140,2	4,1	3,5
46	14,4	12,8	703	59,9	79,0	0,157	20,1	110,8	99	45,5	0,116	11,4	51,5	31,7	162,4	2,9	3,5
54	15,1	13,6	621	64,4	83,4	0,192	20,5	119,7	82	49,5	0,116	9,5	61,1	33,8	180,9	1,6	3,3
62	15,4	13,9	587	66,4	85,3	0,210	20,6	123,4	34	51,1	0,117	3,9	65,1	34,5	188,6	—	3,0

Annexe 5 : tables de production de Lemoine, 1983

HAUTEUR DOMINANTE A 40 ANS= 23,5061

ÉCLAIRCIES FAIBLES

X	X PEUPT.FPAL.AVT.ECLAIRCIE								ECLAIRCIE				X PEUPT.FPAL.APR.ECLAIRCIE					PRODUCTION		
AGE	BOOM	COOM	TIGES	HAOY	CHOY	ST	VOL	TIGES	ST	CHOY	VOL	TIGES	HAOY	CHOY	ST	VOL	ACC.C	PROTOT	ACC.H	
10	9.0	44.6										2300	7.4	29.5	15.9	52.1				
16	12.0	89.5	2300	10.1	38.2	26.8	114.6	530	6.1	37.8	22.6	1770	10.3	38.3	20.7	92.0	15.6	114.6	7.2	
20	14.5	72.1	1770	12.6	45.8	29.5	155.8	520	6.2	38.7	27.7	1250	12.9	48.4	23.3	128.1	15.9	178.4	8.9	
24	16.7	83.5	1250	14.9	55.6	30.7	191.0	300	5.6	48.6	30.7	550	15.0	57.6	25.1	160.2	15.7	241.2	10.1	
30	19.6	99.0	950	17.7	68.1	35.0	256.8	320	9.4	60.7	61.7	630	18.0	71.5	28.6	195.1	16.1	337.8	11.3	
36	22.1	112.9	630	20.4	81.7	33.5	282.6	200	9.0	75.1	68.9	430	20.5	84.6	24.5	213.7	14.6	425.3	11.8	
42	24.2	125.5	430	22.7	94.6	30.6	290.1	100	6.1	87.6	52.9	330	22.7	96.7	24.5	237.2	12.7	501.6	11.9	
46	25.5	133.0	330	24.1	103.0	27.9	282.0					330	24.1	103.0	27.9	282.0	11.2	546.5	11.9	
50	26.7	140.1	330	25.3	108.8	31.1	320.6	30	2.3	99.1	23.0	300	25.3	109.8	28.8	305.5	11.6	593.0	11.9	
54	27.8	146.6	300	26.5	115.3	31.7	350.6					300	26.5	115.3	31.7	350.6	11.3	638.1	11.8	

HAUTEUR DOMINANTE A 40 ANS= 23,5061

ÉCLAIRCIES FORTES

X	X PEUPT.FPAL.AVT.ECLAIRCIE								X	ECLAIRCIE				X	PEUPT.FPAL.APR.ECLAIRCIE				X	PRODUCTION		
AGE	BOOM	COOM	TIGES	HAOY	CHOY	ST	VOL	TIGES	ST	CHOY	VOL	TIGES	HAOY	CHOY	ST	VOL	ACC.C	PROTOT	ACC.H			
10	9.0	47.0										1230	7.4	32.2	10.2	34.5						
16	12.0	62.0	1230	10.1	43.5	18.5	81.7	360	3.2	33.4	10.9	870	10.4	47.1	15.3	70.8	11.8	81.7	5.1			
20	14.5	74.7	870	12.7	56.9	22.4	122.5	210	3.7	46.8	16.7	660	13.0	59.7	18.8	105.8	12.9	133.4	6.7			
24	16.7	86.1	660	15.0	68.9	24.9	150.8	160	4.5	59.4	24.7	500	15.2	71.7	20.4	134.0	13.2	186.3	7.8			
30	19.6	101.8	500	17.9	84.8	20.6	215.5	130	6.2	77.2	41.5	370	18.1	87.3	22.5	174.0	13.6	267.8	8.9			
36	22.1	115.8	370	20.5	99.7	29.2	251.0	80	5.5	92.7	42.4	290	20.6	101.5	23.8	208.6	12.8	344.8	9.6			
42	24.2	128.4	290	22.7	113.0	29.5	280.7	40	3.6	105.8	30.8	250	22.8	114.1	25.9	249.9	12.0	416.9	9.9			
46	25.5	135.9	250	24.1	121.1	29.2	285.2					250	24.1	121.1	29.2	285.2	11.3	462.2	10.0			
50	26.7	143.0	250	25.4	127.6	32.4	342.0	30	3.7	123.9	35.7	220	25.4	128.1	28.7	306.3	11.7	509.0	10.2			
54	27.8	149.6	220	26.6	134.3	31.6	350.2					220	26.6	134.3	31.6	350.2	11.0	552.9	10.2			

