



Evaluation du renouvellement de la ressource forestière dans les forêts privées du Tarn

Etude réalisée en 2018-2019 par Alexandre Petroff, CRPF Occitanie et Gregory Nouky, stagiaire master 2 de l'université de Lorraine, avec l'appui des techniciens CRPF du Tarn, des gestionnaires forestiers professionnels du Tarn, de la DDT et avec le soutien financier du syndicat des propriétaires forestiers sylviculteurs du Tarn et du département de la santé des forêts (échelon sud-est, ministère de l'agriculture)

Résumé

L'étude est réalisée avec le soutien du syndicat des forestiers sylviculteurs du Tarn en collaboration avec les gestionnaires forestiers professionnels du Tarn, les services de la DDT et du DSF. Elle vise à évaluer le renouvellement de la ressource forestière dans les forêts privées du Tarn.

L'analyse par photos aériennes des coupes rases et de leur devenir entre 2003 et 2016 couvre 39 communes et 60 000 ha de forêts privées, soit 56 % des peuplements résineux privés et 30 % des peuplements feuillus privés du Tarn. Sur cette période et ces communes, le rythme des coupes rases a augmenté de 47% pour passer de 317 à 466 ha/an. 60 à 70 % des coupes rases ont eu lieu dans des peuplements résineux. Le reboisement artificiel concerne environ 60% des surfaces rasées. Les peuplements résineux sont en très grande majorité reboisés après coupe rase (~83 %), contrairement aux peuplements feuillus, menés souvent en taillis, et qui sont replantés artificiellement pour seulement 3 à 9% d'entre eux. Le retour à un état boisé naturel concerne environ 25% des surfaces rasées et intervient principalement après coupe rase de feuillus (~80% de ces coupes). Ce sont donc au total 85% des coupes rases sur lesquelles la continuité de l'état boisé est confirmée. Le défrichement et le non-retour à un état boisé satisfaisant dans les 5 ans concernent chacun environ 5% des surfaces. Sur les 39 communes, 42% de la forêt privée est soumise à Plan Simple de Gestion et participe pour 76 % des coupes rases de résineux observées. En termes de reboisement, le contraste entre propriétés sous PSG et hors PSG est saisissant, puisque le reboisement concerne entre 15 et 28 % des surfaces rasées hors PSG contre environ 83% des surfaces rasées sous PSG. En termes de défrichement, celui-ci est significatif hors PSG, quoi qu'en diminution régulière de 20% à 7%, alors qu'il reste marginal sous PSG (moins de 2%).

D'après les données des gestionnaires, les essences principales de reboisement actuellement utilisées dans le Tarn sont le Douglas vert (55 % des surfaces), les deux Mélèzes (24 %), le Cèdre de l'Atlas (11 %) et les Pins (5 %). Les feuillus ne représentent que 2 % des plantations. Si on s'en tient aux reboisements résineux, le rythme annuel évalué par photos aériennes est en augmentation régulière entre 2003 et 2016, entre 295 et 386 ha/an. Un désaccord avec les données des gestionnaires existe avant 2009, possiblement dû à un défaut d'archivage. Par rapport aux données historiques du FFN, le rythme actuel est de l'ordre du rythme des (re)boisements *réussis* entre 1975 et 1994 mais est trois fois moindre que le taux moyen des (re)boisements entre 1953 et 1974. Cela semble pointer vers une capitalisation des parcelles et une augmentation de la part des gros bois.

Le suivi sanitaire de 127 plantations (Douglas, Mélèzes, Cèdre) fait ressortir un taux de survie moyen de 78%. L'un des deux problèmes principaux relevés lors de l'étude est celui des dégâts de gibiers (24% des problèmes). Ceux-ci sont localisés en majorité dans les communes situées à proximité du département de l'Hérault. Cette proportion traduit une réelle pression cynégétique sur le renouvellement de la forêt Tarnaise. L'autre problème principal est lié aux plants et à leur mise en place (26% des problèmes). Ces problèmes d'ancrage et de disposition des racines sont préoccupants pour les années à venir, dans lesquelles sécheresses printanières et estivales sont appelées à se produire plus fréquemment. D'ailleurs le taux de survie des plantations est corrélé au stress hydrique estival. Les plants absents sont relativement nombreux dans l'étude et représentent 81% des plants morts. D'après l'analyse statistique, ils pourraient être reliés au stress hydrique, au degré de concurrence pour la lumière. L'amélioration de la résilience des plantations passe donc par l'adaptation des essences à la station et aux conditions climatiques futures, une meilleure réception des plants, une modification des pratiques de plantation, en privilégiant notamment les potets travaillés, un suivi plus méticuleux des plantations et des dégagements.

Table des matières

| | |
|---|----|
| Introduction | 1 |
| I) Évaluation du rythme annuel des reboisements (2006-2018) | 2 |
| I.1. Méthode | 2 |
| I.1.1. Structures consultées | 2 |
| I.1.2. Pré-traitement des données..... | 2 |
| I.2. Résultats..... | 3 |
| I.2.1. Rappel de l'historique des boisements/reboisements FFN | 3 |
| I.2.2. Rythme annuel des reboisements de 2006 à 2018..... | 4 |
| I.2.3. Typologie des chantiers de reboisements..... | 5 |
| I.2.4. Essences reboisées..... | 6 |
| I.2.5. Densité de reboisement | 7 |
| I.2.6. Localisation des reboisements..... | 7 |
| II) Evaluation des coupes rases et de leur devenir | 10 |
| II.1. Contexte | 10 |
| II.2. Méthode | 10 |
| II.2.1. Méthodologie pour la détection des coupes rases par photos aériennes..... | 10 |
| II.2.2. Méthodologie de l'enquête auprès des propriétaires | 15 |
| II.3. Résultats..... | 15 |
| II.3.1. Typologie des coupes rases | 17 |
| II.3.2. Devenir des coupes rases | 18 |
| II.3.3. Influence des documents de gestion durable | 21 |
| II.3.4. Répartition géographique | 22 |
| II.3.5. Résultats de l'enquête propriétaire | 25 |
| III) Evaluation de la réussite des reboisements et des dégâts de gibier..... | 27 |
| III.1. Contexte | 27 |
| III.2. Méthode | 27 |
| III.2.1. Sélection des plantations | 27 |
| III.2.2. Protocole de mesures | 28 |
| III.2.3. Méthodologie de l'analyse statistique | 30 |
| III.3. Résultats..... | 31 |
| III.3.1. Description des plantations..... | 31 |
| III.3.2. Problèmes sanitaires rencontrés..... | 35 |
| III.3.3. Analyse statistique..... | 41 |
| Conclusions | 47 |
| Bibliographie | 53 |

Introduction

Le Tarn est le département le plus productif d'Occitanie en termes de bois d'œuvre et d'industrie : Sur la période 2005-2016, la production est passée d'environ 463 000 m³ à 637 000 m³ (Agreste EAB exploitation forestière). Les peuplements résineux qui entrent aujourd'hui dans une phase d'exploitation sont principalement issus de boisements financés depuis l'après-guerre, et jusqu'à environ 1975, par le Fond Forestier National (FFN).

Depuis 2011, la Région et l'Europe subventionnent le reboisement lorsqu'il permet d'accroître la séquestration du carbone. Dans le département, la filière bois concerne un peu plus de 400 entreprises et plus de 1 500 emplois (Chambre du Commerce et de l'Industrie du Tarn, 2016).

Afin d'évaluer le renouvellement de la ressource forestière et son adéquation avec les besoins de la filière bois, le syndicat des propriétaires forestiers du Tarn a engagé une réflexion avec le Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF) Occitanie, le Département Santé des Forêts (DSF), la Maison de la Forêt et la Direction Départementale des territoires (DDT). Pour ce faire, le syndicat et le CRPF ont défini quatre objectifs à atteindre :

- Objectif 1 : Quantifier le rythme des reboisements
- Objectif 2 : Évaluer la part des coupes de futaie reboisées
- Objectif 3 : Évaluer les dégâts de gibier sur plantations
- Objectif 4 : Évaluer, globalement, la réussite des reboisements

La première phase de cette étude, correspondant à l'objectif 1 a été réalisée en 2018 avec l'aide des gestionnaires forestiers professionnels du département, afin de préciser le rythme annuel des reboisements en forêt privée entre 2006 et 2018 ainsi que l'évolution des essences reboisées. Les résultats de cette phase, publiés dans un rapport antérieur (Petroff, 2019) sont repris dans la première partie de ce rapport.

La seconde phase de cette étude, qui a commencée en février 2019 avec l'appui d'un stagiaire de master 2 de l'université de Lorraine, doit permettre d'atteindre les objectifs 2, 3 et 4. Cette phase se décline selon 2 axes.

Un premier axe porte sur l'évaluation des surfaces coupées à ras dans le Tarn entre les années 2003 à 2016 et sur leur devenir après coupe. Une attention particulière est portée aux peuplements de futaie, qui produisent le bois d'œuvre dont les industries du Tarn ont besoin. Dans cette partie, nous cherchons également à comprendre les principales raisons conduisant parfois les propriétaires de forêt privées à ne pas reboiser artificiellement leurs forêts suite à une coupe rase.

Le second axe d'étude porte sur l'évaluation des dégâts de gibiers et plus généralement sur la réussite des boisements artificiels récents (âgés d'environ 5 ans) du Tarn et des principaux problèmes sanitaires rencontrés. Cette seconde partie doit permettre de déterminer si les peuplements sont de bonne qualité et peuvent répondre à l'avenir aux besoins de la filière bois.

I) Évaluation du rythme annuel des reboisements (2006-2018)

I.1. Méthode

Pour réaliser cette étude, nous nous sommes appuyés sur les gestionnaires forestiers professionnels du département (technicien.ne.s de coopératives, experts, gestionnaires forestiers indépendants, autres opérateurs économiques), la direction départementale des Territoires du Tarn et une entreprise de reboisement. La période retenue pour cette étude couvre les années 2006 à 2018 incluse.

I.1.1. Structures consultées

Les structures et gestionnaires forestiers consultés et qui ont répondu favorablement sont :

- Les coopératives forestières Alliance Forêt Bois et Cosylva
- Les experts des cabinets Forêt Evolution, If et SPRL Daniel Bemelmans
- Les GFP Gaëlle Martin et Gaëtan du Bus de Warnaffe
- L'entreprise SUD ABIES
- La Société Forestière de la Caisse des Dépôts et Consignations

Nous leur avons demandé le détail des plantations qu'ils.elles ont réalisées dans le département entre 2006 et 2018. Les informations principales étaient :

- Nom du propriétaire
- Essence reboisée
- Surface reboisée
- Commune principale
- Reboisement subventionné ou non
- Densité de plants à l'hectare ou nombre total de plants

La direction départementale des territoires du Tarn, service économie agricole et forestière, nous a donné l'accès aux dossiers de reboisement subventionnés sur la période 2006-2018 par la Région, l'État et l'Europe. Deux types de subvention ont été proposés sur cette période, l'une suite à la tempête Klaus (années de dépôt 2009, 2010 et 2011), l'autre liée au Fond Régional Carbone (actuellement mesure 8.5.2 - Renouvellement des peuplements permettant d'accroître la valeur environnementale de séquestration du carbone et existante depuis 2011). En forêt privée, le Fond Régional Carbone (FRC) était initialement ouvert à tous les propriétaires. Depuis 2013, les établissements financiers, les banques et les assurances en sont exclus. Depuis 2015, les propriétaires forestiers privés soumis à l'impôt de solidarité sur la fortune en sont exclus.

Les données de la DDT ont été croisées avec celles des gestionnaires, ce qui a permis d'identifier les chantiers oubliés par les gestionnaires dans leur base de données et quelques chantiers réalisés par d'autres structures. Toutefois, on ne peut exclure la possibilité que certains gestionnaires aient oublié des chantiers de reboisement non subventionnés. L'estimation du rythme de reboisement doit donc être considérée comme une estimation basse.

La principale entreprise de boisement du Tarn, Gannac SAS, a aussi été interrogée afin de vérifier les proportions d'essences reboisées fournies par les gestionnaires. Par manque de temps, nous n'avons pas été en mesure de contacter d'autres sociétés de reboisement.

I.1.2. Pré-traitement des données

Les données des propriétaires ont été utilisées pour croiser les informations provenant des gestionnaires et celles de la DDT. La base de données constituée n'a été partagée ni avec le Syndicat des Propriétaires Forestiers du Tarn ni avec la DDT ni avec aucun autre organisme.

Les données ont été agrégées à l'échelle de la commune afin de garantir l'anonymat des propriétaires.

I.1.2.a. *Gestion des années*

La saison de plantation s'étale sur deux années calendaires, soit selon les années d'octobre à mai. Dans le cas d'un chantier subventionné, la date de dépôt du dossier de subvention correspond rarement à l'année de plantation. Il peut y avoir jusqu'à 2 ans de décalage entre ces deux références. Pour croiser les données de la DDT avec celles des gestionnaires, nous nous sommes donc basés sur les noms des propriétaires, la surface reboisée et les essences de reboisement.

I.1.2.b. *Gestion des chantiers de regarnis*

Il arrive parfois qu'un chantier de reboisement requiert des regarnis les années suivantes si le taux de mortalité des plants est supérieur à 20 %. Afin d'identifier ces chantiers de regarnis et les exclure de la base de données, nous nous sommes appuyés sur les densités de plants à l'hectare : en dessous de 500 plants à l'hectare (hors peupliers), les chantiers ont été exclus de la base de données.

I.1.2.c. *Cas des essences de reboisement multiples*

Lorsque les informations liées aux essences de reboisement étaient agrégées à l'échelle du chantier, il a été décidé de sélectionner les deux ou trois essences dominantes, de diviser la surface totale de plantation par le nombre d'essences et d'assigner à chaque essence une surface équivalente.

Une telle approche peut induire des erreurs si une essence est très majoritaire dans le reboisement de la parcelle. Elle ne permet pas non plus de distinguer les peuplements mélangés des peuplements mono-spécifiques.

La proportion de la surface totale reboisée concernée par des chantiers à essences multiples est de 18 %.

I.2. Résultats

I.2.1. Rappel de l'historique des boisements/reboisements FFN

La direction départementale des territoires du Tarn, service économie agricole et forestière, anciennement la D.D.A.F., avait réalisé une évaluation synthétique des reboisements financés par le Fond Forestier National (D'Huyteza et Guilhaumon, 1987).

Y étaient détaillés les profils de propriétaires ayant bénéficié d'aide, les essences et surfaces reboisées par type d'aide. Une évaluation approximative du taux d'échec des plantations avait aussi été fournie par type d'aide. La figure 1 reprend les données de surfaces effectivement boisées, c'est à dire en tenant compte du taux d'échec estimé dans ce rapport.

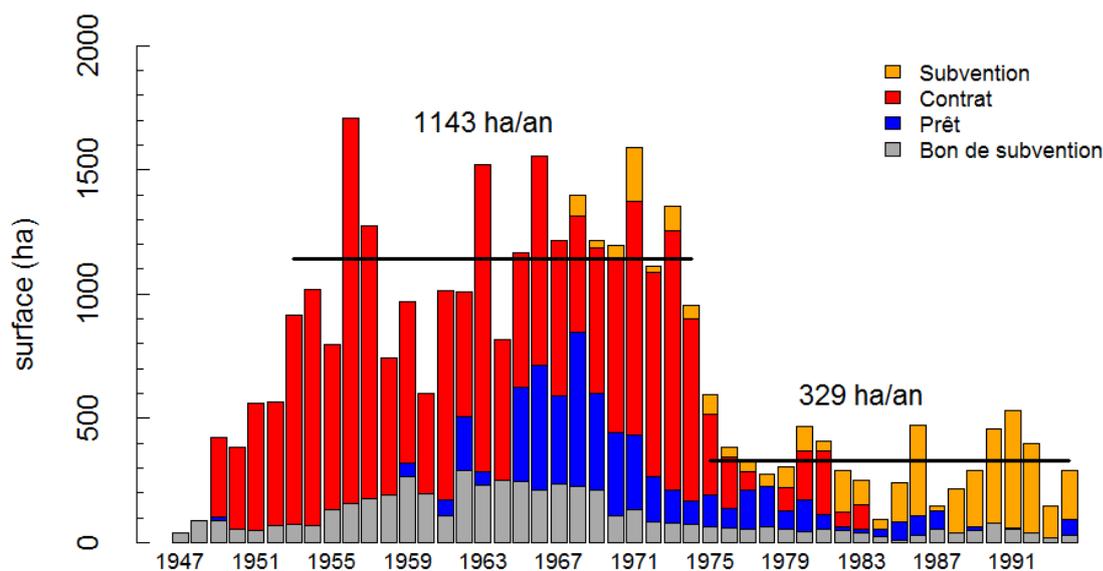


Figure 1: Rythme annuel des boisements réalisés dans le cadre du FFN selon le type d'aide. Les deux lignes horizontales correspondent aux surfaces moyennes boisées entre 1953 et 1974 et entre 1975 et 1994.

En première lecture, on distingue, après la phase de « mise en route » de 1947 à 1952, une phase de boisement intense, de 1953 à 1974, à un rythme moyen de 1143 ha/an ; suivie d'une phase de diminution des boisements de 1975 à 1994 (liée entre autres à la récession économique) à un rythme moyen de 329 ha/an. Au total, ce sont environ 40 000 ha qui ont été reboisés ou 34 000 ha en tenant compte des échecs.

I.2.2. Rythme annuel des reboisements de 2006 à 2018

Sur les 13 années de végétation, la surface totale reboisée mesurée dans le Tarn serait de **3648 hectares**, soit un rythme moyen de 281 ha/an. Cette moyenne masque néanmoins des variations annuelles importantes, comme le montre la figure 2. Avant 2009, la surface moyenne reboisée semble avoisiner les 135 ha/an. Par la suite, la surface reboisée a augmenté pour atteindre une moyenne de 345 ha/an. Cela correspond aussi à la mise en place des subventions suite à la tempête Klaus et la mise en place du Fond Régional Carbone (FRC).

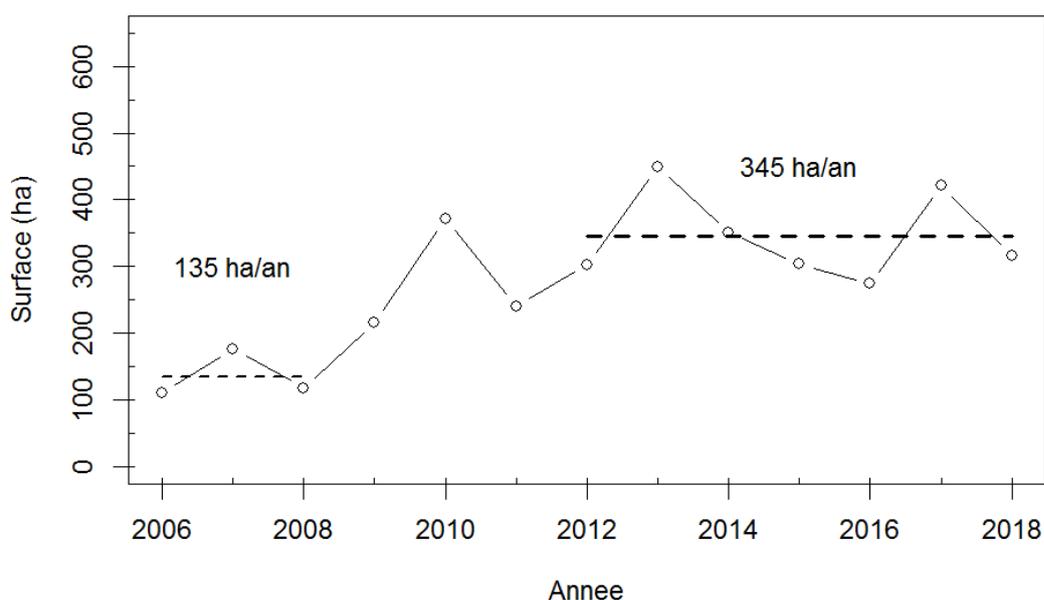


Figure 2: Evolution du rythme annuelle de reboisement

Dans les premières années de mise en place du FRC, la proportion des surfaces reboisées à l'aide de subventions était supérieure à 60 %, jusqu'à atteindre 92 % en 2013 (figure 3). Par la suite, cette proportion a diminué pour correspondre actuellement à environ 50 % des surfaces concernées.

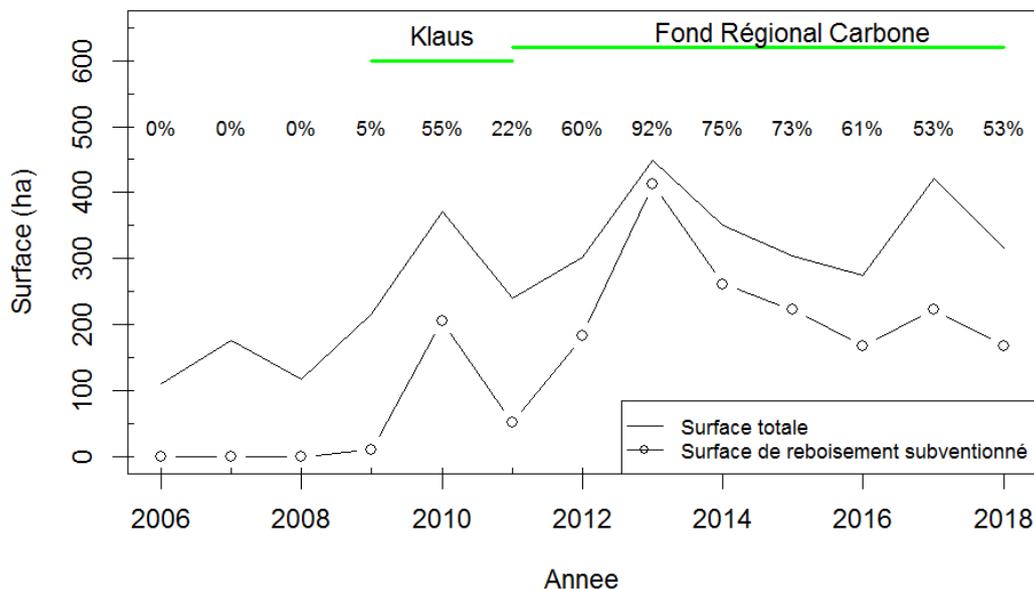


Figure 3: Evolution du rythme annuel de reboisement et la part des reboisements subventionnés. Les pourcentages dans la partie haute du graphique correspondent aux proportions des surfaces reboisées avec subvention

I.2.3. Typologie des chantiers de reboisements

Un chantier est défini comme une opération de reboisement à une année donnée et un propriétaire donné. La répartition du nombre de chantiers et de la surface cumulée par classe de surface de chantier est présentée sur la figure 4.

Il apparaît que 80 % de la surface reboisée correspond à des chantiers de surface supérieure à 2 ha, et que ceux-ci sont subventionnés pour 62 % d'entre eux. A l'inverse, les 141 chantiers de surface inférieure à 2 ha correspondent à une surface cumulée de 118 ha, et ne sont pas subventionnés (les 7 chantiers visibles sur la figure 4 correspondent à des chantiers de reboisement étalés sur deux années successives).

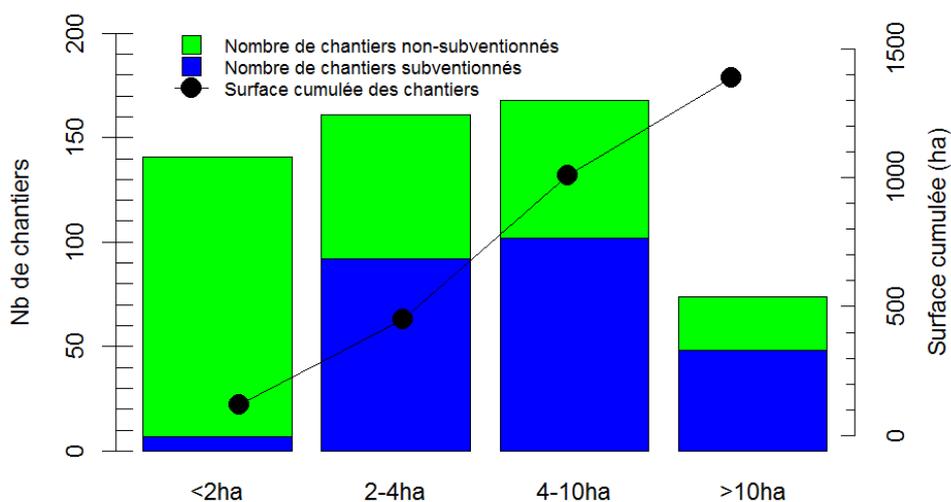


Figure 4: Répartition du nombre et de la surface cumulée des chantiers par classes de surface, selon qu'ils sont subventionnés ou non.

I.2.4. Essences reboisées

Lors des boisements et reboisements financés par le Fond Forestier National, les essences principales représentées étaient :

- Epicéa commun pour 40 % des surfaces
- Douglas vert, à partir de 1970, pour 25 % des surfaces
- Pin Laricio (et Sylvestre jusqu'en 1963), pour 22 % des surfaces
- Sapin pectiné pour 10 % des surfaces

Les « à-coups » climatiques comme celui de l'été 2003, ainsi que les combinaisons de tempête et développement de scolytes sur peuplements affaiblis (1987, 1999, 2009) ont largement incité à réduire la proportion d'Epicéa commun dans les reboisements.

Sur la période 2006-2018, l'essence de prédilection est le Douglas vert, avec environ 80 % de la surface reboisée jusqu'en 2008 (figure 5). Depuis 2009, cette proportion a décliné pour se stabiliser autour de 55 %. En se basant sur les données 2012-2018, les essences représentant 95 % des reboisements sont :

- Douglas vert pour environ 184 ha/an et 55.2 % de la surface
- Mélèze pour environ 80 ha/an et 23.5 % de la surface. Mélèze hybride et Mélèze d'Europe se partagent pour moitié les surfaces concernées, sauf pour les années 2017 et 2018 où le Mélèze hybride représente 85 % des surfaces.
- Cèdre de l'Atlas pour environ 37 ha/an et 11.2 % de la surface
- Pins, principalement laricio de Corse, pour environ 18 ha/an et 5.4 % de la surface
- Les feuillus sont peu plantés par les gestionnaires et ne représentent que 8 ha/an pour 2.4 % de la surface. Il s'agit préférentiellement de robinier, chêne rouge et hêtre.

