

# Compte rendu : Étude des plantations de chêne, de 0 à 15 ans, dans le Centre-Val de Loire.

Renouvellement et  
évolution des plantations de  
chênes sessiles dans un  
contexte de changement  
climatique

Anne Geneix Anne Geneix

Sophie BEZAUD Jérôme ROSA

Remerciements.....	4
Le chêne, une essence objectif impactée par le réchauffement climatique .....	5
Le chêne, une essence dominant les forêts du Centre-Val de Loire .....	5
Le renouvellement des chênaies avec de nombreux freins .....	5
Une étude multi partenariale sur le renouvellement des chênaies .....	5
La sélection des parcelles référencées par le Département de la Santé des Forêts pour l'étude .....	6
Description de la plantation en 2025 via un protocole exhaustif .....	9
Une étude croisant de nombreuses sources de données .....	10
Présentation des relevés réalisés .....	11
Enquête qualitative des plantations ayant un taux de reprise inférieur à 50% .....	12
Un état des lieux de la réussite des plantations de chêne sessile : un résultat mitigé .....	13
Présentation des facteurs de réussite .....	14
Détermination d'une clé de réussite des plantations, dans le cadre de l'étude .....	14
La réussite des plantations « au cas par cas » .....	18
Une première analyse générale des facteurs pouvant impacter la réussite des plantations .....	22
Présentations des variables explicatives .....	22
Identification des facteurs ayant un lien de corrélation avec les variables explicatives .....	23
Gradation de l'impact des facteurs par le biais de régressions linéaires .....	23
Tentative de classification des facteurs via un test du Random Forest .....	25
Classification finalisée des facteurs stationels .....	26
Les facteurs biotiques et abiotiques : des impacts non négligeables sur la réussite du renouvellement de nos chênaies en Centre-Val de Loire .....	26
Les facteurs climatiques, un impact non négligeable pendant au moins trois ans .....	26
La station : de nombreux facteurs clés pour la survie et la croissance des plants .....	28
L'état sanitaire des plants : un révélateur des problèmes de la plantation dès la première année .....	34
La végétation, une concurrence en hauteur impactant .....	40
Travaux et décisions des propriétaires : A adapter au cas par cas .....	42
Les facteurs impactant les boisements et reboisements, les forêts publiques ou privées .....	42
Le cas des reboisements sur forêt privée .....	45
Le cas des boisements .....	46
Le catalogue des plantations atypiques .....	48
Une mise en place difficile du catalogue .....	48
Présentation des cinq plantations sélectionnées .....	49
Conclusion : .....	49
Annexes : .....	52
Annexe 1 : Présentation de la construction de la clé de réussite .....	52
Annexe 2 : Étude des corrélations entre les facteurs explicatifs et l'accroissement moyen .....	54
Annexe 3 : Étude des corrélations entre les facteurs explicatifs et le taux de survie .....	55

Annexe 4 : Étude des corrélations entre les facteurs explicatifs et la densité en 2025 .....	56
Annexe 5 : Étude des corrélations entre les facteurs explicatifs et la clé de réussite .....	57
Annexe 6 : L'ensemble des facteurs stationnels étudiés .....	58
Annexe 7 : L'ensemble des dégâts étudiés sur la première année et en 2025 .....	60
Annexe 8 : L'ensemble des facteurs de concurrence végétale étudiés .....	61
Annexe 9 : Ensemble des itinéraires et travaux étudiés .....	63
Acronymes .....	66

## Remerciements

Cette étude n'aurait pas pu être réalisée sans l'aide de nombreux propriétaires, partenaires et collègues. Le projet a été initié et mis en œuvre conjointement avec Jérôme ROSA, ingénieur en R&D du Centre national de la propriété intellectuelle, Pierre-Damien DESSARPS et Alain COLINOT, directeurs adjoints du CNPF pour la délégation Centre-Val de Loire et Île-de-France. La réalisation technique, l'analyse des données et l'interprétation des résultats ont été faites avec Jérôme ROSA.

L'étude se base sur les résultats des campagnes de suivi du Département de la Santé des Forêts, partenaires de l'étude. Le DSF. Nous avons pu réaliser nos relevés forestiers et nos analyses sur R Studio grâce aux soutiens de M Simon LAUBRAY ainsi que de son collègue, M Xavier MANDRET.

Nous remercions aussi nos nombreux autres partenaires pour leurs soutiens :

Mme Sophie FARINOTTI, M Maxence CARATY, M Adrien DURIAUX ainsi que tous leurs collègues d'UNISYLVA pour nous avoir aidés dans la collecte de données et dans notre recherche de plantations de chêne atypique.