Annexe 6 : table de production de l'ONF, 2003

PI - TABLE de PRODUCTION

initialisation à 9 ans $H_0=7,2m$ $D_0=16cm$ $D_g=13cm$

PI - TABLE de PRODUCTION																	
Age <i>i</i> ans	Haut. dom. H_0 m	Diam. dom. D_0 cm	PEUPL. PRINCIPAL AVANT ECLAIRCIE					ÉCLAIRCIE				PROD. V TOT. PV_i m ³	Ac. moy.		Ac. cour. en V Ac m ³ /ha/an	PROD. G TOT. PG_i m ² /ha	
			N N_i t/ha	Haut H_g cm	Dg D_g cm	Vam V_g m ³	Vol/ha V m ³ /ha	G/ha G/ha m ² /ha	S% $S\%$ %	N N_e t/ha	Dg D_{ge} cm		v g e V_{ge} cm	Vol/ha V_e m ³ /ha			
9	7,2	16,0	1250	6,2	13,0	0,04	48	16,6	42,2				48	5,3		16,6	
12	10,1	20,6	1250	9,0	16,8	0,09	117	28,0	30,1	400	15,2	0,07	27,6	145	12,1	26,8	27,9
13	11,0	22,2	850	10,1	18,9	0,13	113	24,1	33,5	160	17,2	0,09	13,8	155	11,9	18,8	30,3
15	12,8	25,0	690	11,9	21,8	0,21	144	25,8	32,0	118	19,9	0,14	16,2	201	13,4	22,5	35,7
17	14,5	27,6	572	13,6	24,4	0,30	170	27,0	31,0	87	22,5	0,20	17,5	245	14,4	22,7	40,5
19	16,1	30,2	485	15,2	27,0	0,40	196	27,9	30,3	75	25,0	0,28	20,9	292	15,4	21,9	44,8
21	17,5	32,6	410	16,7	29,4	0,52	215	28,1	30,3	59	27,4	0,37	21,7	333	15,8	19,8	48,6
23	18,9	35,0	351	18,1	31,8	0,66	232	28,1	30,3	45	29,6	0,47	21,0	371	16,1	14,7	52,1
25	20,1	37,2	306	19,4	34,1	0,81	249	28,1	30,6	6	33,0	0,62	3,7	391	15,7	14,5	55,2
27	21,3	39,4	300	20,5	36,0	0,96	287	30,6	29,1					429	15,9	20,0	58,3
29	22,3	41,4	300	21,5	37,7	1,10	329	33,6	27,8					472	16,3	21,7	61,3
31	23,3	43,3	300	22,5	39,3	1,25	374	36,6	26,6					516	16,6	22,2	64,2
33	24,2	45,2	300	23,4	40,8	1,39	418	39,5	25,6					560	17,0	22,6	67,1
35	25,1	47,0	300	24,2	42,3	1,55	464	42,3	24,7					606	17,3		69,9