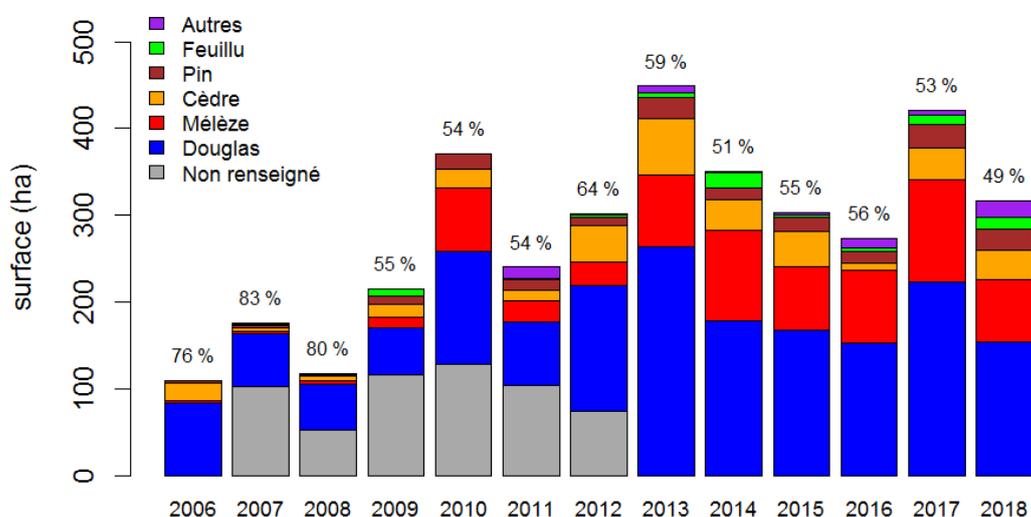


Figure 5: Répartition des surfaces reboisées en fonction des essences. Le pourcentage surmontant le total annuel correspond à la proportion de Douglas vert.

Les données fournies par la société Gannac SAS, qui effectue une partie importante des reboisements dans le Tarn, nous permettent de vérifier les données de gestionnaires en ce qui concerne les proportions entre essences. N'ayant pas accès aux données des autres sociétés de reboisement, nous ne pouvons pas comparer les données de surface de Gannac SAS avec celles des gestionnaires. Sur la période 2014-2018, les essences revendues et/ou mises en place par la société se répartissent selon la figure 6. Les chiffres sont sensiblement les mêmes que ceux apportés par les gestionnaires.

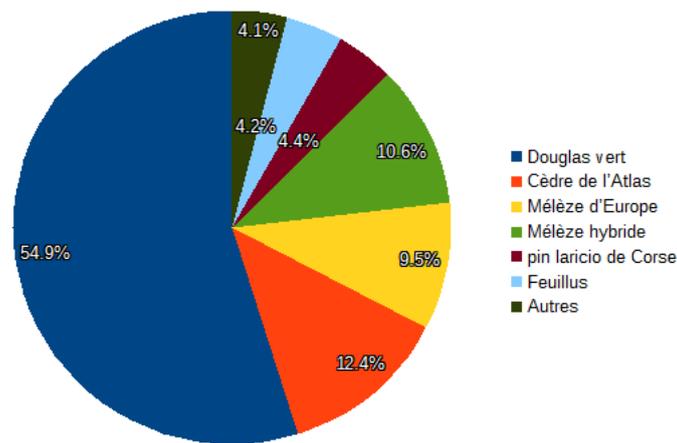


Figure 6: Répartition des essences plantées par la société Gannac SAS sur la période 2014-2018

I.2.5. Densité de reboisement

A l'échelle du département, la densité de plantation a augmenté entre 2006 et 2018, passant d'une moyenne de 950 tiges/ha à une moyenne de 1100 tiges/ha (figure 7). Les enseignements de la sylviculture de stabilité, qui prônait des plantations à plus faible densité (et/ou des interventions fortes et précoces) et qui étaient tirés des expériences des tempêtes de 1987, 1999 et 2009, semblent progressivement être oubliés par les gestionnaires.

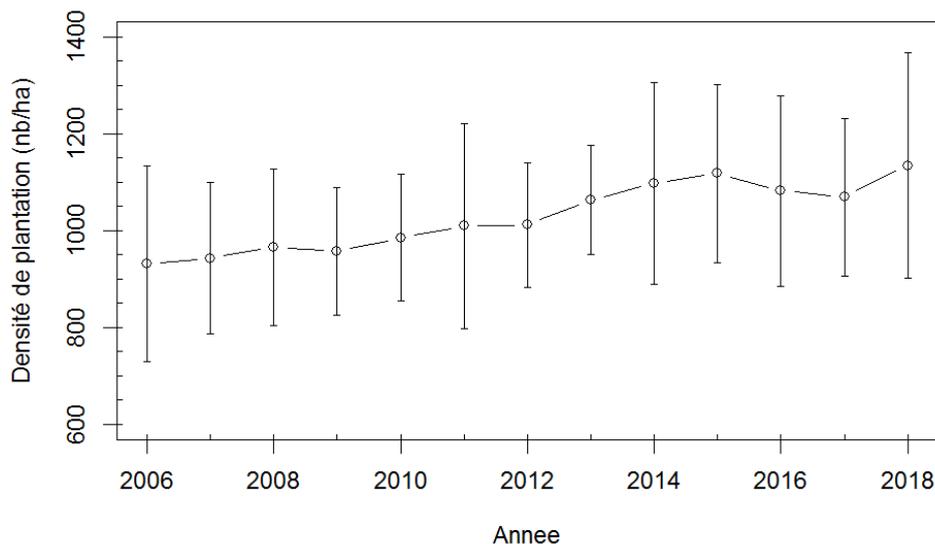


Figure 7: Evolution de la densité de plantation à l'échelle du département. Les cercles correspondent aux moyennes annuelles et les barres verticales correspondent à ± 1 écart-type

I.2.6. Localisation des reboisements

Les informations fournies par les gestionnaires permettent d'identifier les communes sur lesquelles s'effectuent les reboisements. Sans grande surprise, il s'agit en priorité des communes des Monts de Lacaune et de la Montagne Noire. On remarquera en particulier une forte concentration des reboisements sur la commune d'Anglès, correspondant à environ 600 ha sur les 13 ans d'étude. Cela équivaut à plus de deux fois le niveau de reboisement dans les autres communes du département (figure 8).

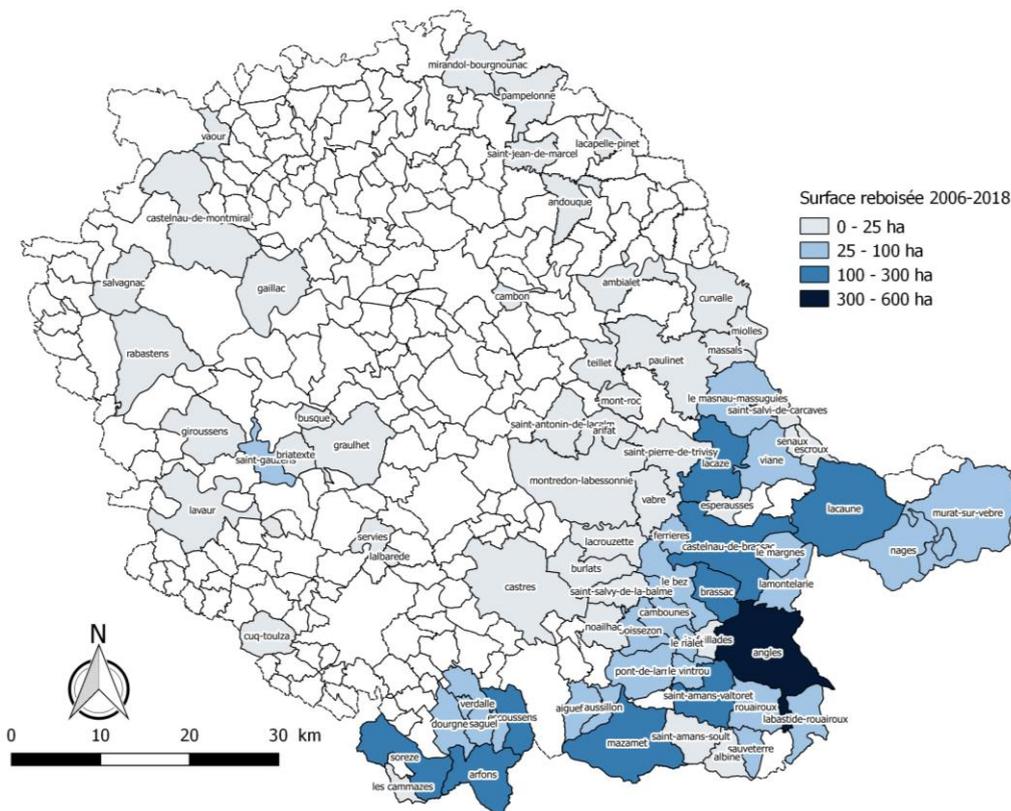


Figure 8: Localisation par commune des reboisements dans le Tarn entre 2006 et 2018

Du fait des fortes différences de surface boisée entre communes, il est judicieux de rapporter la surface des reboisements à la surface totale par commune de forêt privée. Cette dernière peut être approchée grâce à la base de données IFN v2 des formations végétales (figure 9).

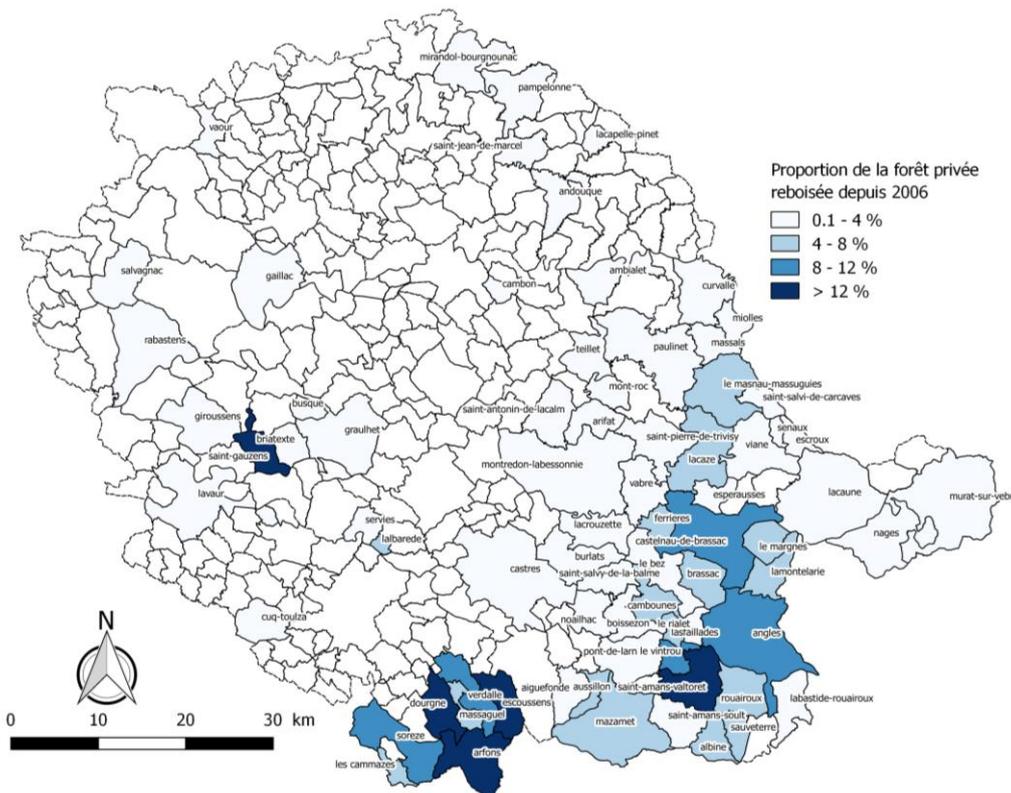


Figure 9: Localisation par commune des reboisements dans le Tarn entre 2006 et 2018, en proportion de la surface de forêt privée

Cette carte fait apparaître d'autres communes sur lesquels les reboisements en forêt privée sont concentrés : Arfons, Dourgne, Escoussens, Saint-Amans-Valtoret, Saint-Gauzens, Sorèze, Verdalle, Le Vintrou, Anglès, Castelnau de Brassac. Il faut noter que les communes de Dourgne, Escoussens et Saint-Gauzens ressortent de cette analyse car ce sont de petites communes avec une surface forestière privée assez réduite (moins de 500 ha) et quelques reboisements d'importance.

II) Evaluation des coupes rases et de leur devenir

II.1. Contexte

Pour appréhender la pérennité de la ressource forestière, son renouvellement et sa disponibilité à moyen et long terme pour les industries de première transformation, l'étude vise à évaluer le rythme annuel des coupes rases à l'échelle du Tarn et leur devenir : Sont-elles reboisées artificiellement ? Sont-elles régénérées naturellement ? Les parcelles reviennent-elles à un état boisé sans intervention ? Sont-elles défrichées pour en modifier l'usage ?

Au regard de la loi, la continuité de l'état boisé et le changement d'occupation du sol s'évalue 5 ans après la coupe rase. A cette date, le constat d'un retour à l'état boisé est conditionné par les caractéristiques suivantes (*CF/L124-6 et arrêté du 18/01/2016*) :

- Présence de tiges d'essence forestière en station inscrite sur la liste régionale des essences éligibles aux aides forestière de l'Etat, ou d'essences secondaires associées (annexes 1 et 2)
- Tiges ayant une hauteur entre 1,5 et 6 m
- Une densité minimale de 1 500 tiges par hectare
- Des tiges réparties de façon homogène sur la surface de la parcelle et recouvrant au moins 70% de sa surface

Pour les reboisements artificiels, il est noté qu'il faut suivre les normes de densité et la liste des essences éligibles pour les aides de l'Etat. Si le renouvellement est insuffisant, il faut prendre des dispositions pour que ce renouvellement corresponde aux caractéristiques demandées (regarnis).

Par ailleurs, la législation impose un retour à l'état boisé des parcelles coupées à ras de plus d'un hectare d'un seul tenant situées dans un massif forestier d'une étendue supérieur à 4 hectares (*CF/L124-6 et arrêté du 18/01/2016*).

Cette phase de l'étude se fait visuellement par comparaison de photos aériennes successives. Il faut noter que des outils sont en train de se mettre en place au niveau du ministère de l'Agriculture : en 2011, à la demande du ministère, l'IRSTEA (institut national de recherche en sciences et technologie pour l'environnement et l'agriculture), a mis au point une méthode de détection automatique des coupes rases, afin de faciliter le travail des agents de terrain. Le principe de cet outil est de travailler sur imagerie satellite issue du réseau sentinel 2. Après un pré-traitement afin d'homogénéiser leur luminance, le logiciel compare deux images satellite par rapport à leur NDVI (indice de végétation normalisé) (Ose, & Deshayes, 2015). Quand un changement de NDVI est détecté, il est tracé et stocké dans une couche SIG. Ces coupes rases potentielles doivent être ensuite vérifiées par photo aérienne puis par une visite sur le terrain. Ces outils, bien que prometteurs, ne sont pas pour l'heure pleinement opérationnels. Dans la présente étude, la détection des coupes rases se fera donc visuellement par comparaison de photos aériennes.

II.2. Méthode

II.2.1. Méthodologie pour la détection des coupes rases par photos aériennes

La gestion des informations géo-référencées s'est faite par le logiciel QGIS.

II.2.1.a. Choix de la période d'étude

Le choix de la période d'étude a été conditionné par la disponibilité des photos aériennes et la cohérence avec la période couverte lors de la première phase de l'étude (2006-2018). Cinq photographies aériennes réalisées sur le département du Tarn sont disponibles : 2003, 2006,

2010, 2013, 2016. La détection des coupes rases et leur devenir sont évalués à partir de ces photos et/ou la vérification terrain (voir plus loin, paragraphe II.2.1.d).

La photographie de 2003 étant la première, aucune coupe n'a été repérée à partir de cette photo. En revanche, elle nous a permis de détecter sur la photo de 2006 les coupes qui ont eu lieu entre 2003 et 2006. La photographie de l'année 2016 nous permet de détecter les coupes rases intervenant entre 2013 et 2016. En revanche, il n'est pas possible de caractériser le devenir de l'ensemble des coupes dans la mesure où le délai légal des 5 ans n'est pas révolu (voir partie II.2.1.d).

II.2.1.b. Zone d'étude et méthode de sélection des communes

Cette étude porte sur l'intégralité du département du Tarn. Une stratification des communes échantillonnées est réalisée de la façon suivante.

Les évaluations par commune des surfaces forestières privées selon le groupe d'essences (feuillus, résineux, mixtes) s'est faite à partir de la Bd Forêt v2 de l'IGN et la couche des forêts sous régime forestier (gestion ONF). Ces évaluations à partir de photo aériennes nous sont utiles car elles permettent de classer les communes et, le cas échéant, d'extrapoler les résultats à l'échelle du Tarn. Il faut néanmoins garder à l'esprit qu'elles restent imprécises et peuvent différer d'autres évaluations fournies par l'IGN à l'échelle départementale à partir d'inventaires de terrain. Ainsi, la base Bd Forêt v2 croisée avec la couche ONF indique pour le Tarn une surface de forêt privée d'environ 163 000 ha, alors que le kit IFN réalisé dans le cadre du PRFB (inventaire de terrain) indique pour le Tarn une surface de forêt privée de 151 000 ha (+/- 9 000 ha).

Les communes ont été classées en trois catégories suivant leur état boisé et leurs boisements résineux. Ainsi, outre les communes très boisées sur lesquelles la majorité du temps de travail s'est concentrée, nous avons pu aussi tirer au sort des communes de plaine sur lesquelles les enjeux de production résineuse étaient moindres.

La stratification des communes s'est faite à partir de deux critères que sont la surface de forêt résineuse privée (en ha) et la proportion de surface de forêt résineuse privée par rapport à la surface totale de la commune. Ces 2 attributs ont ensuite été croisés pour former les catégories suivantes (tableau 1). Après cette stratification, les communes ont été tirées au sort au sein de chaque catégorie.

| Catégorie | Description |
|-------------|---|
| Catégorie 1 | Les communes ayant plus de 200 ha de forêts résineuses privées <u>ou</u> une surface forestière résineuse privée représentant plus de 10% de la surface de la commune |
| Catégorie 2 | Les communes ayant entre 50 ha et 200 ha de forêts résineuses privées <u>et</u> représentant entre 3% et 10% de la surface de la commune. Ce sont typiquement de petites communes avec de grandes surfaces de résineux. |
| Catégorie 3 | Les communes ayant entre de 50 ha et 200 ha de forêt résineuse privée <u>et</u> représentant moins de 3% de la surface de la commune. Ce sont typiquement des communes étendues avec de grandes surfaces de résineux. |
| Catégorie 4 | Les communes ayant moins de 50 ha de forêts résineuses. Cette catégorie n'est pas échantillonnée. |

Tableau 1: Stratification des communes du Tarn selon leurs boisements résineux privés

Ce choix de croiser ces 2 caractéristiques permet de mettre l'accent à la fois sur les communes fortement boisées en résineux et celles, de grandes tailles, dont la surface résineuse en valeur absolue est importante. 73% du nombre de communes sélectionnées sont dans la catégorie 1 (soit 92 073 ha de territoire communal), 15% dans la catégorie 2 (soit 18 980 ha de territoire communal) et 11% dans la catégorie 3 (soit 14 061 ha de territoire communal). La catégorie 4 n'a pas été échantillonnée (voir tableau 4). Au total, 39 communes ont été étudiées.

II.2.1.c. Méthode de déplacement sur une commune

Le choix a été fait d'observer les coupes rases à l'échelle de communes entières. Les déplacements par commune ont été réalisés en se basant sur la couche SIG des limites de communes. Une grille de maille rectangulaire (2 km par 1 km) permet une exploration méthodique et évite de repasser plusieurs fois au même endroit.

L'exploration de chaque commune débute dans la maille au nord-est de la commune. Le cheminement se fait ensuite d'est en ouest. Une fois la première ligne effectuée, on se situe sur la maille au nord-ouest de la commune. Le cheminement se fait ensuite vers le bas vers la ligne du dessous, puis d'ouest en est, et ceci jusqu'à arriver en limite est de cette ligne. Le cheminement se fait ensuite vers le bas, puis d'est en ouest. L'exploration continue jusqu'à couverture complète de la commune (schéma 1).

Dans le cas où une maille est à cheval sur 2 communes, nous ne nous intéressons qu'à la partie de la commune concernée, l'autre partie n'était pas couverte. Dans le cas où une coupe rase est observée à cheval sur deux communes, elle a été tracée intégralement sur les deux communes. Par la suite, les polygones tracés sont redécoupés selon les communes sélectionnées, éliminant de fait les coupes rases ne faisant pas partie de notre sélection de communes.

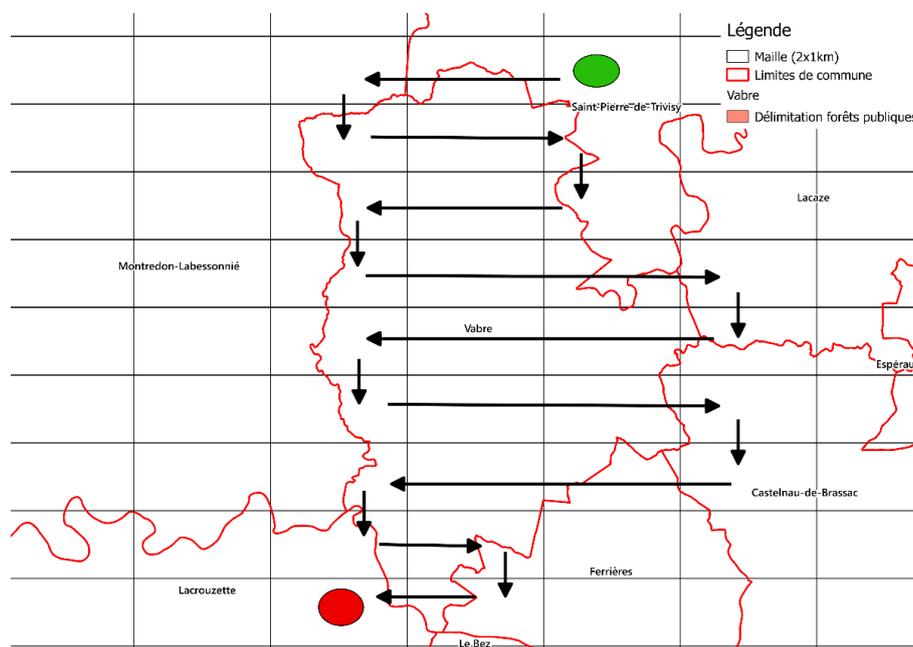


Schéma 1: Cheminement au sein d'une commune sélectionnée

II.2.1.d. Détection et caractérisation des coupes rases

Le seuil de détection de coupe rase a été fixé à 0,5 hectare. La détection d'une coupe rase se fait par comparaison entre deux photographies aériennes successives. Son contour est tracé en essayant de respecter au mieux les limites de cette coupe. La présence d'arbre isolé ou de chemin sur une parcelle n'est pas prise en compte dans le tracé de cette parcelle.

Pour chaque polygone de coupe rase, 3 attributs sont renseignés :

- l'année de la photographie aérienne à laquelle la coupe rase a été détectée,
- la nature de l'essence antérieure, à partir de la photographie aérienne qui précède celle de la coupe,
- le devenir de la coupe, à partir des photos aériennes et/ou de la vérification terrain.

Les modalités des attributs sont données dans le tableau 2. L'analyse par photographie aérienne a été complétée par une phase de vérification de terrain, pour les cas où le devenir de la coupe rase ne peut être renseigné avec certitude (code « VER »).

L'équivalent de 4 jours complets de terrain, soit 160 coupes et 200 ha, a été dédié à ces vérifications. Dans certains cas, les parcelles étaient inaccessibles ou trop isolées pour que nous puissions toutes les visiter. Le code « VER » a alors été conservé.

| Attribut | Modalité | Description de la modalité |
|----------------------------|-----------|---|
| Année de coupe rase | 2003-2006 | Coupe rase réalisée entre 2003 et 2006 |
| | 2006-2010 | Coupe rase réalisée entre 2006 et 2010 |
| | 2010-2013 | Coupe rase réalisée entre 2010 et 2013 |
| | 2013-2016 | Coupe rase réalisée entre 2013 et 2016 |
| Essence antérieure | R | Peuplement antérieur de résineux |
| | F | Peuplement antérieur de feuillus |
| | M | Peuplement mixte (résineux et feuillus sur la même coupe) |
| Devenir de la coupe | REP | Replantée dans les années suivant la coupe. Identification des lignes de plants. |
| | RBN | Retour à l'état boisé de manière naturel. Après 5 ans, des arbres en quantité suffisante sont détectables et ne sont pas disposés en lignes. |
| | DEF | Défrichée en vue d'un changement d'occupation du sol (vocation agricole, construction, carrière...) |
| | LAN | Lande observée après 5 ans. Densité d'arbres insuffisante, essences non forestières, développement de ronce et genet. |
| | VER | Parcelle requérant une vérification terrain |
| | IND | Etat indéterminé, suite à une coupe rase entre 2013 et 2016. Il n'y a pas de replantation ou de défrichement constatés et le délai des 5 ans court encore pour caractériser le retour à un état boisé satisfaisant. |

Tableau 2: Description des attributs de coupes rasées (observation des photos et vérification de terrain)

Quelques exemples de visualisation du devenir des coupes rasées sont fournis dans le tableau 3.

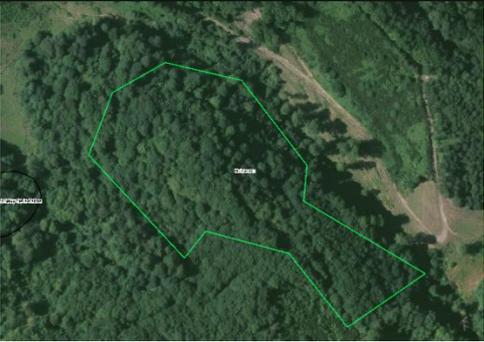
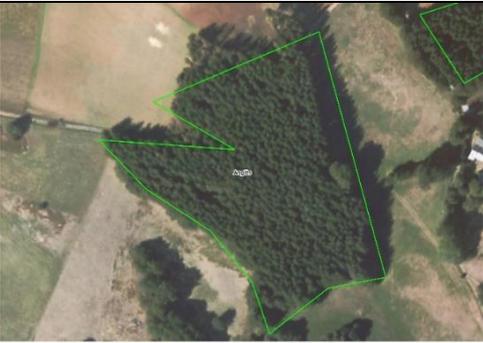
| <u>Avant</u> | <u>Après</u> |
|---|--|
| <u>Replantation suite à une coupe rase</u> | |
|  <p data-bbox="201 584 778 645">Peuplement de résineux en 2003, coupé entre 2003 et 2006.</p> |  <p data-bbox="804 584 1382 645">Etat en 2016, soit 10 ans après coupe rase. Des lignes de jeunes plants sont visibles.</p> |
| <u>Retour à un état boisé naturel</u> | |
|  <p data-bbox="201 1043 778 1104">Peuplement de feuillus en 2003, coupé entre 2003 et 2006.</p> |  <p data-bbox="804 1043 1382 1104">Etat en 2016, plus de 10 ans après la coupe rase. Le retour à l'état boisé naturel est constaté.</p> |
| <u>Défrichement</u> | |
|  <p data-bbox="201 1503 778 1541">Peuplement de résineux en 2003, coupé en 2006</p> |  <p data-bbox="804 1503 1382 1541">Etat en 2013, au moins 7 ans après la coupe rase.</p> |
| <u>Pas de retour à un état boisé naturel</u> | |
|  <p data-bbox="312 1935 671 1966">Peuplement de résineux en 2003</p> |  <p data-bbox="831 1935 1366 1966">Etat en 2016, au moins 10 ans après la coupe rase</p> |

Tableau 3: Exemples de devenir de coupe rase

II.2.1.e. Méthode d'extrapolation des résultats de coupe de résineux

Les résultats générés concernent 39 communes sur les 324 que compte le département. La méthode d'extrapolation à l'échelle du Tarn pour les coupes de peuplements résineux consiste à distinguer les communes de la catégorie 1 des autres. Pour les communes de la catégorie 1, une règle de trois est appliquée à partir de la surface totale de ces communes. De même, pour les communes des catégories 2, 3 et 4, une règle de trois est appliquée à partir de la surface totale de ces communes. Ainsi, la surface de coupe rases résineuses s'exprime par :

$$\frac{S_{coup_com_obs_cat1}}{S_{com_obs_cat1}} \times S_{com_cat1} + \frac{S_{coup_com_obs_cat(2+3)}}{S_{com_obs_cat(2+3)}} \times S_{com_cat(2+3+4)}$$

Où S désigne une surface en ha, et les indices correspondent à :

- coup : coupée à ras
- com_obs_cat*i* = communes observées de la catégorie *i*
- com_cat*i* = toutes les communes de la catégorie *i*

Le choix de regrouper les catégories 2 et 3 est dicté par le faible nombre de communes observées dans la catégorie 3 (n=4) qui représentent néanmoins une surface équivalente à celles de la catégorie 2. Il nous permet aussi de prendre en compte les communes de la catégorie 4, non échantillonnées lors de cette étude mais qui représentent environ 1600 ha de résineux sur 26 000 ha de résineux interprétés sur la Bd forêt V2 à l'échelle du Tarn.

Nous avons renoncé à appliquer cette extrapolation aux peuplements feuillus car notre échantillonnage ne couvrait que 30% des forêts feuillues du Tarn et que la catégorie 4, contenant plus de la moitié des peuplements feuillus du Tarn n'avait pas été échantillonnée. Appliquer les prélèvements des catégories 2 et 3 à la catégorie 4 aurait induit une sur-estimation démesurée et difficilement quantifiable de la récolte de feuillus à l'échelle du département.

II.2.2. Méthodologie de l'enquête auprès des propriétaires

Nous avons souhaité comprendre, au moyen d'une enquête téléphonique, les raisons pour lesquelles les propriétaires décidaient de ne pas reboiser certaines parcelles de futaie coupées à ras. Les parcelles sélectionnées sont tirées au sort parmi celles identifiées par photo aérienne. Les parcelles retenues se caractérisent par :

- un peuplement antérieur résineux,
- une surface de coupe rase d'au moins 1 ha,
- l'absence de replantation.

L'échantillonnage s'est fait en proportions égales dans les propriétés bénéficiant d'un plan simple de gestion et celles n'en bénéficiant pas. Pour ce faire, il a fallu dans un premier temps séparer les coupes rases effectuées sous PSG et celles hors PSG. Ensuite, nous avons sélectionné les coupes rases de plus de 1 ha n'ayant pas été replantées. Pour les propriétés sous PSG, le dossier d'agrément par le CRPF a été consulté afin de vérifier les faits et trouver les contacts de propriétaires. Pour les coupes hors PSG, nous avons croisé le contour des coupes avec les données du cadastre afin d'identifier et contacter les propriétaires.

II.3. Résultats

Cette partie présente les résultats obtenus à partir des photographies aériennes sur les 39 communes. Les résultats obtenus sont présentés en hectare par an pour pouvoir être comparés plus facilement. Pour cela, nous avons pris l'intervalle de temps entre 2 photos aériennes et divisé la surface par le nombre d'années dans cet intervalle, soit 3 ans pour 2003-2006, 2010-

2013, 2013-2016 et 4 ans pour 2006-2010. Nous présentons dans un premier temps les résultats globaux relatifs aux communes sélectionnées.

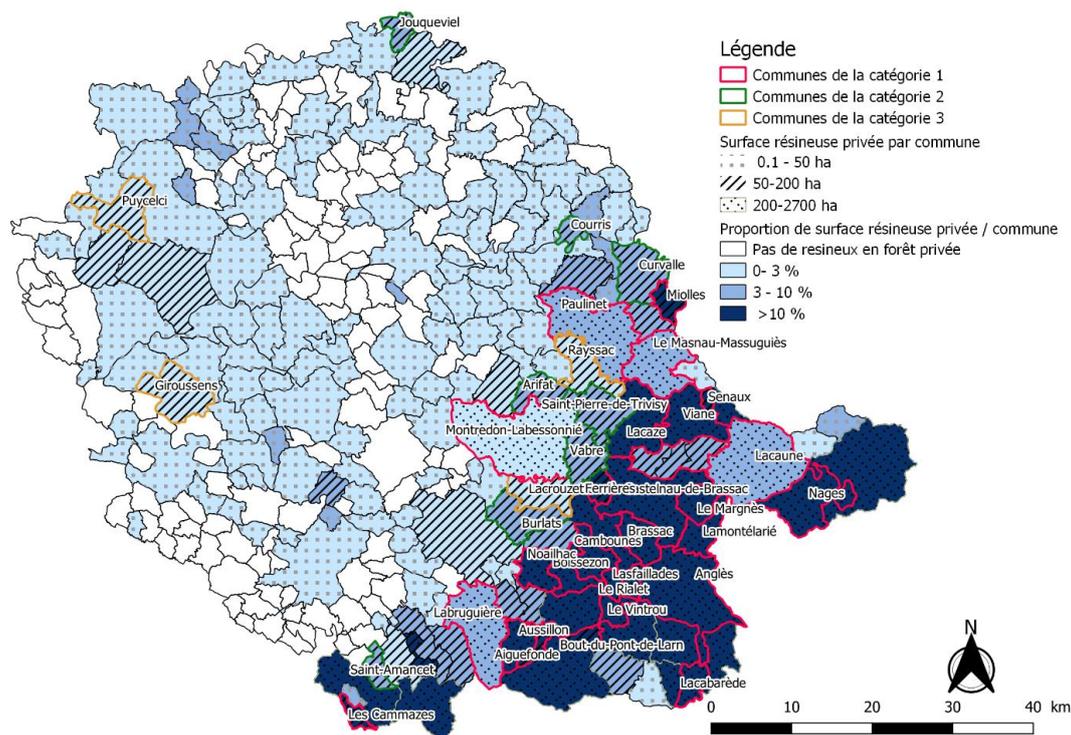


Figure 10: Répartition géographique des communes sélectionnées.

D'après la Bd forêt V2 de l'IFN, la surface des communes observées représente 125 114 ha au total (toutes occupations du sol confondues), dont 59 489 ha de forêts privées (parmi lesquels 14 536 ha de résineux). A titre de comparaison, la surface du département est d'environ 578 468 ha, dont 162 910 ha de forêts privées (parmi lesquels 25 968 ha de résineux privés). Comme nous l'avons mentionné au paragraphe II.2.1.b, ces derniers chiffres sont légèrement sur-estimés par rapport l'inventaire terrain de l'IFN.

Au cours de l'étude, 39 communes du département ont été observées. Parmi celles-ci, 27 sont des communes de la catégorie 1, 8 de la catégorie 2 et 4 de la catégorie 3. Leur répartition sur le territoire est présentée sur la figure 10. Les caractéristiques forestières des catégories de ces communes sont reprises dans le tableau 4.

| | Surf. For. Priv. en ha (% de la cat.) | Surf. For. Priv. Résineux en ha (% de la cat.) | Surf. For. Priv. Feuillues en ha (% de la cat.) | Surf. For. Priv. Mixte en ha (% de la cat.) |
|-----------------|---|--|---|---|
| Total Cat 1 | 63 061 | 21 303 | 33 306 | 8 452 |
| Com. Obs. cat 1 | 43 502 (69%) | 13 292 (62%) | 24 372 (73%) | 5 838 (69%) |
| Total Cat 2 | 16 416 | 2 220 | 11 945 | 2 252 |
| Com. Obs. cat 2 | 9 217 (56%) | 920 (41%) | 6 961 (58%) | 1 335 (59%) |
| Total Cat 3 | 13 743 | 807 | 11 911 | 1 025 |
| Com. Obs. cat 3 | 6 770 (49%) | 324 (40%) | 5 911 (50%) | 534 (52%) |
| Total Cat 4 | 69 690 | 1 639 | 65 477 | 2 574 |
| Total général | 162 911 | 25 968 | 122 639 | 14 303 |
| Tot. Com. Obs | 59 489 (37 %) | 14 536 (56 %) | 37 244 (30 %) | 7 707 (54 %) |

Tableau 4: Surfaces forestières observées par catégorie de commune et groupe d'essences. Le Total Cat représente la surface totale de la catégorie, alors que Com. Obs. cat. représente la surface des communes observées dans une catégorie. Le Total général représente la surface à l'échelle du département. Le Tot. Com. Obs représente la surface totale observées toutes catégories confondues (1, 2 et 3).

Nous avons réalisé l'observation de près de 60 000 ha de forêts privées, soit environ 37% des forêts du département. Nous voyons que l'étude a bien été concentrée sur les peuplements résineux, car 56 % de la surface en résineux du département a été observée (soit environ 15 000 ha). A noter qu'il y a seulement 1 640 ha de peuplements résineux dans la catégorie 4 qui n'a pas été échantillonnée. En revanche, nous voyons que la surface de forêt feuillue échantillonnée est de 30%. Cela s'explique principalement par le fait que plus de la moitié de la surface forestière de feuillus se situe sur les communes de la catégorie 4.

II.3.1. Typologie des coupes rases

Sur l'intervalle de temps de l'étude (2003 à 2016), 2 279 coupes rases ont été relevées, soit 1 513 pour les résineux, 646 pour les feuillus et 120 pour les mixtes. La surface moyenne des coupes rases observées tous devenirs confondus est de 2.1 ha.

La surface totale de coupes rases des 39 communes analysées sur 14 ans représente 4 829 ha. L'évolution dans le temps de la surface de coupes rases est donnée sur la figure 11. Sur ces 39 communes, elle met en évidence une augmentation de 47%, les surfaces rasées passant de 317 ha/an à 466 ha/an entre 2003 et 2016.

Les peuplements résineux sont les peuplements les plus concernés par les coupes rases sur les 39 communes observées, avec 3 175 ha coupés entre 2003 et 2016 (soit en moyenne 66% de la surface des coupes rases, voir figure 11). En ce qui concerne les feuillus, la surface coupée observée sur les 39 communes est de 1 345 ha (soit 28% des surfaces rasées).

L'augmentation des surfaces rasées entre 2003 et 2016 est attribuée en grande partie aux peuplements feuillus : en effet, la surface de peuplements résineux rasée augmente de 27 %, passant de 217 ha/an à 275 ha/an entre 2003 et 2016, tandis que la surface de feuillus rasée augmente de 91 %, passant de 100 ha/an à 191 ha/an entre 2003 et 2016.

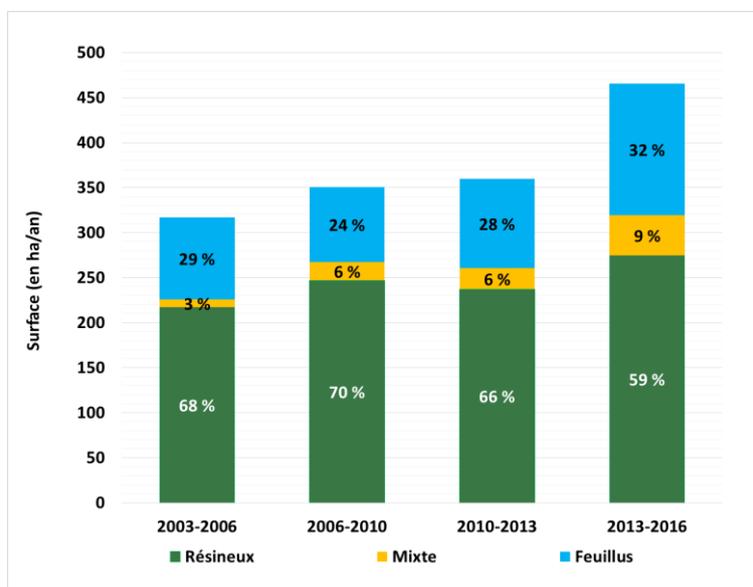


Figure 11: Evolution des surfaces de coupe rase selon le type d'essence antérieure

La DDT a mené une comparaison similaire à partir de photos aériennes et satellitaires sur la période 2013-2018. Il a été possible de comparer nos résultats sur les 18 communes observées dans les deux inventaires sur les années 2013 à 2016 (voir annexe 3) : la surface de coupes observée par la DDT est de 813 ha, tandis que nous avons mesuré 937 ha de coupes rases au cours de la même période. Cela donne un écart de 14% entre les 2 relevés, ce qui est plutôt satisfaisant, compte tenu des différences de méthode et de résolution des photos aériennes et satellites.

II.3.2. Devenir des coupes rases

Une fois ces coupes rases identifiées, l'étude des photographies aériennes ultérieures a permis de caractériser leur devenir.

II.3.2.a. Caractérisation des chantiers élémentaires

La caractérisation des chantiers élémentaires de coupe rase est présentée à la figure 12, selon le devenir après coupe rase.

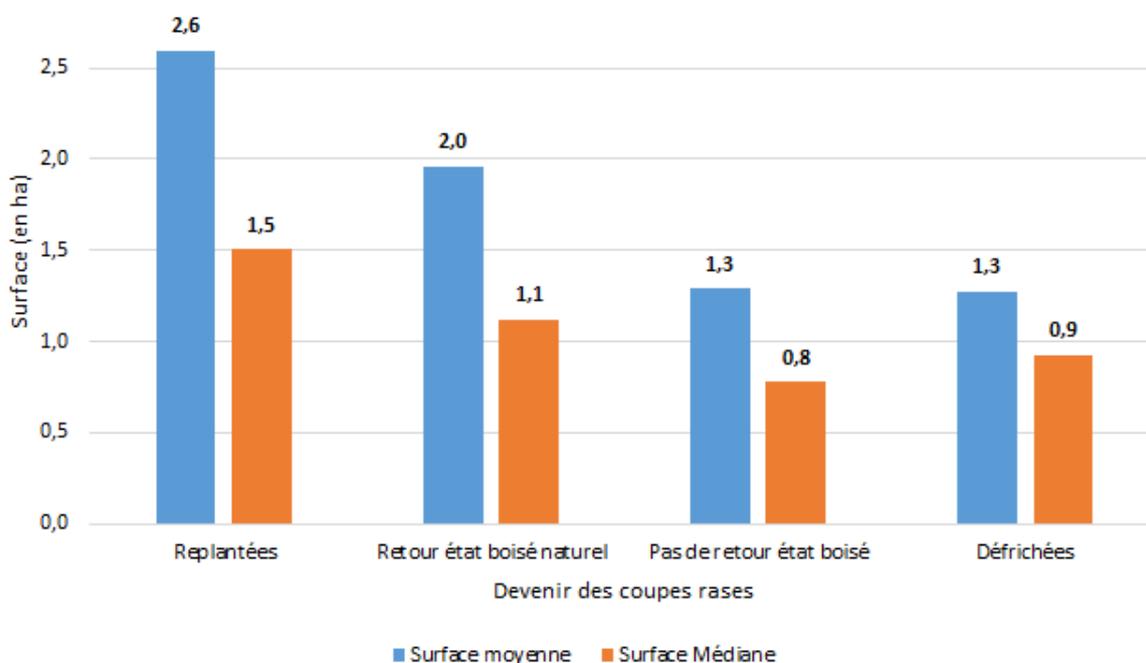


Figure 12: Typologie des chantiers élémentaires de coupes rases en fonction de leur devenir.

La taille moyenne des coupes rases replantées est plus grande (2.6 ha en moyenne) que celles associées aux autres devenirs. Les défrichements couvrent en moyenne 1.3 ha, les parcelles ne revenant pas à un état boisé naturel 1.3 ha et les coupes ayant un retour à un état boisé naturel sont en moyenne de 2.0 ha.

II.3.2.b. Devenir des coupes rases à l'échelle des 39 communes

Il faut d'emblée noter que la situation des coupes rases observées entre 2013 et 2016 est un peu différente des autres intervalles. En effet, les coupes rases détectées au cours de cette période ne peuvent pas toutes être caractérisées de façon définitive, dans la mesure où la durée légale des 5 ans pour un retour à l'état boisé court encore. De ce fait, toutes les coupes de 2013 à 2016 n'ont pu être caractérisées que comme replantées, défrichées ou dans un état indéterminé. Le taux de coupes rases dont le devenir n'a pas pu être déterminé est de 46% sur cet intervalle (figure 13).

Tous peuplements confondus, le devenir des coupes rases montre une augmentation de 33 % du reboisement artificiel, passant de 180 ha/an à 240 ha/an entre 2003 et 2016. Cela correspond à environ 59% des surfaces rasées. Un retour à l'état boisé naturel satisfaisant concerne environ 90 ha/an, valeur restant constante entre 2003 et 2013 (~26% des surfaces). Les surfaces défrichées diminuent de moitié au cours des années, de 30 ha/an à 15 ha/an entre 2003 et 2013 (soit 4 et 7% des surfaces). Les surfaces n'ayant pas un retour à un état boisé satisfaisant sont en augmentation, passant de 5 ha/an à 20 ha/an entre 2003 et 2013. Même si la proportion de surface correspondante est faible (entre 3 et 6%), ce sont des surfaces perdues pour la production forestière.

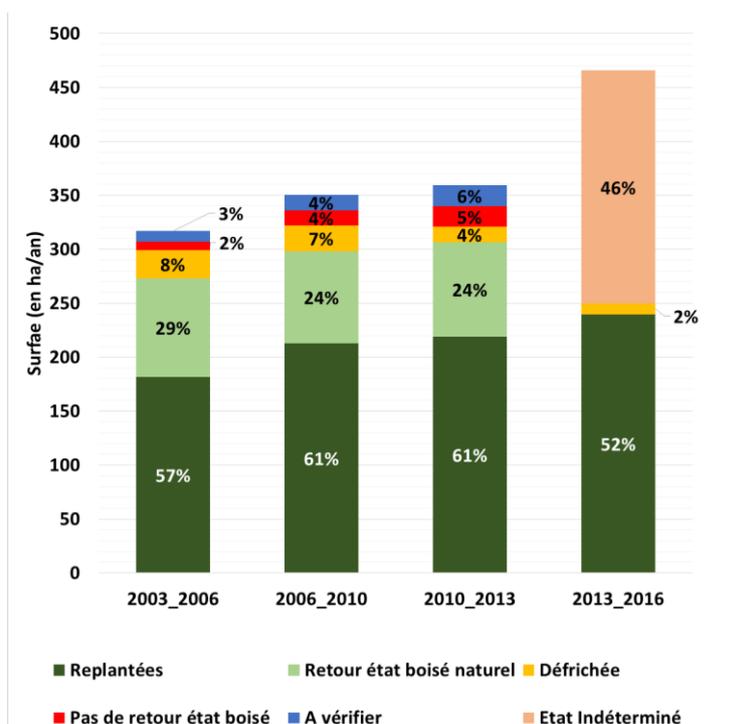


Figure 13: Rythme des coupes rases et leur devenir quel que soit le groupe d'essences

Derrière ces valeurs moyennes se cache une réalité très contrastée entre les coupes rases de résineux et celles de feuillus (figure 14). Dans la suite, et ce, afin de ne pas alourdir le propos, nous n'avons pas détaillé les résultats correspondant aux peuplements antérieurs mixtes.

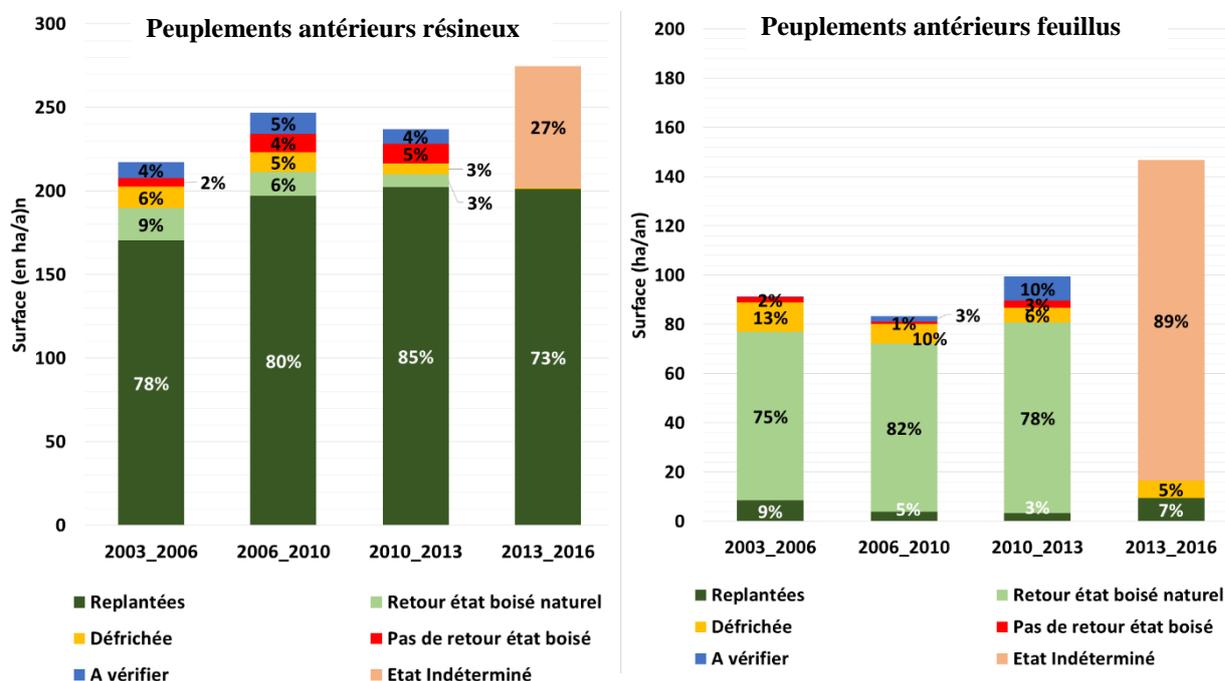


Figure 14: Rythme des coupes rases et leur devenir en distinguant le groupe d'essences antérieures : Résineux à gauche et feuillus à droite

Peuplements antérieurs résineux

La surface résineuse rasée est en augmentation, passant de 220 ha/an à 275 ha/an entre 2003 et 2016 (figure 14, gauche). La proportion de surface rasée qui est reboisée tend à augmenter et passe de 78% à 85% 2003 et 2013. Le rythme de reboisement de ces parcelles tend à augmenter, passant de 170 ha/an à 233 ha/an entre 2003 et 2016 (en supposant un taux

de reboisement de 81% pour l'intervalle 2013-2016). Les surfaces concernées par un retour à un état boisé naturel tendent à diminuer, passant de 9 à 3 % entre 2003 et 2013, soit de 19 à 8 ha/an. Les défrichements diminuent aussi entre 2003 et 2013, passant de 13 ha/an à 7 ha/an (soit de 6% à 3% des surfaces). Le non-retour à un état boisé satisfaisant est en augmentation sur la même période, passant de 5 à 12 ha/an (soit 2 à 5% des surfaces).

Peuplements antérieurs feuillus

La situation des coupes rases de peuplements feuillus est très différente de celles des résineux (figure 14, droite). Si le rythme des coupes rases de feuillus augmente aussi, passant de 100 ha/an à 191 ha/an entre 2003 et 2016, celles-ci sont plus rarement suivies de reboisement artificiel (entre 3 et 10 ha/an sur la période 2003-2013, soit entre 3 et 9% des surfaces rasées). Le retour à un état boisé naturel satisfaisant reste majoritaire et concerne entre 68 et 77 ha/an (soit entre 75 et 82% des surfaces). Le défrichement diminue entre 2003 et 2013, passant de 12 à 6 ha/an (soit de 13% à 6% des surfaces). Le non-retour à un état boisé satisfaisant concerne relativement peu de surfaces : entre 2 et 3 ha/an, soit entre 2 et 4%.

II.3.2.c. Extrapolation à l'échelle du Tarn des coupes rases résineuses

En utilisant la méthode décrite au paragraphe II.2.1.e (p.15), il est possible d'extrapoler les résultats précédents à l'échelle du département (figure 15). Attention, cela ne concerne que les coupes rases de peuplements résineux.

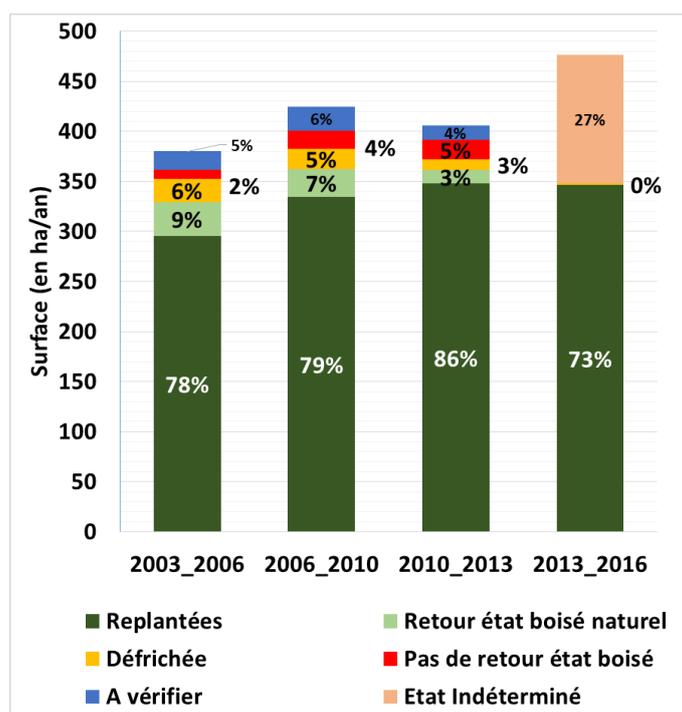


Figure 15: Devenir des coupes rases de peuplements résineux à l'échelle du Tarn

A l'échelle du Tarn, le rythme annuel de coupe de résineux a augmenté de 25% entre 2003 et 2016, pour passer de 380 ha/an à 476 ha/an.