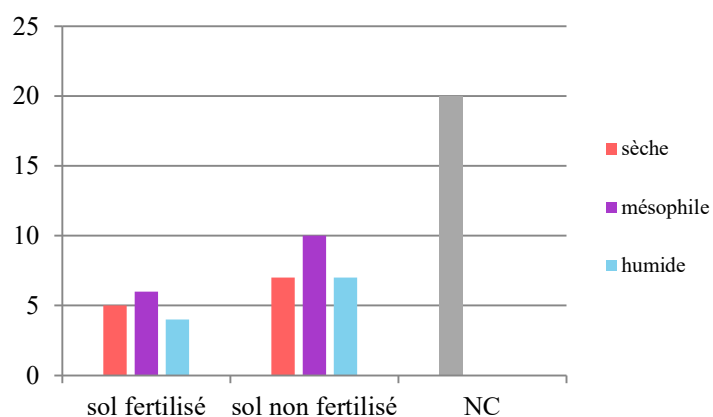
P5 - TABLE de PRODUCTION

initialisation à 12 ans $H_o=7,1m$ $D_o=14,3cm$ $Dg=11,1cm$

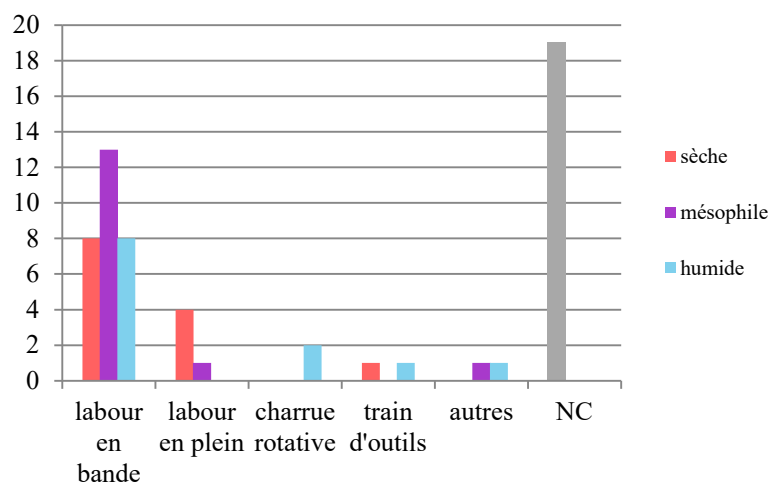
Age <i>i</i> ans	Haut. dom. H_o m	Diam. dom. D_o cm	PEUPL. PRINCIPAL AVANT ÉCLAIRCIE							ÉCLAIRCIE				PROD.V TOT. PV_i m^3	Ac.moy. en V Am $m^3/ha/an$	Ac.cour. en V Ac $m^3/ha/an$	PROD.G TOT. PG_i m^2/ha
			N N_i t/ha	Haut H_z cm	Dg D_z cm	Vam Vg m^3	Vol/ha V m^3/ha	G/ha G/ha m^2/ha	S% $S\%$ %	N N_e t/ha	Dg D_{ze} cm	v g e V_{ge} cm	Vol/ha V_e m^3/ha				
12	7,1	14,3	1250	6,0	11,1	0,03	32	12,1	42,8					32	2,7		12,1
17	10,1	19,3	1250	8,9	15,3	0,07	87	23,0	30,1	470	13,7	0,03	13,1	100	5,9	10,8	23,0
19	11,2	21,2	780	10,3	17,9	0,11	86	19,7	34,4	116	15,9	0,08	8,8	108	5,7	7,9	26,5
21	12,3	23,0	664	11,4	19,8	0,15	100	20,6	33,9	91	17,9	0,11	9,8	132	6,3	11,6	29,7
23	13,3	24,8	573	12,4	21,7	0,20	112	21,3	33,8	73	19,8	0,15	10,7	154	6,7	11,7	32,7
25	14,2	26,5	500	13,4	23,5	0,25	124	21,8	33,8	63	21,6	0,19	11,9	178	7,1	11,8	35,4
27	15,1	28,1	437	14,4	25,3	0,31	134	22,0	34,0	55	23,4	0,24	13,1	201	7,5	10,7	37,9
29	16,0	29,7	382	15,3	27,0	0,37	141	21,9	34,4	43	25,1	0,29	12,6	221	7,6	10,0	40,2
31	16,8	31,2	339	16,1	28,6	0,44	149	21,9	34,7	35	26,7	0,35	12,3	241	7,8	7,3	42,2
33	17,5	32,7	304	16,9	30,2	0,51	156	21,9	35,2	4	30,1	0,48	1,9	250	7,6	6,7	44,2
35	18,3	18,3	300	17,6	31,5	0,58	174	23,5	33,9					268	7,7	9,5	46,1
37	18,9	18,9	300	18,3	32,7	0,65	194	25,4	32,8					288	7,8	10,3	47,9
39	19,6	19,6	300	18,9	33,9	0,72	215	27,2	31,7					309	7,9	10,5	49,8
41	20,2	20,2	300	19,5	35,0	0,79	236	29,1	30,7					330	8,1	10,8	51,6
43	20,8	20,8	300	20,1	36,1	0,86	258	30,9	29,8					352	8,2	10,8	53,5
45	21,3	21,3	300	20,6	37,2	0,93	279	32,7	29,1					373	8,3		55,3