La répartition entre les différents devenirs après coupe rase résineuse est sensiblement la même qu'à l'échelle des 39 communes (figure 14, gauche). Le rythme annuel des reboisements représente de 78 à 86 % des surfaces rasées, soit de 345 ha/an à 386 ha/an entre 2003 et 2016 (en supposant un taux de reboisement de 81% sur la période 2013-2016). Les surfaces concernées par un retour à un état boisé naturel après coupe rase tendent à diminuer, passant de 9 à 3 %, soit de 34 à 14 ha/an. Les défrichements tendent eux-aussi à diminuer dans

le temps, passant de 6 % à 3% entre 2003 et 2013 (soit de 23 ha/an à 11 ha/an). Le constat d'une absence d'état boisé satisfaisant concerne entre 2 et 5% des surfaces résineuses rasées du Tarn, soit entre 9 et 19 ha/an.

II.3.3. Influence des documents de gestion durable

Dans cette partie nous évaluons l'impact de la présomption de documents de gestion durable sur la répartition des coupes rases et leur devenir. Pour ce faire, nous distinguons les propriétés selon qu'elles sont ou non soumises à plan de gestion. Il faut mentionner que nous n'avons pas distingué les cas où le plan simple de gestion était effectivement réalisé, si celui-ci est valide ou échoué. Les propriétés soumises à plan simple de gestion représentent 25 455 ha de forêt sur les 39 communes, soit 42% de la surface forestière.

II.3.3.a. Typologie des peuplements rasés et document de gestion durable

En termes de surfaces rasées, 2 940 ha de coupe ont lieu dans des propriétés soumises à PSG (61%) et 1 860 ha hors PSG (39%). Les propriétés sous PSG concentrent la majeure partie des peuplements résineux rasés, soit 76% (figure 16, droite). Par contre, la proportion s'inverse pour les peuplements feuillus rasés, puisque 74% d'entre eux se trouvent dans des propriétés hors PSG.

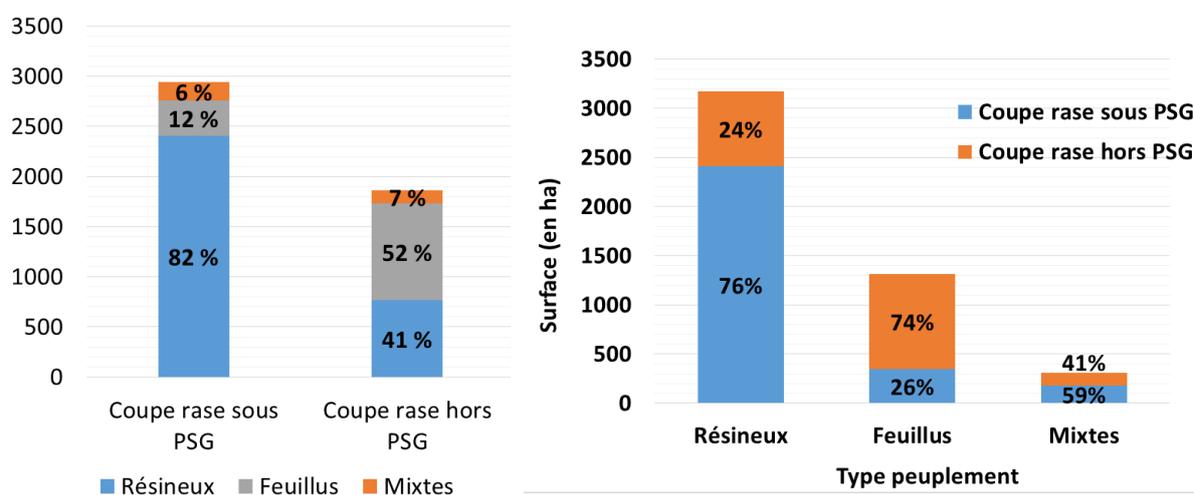


Figure 16: Typologie des peuplements rasés selon la présence ou non d'un document de gestion durable

En présentant les mêmes données en distinguant le type de peuplement rasé selon le type de propriété, on constate que, sous PSG, 82% des coupes rases réalisées sont des résineux, 12% sur des feuillus et 6% sur des peuplements mixtes (figure 16, gauche). Sur les parcelles coupées hors PSG, 41% de la surface est occupé par les résineux, 52% par des feuillus et 7% par des peuplements mixtes.

II.3.3.b. Devenir des peuplements et document de gestion durable

L'impact de la présomption de document de gestion durable sur le devenir des coupes rases est exploré sur la figure 17.

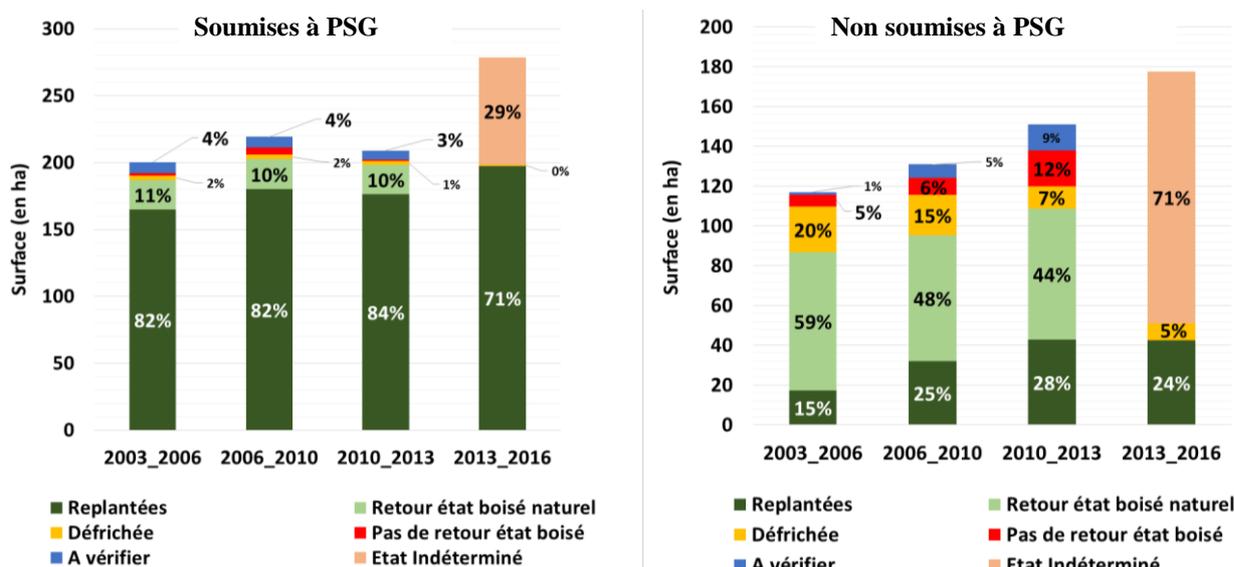


Figure 17: Typologie des coupes rases dans les propriétés soumises à PSG (gauche) et non soumises à PSG (droite)

Dans les propriétés sous PSG, la surface rasée augmente au cours des années et passe de 210 ha/an à 280 ha/an entre 2003 et 2016 (soit une augmentation de 33%). Cette augmentation est particulièrement marquée sur la période 2013-2016. Le reboisement concerne de l'ordre de 83 % des surfaces de coupe rase (soit de 165 à 235 ha/an entre 2003 et 2016). Cette proportion est le reflet de la prédominance des peuplements résineux dans les propriétés soumises à PSG. Les surfaces concernées par les autres devenir évoluent peu entre 2003 et 2013 : le retour à un état boisé naturel satisfaisant concerne 10% des surfaces, soit environ 20 ha/an, le défrichage et l'absence de retour à un état boisé satisfaisant de l'ordre de quelques pourcents chaque année. Ces proportions restent à confirmer sur la période 2013-2016.

Dans les propriétés hors PSG, la surface de coupe rase augmente significativement entre 2003 et 2016 et passe d'environ 120 ha/an à presque 180 ha/an (50%, figure 17, droite). La proportion de surface reboisée augmente elle-aussi de 15 à 28 % entre 2003 et 2013 (soit de 17 à 42 ha/an). Le constat d'un retour à un état boisé satisfaisant représente entre 65 et 70 ha/an entre 2003 et 2013. Les surfaces défrichées dans les propriétés hors PSG sont significatives, puisqu'elles représentent entre 7 et 20% des surfaces rasées (soit entre 11 et 23 ha/an). La proportion tend néanmoins à diminuer entre 2003 et 2013. Le constat d'un non-retour à un état boisé satisfaisant augmente sur la période d'étude et passe de 5 à 12% entre 2003 et 2013 (soit de 6 à 18 ha/an).

II.3.4. Répartition géographique

II.3.4.a. Résultats par communes

Les résultats par commune du rythme de coupe et du devenir des parcelles après coupe sont donnés dans le tableau 5. Ils mettent en lumière les communes sur lesquelles l'exploitation forestière par coupe rase est la plus soutenue, telles Anglès, Brassac, Cambounès, Castelnau-de-Brassac et le Margnès (maintenant Fontrieu), Lacaune, Lacaze, Montredon-Labessonnié, Nages, Paulinet, Viane ou Lacrouzette. Parmi celles-ci, on pourra en mentionner certaines sur lesquelles la forêt tend à perdre du terrain du fait du défrichage ou d'un non-retour à un état boisé satisfaisant : Cambounès, Castelnau-de-Brassac, Lacaune, Montredon-Labessonnié, Viane.

| Cat | Communes | Surface commune (ha) | Forêt Privée en ha (dont % résineux) | 2003-2006 | | 2006-2010 | | 2010-2013 | | 2013-2016 |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| | | | | Surf. Coup. ha/an (dont % résineux) | %REP / %RBN / %Autre | Surf. Coup. ha/an (dont % résineux) | %REP / %RBN / %Autre | Surf. Coup. ha/an (dont % résineux) | %REP / %RBN / %Autre | Surf. Coup. ha/an (dont % résineux) |
| 1 | AIGUEFONDE | 1 909 | 903 (50 %) | 11 (94 %) | 94 / 0 / 6 | 10 (73 %) | 93/ 5 / 2 | 9 (72 %) | 90/ 10/ 0 | 8 (79 %) |
| | ANGLES | 8 603 | 5 138 (52 %) | 53 (96 %) | 91 / 2 / 7 | 89 (93 %) | 84/ 3 / 12 | 60 (83 %) | 83/ 0/ 17 | 65 (82 %) |
| | AUSSILLON | 1 030 | 394 (50 %) | 2 (8 %) | 0 / 100 / 0 | 2 (72 %) | 61/ 39 / 0 | 2 (100 %) | 82/ 18/ 0 | 0 (0 %) |
| | BOISSEZON | 1 956 | 1 395 (45 %) | 7 (66 %) | 49 / 51 / 0 | 10 (70 %) | 54/ 43 / 2 | 17 (90 %) | 89/ 10/ 2 | 11 (32 %) |
| | BOUT-DU-PONT-DE-LARN | 785 | 305 (43 %) | 1 (0 %) | 0 / 0 / 100 | 2 (10 %) | 0/ 0 / 100 | 0 (0 %) | 0/ 0/ 0 | 0 (0 %) |
| | BRASSAC | 2 368 | 1 766 (30 %) | 8 (97 %) | 89 / 8 / 4 | 13 (89 %) | 67/ 17 / 16 | 13 (94 %) | 83/ 6/ 11 | 24 (78 %) |
| | CAMBOUNES | 2 257 | 1 484 (25 %) | 9 (90 %) | 29 / 9 / 63 | 14 (36 %) | 25/ 64 / 12 | 12 (89 %) | 57/ 5/ 37 | 23 (59 %) |
| | CASTELNAU-DE-BRASSAC | 7 278 | 3 136 (31 %) | 14 (81 %) | 50 / 28 / 23 | 34 (88 %) | 85/ 7 / 8 | 36 (86 %) | 67/ 5/ 28 | 46 (84 %) |
| | FERRIERES | 1 186 | 668 (22 %) | 10 (79 %) | 79 / 21 / 0 | 5 (64 %) | 84/ 16 / 0 | 2 (40 %) | 84/ 0/ 16 | 1 (51 %) |
| | LABRUGUIERE | 6 153 | 875 (25 %) | 8 (100 %) | 100 / 0 / 0 | 7 (66 %) | 39/ 34 / 27 | 1 (0 %) | 0/ 0/ 100 | 4 (100 %) |
| | LACABAREDE | 1 473 | 993 (45 %) | 1 (0 %) | 0 / 100 / 0 | 0 (0 %) | 100/ 0 / 0 | 2 (100 %) | 67/ 0/ 33 | 2 (100 %) |
| | LACAUNE | 9 128 | 3 260 (26 %) | 12 (70 %) | 72 / 11 / 17 | 11 (65 %) | 51/ 34 / 15 | 10 (81 %) | 41/ 31/ 27 | 27 (95 %) |
| | LACAZE | 4 606 | 2 840 (22 %) | 16 (83 %) | 82 / 10 / 8 | 12 (47 %) | 32/ 49 / 19 | 11 (75 %) | 87/ 4/ 9 | 37 (34 %) |
| | LAMONTELARIE | 2 163 | 1 430 (29 %) | 1 (0 %) | 0 / 17 / 83 | 12 (84 %) | 80/ 5 / 15 | 9 (92 %) | 87/ 11/ 2 | 8 (98 %) |
| | LASFAILADES | 834 | 510 (82 %) | 2 (100 %) | 100 / 0 / 0 | 2 (100 %) | 64/ 23 / 13 | 0 (100 %) | 100/ 0/ 0 | 3 (100 %) |
| | LE MARGNES | 1 813 | 962 (36 %) | 5 (91 %) | 73 / 9 / 19 | 8 (98 %) | 80/ 0 / 20 | 17 (100 %) | 95/ 0/ 5 | 14 (98 %) |
| | LE MASNAU-MASSUGUIES | 4 765 | 1 588 (28 %) | 23 (62 %) | 42 / 32 / 26 | 11 (33 %) | 26/ 63 / 11 | 9 (79 %) | 77/ 21/ 1 | 3 (41 %) |
| | LE RIALET | 750 | 507 (75 %) | 9 (94 %) | 97 / 3 / 0 | 8 (94 %) | 86/ 3 / 11 | 8 (89 %) | 76/ 0/ 24 | 4 (100 %) |
| | LE VINTROU | 1 141 | 883 (66 %) | 8 (88 %) | 70 / 24 / 5 | 13 (89 %) | 94/ 2 / 4 | 1 (49 %) | 66/ 34/ 0 | 5 (84 %) |
| | LES CAMMAZES | 778 | 265 (31 %) | 0 (0 %) | 0 / 0 / 0 | 1 (100 %) | 0/ 0 / 100 | 4 (100 %) | 100/ 0/ 0 | 2 (0 %) |
| | MIOLLES | 1 213 | 511 (38 %) | 1 (50 %) | 34 / 50 / 17 | 4 (91 %) | 85/ 3 / 12 | 9 (100 %) | 98/ 0/ 2 | 7 (96 %) |
| MONTREDON-LABESSONNIE | 11 094 | 4 658 (6 %) | 18 (60 %) | 31 / 50 / 19 | 10 (46 %) | 2/ 59 / 39 | 6 (11 %) | 0/ 71/ 29 | 17 (6 %) | |
| NAGES | 5 010 | 2 461 (24 %) | 7 (77 %) | 65 / 12 / 23 | 9 (84 %) | 63/ 21 / 16 | 13 (97 %) | 87/ 4/ 9 | 13 (87 %) | |
| NOAILHAC | 2 089 | 1 188 (33 %) | 6 (28 %) | 83 / 17 / 0 | 8 (34 %) | 53/ 24 / 23 | 3 (26 %) | 80/ 20/ 0 | 6 (75 %) | |
| PAULINET | 7 349 | 3 002 (11 %) | 10 (28 %) | 0 / 64 / 36 | 13 (16 %) | 6/ 74 / 19 | 25 (11 %) | 11/ 77/ 11 | 12 (2 %) | |
| SENAUX | 474 | 274 (22 %) | 5 (69 %) | 69 / 31 / 0 | 1 (88 %) | 37/ 12 / 51 | 0 (0 %) | 0/ 100/ 0 | 2 (100 %) | |
| VIANE | 3 868 | 2 106 (23 %) | 16 (62 %) | 35 / 49 / 16 | 7 (64 %) | 32/ 39 / 29 | 10 (86 %) | 67/ 20/ 13 | 33 (60 %) | |
| 2 | ARIFAT | 2 024 | 776 (8 %) | 3 (70 %) | 52 / 29 / 19 | 5 (73 %) | 23/ 32 / 45 | 11 (13 %) | 13/ 75/ 11 | 4 (12 %) |
| | BURLATS | 3 262 | 2 314 (5 %) | 4 (38 %) | 27 / 44 / 29 | 4 (28 %) | 18/ 72 / 9 | 6 (2 %) | 16/ 41/ 43 | 10 (51 %) |
| | COURRIS | 938 | 484 (14 %) | 0 (0 %) | 0 / 0 / 0 | 0 (0 %) | 0/ 0 / 0 | 0 (0 %) | 0/ 0/ 0 | 1 (0 %) |
| | CURVALLE | 3 883 | 1 638 (9 %) | 10 (46 %) | 46 / 50 / 4 | 4 (0 %) | 0/ 88 / 12 | 2 (61 %) | 61/ 39/ 0 | 3 (48 %) |
| | JOUQUEVIEL | 1 208 | 572 (15 %) | 0 (0 %) | 0 / 0 / 0 | 0 (0 %) | 0/ 0 / 0 | 0 (0 %) | 0/ 0/ 0 | 0 (0 %) |
| | SAINT-AMANCET | 1 221 | 300 (27 %) | 0 (0 %) | 0 / 0 / 0 | 1 (0 %) | 0/ 100 / 0 | 4 (79 %) | 61/ 19/ 21 | 3 (89 %) |
| | SAINT-PIERRE-DE-TRIVISY | 3 599 | 1 318 (14 %) | 1 (79 %) | 79 / 0 / 21 | 1 (47 %) | 0/ 82 / 18 | 4 (0 %) | 0/ 62/ 38 | 21 (7 %) |
| | VABRE | 2 845 | 1 816 (10 %) | 3 (63 %) | 0 / 47 / 53 | 9 (68 %) | 53/ 26 / 20 | 1 (55 %) | 50/ 45/ 5 | 6 (10 %) |
| 3 | GIROUSSENS | 4 211 | 1 199 (10 %) | 0 (0 %) | 0 / 0 / 100 | 1 (46 %) | 100/ 0 / 0 | 0 (0 %) | 0/ 0/ 0 | 1 (0 %) |
| | LACROUZETTE | 2 876 | 2 147 (4 %) | 14 (22 %) | 18 / 82 / 0 | 4 (51 %) | 51/ 49 / 0 | 17 (24 %) | 24/ 76/ 0 | 24 (14 %) |
| | PUYCELCI | 3 964 | 2 301 (2 %) | 14 (0 %) | 2 / 94 / 4 | 3 (0 %) | 0/ 67 / 33 | 16 (8 %) | 8/ 87/ 5 | 9 (9 %) |
| | RAYSSAC | 3 011 | 1 123 (6 %) | 3 (29 %) | 0 / 71 / 29 | 6 (0 %) | 0/ 70 / 30 | 9 (0 %) | 0/ 55/ 45 | 6 (8 %) |

Tableau 5: Caractéristiques par communes des coupes rases et leur devenir. %REP = pourcentage de coupes rases replantées ; %RBN = pourcentage de coupes avec un retour à un état boisé naturel ; %Autres = Pourcentage de coupe défriché, sans retour à un état boisé, restant à vérifier

II.3.4.b. Répartition géographique des coupes rases de résineux

La répartition géographique des coupes rases de résineux permet de mettre en lumière les communes sur lesquelles les coupes de résineux sont les plus importantes et les différences entre elles en termes de replantation (figure 18). Par souci de lisibilité de cette carte, 3 communes ne sont pas représentées: Giroussens, Puycelci et Joucqueviel. Leurs caractéristiques sont néanmoins visibles dans le tableau 5.

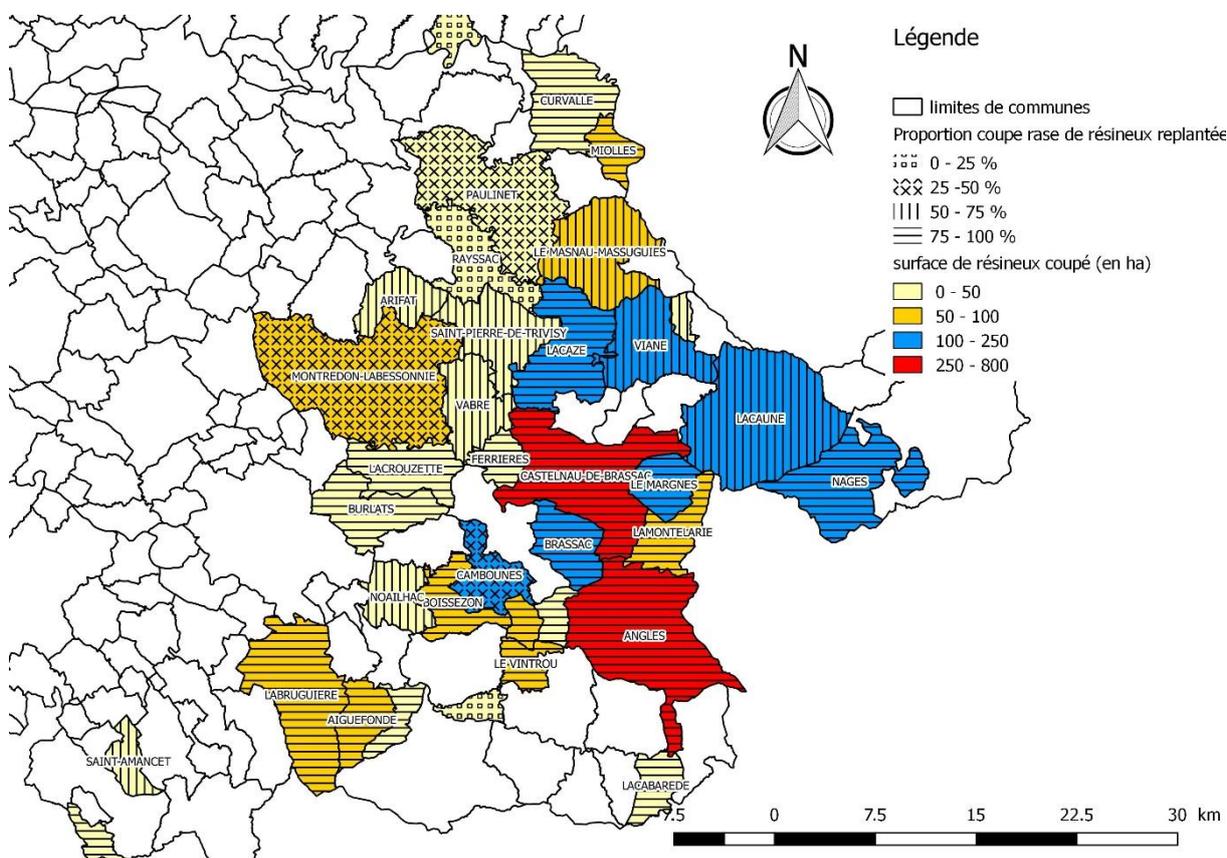


Figure 18: Répartition géographique par commune des coupes rases résineuses et de la proportion de coupe replantée entre 2003 et 2016

Les communes d'Angles et de Castelnau-de-Brassac sont les communes avec les surfaces coupées les plus importantes entre 2003 et 2016 (360 ha pour Castelnau-de-Brassac et 790 ha pour Anglès). Les communes situées autour ces dernières ont également des surfaces coupées assez importantes, notamment Cambounès, Brassac, Lacaze, Viane, Lacaune, Le Margnès et Nages. Toutes ces communes ont des taux de replantation assez importants, entre 75 et 100% pour la plupart et 50 et 75% pour Viane et Lacaune. Cambounès a un taux de replantation relativement faible (47%).

De façon générale, les communes où les coupes de résineux sont importantes ont un taux de replantation assez élevée. Mais il est intéressant de voir également dans les communes où de faibles surfaces de résineux sont coupées, le taux de replantation est assez élevé dans la plupart des cas (Noailhac, Burlats, Lacrouzette ...). Les communes de Paulinet, Rayssac, Bout-du-Pont-de-Larn et Courris sont les communes sur lesquelles les résineux coupés ont le moins tendance à être replantés. Cela s'explique sur la commune de Rayssac par le fait que seuls 4 ha de résineux ont été coupés entre 2003 et 2016 et ils n'ont pas été replantés. De même pour le Bout-du-Pont-de-Larn où seulement 0,7 ha ont été coupés sur cette période et n'ont pas été replantés. Pour Courris, il n'y a pas eu de coupe rase sur résineux au cours de cette période. Enfin Paulinet est la seule commune où des coupes de résineux et sont peu reboisées (35% sur

2003-2016). Cela peut s'expliquer par la faible altitude moyenne de la commune et les risques climatiques associés.

II.3.5. Résultats de l'enquête propriétaire

L'étude vise également à obtenir des informations sur les raisons pour lesquelles les propriétaires n'ont pas reboisé après une coupe rase.

Dans un premier temps nous avons analysé la répartition des surfaces de coupe sous PSG et hors PSG (figure 20 et figure 19). Nous nous apercevons que sous PSG il n'y a pas beaucoup de coupes rases de plus d'1 ha qui ne sont pas replantées: 35 au total. Hors PSG, ce chiffre est plus important (90). En revanche sur les coupes hors PSG, il faut bien prendre en compte le fait que les coupes rases ont été intersectées avec le cadastre, donc que certaines coupes de grandes tailles sont parfois redécoupées en plusieurs parties alors que le propriétaire au moment de la coupe pouvait être le même. Dans d'autres cas des parcelles sont découpées selon différents propriétaires de la même famille qui ont effectué la coupe en même temps.

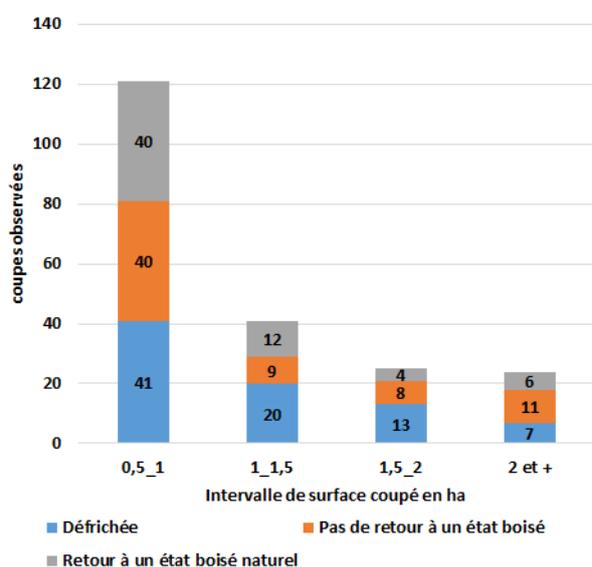


Figure 20: Histogramme des coupes rases de résineux hors PSG non replantées

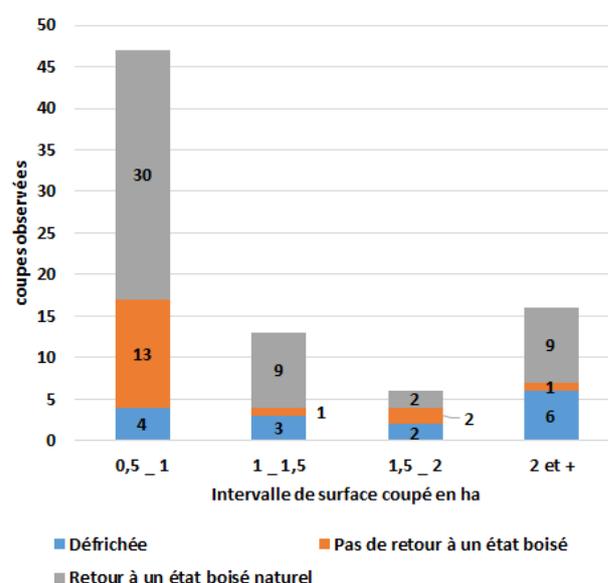


Figure 19: Histogramme des coupes rases de résineux sous PSG non replantées

Pour cette enquête nous avons essayé de joindre au total 28 propriétaires qui a priori n'avaient pas reboisé (12 sous PSG et 16 hors PSG). Il y a 13 propriétaires forestiers qui ont répondu (8 hors PSG et 5 sous PSG). Le tableau 6 montre la répartition des propriétaires contactés dans chaque catégorie. La catégorie de devenir « Lande » est peu représentée. Le reste de l'échantillon étant plutôt bien proportionné.

| Surface de coupe | | 0,5-1ha | 1-1,5ha | 1,5-2 ha | >2 ha |
|------------------|-------------|---------|---------|----------|-------------------|
| PSG | 2003 – 2006 | | | | |
| | 2006 – 2010 | | 1 (RBN) | | 1 (DEF) + 2 (RBN) |
| | 2010 – 2013 | | 1 (RBN) | | |
| | 2013 - 2016 | | | | |
| Hors PSG | 2003 – 2006 | | 1 (RBN) | 1 (RBN) | 1 (LAN) + 2 (RBN) |
| | 2006 – 2010 | | | 1 (DEF) | |
| | 2010 – 2013 | | | | 1 (RBN) + 1 (DEF) |
| | 2013 - 2016 | | | | |

Tableau 6: Description de l'échantillon de propriétaires contactés par téléphone. RBN = Retour à un état boisé naturel ; DEF = Défrichement ; LAN = Pas de retour à un état boisé naturel satisfaisant.

Il faut avant tout souligner la difficulté de trouver et contacter avec succès des propriétaires correspondant aux critères. En effet, il n'y a pas tant de propriétaires que cela qui ont réalisé des coupes rases non reboisées sur résineux de plus d'un hectare hors PSG et d'autant plus sous PSG. Il faut ajouter à cela le fait qu'au moins la moitié des propriétaires hors PSG n'ont pas leurs numéros de téléphone dans l'annuaire. De même pour les propriétés sous PSG, plus de la moitié des propriétaires n'ont pas de numéro de téléphone à jour dans leur PSG et ne sont pas dans l'annuaire. La moitié au moins des personnes contactées n'ont pas décroché malgré une répétition d'au moins 5 appels à l'heure des repas (13h et repas du soir). Il faut ajouter à cela les personnes contactées qui ont répondu mais à qui la propriété n'appartient plus, ou qui ne possédait pas la parcelle au moment de la coupe. Enfin, certains propriétaires âgés ne se rappellent pas de la coupe. Plus rare sont les personnes qui ont refusé de répondre.

Sont ressorties de cette enquête les raisons de non-reboisement suivantes :

- Sous PSG, la principale raison de non-reboisement est un retour à un état boisé naturel satisfaisant (2). Dans un cas, ce retour à l'état boisé naturel était voulu par des personnes indiquant que « la nature fait bien les choses ». Dans l'autre cas, c'est un reboisement naturel « forcé », en ce sens que la régénération était importante et aurait concurrencé fortement une éventuelle replantation, requérant de ce fait de nombreux entretiens.
- Sous PSG, une seconde cause qui revient est d'ordre financier (2) : Soit le propriétaire craignait que la coupe ne leur rapporte pas assez d'argent pour financer le reboisement, soit le propriétaire craignait que l'investissement en plantation ne puisse pas être rentabilisé suite à des problèmes sanitaires
- Sous PSG un propriétaire était actuellement en cours d'acquisition d'une propriété voisine et voulait attendre la finalisation de cet achat pour mettre en place son nouveau PSG et réaliser le reboisement dans cette parcelle.
- Hors PSG, la justification financière du non-reboisement est la principale (4). Ces personnes interrogées expliquent que la plantation leurs aurait coûté plus cher que ce que leur a rapporté la coupe (4).
- Hors PSG, le risque sanitaire est aussi avancé pour justifier la non-replantation (2). En effet, ces propriétaires ont dû dans les deux cas faire couper le peuplement précédent suite à un dépérissement important liés à des attaques d'insectes. Ils ne souhaitent pas reprendre le même risque.
- Hors PSG, la pression importante du gibier est également mise en avant comme pouvant mettre en péril une future plantation (1).
- Hors PSG, un retour à l'état boisé naturel était parfois volontairement souhaité, même s'il n'a pas abouti (1) ou qu'il est préféré par le propriétaire car les feuillus « n'appauvrissent pas les sols » (1).
- Sous PSG et hors PSG, la seule raison avancée pour justifier un défrichage est que les propriétaires possèdent aussi des terres agricoles à proximité (3). Ils avaient en vue une valorisation possiblement meilleure de ces parcelles.

III) Evaluation de la réussite des reboisements et des dégâts de gibier

III.1. Contexte

Après une évaluation assez fine du rythme des coupes rases et de leur devenir sur la période 2003-2016, cette partie est consacrée à l'évaluation de la qualité des reboisements après quelques années de végétation. L'enjeu est de préciser le taux de survie et les principaux problèmes rencontrés sur les plantations d'environ 5 ans.

De façon routinière, le Département Santé des Forêts mène des suivis sur les plantations de l'année. Chaque Correspondant Observateur (CO) réalise annuellement une dizaine de relevés de plantation, qui permettent de quantifier le taux de reprise et les problèmes rencontrés. Par contre, il n'y a pour l'instant pas de suivis de plantation une fois le stress de la transplantation surmonté. Notre étude a donc pour but d'évaluer le taux de reprise des plantations, une fois ce stress surmonté. De plus, la quantité de plantations que nous souhaitons suivre (une trentaine environ) va permettre d'avoir une idée précise des problèmes rencontrés et de mieux estimer la viabilité des peuplements à long terme.

D'après des données fournies par le DSF et réalisées par les CO entre 2016 et 2018, 53 relevés de plantation à 1 an ont été réalisés sur le département du Tarn. Sur ces 53 plantations, les principaux problèmes rencontrés sur plants vivants sont avant tout abiotiques (problèmes liés au climat, tels que sécheresse, gel, grêle). Ces problèmes représentent 43% des problèmes rencontrés et impliquent souvent des regarnis dans les plantations. Le second type de problèmes le plus rencontré, pour 36% d'entre eux, concerne les dégâts liés aux insectes, qu'ils sont phyllophages et de décapage cortical. Viennent ensuite les dégâts de gibier ou de rongeurs pour 26% d'entre eux. La mort des plants est attribuée pour 87% à des causes abiotiques et 9% à des causes entomologiques. Les 4% restants sont répartis entre les dégâts de gibier, de rongeur ou de pathogènes.

III.2. Méthode

Pour la méthodologie, nous nous sommes appuyés sur le protocole du Département Santé des Forêts utilisé par les CO lors de leurs visites de plantation. Nous avons complété les relevés sur plantation avec d'autres données notamment de situation géographique et de concurrence.

III.2.1. Sélection des plantations

Nous nous sommes intéressés aux essences les plus plantées dans le Tarn, soit le Douglas, le Mélèze Hybride, le Mélèze d'Europe et le Cèdre de l'Atlas. L'objectif était de visiter une trentaine de plantations pour chacune de ces essences. De plus, nous souhaitions visiter des plantations de feuillus, qui sont peu répandues dans le département.

La sélection aléatoire des plantations a été réalisée à partir de la base de données géo-référencée des reboisements entre 2006 et 2018 compilée lors de la première phase de l'étude avec l'aide des gestionnaires forestiers et des services de l'Etat en charge de l'instruction des dossiers de subvention. Pour l'étude présente, nous avons restreint cette base aux années entre 2012 et 2016. Cela représente 1 215 plantations. Nous avons encore restreint encore le champ de recherche aux chantiers de reboisement correspondant aux 4 essences objectif plus tous les feuillus, et qui sont d'une surface de plus de 0,5 ha. Cela représente 490 plantations.

Sur cette base, nous n'avons pas tous les contours de plantations, certains gestionnaires et la DDT n'utilisant pas systématiquement de logiciel SIG. Une première partie du travail a donc consisté à essayer de localiser ces plantations, en croisant la base CRPF des PSG, le

cadastre et les photos aériennes à notre disposition (2010, 2013 et 2016 pour cette partie de l'étude). Parfois, une plantation pouvait avoir plusieurs localisations possibles à cause de chantiers de reboisements multiples sur la propriété entre 2 photos aériennes. Cette incertitude était alors signalée par un commentaire « confusion avec (identifiants des autres tracés) ». Ce commentaire nous a permis sur le terrain de trouver la bonne localisation en cas d'erreur d'attribution à priori.

Une fois la base de données des plantations complétée, nous avons réalisé une sélection aléatoire de 40 plantations pour chacune des 4 essences, afin de disposer de solutions de repli dans le cas où une plantation ne soit pas réalisable. Les feuillus n'ont pas subi de sélection aléatoire, étant donné que leur nombre était limité (n=13).

Avant de se rendre sur le terrain, la liste de contact des différents propriétaires de plantations concernées par l'étude a été compilée (environ 170 propriétaires). Un courrier leur a été envoyé pour les informer de l'étude et leur demander l'autorisation d'accès. Cela a permis à certains propriétaires de nous contacter et par la suite de nous accompagner lors de la visite de leur plantation. Ils ont pu voir par eux-mêmes le succès de leur plantation et/ou les problèmes rencontrés. A l'issue de l'étude, nous avons envoyé à chaque propriétaire un compte rendu des mesures réalisées sur leur(s) plantation(s), assorti d'éventuelles recommandations.

Afin de se localiser sur le terrain, en approche et sur la plantation, la base de données a été transférée sur une tablette via le logiciel Qfield.

III.2.2. Protocole de mesures

Le protocole de mesures mis en place est inspiré du protocole du département santé des forêts pour suivre les plantations d'un an. Il est complété par quelques éléments du diagnostic de propriété du CRPF Occitanie. Une fiche de terrain a été mise en place afin de pouvoir récolter toutes les informations relevées sur les plantations (voir annexe 4). Elle se compose d'informations générales :

- Identification et localisation de la plantation : identifiant unique sous la forme (propriétaire_année de plantation_gestionnaire_surface_essence_commune), nom de commune, coordonnées GPS (Lambert 93) de la localisation de la première grappe réalisée, date de la visite, identifiant des opérateurs de terrain
- Topographie et station : altitude, pente moyenne (mesurée avec un clisimètre *Sunto* ©), exposition (mesurée à la boussole), situation de paysage (Schéma 2), forme de versant (plat, convexe, concave), confinement (mesuré avec un clisimètre, Schéma 3)

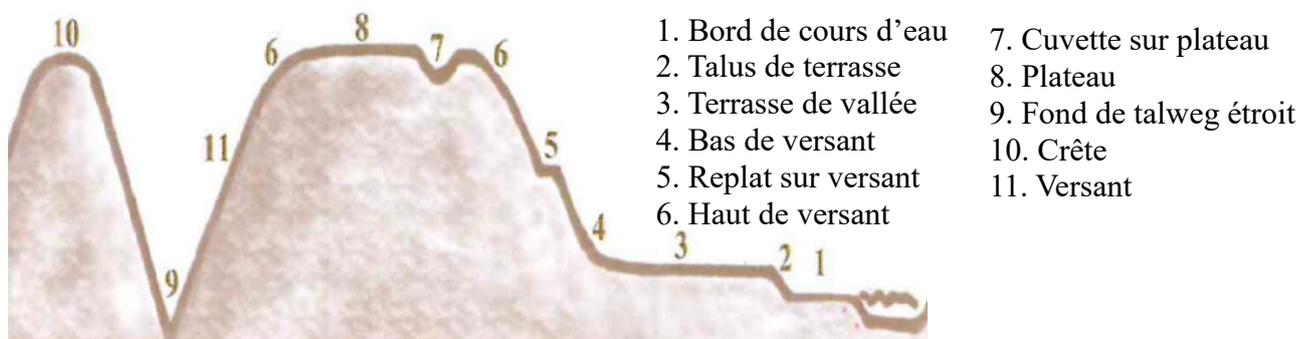


Schéma 2: Les différentes modalités des relevés sur les situations de paysage

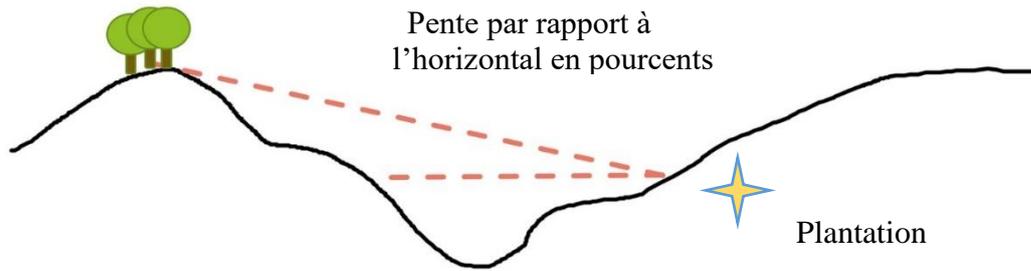


Schéma 3: Confinement de la plantation

- Historique de la plantation : année de récolte et essence du peuplement antérieur, travaux de préparation du sol, date de plantation, essence(s) plantée(s), densité de la trame de plantation (par la mesure répétée à différents endroits de la distance entre deux plants successifs et de l'interligne, travaux post-plantation (protection de gibier, dégagement, traitement chimique), type de plants (racines nues ou godets), volume de godet, provenance des graines et des plants, âge à la plantation. Certaines de ces informations ont été relevées sur le terrain ou complétées par la suite auprès des gestionnaires concernés ou de la DDT
- Relevé de végétation pour les 5 essences recouvrant majoritairement le sol et leur taux de recouvrement (en %)
- Observations et recommandations

Pour chaque plantation, 8 grappes de 10 arbres ont été observées. Le cheminement choisi était le suivant : il fallait d'abord s'éloigner d'au moins 10 m des bords pour éviter les effets de lisière de la plantation. Ensuite, des grappes de 10 arbres sont analysées, soit en 2 lignes de 5 individus ou 1 ligne de 10 individus (Schéma 4). Cette dernière option était préférée lorsque la végétation concurrente était très présente et rendait le cheminement très difficile. Cette façon de faire permet de ne pas manquer les plants absents. Il fallait répartir au mieux les 8 grappes sur l'ensemble de la parcelle (qu'elle fasse 0,5 ha ou 10 ha) afin d'appréhender l'état général de la plantation et sans que les grappes ne se rapprochent de moins de 10 m.

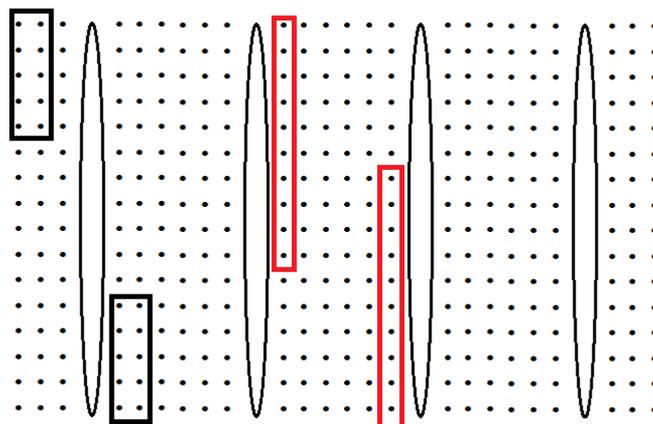


Schéma 4: Cheminement possible au sein des plantations, en fonction du nombre de personnes sur le terrain et de la pénétrabilité des plantations

Pour chaque grappe ont été mesurées :

- La hauteur du premier arbre de la grappe
- Une mesure de la concurrence en contact de la végétation alentour (en % de la hauteur totale, Schéma 5). Si un arbre est concurrencé sur 50% de sa hauteur mais uniquement sur la droite de son houppier et que de l'autre côté un dégagement a été réalisé, soit 0%

de concurrence, alors la valeur de concurrence au contact pour cet arbre est de 25%. Cette mesure est moyennée sur les 10 arbres de la grappe.

- Une mesure de la concurrence pour la lumière de la végétation alentour (en % de la hauteur totale, Schéma 5). Si un arbre est concurrencé en lumière sur 50% de sa hauteur selon un angle de 45° avec la végétation concurrente sur la droite de son houppier et que de l'autre côté aucun végétal ne vient faire de la concurrence lumière, soit 0% de concurrence, alors nous prendrons une valeur de concurrence au contact de 25%. Cette mesure est moyennée sur les 10 arbres de la grappe.

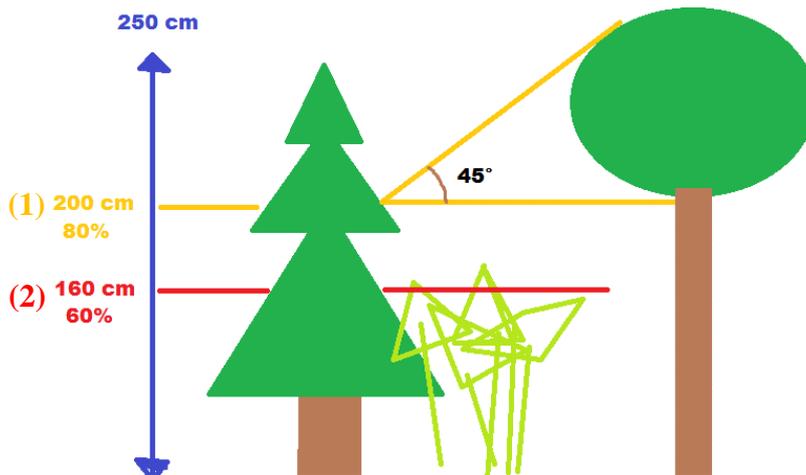


Schéma 5: Présentation des 2 types de concurrences estimées. La concurrence au contact est représentée par le trait de couleur rouge. La concurrence en lumière est représentée par le trait de couleur orange.

- Le nombre de plants indemnes de tout problème
- Le nombre de plant atteints par un ou plusieurs problèmes
- Le nombre de plant morts, la mort étant attribuée à un seul problème
- Le nombre de plant morts sans symptômes, c'est-à-dire que la mort ne peut pas être attribuée à un problème
- Le nombre de plants manquants par rapport à la trame de plantation initiale
- Pour chaque problème identifié, le nombre de plant atteints et morts

Pour identifier plus facilement les problèmes susceptibles d'être rencontrés sur les plantations, nous avons réalisé avant la campagne de mesures de terrain un catalogue des principaux problèmes (annexe 5). Ce catalogue a été réalisé à partir des données de plantations DSF des essences concernées par l'étude réalisées dans le Tarn et les départements voisins sur les 3 dernières années.

Si nous détectons un problème et que nous n'arrivons pas à le déterminer, nous avons prélevé des échantillons que nous avons par la suite envoyés au DSF pour analyse.

III.2.3. Méthodologie de l'analyse statistique

L'étude des corrélations entre facteurs est basée sur la comparaison statistique des moyennes. Pour ce faire, les intervalles de variation des facteurs sont scindés en sous-intervalles -ou niveaux-, en prenant soin, si possible, d'avoir un nombre similaire d'échantillons sur chaque niveau. Sur chaque niveau sont calculés la moyenne μ_x , l'écart type σ_x , la médiane, les 25^{ième} et 75^{ième} centiles, ainsi que les intervalles de confiance CI à 95%. Ceux-ci sont définis par $[\mu_x -$

$t \cdot \sigma_x / \sqrt{N}$; $\mu_x + t \cdot \sigma_x / \sqrt{N}$] avec N le nombre d'échantillons et t la variable de Student (calculée pour $N-1$ degrés de liberté). Si les intervalles de confiance ne se chevauchent pas, nous pouvons conclure que les moyennes sont statistiquement différentes.

Si les intervalles de confiance se chevauchent, d'autres tests statistiques sont réalisés à l'aide du logiciel R (R Core-Team, 2012). Le premier consiste à vérifier l'homogénéité de la variance en comparant le ratio des variances à une valeur critique de la loi de Fisher-Snedecor. Si le ratio est supérieur au F critique à un degré de confiance de 95%, la variance est homogène.

Nous comparons ensuite les moyennes des deux niveaux et nous estimons si ces moyennes sont statistiquement différentes à un degré de confiance de 95%. Lorsque la variance est homogène, nous utilisons le test basé sur la distribution de Student. Lorsque la variance est hétérogène, le test est basé sur la distribution de Welch. Dans la suite, les moyennes statistiquement différentes sont repérées par des étoiles rouges sur les graphiques.

III.3. Résultats

III.3.1. Description des plantations

Cette première sous-partie vise à décrire les plantations visitées et présenter leurs caractéristiques. Lors de cette étude, nous avons visité 127 plantations mono-spécifiques, réparties sur 37 communes du département. Parmi ces plantations, 30 étaient de Douglas, 27 de Mélèze d'Europe, 34 de Mélèze hybride, 31 de Cèdre de l'Atlas et 5 de feuillus (2 de Robinier faux-Acacia, 1 de Tilleul à grandes feuilles et 2 de Hêtre. Ces 127 plantations représentent 10 220 arbres observés au total.

Altitude

Les plantations visitées de Douglas et Cèdre de l'Atlas se situent à une altitude moyenne de 650 m (situées entre 540 m et 1 040 m pour le Douglas et entre 330 m et de 870 m pour le Cèdre) Les plantations de Mélèze hybride se retrouvent plutôt autour de 700 m (situées entre 440 m et 1 040 m) et celles de Mélèze d'Europe sont en moyenne à 800 m (situées entre 360 m et 1 100 m) d'altitude. Pour l'ensemble des plantations visitées, l'altitude moyenne est de 700 m (minimum de 150 m pour les feuillus et 360 m pour les résineux, le maximum est de 1 100 m).

Confinement

Le confinement moyen des plantations visitées de Douglas et Mélèzes d'Europe est proche, respectivement 9,3 % et 9,8 %. Pour le Cèdre de l'Atlas, cette valeur est inférieure (5,2 %). Cela s'explique par le fait que le cèdre est planté sur les sols moins riches et plus superficiels, donc sur les plateaux où le confinement est plus faible. Le confinement moyen pour le Mélèze hybride est bien supérieur (15,9%) et est à rapprocher des habitudes des gestionnaires d'implanter cette essence dans les endroits frais, typiquement en bas de versant et fond de vallon. Sur l'ensemble des plantations visitées, le confinement moyen est de 10,3 %.

Age des plantations

Les plantations ont un âge médian de 5 saisons de végétation (figure 21). Cet âge est déterminé à partir des dates de plantation fournies par les gestionnaires. Cet âge ne tient pas compte de l'âge du plant lors de sa mise en terre (1+0 ou 1+1 en grande majorité). Dans chaque classe d'âge, les proportions d'essence sont sensiblement les mêmes.

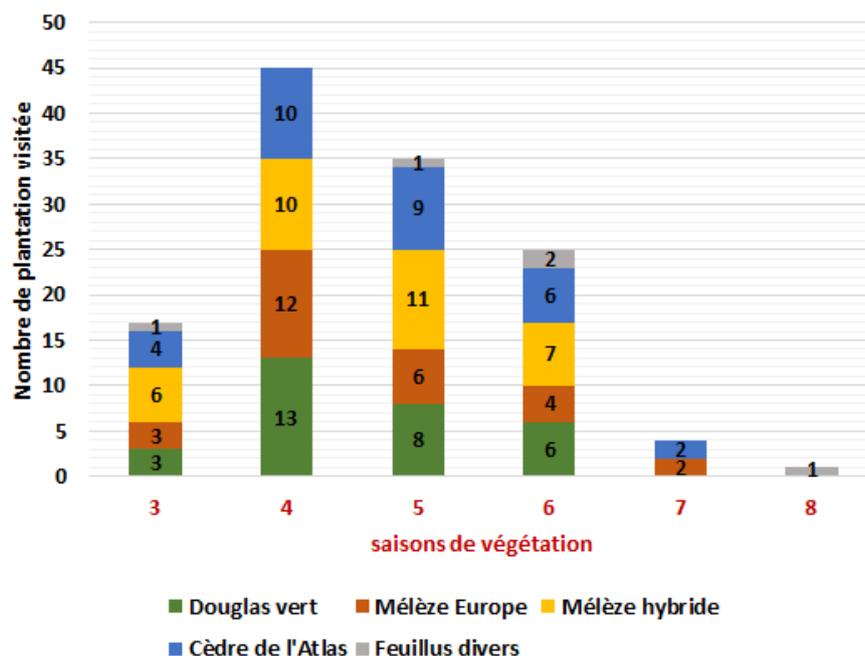


Figure 21: Répartition des plantations visitées en fonction de l'essence et du nombre de saisons de végétation

Subventions

Sur l'ensemble des plantations visitées, 88 sont subventionnées via le fond régional carbone et 39 ne le sont pas.

Type de plants

La totalité des plants de Cèdres se présentent en godets de 400 cm³ (29 plantations renseignées). Les plants de Douglas vert se présentent en majorité en racines nues (26 sur les 28 plantations renseignées) et très marginalement en godets (2, dont une en godets de 275 cm³ et l'autre de 300 cm³). Il faut remarquer que cette tendance pourrait s'inverser sur les plantations plus jeunes avec un recours de plus en plus systématique au godet. Les deux Mélèzes se présentent exclusivement en racines nues (56 plantations renseignées). Les feuillus se présentent en racines nues (4 plantations renseignées).

Origine des graines

La majorité des plantations de Cèdre visitées proviennent de graines du peuplement classé « Ménerbes ». Les Mélèzes d'Europe ont en majorité une origine « Sudètes Le Theil ». Les Mélèzes hybrides proviennent soit du verger à graine de Lavercantière, soit du Danemark. Les Douglas verts ont pour origine des graines « Luzette ».