	1 40	2 45	3 50	4 55	5 60	6 65	7 70	8 75	9 80	10 85
1										
2										
3	0,033	0,042	0,051							
4	0,045	0,055	0,066	0,079	0,092	0,106	0,121			
5	0,052	0,062	0,073	0,087	0,101	0,116	0,131	0,149	0,168	0,189
6	0,063	0,076	0,090	0,106	0,122	0,139	0,156	0,177	0,198	0,222
7	0,072	0,085	0,099	0,115	0,131	0,150	0,169	0,192	0,215	0,237
8	0,083	0,098	0,114	0,133	0,152	0,174	0,196	0,221	0,246	0,274
9			0,125	0,145	0,166	0,188	0,210	0,237	0,265	0,295
10			0,143	0,164	0,186	0,210	0,235	0,266	0,297	0,331
11			0,149	0,174	0,199	0,225	0,252	0,282	0,312	0,350
12					0,221	0,249	0,277	0,313	0,350	0,387
13					0,231	0,262	0,293	0,328	0,364	0,408
14					0,251	0,287	0,323	0,362	0,401	0,444
15					0,267	0,304	0,341	0,377	0,414	0,464
16									0,448	0,496
17										

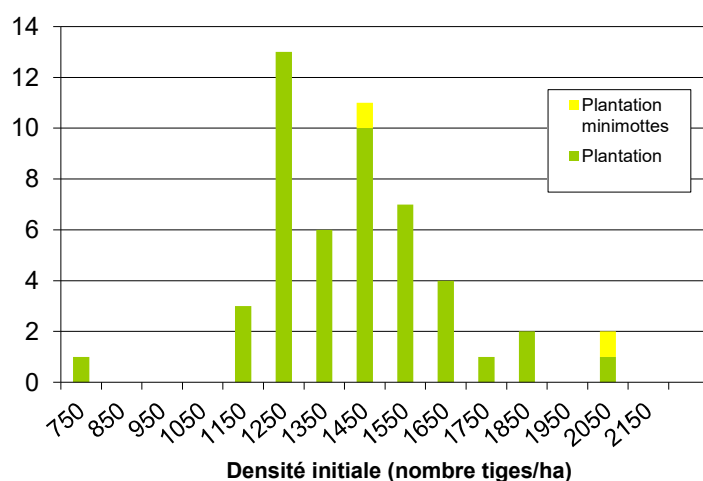
Annexe 8 : Histogramme de répartition des peuplements en plantation par types de matériel génétique et suivant le type de lande (n=59)



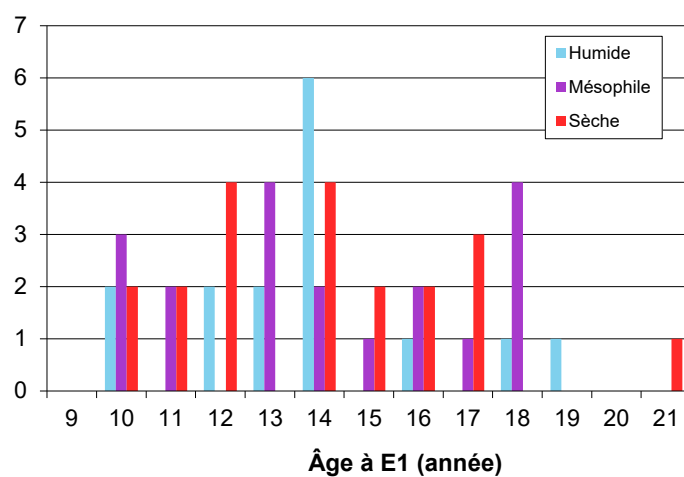
Annexe 9 : Histogramme de répartition des peuplements suivant la pratique du travail du sol et par type de lande(n=59)