Pépinière

La majorité des plants ont pour pépinière de provenance Naudet (77 sur 103 plantations renseignées). Les autres pépinières représentées sont Bauchery, Pires, Robin, Benoit, Forelite.

Travaux de préparation du sol

La grande majorité des plantations visitées ont pour préparation un rangement des branches en andains (113). Un broyage des rémanents a eu lieu (6 plantations) sans que nous sachions s'il s'agit d'un broyage en plein ou sur la ligne. Un arrachage des souches a été effectué sur 10 plantations. Un sous solage à la dent a été réalisé sur 15 plantations. Une préparation par potets travaillés à la pelle a eu lieu sur 12 plantations.

Traitement insecticide

Sur 51 plantations (sur 103 renseignées), un traitement insecticide contre l'hylobe a été réalisé. Les produits utilisés sont : forester, suxon forester, merit forest.

Protection contre le gibier

Des protections gibiers ont été installées sur 38 plantations (sur 103 renseignées). Sont considérées par les gestionnaires comme des protections contre le gibier : Les bambous représentant une majorité des protections gibier notées, les filets de protection et les arbres de fer.

Concurrence de la végétation alentour

Les degrés de concurrence au contact et en lumière varient en fonction de l'essence de reboisement (figure 22). Nous remarquons d'abord que les degrés de concurrence au contact et en lumière sont bien corrélés. Ensuite, il apparaît que le degré de concurrence est plus élevé sur Douglas et sur Mélèze d'Europe. A l'inverse, le degré de concurrence sur Cèdre est presque 2 fois moins important que sur Douglas et Mélèze Europe. Cela s'explique par la croissance plus lente du Cèdre dans les premières années, ce qui requiert un suivi et des dégagements plus réguliers. A l'inverse, le Douglas et les deux Mélèzes sont réputés avoir une croissance plus rapide à l'installation. Les propriétaires ont donc tendance à réaliser moins de dégagements. Cela peut se révéler problématique pour les Mélèzes qui supportent mal la concurrence latérale et risquent d'avoir un houppier plus étriqué suite à la mort des branches latérales concurrencées.

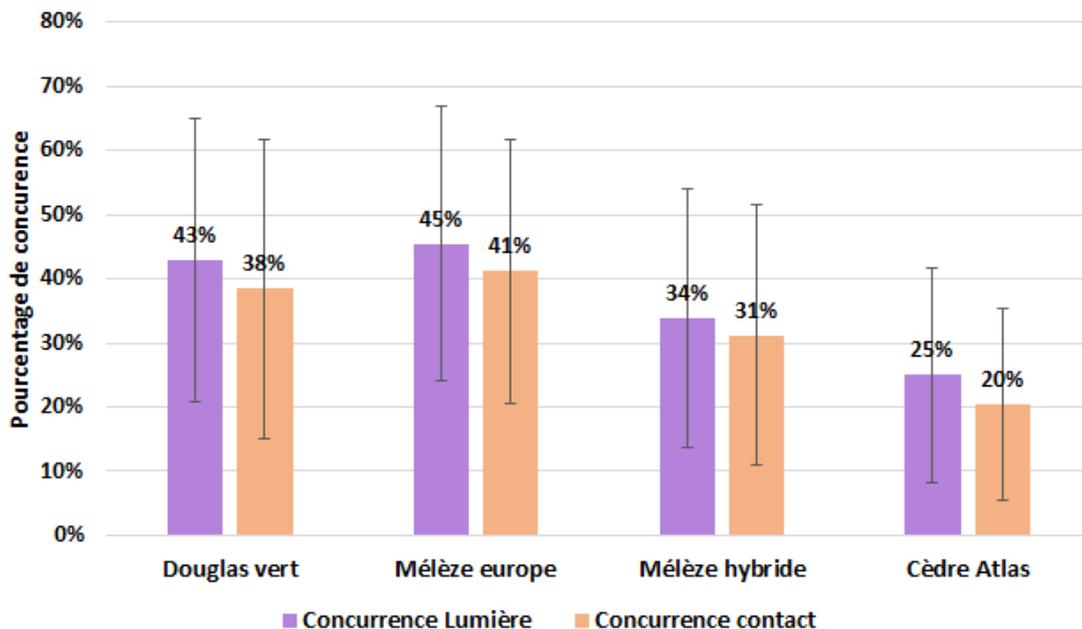


Figure 22: Degrés moyens de concurrence au contact et en lumière en fonction des essences

Nous noterons que ces chiffres n'ont pas été calculés pour les plantations de feuillus car le nombre d'échantillons est trop faible pour pouvoir dégager des tendances.

Taux de survie

Sur les 10 220 arbres mesurés, 40,2 % ont été relevés en vie sans problèmes observés (4118 plants), 37,3 % sont en vie mais sont atteints d'un problème quelconque (3807 plants), 4,3 % sont morts (438 plants) et 18,2 % sont manquants (1857 plants). Il faut noter que parmi les problèmes détectés, tous ne sont pas préoccupants ou compromettants pour l'avenir économique du plant. Bien sûr, la cause des plants absents ne peut être déterminée avec

certitude, néanmoins nous tenterons d'en proposer quelques pistes dans la partie III.3.3.b. Il faut également préciser que lors de notre passage, nous n'avons pas différencié les plants regarnis des plants issus de la plantation originale.

A l'échelle de toutes les plantations, le taux de survie moyen des plantations visitées est de 78%. La figure 23 montre l'histogramme du taux de survie des plantations que nous avons visitées.

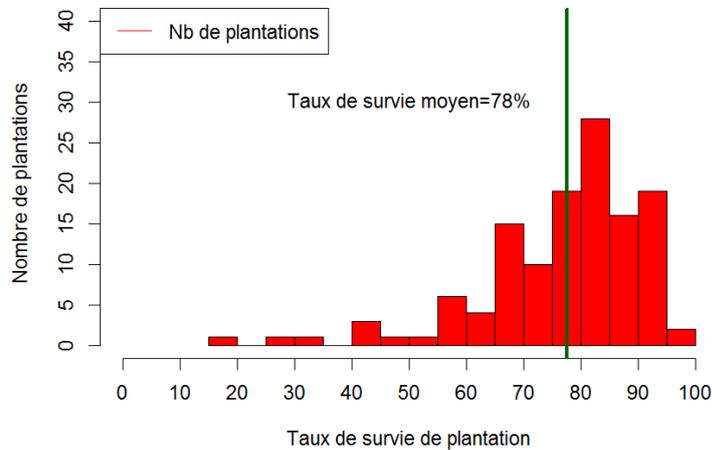


Figure 23: Histogramme du taux de survie des plantations visitées

Nous avons également calculé pour chaque plantation le taux de survie sans problèmes (figure 24). La moyenne de cette proportion d'arbres d'indemnes est de 40%. Tous les problèmes rencontrés ne sont pas nécessairement graves. Nous pensons en particulier aux jaunissements printaniers observés sur Cèdre et les rougissements physiologiques partiels observés sur Douglas au printemps. Nous avons eu l'occasion de revenir plus tard dans la saison sur quelques-unes des plantations atteintes et nous avons noté que le problème s'y était parfois résorbé.

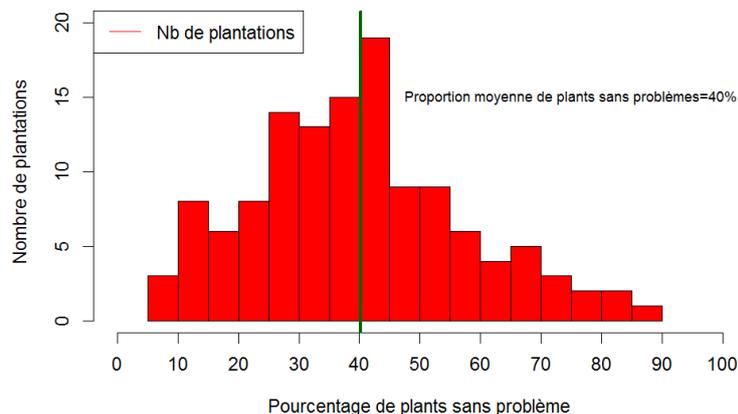


Figure 24: Histogramme de la proportion de plants vivant sans problèmes

Les statistiques de plantations par essence sont présentées dans le tableau 7. Il apparaît que le taux moyen de plants sains est le plus élevé pour les plantations de Mélèze hybride. Il n'est pas certain que cela soit relié à une plus grande résistance de l'essence aux aléas mais plutôt au fait que les Mélèzes seraient installés sur les meilleures stations. A l'inverse, les plantations de Cèdres sont celles avec le taux moyen d'arbres sains le plus faibles. Cela peut être partiellement expliqué par le fait que de nombreux plants étaient partiellement jaunes au moment de notre passage. Les taux de survie moyens sont relativement proches entre les

essences résineuses tandis que les quelques plantations de feuillus sont globalement en bonne santé et présentent peu de problèmes.

| Essence | Total Plants obs. | Plants sains (% tot.) | plans atteints (% tot.) | plants absents (% tot.) | plants morts sans sympt. (% tot.) | Plants morts (% tot.) | Taux de survie | Taux de survie sans problèmes |
|------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------------|
| Cèdre de l'Atlas | 2 500 | 762 (30 %) | 1 165 (47 %) | 468 (19 %) | 40 (2 %) | 65 (3 %) | 77% | 30% |
| Douglas vert | 2 440 | 931 (38 %) | 913 (37 %) | 471 (19 %) | 24 (1 %) | 101 (4 %) | 76% | 38% |
| Mélèze d'Europe | 2 160 | 860 (40 %) | 793 (37 %) | 421 (19 %) | 19 (1 %) | 67 (3 %) | 77% | 40% |
| Mélèze hybride | 2 750 | 1 267 (46 %) | 901 (33 %) | 461 (17 %) | 38 (1 %) | 83 (3 %) | 79% | 46% |
| Robinier | 160 | 116 (73 %) | 17 (11 %) | 26 (16 %) | 1 (1 %) | 0 (0 %) | 83% | 73% |
| Tilleul | 80 | 63 (79 %) | 15 (19 %) | 2 (3 %) | 0 (0 %) | 0 (0 %) | 98% | 79% |
| Hêtre | 160 | 126 (79 %) | 20 (13 %) | 13 (8 %) | 0 (0 %) | 1 (1 %) | 91% | 79% |

Tableau 7 : Statistiques de plantations par essence

Densité de peuplement réelle

En prenant en compte le taux d'absents et de morts pour chaque plantation, nous avons calculé la densité de peuplement réelle à partir de la trame de plantation. Les résultats montrent une densité réelle moyenne de 1 000 plants par hectare sur les 127 plantations.

III.3.2. Problèmes sanitaires rencontrés

Nous rappelons que sur les 10 220 arbres mesurés, 40,2 % sont indemnes, (4 118 plants), 37,3 % sont atteints d'un problème quelconque (3 807 plants), 4,3 % sont morts (438 plants) et 18,2 % sont manquants (1 857 plants). Nous avons noté au total 4 947 occurrences de problèmes.

III.3.2.a. Problèmes sanitaires rencontrés sur plants vivants

D'abord nous nous intéressons aux problèmes détectés sur les plants vivants. Ces problèmes ont été classés dans de grandes catégories pour faciliter la compréhension des problèmes. Les différentes catégories sont détaillées en annexe 6, photographies à l'appui. Les proportions des grandes catégories de problèmes sont présentées dans la figure 25.

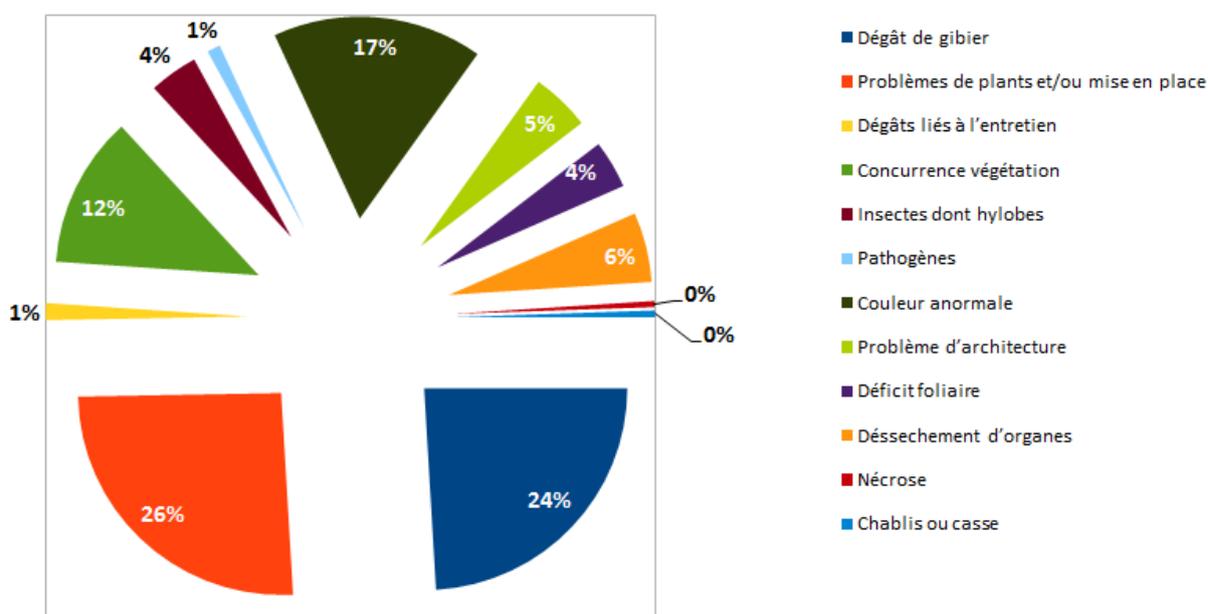


Figure 25: Problèmes rencontrés sur plants vivants. Les proportions sont calculées à partir du nombre total d'occurrences de problème qui est 4 937.

Les dégâts de gibier regroupent les frottis récents et anciens ainsi que les abrouissements de cervidés et de lièvres. Ils correspondent à 24% des problèmes observés (Image 1 et annexe 6).



Image 1: Dégâts de gibier, à gauche un frottis en cours de cicatrisation, et à droite des abrouissements des pousses terminale et latérales d'un jeune plant

Les problèmes de plants et/ou de mise en place des plants regroupent les déformations racinaires observées sur plants arrachés (déficit de racines, axe non vertical du chevelu racinaire -crosse-, enroulement des racines sur elles-mêmes), la profondeur trop importante de plantation (observée sur plants arrachés), les problèmes d'instabilité de plant (présence d'« entonnoir » au niveau du collet ou problème d'arrimage du plant), le fait de planter les arbres de biais (présence d'une courbure à la base du plant). Cette catégorie représente 26% des problèmes observés (Image 2 et annexe 6).



Image 2: Déformations racinaires, à gauche des racines qui sont déformées (qui s'enroulent sur elles-mêmes), à droite une déficience racinaire.

Les couleurs anormales regroupent les jaunissements ou rougissements (partiels ou totaux) des plants. Ces problèmes peuvent n'être que temporaires. Par exemple, le rougissement physiologique du Douglas apparaît lorsque la température de l'air augmente, l'activité photosynthétique redémarre au niveau du feuillage alors que le sol est encore gelé. L'arbre ne

peut pas évapo-transpirer, ce qui cause le rougissement. Les colorations anormales représentent 17% des problèmes observés.

La concurrence de la végétation est signalée comme un problème lorsque l'accès à la lumière par l'arbre est fortement compromis par la végétation concurrente soit parce qu'il est totalement dominé en hauteur, soit qu'il est couché par la végétation. Cela peut correspondre à des genêts qui se couchent sur les plants lors de chutes de neige. Cela peut être des fougères qui étouffent les plants les plus petits, de la ronce qui a un frottement important avec le tronc, parfois le chèvrefeuille qui s'enroule autour des troncs et les étouffe. La concurrence de la végétation représente 12% des problèmes observés.

Les dessèchements d'organes peuvent apparaître au niveau des ramifications, de la flèche ou du bourgeon terminal. Ces problèmes sont parfois rencontrés sur le Cèdre et pourraient être corrélés aux gelées printanières (Girard & al, 2018). Les dessèchements d'organes représentent 6% des problèmes.

Les problèmes d'architectures regroupent les courbures du tronc, les formes en « zigzag », le manque de ramification, une fourche, un port buissonnant. Ils représentent 5% des problèmes.

Les problèmes liés aux insectes correspondent dans cette étude aux attaques d'hylobes sur les jeunes plants. Ils représentent 4% des problèmes détectés.

Les problèmes de déficit foliaire, qui sont le manque partiel ou total des aiguilles d'un arbre, représentent également 4% des problèmes.

Les dégâts liés aux entretiens, souvent à la débroussailleuse, représente 1% des problèmes observés.

En fonction des essences, les problèmes rencontrés et leurs proportions ne sont pas les mêmes (figure 26).

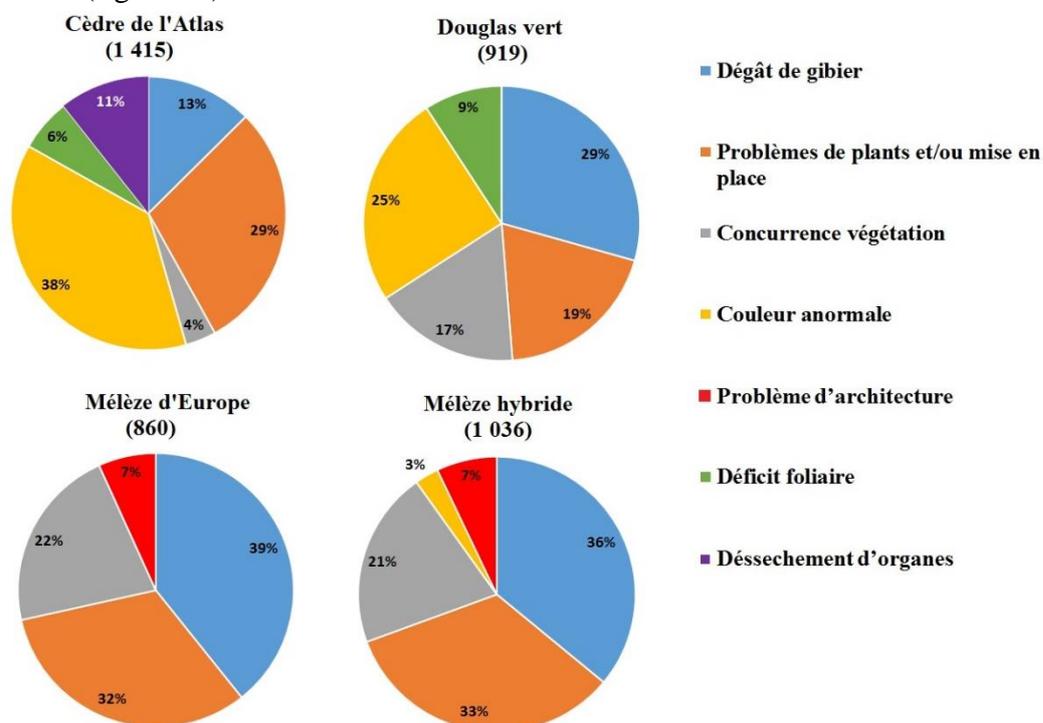


Figure 26: Grandes catégories de problèmes rencontrés en fonction des essences. Sous le nom d'espèce, entre parenthèses le nombre de problème à partir desquelles les proportions ont été calculées.

Nous remarquons d'abord que les Cèdres sont peu affectés par les problèmes liés au gibier (11%), alors que les 2 Mélèzes se révèlent largement plus appétant (36% et 39%). Les

problèmes de plants ou de mise en place des plants représentent un peu moins d'un tiers des problèmes observés sur les 2 Mèlèzes et le Cèdre, contre 19% sur Douglas. Les problèmes de coloration anormale sont très présents sur Cèdre (38 %) et sur Douglas (25%) mais sont quasiment absents des peuplements de Mèlèzes. Les problèmes d'architectures sont principalement observés sur les Mèlèzes (courbures et zig-zag, 7% des problèmes). Les problèmes de dessèchements des organes sont quant à eux largement observés sur Cèdre (11%). Les problèmes de concurrence de la végétation affectent largement les Mèlèzes et Douglas (22%, 21%, et 17%) et seulement marginalement le Cèdre (4%), Cela s'explique par le fait que les propriétaires savent que le Cèdre à une croissance initiale moins rapide que les 3 autres essences et qu'il craint donc la concurrence de la végétation alentour. Ils veillent donc à ce que les plants soient bien dégagés.

La répartition des grandes catégories de problèmes et leur occurrence en fonction de l'âge des plantations sont représentées au tableau 8.

| | 3 saisons de végétation | 4 saisons de végétation | 5 saisons de végétation | 6 saisons de végétation |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Nombre de problème total | 450 | 1356 | 1266 | 774 |
| Dégât de gibier | 40% | 34% | 24% | 13% |
| Problèmes de plants et/ou mise en place | 28% | 30% | 31% | 29% |
| Couleur anormale | 11% | 19% | 23% | 14% |
| Concurrence végétation | 4% | 15% | 11% | 22% |
| Insectes dont hylobes | 2% | 0% | 0% | 1% |
| Pathogènes | 2% | 0% | 0% | 1% |
| Dégâts liés à l'entretien | 1% | 0% | 0% | 3% |
| Problème d'architecture | 5% | 0% | 0% | 8% |
| Déficit foliaire | 0% | 0% | 6% | 4% |
| Déssechement d'organes | 6% | 2% | 3% | 3% |
| Nécrose | 0% | 0% | 2% | 2% |

Tableau 8: Grandes catégories de problèmes rencontrés en fonction de l'âge des plantations. Les plantations à 7 et 8 saisons de végétation n'y figurent pas car leur nombre est trop faible.

Nous remarquons de la proportion de problèmes liés au gibier diminue régulièrement à mesure que les plantations grandissent, passant de 40% après la 3^{ème} saison de végétation à 13% après la 6^{ème} saison de végétation. La proportion de problèmes liés aux plants et leur mise en place reste stable autour de 30 %, ce qui met en évidence la récurrence de ce problème. Enfin, nous remarquons que la proportion de problèmes liés à la concurrence de la végétation alentour augmente avec l'âge des plantations. Cela renvoie à des situations dans lesquelles le gestionnaire et le propriétaire considèrent que les plants sont affranchis de la végétation concurrente ("ils ont sortis la tête") et qu'ils ne décident plus de dégagements, alors que le risque demeure significatif. Ce risque est accentué par les occurrences de neige lourde et par les problèmes de stabilité des plants.

III.3.2.b. Problèmes relevés sur plants morts

Dans cette partie nous avons regardé les causes supposées de mortalité. Il faut noter que la mort est attribuée à un unique problème. Pour mettre en perspective les résultats, nous rappelons aussi que le nombre d'arbres morts est de 438, soit 4,3 % des plants. Le nombre d'arbres manquants est quant à lui de de 1 857 arbres soit 18,2%. La figure 27 montre que 28% de ces 438 arbres morts ont une cause de mortalité que nous n'avons pas pu déterminer.

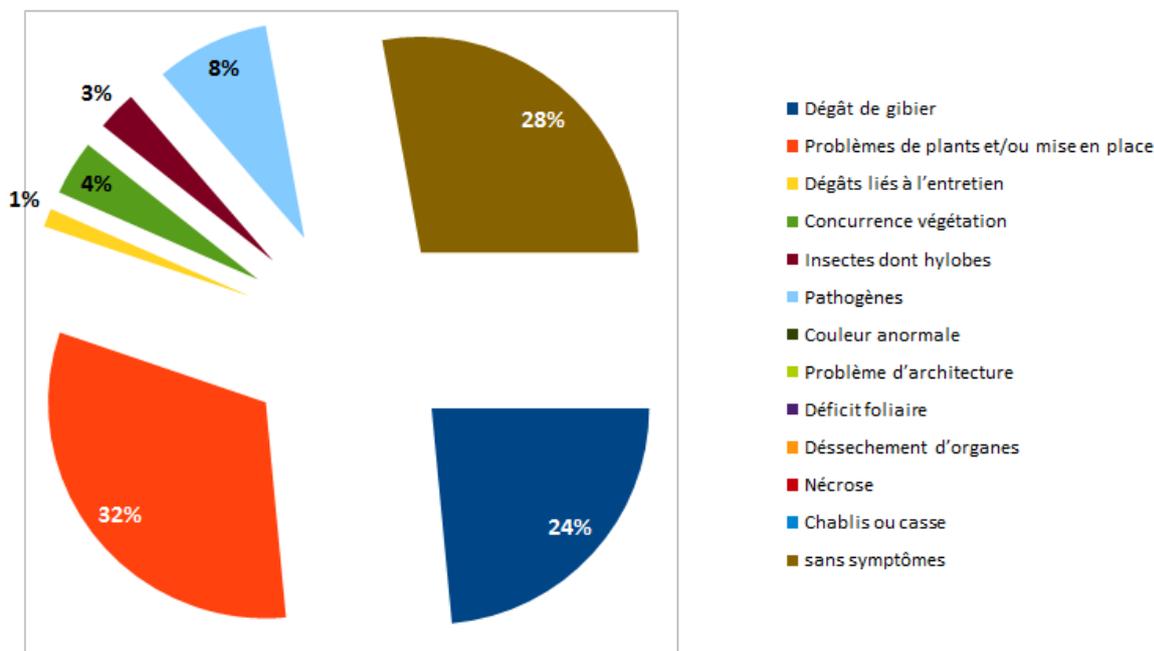


Figure 27: Causes de mortalités regroupées par grandes catégories et hors plants absents. Les proportions sont calculées sur un nombre total de 438 arbres morts. Les plants absents sont exclus

Les problèmes de plants et/ou de mise en place causent 32% des plants morts retrouvés, tandis que les dégâts de gibiers en causent 24%. Nous noterons que seuls les frottis sont létaux. La mort du reste des plants est attribuée soit à des pathogènes, notamment le Fomès et l'Armillaire (8%), soit à la concurrence de la végétation (4%), soit à l'hylobe (3%), soit aux dégâts d'entretien (1%).

Ces résultats ne valent que pour les plants morts que nous avons retrouvés. Si nous incluons les plants absents de cette analyse, il apparaît que ce sont 86 % des plants morts pour lesquelles nous ne pouvons pas fournir de cause de mortalité (figure 28). Nous fournirons des pistes pour expliquer les plants manquants en partie III.3.3.b.