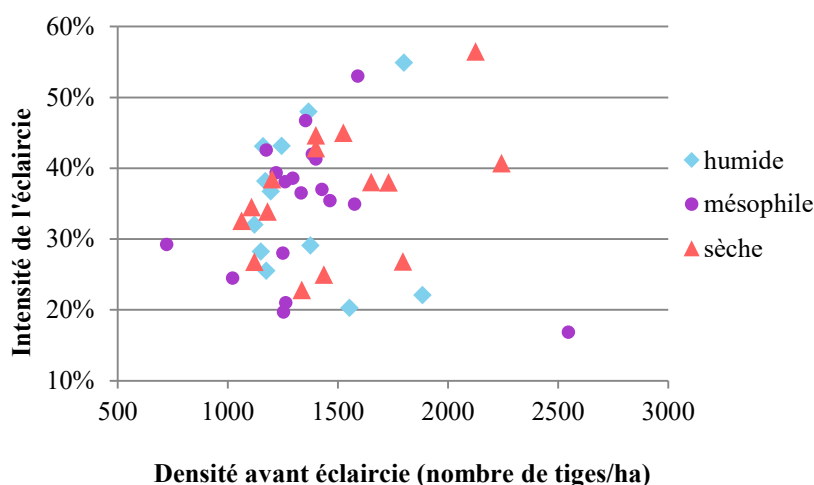
Annexe 10 : Histogramme de la répartition des densités initiales pour les plantations et plantations minimottes (n=50)



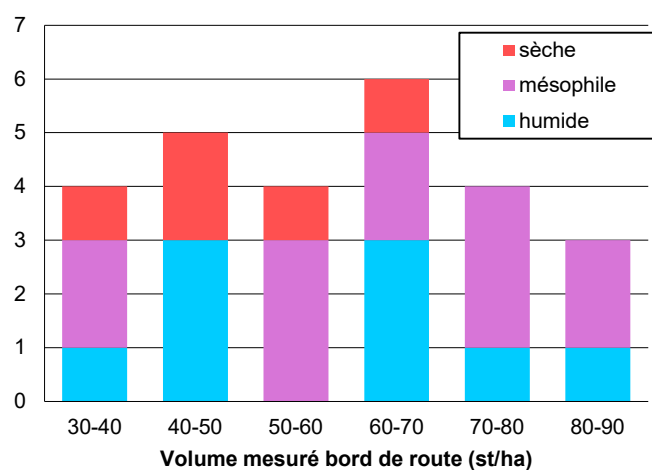
Annexe 11 : Histogramme de la répartition des peuplements par classe d'âge suivant le type de lande (n=53)



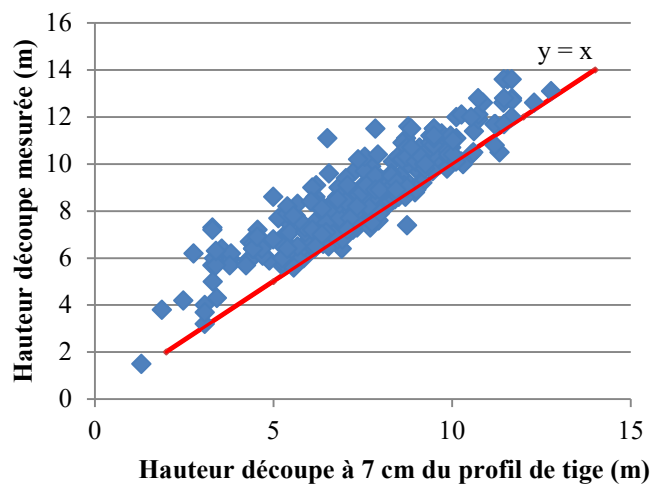
Annexe 12 : Graphique de l'intensité de l'éclaircie en nombre de tige en fonction de la densité avant éclaircie suivant le type de lande (n=48).