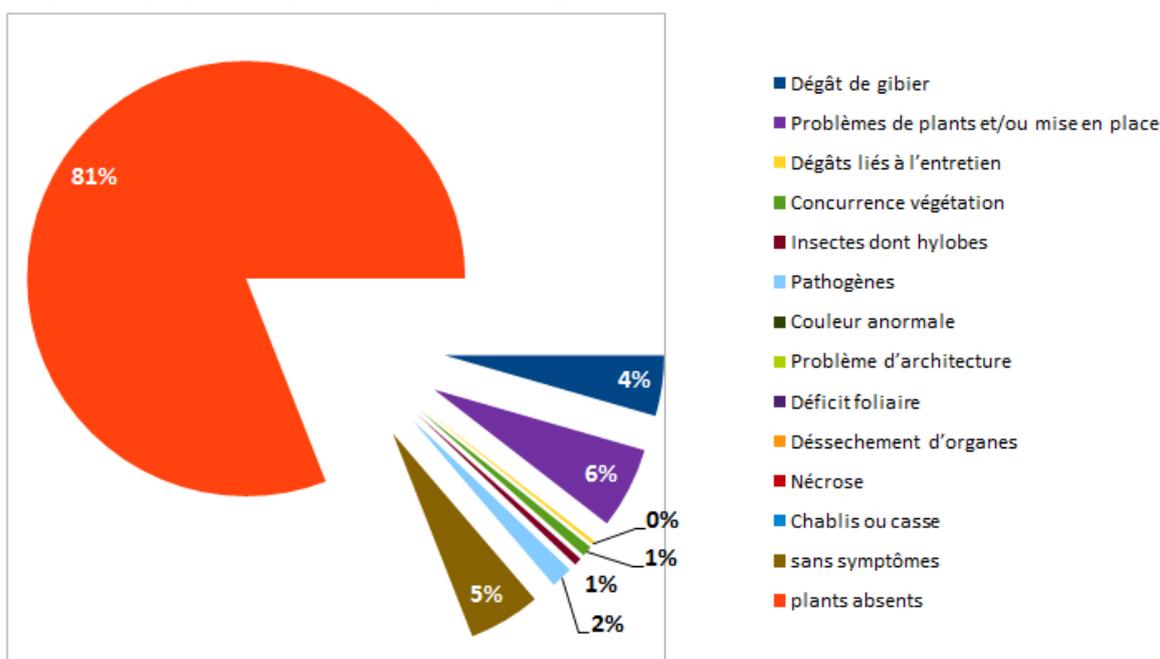


Figure 28: Causes de mortalités regroupées par grandes catégories et en tenant compte des plants absents. Les proportions sont calculées sur un nombre total de 2295 arbres morts ou absents

La répartition des causes de mortalité par essences est présentée sur la figure 29.

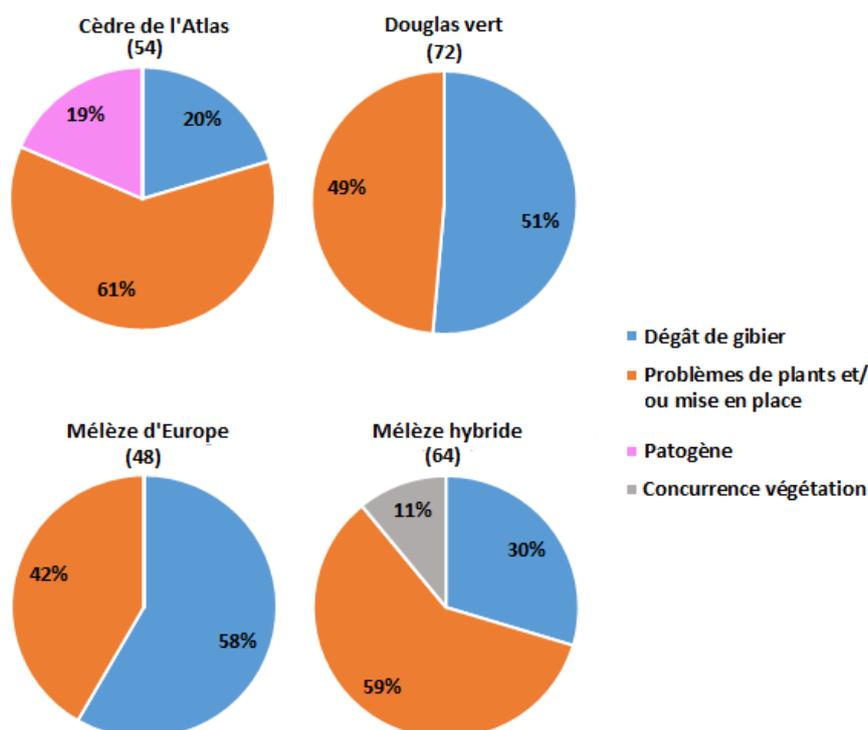


Figure 29: Principales causes de mortalité classées par grandes catégories en fonction des essences. Sous le nom d'espèce, entre parenthèses le nombre de plants morts à partir desquelles les proportions ont été calculées.

Quelles que soit l'essence, les deux principales causes de mort sont d'une part les problèmes de plants et de mise en place des plants (entre 42 et 61%) et d'autre part les dégâts de gibier (entre 20 et 58 %). Les essences les plus touchées par les dégâts de gibier sont le Mélèze d'Europe et le Douglas vert. Le Cèdre est spécifiquement soumis à des mortalités par pathogènes (Fomès et Armillaire). Le Mélèze hybride est spécifiquement soumis à des mortalités dues à la concurrence de végétation.

La répartition des causes de mortalité en fonction de l'âge des plantations est présentée au tableau 9.

| | 3 saisons de végétation | 4 saisons de végétation | 5 saisons de végétation | 6 saisons de végétation |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Nombre total de morts | 39 | 74 | 69 | 34 |
| Nombre moyen de morts par plantation | 2,4 | 1,6 | 2,0 | 1,5 |
| Dégât de gibier | 20 (51%) | 24 (32%) | 25 (36%) | 12 (35%) |
| Problèmes de plants et/ou mise en place | 19 (49%) | 45 (61%) | 37 (54%) | 11 (32%) |
| Concurrence végétation | 0% | 3 (4%) | 0% | 4 (12%) |
| Insectes dont hylobes | 0% | 2 (3%) | 0% | 0% |
| Pathogènes | 0% | 0% | 7 (10%) | 7 (21%) |

Tableau 9: Grandes catégories de causes de mortalité en fonction de l'âge des plantations. Les plantations à 7 et 8 saisons de végétation n'y figurent pas car leur nombre est trop faible.

Pour les plantations les plus jeunes (3 saisons de végétation), les morts sont causés en égale proportion par le gibier et par les problèmes de plants et de mise en place des plants. Pour les plantations plus âgées, l'impact du gibier sur la mortalité semble diminuer pour atteindre environ 1/3. Les problèmes de mise en place des plants demeurent significatifs et oscillent entre

32 et 61%. D'autres causes de mortalité liées à des pathogènes de type Fomès ou Armillaire apparaissent sur les plantations les plus âgées (5 et 6 saisons de végétation). Il faut néanmoins être prudent dans l'interprétation de ces chiffres dans la mesure où le nombre de plants morts identifiés par plantation est très faible (entre 1,5 et 2,4).

III.3.3. Analyse statistique

Dans cette partie, nous essayons de mettre en évidence les corrélations qui existent entre différents paramètres relevés dans les plantations et leur état sanitaire. Le stress hydrique moyen, caractérisé par P-ETP 06-08, soit de juin à août, a été extrait pour chaque plantation, de la base AURITALIS, à partir des données météorologiques 1980-2010. De même, la température minimale du mois de mars est calculée en moyenne à partir des données 1980-2010. Pour se guider dans cette analyse, la matrice des corrélations entre les facteurs numériques de l'étude a été calculée (tableau 10).

| | Nb plants atteints | Nb plants absents | Nb d'occurrences de dégâts de gibier | Nb d'occurrences de problèmes de plantation | Concurrence lumière (%) | Concurrence contact (%) | Hauteur moyenne des plants (m) | Taux de survie (%) | Taux de survie sans problèmes (%) | Pente (%) | Exposition (deg) | confinement (%) | Altitude (m) | P-ETP 06-08 (mm) | Température minimale de Mars (deg C) | Recouvrement Ajonc (%) | Recouvrement Fougère (%) | Recouvrement graminées (%) | Recouvrement genêts (%) | Recouvrement ronces (%) |
|---|--------------------|-------------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------|------------------|-----------------|--------------|------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Nb plants atteints | 1 | -0,32 | 0,31 | 0,39 | -0,12 | -0,08 | -0,36 | 0,29 | -0,61 | -0,17 | 0,04 | -0,17 | 0,29 | 0,09 | -0,15 | -0,15 | 0,02 | 0,33 | 0,03 | -0,22 |
| Nb plants absents | -0,32 | 1 | -0,13 | -0,04 | 0,3 | 0,19 | 0,02 | -0,93 | -0,5 | 0,15 | 0 | 0,13 | -0,16 | -0,24 | -0,02 | -0,08 | -0,01 | -0,17 | 0,07 | 0,17 |
| Nb d'occurrence de dégâts de gibier | 0,31 | -0,13 | 1 | -0,21 | -0,11 | -0,13 | -0,33 | 0,05 | -0,21 | -0,13 | 0 | -0,05 | 0,35 | 0,11 | -0,28 | -0,13 | 0,22 | 0,27 | 0,01 | -0,17 |
| Nb d'occurrences de problèmes de plantation | 0,39 | -0,04 | -0,21 | 1 | -0,13 | -0,09 | 0,06 | 0,07 | -0,27 | -0,11 | 0 | -0,13 | 0,04 | 0,13 | -0,11 | -0,02 | -0,1 | 0,08 | -0,2 | -0,04 |
| Concurrence lumière (%) | -0,12 | 0,3 | -0,11 | -0,13 | 1 | 0,96 | 0,26 | -0,24 | -0,08 | 0,09 | 0,01 | 0,15 | 0,05 | -0,11 | -0,05 | -0,03 | 0,13 | -0,52 | 0,68 | 0,27 |
| Concurrence contact (%) | -0,08 | 0,19 | -0,13 | -0,09 | 0,96 | 1 | 0,3 | -0,12 | -0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,13 | 0,09 | -0,06 | -0,09 | -0,01 | 0,1 | -0,54 | 0,65 | 0,25 |
| Hauteur moyenne des plants (m) | -0,36 | 0,02 | -0,33 | 0,06 | 0,26 | 0,3 | 1 | 0,08 | 0,37 | -0,05 | -0,05 | 0,24 | -0,08 | 0,07 | -0,03 | 0,03 | 0,12 | -0,48 | 0,06 | 0,46 |
| Taux de survie (%) | 0,29 | -0,93 | 0,05 | 0,07 | -0,24 | -0,12 | 0,08 | 1 | 0,58 | -0,07 | -0,02 | -0,09 | 0,1 | 0,23 | 0,06 | 0,13 | -0,03 | 0,07 | -0,08 | -0,11 |
| Taux de survie sans problèmes (%) | -0,61 | -0,5 | -0,21 | -0,27 | -0,08 | -0,02 | 0,37 | 0,58 | 1 | 0,1 | -0,05 | 0,08 | -0,17 | 0,13 | 0,18 | 0,23 | -0,05 | -0,22 | -0,08 | 0,11 |
| Pente (%) | -0,17 | 0,15 | -0,13 | -0,11 | 0,09 | 0,03 | -0,05 | -0,07 | 0,1 | 1 | -0,19 | 0,33 | -0,34 | -0,23 | 0,24 | -0,02 | 0,14 | -0,11 | -0,04 | 0,16 |
| Exposition (deg) | 0,04 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,05 | -0,05 | -0,02 | -0,05 | -0,19 | 1 | -0,04 | 0,1 | -0,03 | -0,02 | -0,03 | -0,02 | 0,09 | 0,08 | -0,12 |
| confinement (%) | -0,17 | 0,13 | -0,05 | -0,13 | 0,15 | 0,13 | 0,24 | -0,09 | 0,08 | 0,33 | -0,04 | 1 | -0,24 | -0,07 | 0,05 | -0,13 | 0,12 | 0,03 | -0,02 | 0,25 |
| Altitude (m) | 0,29 | -0,16 | 0,35 | 0,04 | 0,05 | 0,09 | -0,08 | 0,1 | -0,17 | -0,34 | 0,1 | -0,24 | 1 | 0,24 | -0,73 | -0,23 | 0,08 | 0,11 | 0,34 | -0,28 |
| P-ETP 06-08 (mm) | 0,09 | -0,24 | 0,11 | 0,13 | -0,11 | -0,06 | 0,07 | 0,23 | 0,13 | -0,23 | -0,03 | -0,07 | 0,24 | 1 | -0,39 | -0,03 | 0,18 | 0,02 | -0,07 | -0,03 |
| Température minimale de Mars (deg C) | -0,15 | -0,02 | -0,28 | -0,11 | -0,05 | -0,09 | -0,03 | 0,06 | 0,18 | 0,24 | -0,02 | 0,05 | -0,73 | -0,39 | 1 | 0,22 | -0,05 | -0,04 | -0,19 | 0,18 |
| Recouvrement Ajonc (%) | -0,15 | -0,08 | -0,13 | -0,02 | -0,03 | -0,01 | 0,03 | 0,13 | 0,23 | -0,02 | -0,03 | -0,13 | -0,23 | -0,03 | 0,22 | 1 | -0,22 | -0,31 | -0,22 | -0,19 |
| Recouvrement Fougère (%) | 0,02 | -0,01 | 0,22 | -0,1 | 0,13 | 0,1 | 0,12 | -0,03 | -0,05 | 0,14 | -0,02 | 0,12 | 0,08 | 0,18 | -0,05 | -0,22 | 1 | -0,08 | 0,01 | 0,11 |
| Recouvrement graminées (%) | 0,33 | -0,17 | 0,27 | 0,08 | -0,52 | -0,54 | -0,48 | 0,07 | -0,22 | -0,11 | 0,09 | 0,03 | 0,11 | 0,02 | -0,04 | -0,31 | -0,08 | 1 | -0,35 | -0,38 |
| Recouvrement genêts (%) | 0,03 | 0,07 | 0,01 | -0,2 | 0,68 | 0,65 | 0,06 | -0,08 | -0,08 | -0,04 | 0,08 | -0,02 | 0,34 | -0,07 | -0,19 | -0,22 | 0,01 | -0,35 | 1 | 0,03 |
| Recouvrement ronces (%) | -0,22 | 0,17 | -0,17 | -0,04 | 0,27 | 0,25 | 0,46 | -0,11 | 0,11 | 0,16 | -0,12 | 0,25 | -0,28 | -0,03 | 0,18 | -0,19 | 0,11 | -0,38 | 0,03 | 1 |

Tableau 10: Matrice de corrélation entre les paramètres numériques de l'étude. En jaune sont repérées les corrélations d'intérêt dont la valeur absolue est supérieure à 0,1.

Pour rappel, un chiffre positif indique une corrélation positive entre deux facteurs, c'est-à-dire qu'ils évoluent dans le même sens. Par ailleurs, plus la corrélation est proche de 1 en valeur absolue, plus la corrélation est forte entre les facteurs. Une valeur absolue élevée met donc en avant des relations entre facteurs qu'il conviendrait d'explorer plus avant par des tests statistiques. Bien sûr, certaines corrélations sont évidentes et ne seront pas explorées, comme celle entre la concurrence lumière et le recouvrement en genêts ou celle entre le taux de survie et le nombre de plants absents.

La méthode utilisée pour l'analyse statistique des corrélations entre facteurs est détaillée en partie III.2.3. Nous recherchons ci-dessous quels facteurs sont corrélés avec, et pourraient donc expliquer, le taux de survie des plantations, le nombre des plants absents et les problèmes spécifiquement identifiés sur Cèdre (dessèchements de cime, forme buissonnante, tête morte, fourche).

III.3.3.a. Taux de survie de la plantation

Taux de survie de plantation et végétation concurrente

Les mesures de la concurrence de la végétation alentour sont réalisées à l'échelle des grappes de plants (1 024 au total). En regroupant toutes les essences, les tests statistiques indiquent que les degrés de concurrence lumière et de concurrence contact sont statistiquement corrélés avec le taux de survie des grappes (figure 30).

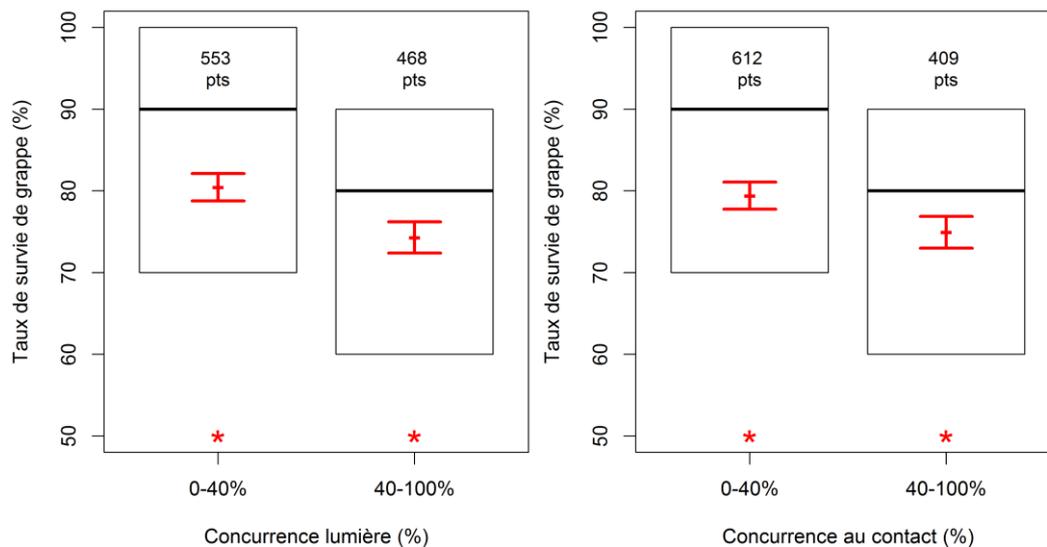


Figure 30: Influence de la concurrence de la végétation alentour sur la survie des grappes de plants, toutes essences confondues. La boîte représente les trois interquartiles (25, 50 et 75 %) dans chaque groupe. En rouge sont donnés la moyenne et l'intervalle de confiance à 95%. Une étoile rouge renseigne une différence statistiquement significative avec un degré de confiance de plus 95%. Sont donnés au-dessus des boîtes le nombre d'échantillons dans chaque groupe.

Cette corrélation est plus marquée pour la concurrence lumière. La corrélation entre concurrence lumière et taux de survie se retrouve pour chaque essence prise individuellement (résultat non présenté).

Si nous étudions les mêmes corrélations à l'échelle des plantations, les différences de survie entre les deux groupes de plantations regroupées par degré de concurrence (lumière ou contact) ne sont plus statistiquement significatives. Cela est à relier au fait que la concurrence de la végétation alentour est fortement hétérogène dans chaque plantation.

Taux de survie de plantation et stress hydrique

Le stress hydrique, caractérisé par P-ETP0608, c'est-à-dire la différence entre précipitation et évapo-transpiration sur les mois de juin, juillet et août, est statistiquement corrélé au taux de survie des plantations toutes essences confondues (figure 31, gauche).

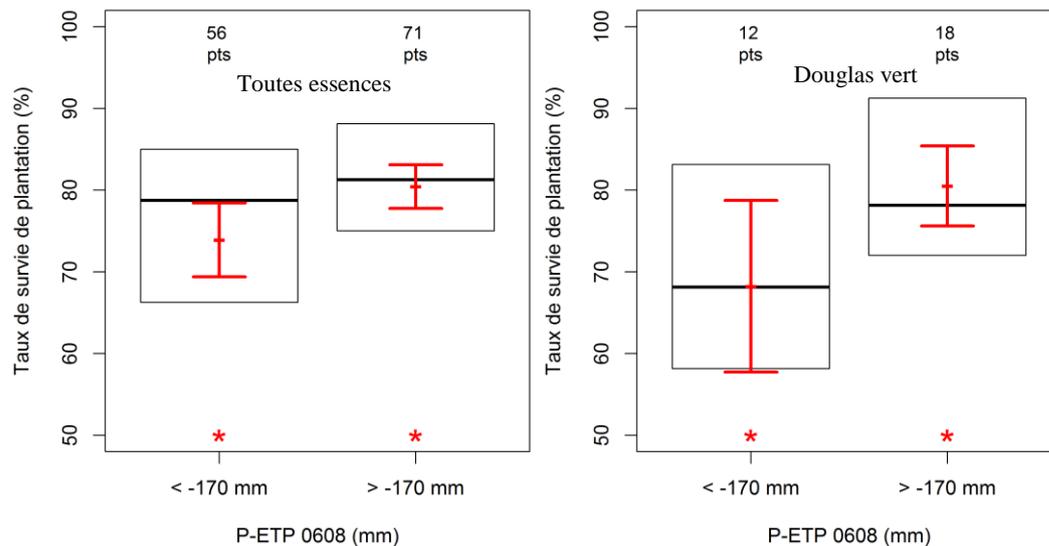


Figure 31: Influence de P-ETP 0608 sur le taux de survie des plantations, toutes essences confondues (gauche) et pour le Douglas vert (droite). Voir la légende de la Figure 30 pour la signification des symboles.

Si nous étudions cette relation sur chaque essence prise séparément, seul le Douglas présente une corrélation statistiquement significative entre P-ETP et taux de survie. Il faut noter que le nombre d'échantillons disponibles pour les tests statistiques à l'échelle d'une seule essence est faible dans chaque essence. Ici, les variances des deux groupes sont hétérogènes, ce qui complique le test.

Autres paramètres explorés pour expliquer la survie des plantations

Nous avons réalisé ces mêmes tests statistiques entre la survie des plantations et les paramètres suivants et ils n'ont pas fait apparaître de corrélations statistiquement significatives :

- Le recouvrement d'ajonc ou de ronce
- la réalisation d'un sous-solage lors de la plantation
- la présence de protection contre gibier. Nous noterons néanmoins la définition large utilisée par les gestionnaires de ce que constitue une protection contre le gibier. En particulier, nous pouvons questionner l'efficacité de deux bambous plantés de part et d'autre d'un plant à le protéger contre le gibier

III.3.3.b. Causes possibles des plants absents

Nous recherchons ici quels pourraient être les facteurs expliquant l'absence des plants (1 857 plants au total soit 18,2% des plants relevés).

Plants absents et dégâts de gibier

Une première piste à explorer pour expliquer les plants absents est la pression du gibier, caractérisée ici par le nombre d'occurrences de dégâts de gibier récents ou anciens à l'échelle des plantations. Toutes essences confondues, il apparaît qu'il n'y a pas de corrélations significatives entre le nombre de plants absents et le nombre d'occurrences de dégâts de gibier (figure 32, gauche). Si la même analyse est menée avec le seul nombre d'occurrences de frottis, la conclusion est la même (figure 32, droite) : Sur l'échantillon observé et toutes essences confondues, aucune corrélation significative n'apparaît entre le nombre de plants absents et le nombre d'occurrences de frottis.

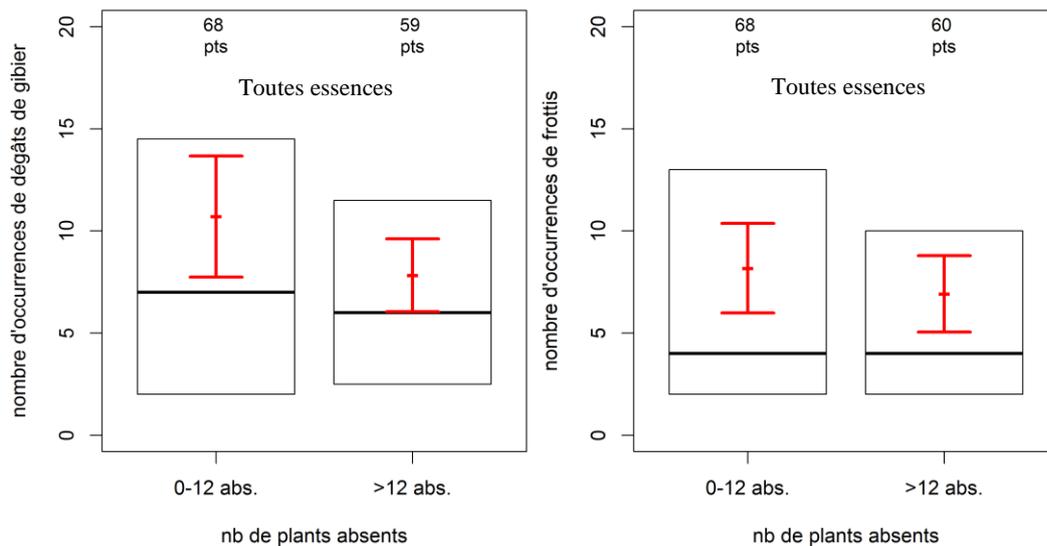


Figure 32: Influence potentielle des dégâts de gibier sur le nombre de plants absents, toutes essences confondues. A gauche, tous les dégâts de gibier sont agrégés. A droite, seuls les frottis sont considérés. Voir la légende de la Figure 30 pour la signification des symboles.

La tendance observée dans les données est même contre-intuitive, puisque le nombre d'occurrences de dégâts de gibier décroît quand le nombre de plants manquants augmente ! Cette conclusion demande à être confirmée sur un échantillon plus important.

Plants absents et stress hydrique

Nous évaluons ici l'influence potentielle de P-ETP0608 sur le nombre de plants absents. Toutes essences confondues, le stress hydrique est statistiquement différent au sein des deux groupes caractérisés par des nombres de plants absents différents (figure 33, gauche). Lorsque chaque essence est prise séparément, seul le Mélèze d'Europe exhibe une corrélation statistiquement vérifiée (figure 33, droite).

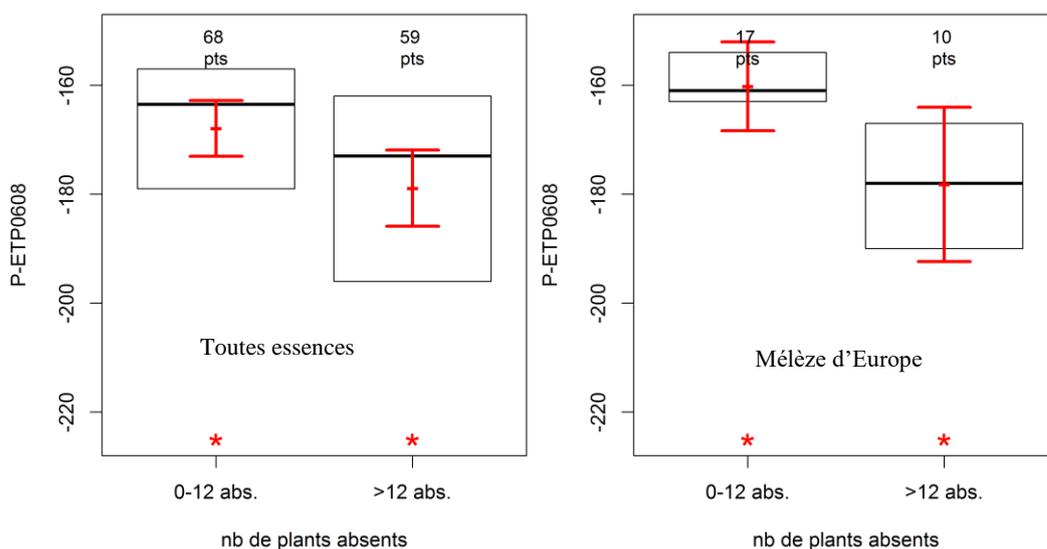


Figure 33 : Influence de P-ETP 0608 sur le nombre de plants absents, toutes essences confondues (gauche) et pour le Mélèze d'Europe (droite). Voir la légende de la Figure 30 pour la signification des symboles.

Le fait que nous ne retrouvons pas cette corrélation pour les autres essences est probablement lié à l'existence d'autres paramètres pouvant expliquer le nombre de plants absents (voir plus loin) et au faible nombre d'échantillons dans chaque groupe, ce qui accentue l'influence des valeurs extrêmes.

Plants absents et concurrence pour la lumière

Toutes essences confondues, la concurrence pour la lumière moyennée à l'échelle de la plantation est statistiquement corrélée au nombre de plants absents dans la plantation (figure 34, gauche).

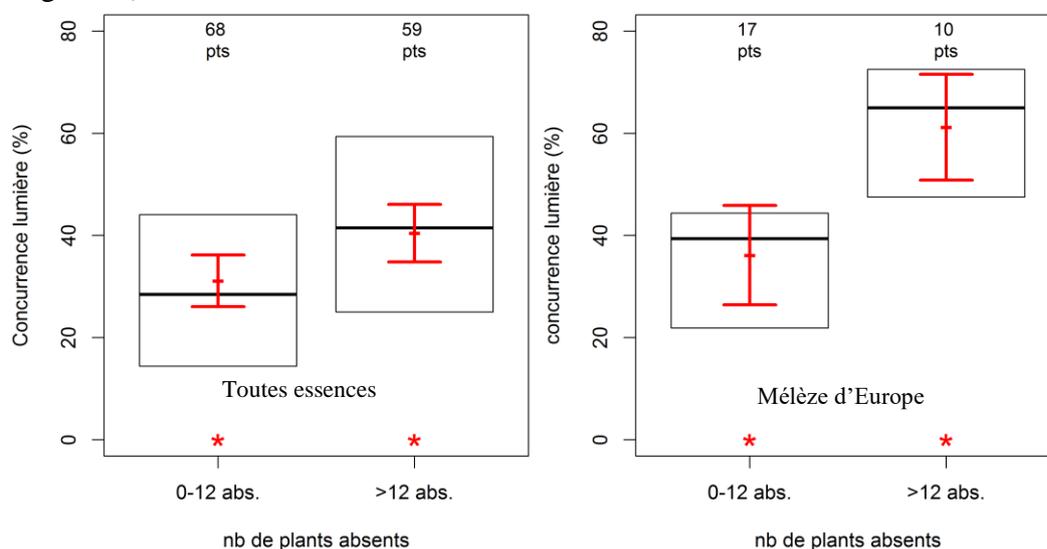


Figure 34: Influence du degré moyen de concurrence à la lumière sur le nombre de plants absents, toutes essences confondues (gauche) et pour le Mélèze d'Europe (droite). Voir la légende de la Figure 30 pour la signification des symboles.

Lorsque chaque essence est prise séparément, seul le Mélèze d'Europe exhibe une corrélation statistiquement vérifiée (figure 34, droite). Les mêmes précautions que précédemment s'appliquent pour interpréter les résultats sur une seule essence.

Autres pistes envisagées pour expliquer le nombre de plants absents

Nous avons réalisé ces mêmes tests statistiques entre le nombre de plants absents et les paramètres suivants et ils n'ont pas fait apparaître de corrélations statistiquement significatives :

- concurrence moyenne au contact de la végétation alentour
- pente
- confinement
- altitude
- présence de protection contre le gibier

III.3.3.c. Dessèchement de pousses et port buissonnant sur cèdre

Au cours de cette campagne de mesures, nous avons identifié des problèmes spécifiques au Cèdre qui se manifestent par des dessèchements à répétition sur les pousses (latérales ou apicales) ou par un port buissonnant. Dans un rapport IDF portant sur des plantations d'Ardèche (Girard & al, 2018), il a été évoqué que ces problèmes pourraient être pour partie liés aux gels printaniers, caractérisés par la température minimum du mois de mars (moyenne 1980-2010).

Nous avons donc étudié s'il existe une corrélation statistique entre le nombre d'occurrence de ces problèmes et la température minimum de mars (figure 35, gauche). Même si une tendance est visible, le degré de confiance n'atteint pas les 95% que nous avons fixés pour désigner une différence comme statistiquement significative (90% seulement).

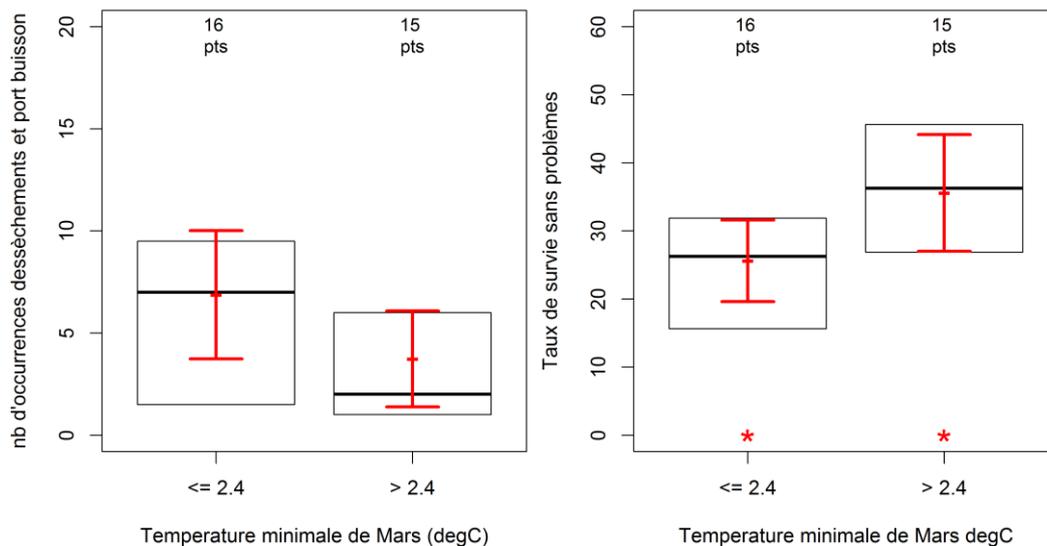


Figure 35: Relation sur Cèdre entre la température minimale de mars et le nombre d'occurrences de problèmes liés au dessèchement de pousses (gauche) et le taux de survie sans problèmes (droite). Voir la légende de la figure 30 pour la signification des symboles.

Par contre, le taux de survie sans problème exhibe quant à lui une corrélation statistique avec la température minimale du mois de mars. Pour renforcer ces observations spécifiques au Cèdre, il faudrait augmenter le nombre d'échantillons.

Nous avons réalisé les mêmes tests statistiques entre le nombre d'occurrence de ces problèmes sur Cèdre et ils n'ont pas fait apparaître de corrélations statistiquement significatives :

- Exposition
- Position topographique

Conclusions

Cette étude a été réalisée avec le soutien du syndicat des forestiers sylviculteurs du Tarn et en collaboration avec les gestionnaires forestiers professionnels du Tarn, les services de la DDT et du DSF. Elle a permis d'atteindre les 4 objectifs fixés initialement et d'apporter les réponses suivantes.

Rythme des coupes rases

L'analyse des coupes rases et de leur devenir par comparaison de photos aériennes a été réalisée sur 39 communes entre 2003 et 2016. Elle a couvert environ 60 000 ha de forêts privées, soit 56 % des peuplements résineux privés et 30 % des peuplements feuillus privés du Tarn.

Sur cette période, le rythme annuel des coupes rases a augmenté de 47 % sur ces 39 communes, passant de 317 ha/an à 466 ha/an entre 2003 et 2016. Les peuplements résineux concernent entre 59 et 70 % de la surface rasée. Une part significative de cette augmentation concerne les peuplements feuillus, dont la surface de coupe rase est passée de 100 à 191 ha/a entre 2003 et 2016, soit une augmentation de 91 %.

Devenir des coupes rases

Sur ces 39 communes, le reboisement artificiel concerne environ 60% des surfaces rasées. Une coupe rase de résineux est reboisée artificiellement dans 82% des cas, contre environ 6% des cas de coupes rases de feuillus.

Le retour à un état boisé naturel concerne environ 25% des surfaces rasées. Il intervient principalement après coupe rase de feuillus (~80% de ces coupes) et peu après coupe rase de résineux (~6% de ces coupes). Ce sont donc au total 85% des coupes rases sur lesquelles la continuité de l'état boisé est confirmée.

Le défrichement et le non-retour à l'état boisé concernent chacun environ 5% des surfaces.

Apport des PSG dans la gestion et le renouvellement des peuplements forestiers

En termes de récolte, sur les 39 communes d'étude, les propriétés soumises à Plan Simple de Gestion ne couvrent que 42% de la surface forestière étudiée mais participent pour 61% des coupes rases observées.

En termes de groupes d'essences, l'essentiel des peuplements résineux coupés à ras dans ces 39 communes le sont dans des forêts soumises à PSG (76%, figure 16). Pour les peuplements feuillus, la proportion s'inverse, les ¾ étant coupés sur des forêts hors PSG.

En termes de reboisement, le contraste entre propriétés soumise à PSG et hors PSG est saisissant. En effet, le reboisement concerne entre 15 et 28 % des surfaces rasées hors PSG contre environ 83% des surfaces rasées sous PSG.

En termes de défrichement, celui-ci est significatif hors PSG, quoi qu'en diminution régulière de 20% à 7% (entre 2003 et 2013), alors qu'il reste marginal dans les propriétés sous PSG (moins de 2%).

Le non-retour à un état boisé satisfaisant est en augmentation hors PSG entre 2003 et 2013, passant de 5 à 12% des surfaces rasées, alors qu'il reste marginal sous PSG (moins de 2%).

Essences utilisées en reboisement

Sur la période 2012-2018, les principales essences de reboisement utilisées dans Tarn sont :

- Le Douglas vert pour 55 % de la surface

- Les deux Mélèzes pour 24 % de la surface. Mélèze hybride et Mélèze d'Europe se partagent pour moitié les surfaces, sauf pour les années 2017 et 2018 où le Mélèze hybride représente 85 % des surfaces.
- Le Cèdre de l'Atlas pour 11 % de la surface
- Les Pins, essentiellement Laricio de Corse, pour 5 % de la surface
- Les feuillus sont peu plantés par les gestionnaires et ne représentent que 2 % de la surface. Il s'agit préférentiellement de robinier, chêne rouge et hêtre.

Rythme des reboisements

Sur les 13 dernières années (2006-2018), le rythme de reboisement à l'échelle du Tarn et estimé à partir des données des gestionnaires et de la DDT semble augmenter d'environ 135 ha/an avant 2009 à 345 ha/an actuellement. Cette augmentation pourrait coïncider avec la mise en place des aides du Fond Régional Carbone. Ce fond est destiné à accroître la séquestration du carbone par la forêt. Cette aide concerne actuellement environ la moitié des reboisements réalisés sur le département.

La comparaison avec les données historiques du Fond Forestier National indique que le taux moyen actuel de reboisement (345 ha/an) correspond à peu de choses près au taux moyen des (re)boisements *réussis* réalisés par l'aide du FFN entre 1975 et 1994 (329 ha/an). Par contre, le taux actuel de reboisement est 3 fois plus faible que le taux moyen des (re)boisements entre 1953 et 1974 (1143 ha/an). Or, les peuplements correspondant à ces derniers sont précisément ceux qui arrivent actuellement à maturité (âge minimal d'exploitabilité en futaie entre 40 et 60 ans pour le Douglas, l'Épicéa et le Sapin pectiné selon le SRGS en vigueur). Si les niveaux de reboisement restaient sur le niveau actuel, il pourrait donc y avoir dans les années à venir un déficit de reboisement. Cela se traduirait par des parcelles qui ne sont pas replantées ou des peuplements matures qui ne sont pas récoltés (capitalisation du volume et augmentation de la part de gros bois sur les parcelles).

Rythme des reboisements des coupes rases résineuses

Les peuplements résineux sont en très grande majorité reboisés après coupe rase : entre 78 % et 85 % toutes propriétés confondues (figure 14, gauche) et entre 88 et 95% dans les propriétés sous PSG (figure non présentée). Extrapolé à l'échelle du Tarn, le rythme annuel de reboisement augmente de 295 ha/an à 386 ha/an entre 2003 et 2016 (en supposant que 81% des surfaces résineuses sont reboisées sur la période 2013-2016). Ces résultats sont à comparer avec ceux issus des données de gestionnaires collectées entre 2006 et 2018. Cette comparaison est restreinte aux peuplements résineux. Les données gestionnaires ont été filtrées pour ne prendre que les essences de reboisement résineuses.

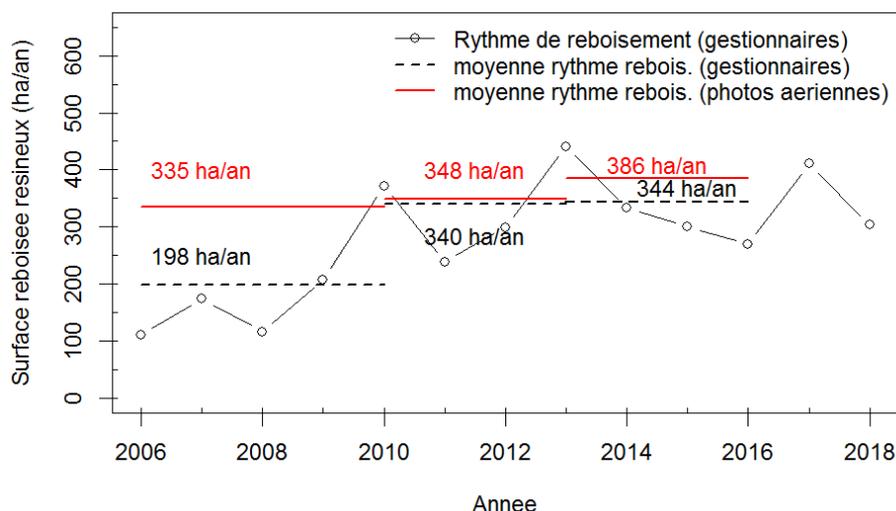


Figure 36: Comparaison des rythmes de reboisement estimés d'après les données des gestionnaires et de l'étude des photos aériennes

Sur la première partie de l'étude, le rythme de reboisement était estimé d'après les données gestionnaires en moyenne à 198 ha/an entre 2006 et 2010, 340 ha/an entre 2010 et 2013, et 344 ha/an entre 2013 et 2016.

Nous remarquons d'emblée que les intervalles de temps ne correspondent pas stricto sensu, dans la mesure où la première est la date de coupe observée et la seconde la date de plantation (ou de dépôt de dossier de subvention). Il est donc très possible qu'il y ait un décalage entre les données. Néanmoins, même en tenant compte de ce décalage, il semble que les données gestionnaires indiquent sur la période 2006-2010 un rythme de boisement 40 % moindre que l'étude des photos aériennes. Cette sous-estimation peut être liée à plusieurs facteurs :

- L'archivage informatique (sous SIG ou tableur) est parfois une habitude récente pour les foresti.er.ère.s et un certain nombre de chantiers ont pu être oubliés
- Les technicien.ne.s foresti.er.ère.s des structures sollicitées ont changé, avec nombre de départs à la retraite et changements de poste, entraînant une perte d'information sur les chantiers de plantations réalisés
- Certains gestionnaires n'ont pas répondu à nos sollicitations et ont pu par le passé être plus actifs dans le Tarn qu'ils ne le sont à présent
- Nombre de chantiers de plantation de faible surface ont pu être réalisés sans gestionnaire. Néanmoins, si tel était le cas, cette différence se remarquerait aussi dans les intervalles de temps suivants.

En soi, le fait que nous ne puissions reconstituer précisément l'historique ancien (12 ans d'âge) des plantations du département n'est pas très surprenant. Il est néanmoins rassurant de voir que sur la période 2010-2016, l'accord entre les données gestionnaires et l'analyse des photos aériennes est bon. Il faudra attendre quelques années pour vérifier l'intervalle 2013-2016 et le taux de replantation supposé de 81%.

L'étude des photos aériennes modifie en partie les conclusions de la première partie de l'étude, qui indiquait une augmentation marquée du rythme des reboisements du Tarn après 2009. Cela ne semble pas être le cas à la lumière de la présente étude. Celle-ci indique en effet un rythme de reboisement en augmentation modéré de 2003 à 2016, passant de 295 ha/an à 386 ha/an. La mise en place de subventions, post-tempête ou pour la séquestration du carbone pourrait avoir participé à cette augmentation.

Raisons du non-reboisement des coupes rases de futaie

Cette étude a été l'occasion d'interroger des propriétaires de forêt sous PSG et hors PSG sur les raisons du non-reboisement de leurs parcelles après une coupe rase de futaie résineuse de plus de 1 ha. Sur un total de 125 coupes (72% hors PSG), 28 propriétaires ont été contactés, dont 13 ont répondu (8 hors PSG et 5 sous PSG). La première raison pour ne pas reboiser artificiellement est d'ordre financier (4), les propriétaires considérant que le revenu de la coupe, intervenue parfois pour raisons sanitaires, n'est pas suffisant pour engager un reboisement. La seconde raison pour ne pas reboiser est de souhaiter (ou être contraint par la végétation à) un retour à un état boisé naturel (3). Les autres raisons évoquées sont le risque sanitaire, la pression cynégétique et la volonté de défricher afin d'agrandir une exploitation agricole voisine.

La troisième partie de l'étude visait à quantifier les dégâts de gibier et à évaluer la réussite globale des reboisements artificiels du Tarn

Survie des reboisements et problèmes rencontrés

Le taux de survie moyen des 127 plantations visitées est de 78% (Figure 23). Parmi les plants présents, 40% sont en vie sans problèmes et 38% ont un problème.

Dégâts de gibier

L'un des deux problèmes principaux relevés lors de l'étude est celui des dégâts de gibiers. Ils représentent la même proportion de 24% des problèmes rencontrés sur plants vivants et sur plants morts retrouvés. La localisation des dégâts de gibier est visible sur la Figure 37. Celle-ci montre les occurrences de dégâts en fonction des communes. Nous voyons que les communes situées à proximité du département de l'Hérault ont tendance à être plus impactées (Figure 37). Cette proportion traduit une réelle pression cynégétique sur le renouvellement de la forêt tarnaise.

Une dimension malheureusement non explorée dans notre étude est liée à la qualité des arbres et leur avenir économique. En effet, les dégâts de gibier peuvent altérer la qualité des peuplements. Ainsi un fort abroustissement aura tendance à produire des arbres plutôt buissonnants et les frottis causent des mortalités de tige et donc des repousses qui forment des fourches. Cela réduit alors grandement l'avenir économique et la qualité des futurs peuplements.

Néanmoins, même si les dégâts de gibier sont très présents dans les plantations, aucune corrélation n'a été démontrée entre les dégâts de gibiers (totaux ou frottis seuls) et le nombre de plants absents (81% du nombre total de plants morts, Figure 32).

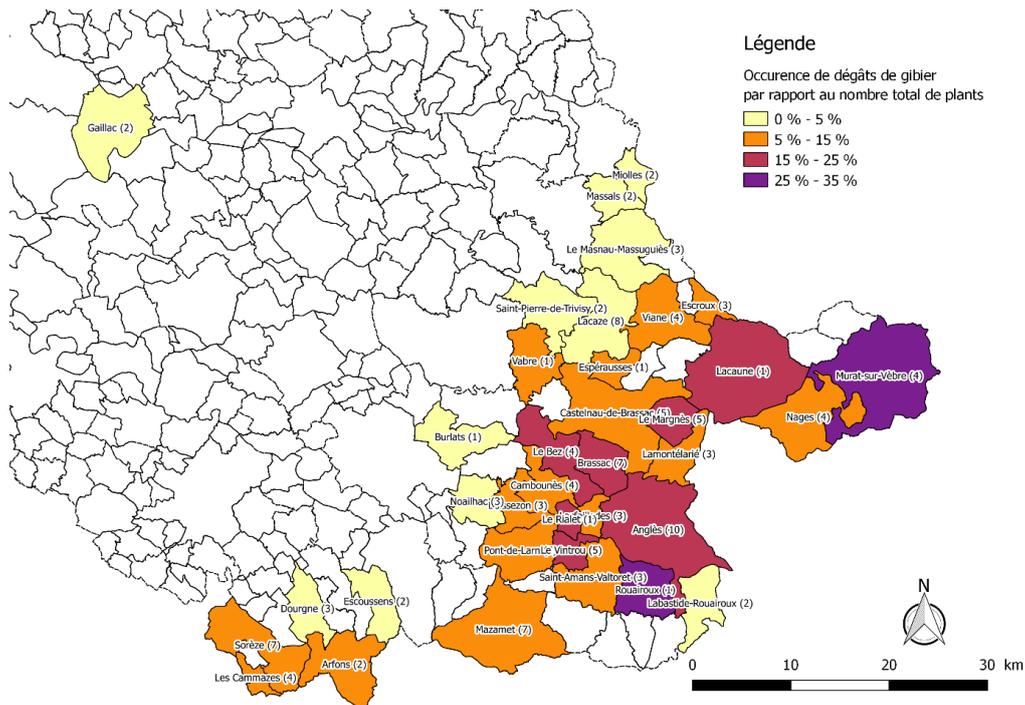


Figure 37: Répartition des occurrences de dégâts de gibiers par communes, relevé lors de nos visites de plantations. Les chiffres entre parenthèses représentent le nombre de plantations visitées sur une commune.

Problèmes de plants et de mise en place des plants

Nous avons été surpris par le nombre important de problèmes de plants ou de mise en place des plants, qui représentent 26% des problèmes sur plants vivants et 32% des problèmes sur plants morts (Figure 25). Ces problèmes d'ancrage et de disposition des racines sont préoccupants pour les années à venir. En effet, les à-coups climatiques sont appelés à se multiplier, notamment les sécheresses printanières et estivales. Dans de tels cas, les arbres avec des systèmes racinaires peu développés ou anormaux ne peuvent pas subvenir à leurs besoins en puisant l'eau en profondeur et risquent de dépérir. Cette prédiction est à rapprocher des corrélations avérées entre la disponibilité en eau, caractérisée par P-ETP0608, et le taux de survie des plantations (Figure 31) et le nombre de plants absents (Figure 33). La disponibilité en eau va aller en diminuant dans les années à venir, ce qui entraînera plus de pertes dans les plantations. Cette situation va s'accroître en cas de problèmes de systèmes racinaires. En plus, un mauvais ancrage pourrait causer plus de dégâts en cas de tempêtes ou de neiges lourdes.

Ces problèmes de plants et/ou de mise en place des plants devraient être suivis plus attentivement par les propriétaires forestiers. Un travail du sol par potets travaillés à la pelle mécanique pourrait faciliter le travail des planteurs et améliorer l'enracinement moyen des arbres.

Causes d'absence des plants

Sur la base de l'échantillon collecté, les plants absents ne semblent pas être liés à la pression cynégétique (Figure 32) mais apparaissent plutôt comme la conséquence du stress hydrique (P-ETP0608, Figure 33) et/ou d'un défaut d'entretien des plantations (degré de concurrence pour la lumière, Figure 34). Si on ne peut agir sur la donnée climatique qu'est le stress hydrique (P-ETP0608) une fois les arbres en place, on peut en revanche anticiper cette contrainte en choisissant les essences les mieux adaptées et la concurrence à la lumière par la réalisation à temps des dégagements.

A ce propos, cette étude a montré que les peuplements de Cèdre étaient mieux suivis que les autres et que la concurrence à la lumière ou au contact de la part de la végétation alentour

était en moyenne de 10 à 20 % plus faible pour cette essence. La croissance initiale souvent lente du Cèdre a en effet rendu les gestionnaires plus vigilants.e.s.

Voies d'amélioration de la résilience des plantations

Le taux de survie constaté est en moyenne satisfaisant sur les plantations du Tarn. Néanmoins, dans un contexte de changement climatique et de stress hydrique plus fréquent au printemps et en été, le propriétaire et le gestionnaire peuvent agir à cinq niveaux :

- Adapter les essences aux conditions stationnelles présentes et anticiper autant que faire se peut les évolutions climatiques
- Mieux réceptionner les plants et refuser ceux dont le chevelu racinaire est insuffisant
- Assister et insister auprès des entreprises de reboisement pour que les plants soient mis en place de façon plus satisfaisante : Idéalement, la réalisation de potets travaillés quelques mois avant la plantation facilitera l'ancrage et le développement racinaire des plants.
- Mieux suivre les peuplements et réaliser les dégagements à proximité des plants, même lorsque le plant est plus haut que la végétation concurrente.
- Se coordonner avec la fédération des chasseurs afin que les plantations récentes soient plus visitées et suivies par les chasseurs avec des prélèvements mieux adaptés.

Bibliographie

Chambre des Commerce et de l'Industrie du Tarn, « *Filière bois Tarnaise* », 2016
site internet: « <https://www.tarn.cci.fr/filiere-bois-tarnaise> »

J. De Vaissière, « *Le Fond Forestier National ; Les principes de base (1947-1950)* », Revue forestière française, 1952

S. Girard, J. Lemaire, T. Améglio, « *Comprendre et agir contre le dépérissement du cèdre de l'atlas (Cedrus atlantica) en Ardèche* », 2018

Institut Géographique National, « *Evaluation des dégâts de la tempête Klaus* », Inventaire Forestier National, Mars 2009

R. Landmann, « *Comment apprécier la vitalité d'un arbre ou d'un peuplement forestier* », Revue Forestière Française, 1988

L-M. Nageleisen, « *Recrudescence des insectes sous-corticaux à la suite des extrêmes climatique de 2003* », 2004

K.Ose, M.Deshayes, « *Détection et cartographie des coupes rases par télédétection satellitaire* », IRSTEA, Janvier 2015

A. Petroff, « *Evaluation du rythme annuel des reboisements en forêt privée dans le Tarn (2006-2018)* », rapport CPRF, 2019

Régions Midi-Pyrénées, Délibération de l'Assemblée Plénière, « *Modalité de mise en place du fond carbone régional* », 19 mai 2011

C.Vidal, T, Bélouard, C. Fourcade, A. Salvado, N. Stach, « *Les images satellitaires pour la gestion forestière* », Inventaire Forestier National, 2008