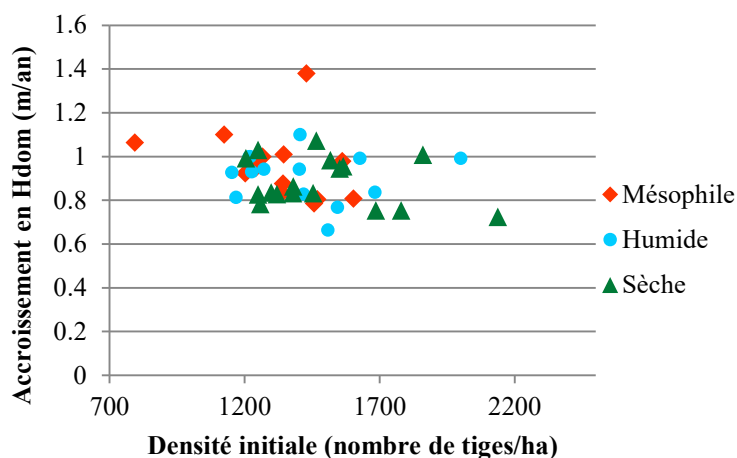
Annexe 13 : Histogramme de distribution des volumes mesurés bord de route suivant le type de lande (n=26)



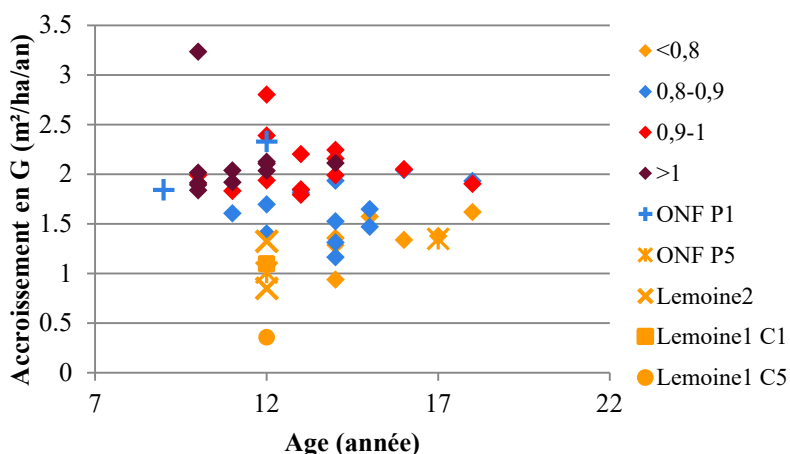
Annexe 14 : Graphique représentant la hauteur découpe mesurée sur le terrain et la hauteur découpe à 7 cm estimée par le profil de tige



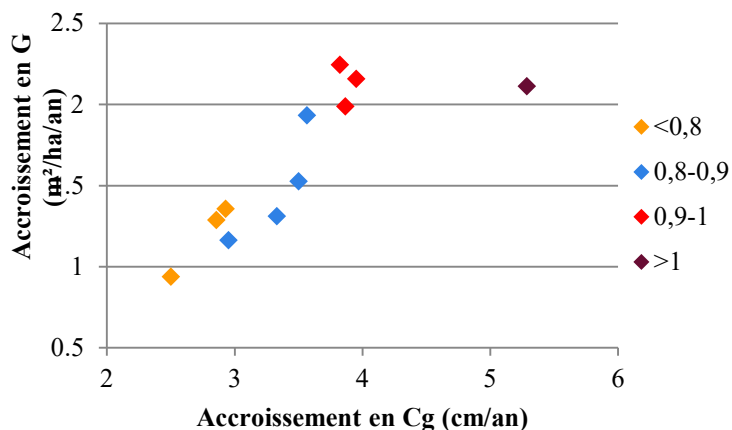
Annexe 15 : Graphique représentant l'accroissement en Hauteur dominante en fonction de la densité initiale suivant le type de lande (n=44)



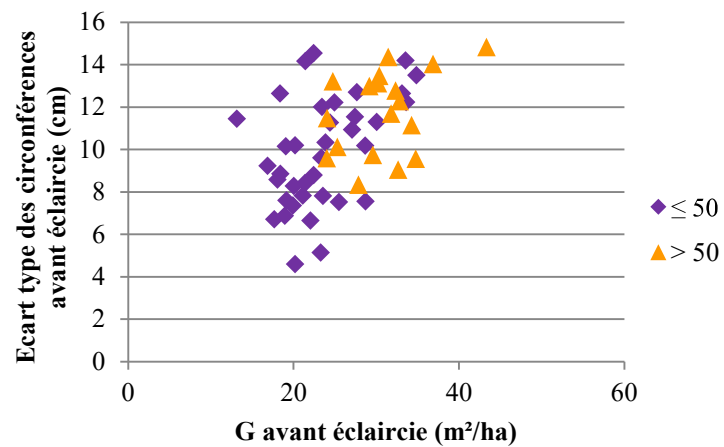
Annexe 16 : Graphique représentant l'accroissement en surface terrière en fonction de l'âge suivant des classes d'accroissement en hauteur dominante (n=44)



Annexe 17 : Graphique représentant l'accroissement en surface terrière en fonction de l'accroissement en circonférence de l'arbre moyen suivant les classes d'accroissement en hauteur dominante pour des peuplements de 14 ans (n=11)



Annexe 18 : Graphique des écarts types des circonférences avant éclaircie en fonction de la surface terrière avant éclaircie suivant les classes de circonférence moyenne avant éclaircie (n=55)



Caractéristiques de la première éclaircie dans les peuplements de Pin maritime des Landes de Gascogne face aux évolutions actuelles

Dans le contexte actuel du changement économique dans la filière forestière d'Aquitaine et de l'augmentation des prix des bois, la première éclaircie est une opération importante dans les peuplements de Pin maritime des Landes de Gascogne.

Des mesures de placettes ont été effectuées dans des peuplements avant et après l'éclaircie et les stérages des bois éclaircis ont été enregistrés. Le logiciel Capsis avec le modèle Pinuspinaster a été adapté en mettant en place des procédés pour calculer des variables supplémentaires avant et après l'éclaircie et pour intégrer une large gamme de calculs de volume.

Une importante variabilité de la densité initiale (de 800 tiges/ha à 2250 tiges/ha), tout comme de la surface terrière est observée dans ces peuplements issus de boisement post tempête 1999. Par conséquent, l'âge de cette première coupe partielle varie de 9 à 21 ans. Néanmoins, la plupart des peuplements ont des circonférences moyennes assez proches (de 40 à 55 cm). Tout en s'interrogeant sur la justesse du volume pris comme référence et calculé grâce au stérage, pour une éclaircie classique à la découpe bois fort, seulement 2 méthodes d'estimation de cubage seraient performantes. Par ailleurs, nous confirmons que les caractéristiques des peuplements à la première éclaircie issues des anciennes tables de production ne correspondent plus aux peuplements actuels éclaircis.

L'outil Capsis/Pinuspinaster est disponible pour les conseillers forestiers afin d'effectuer des diagnostics sur le terrain. Notre analyse montre qu'il faut poursuivre le travail sur l'amélioration du modèle de croissance notamment sur l'accroissement en hauteur.

Mots clés : éclaircie, Pin maritime, tarif de cubage, outil pour la gestion, modèle de croissance

Features of first thinning in stands of maritime pine in Landes de Gascogne in response to current developments

In the current economic context of the Aquitaine forestry sector and an increase in wood prices, the first thinning is a major silvicultural operation in stands of maritime pine in Landes de Gascogne.

Field measurement of plots were made in stands before and after thinning and volume data of cut timber were recorded. The software Capsis and the growth model Pinuspinaster were adapted by implementing processes to calculate additional variables before and after thinning and to include a wide range of volume calculation.

A strong variability of density (800 to 2250 stems per hectare) and basal area is observed in these stands from reforestation after the 1999 storm. Therefore, age of the first thinning varies from 9 to 21 years-old. Nevertheless, most stands have mean circumference in a small range of variation (40 cm to 55 cm). Only 2 methods of cubic volume estimate would be efficient to evaluate industrial roundwood (small end diameter = 7 cm), despite that the accuracy of the volume from stere measurement used as reference is questionable. Furthermore, we support that characteristics of the first thinning stands from yield tables are no longer relevant to represent the current thinned stands.

The software Capsis/Pinuspinaster is available to forest advisors in order to realize diagnosis. Our analyze shows that we need to proceed further with growth model improvement especially on height increment.

Keywords: thinning, maritime Pine, volume table, tool for forest management, growth model