M Alexis FEINARD, M Loïc NICOLAS ainsi que tous les responsables des Unités Territoriales et les techniciens de l'Office Nationale des Forêts (ONF) rencontrés lors de la phase terrain. Merci de nous avoir permis d'accéder aux plantations en forêt publique et de nous avoir transmis les sommiers des parcelles concernées.

M Thomas FORMERY, représentant des CETEF du Centre-Val de Loire pour nous avoir soutenus durant le projet et de nous avoir aidé à identifier des plantations atypiques, avec l'aide de Mme Nathalie Maréchal et Mme Marie-Thérèse Fleury.

M Pierre BARON, Entrepreneur de Travaux Forestiers, et M Mathys ROUSSEAU, dont le sujet de stage de Mathys a soutenu l'étude tout au long de son déroulé.

M Antoine HUBERT de Fibois pour son soutien au projet.

M Jean-François HAUTTECOEUR, représentant du financeur, la DRAAF Centre-Val de Loire pour son aide à la fois sur le plan technique et administratif.

Nous remercions l'ensemble des propriétaires ayant accepté de participer à l'étude ; mesdames ou messieurs : M JARNO, M de TUDERT, Mme DE CONIAC, M MICHAUX, MCHRISTIAN, M DE BEAUCHE, DE BEAUREGARD, M DE CASTELNAU, M DE GATINE, M DE GAUTRAY, M DE LA BROSSE, Mme DU LYS SAINT GEORGES, M CHICHREY, Mme SAINTE OLIVE, MBERTIN SAINT GILDERIC, M GOURDET, M CHAPET, M CHATEIGNER, M COURCELLES, M DE BELLEFOND, M de JOUVENCEL, M DE LA SELLE, M de TRISTAN, M DOLLET, M DUCHEMIN, MDUFOUR, M D'USSEL, MMERLAUD, M PICHARD LEMAINQUE, MRICHET, M TOULET, M CAILLET, M et Mme DE ROSEN, M Mme LAVERNHE, M Mme DE BELAIR, M Mme GIL, M BILLARD, Mme ROGER ESTRADÉ, M. DE COURCY, M BOUVAULT, M MICHAUX, M AVRIL, M. D'ESPINAY SAINT-LUC, M. DE VARINE, M. DECROUY, M. CLEMENT, M. TIXIER, M. PERROT, M. CHAZE DE VIGNERIAS, M. RAY, M. FORESTIER, Mme BOILEAU, Mme BALSAN, Mme WARNIER DE WAILLY, Mme DONA DALLE ROSE, Mme TARNOWSKI, Mme PERROT DUNOYER, M. DUFOUR, M ; PENOT HUBERT, M. VAGNE, M RICARD

Merci aux collègues du CNPF pour leur appui : M David HOUMEAU, M Clément DESCHAMPS, M Bruno JACQUET, M Franck MASSE, Mme Évaëlle BOURDAIS, M Constant GAUBERT, M Thomas VARQUET, Mme Marylou FAURE, Mme Gisèle RAOUL, M Gaël LEGROS, Mme Laurence PLAIGE, Mme Émeline CHAUSSÉ.

## Le chêne, une essence objectif impactée par le réchauffement climatique

### Le chêne, une essence dominant les forêts du Centre-Val de Loire

Dans la région Centre-Val de Loire, trois arbres sur cinq sont des chênes. Le chêne pédonculé, essence pionnière, est le plus représenté. Le chêne sessile puis, depuis cinq ans, le chêne pubescent sont favorisés dans les itinéraires sylvicoles.

Le Centre-Val de Loire est la septième région la plus boisée, avec 969 000 ha de forêt. 87 % de la surface est composée d'essences feuillues. Dans la région, la récolte de chêne, en bois d'œuvre, représente environ 13 % du volume national. Le territoire se classe à la troisième marche en matière de production de bois d'œuvre. Les chênaies, majoritairement composées de bois moyens (27,5 à 47,7 cm) et de gros bois (47,5 à 57,5 cm), ont un enjeu économique fort. Toutefois, une bonne partie des peuplements sont vieillissants et atteignent les diamètres d'exploitabilité. Le renouvellement des chênaies en Centre-Val de Loire est une préoccupation de l'ensemble de la filière.

Pourtant, les propriétaires hésitent à récolter puis planter des chênaies. Bien que la région soit au 2e rang national en ce qui concerne l'instruction et l'agrément des plans simples de gestion, à peine 50 % de l'accroissement biologique est prélevé chaque année.

### Le renouvellement des chênaies avec de nombreux freins

Parmi les nombreux freins que rencontrent les propriétaires, nous pouvons citer :

- Un changement d'aspect de leur forêt important entre de vieilles futaies et une chênaie juvénile
- De nombreux travaux à la plantation, impliquant d'importants investissements
- Des échecs de plus en plus importants, en lien avec le gibier et les sécheresses
- Une incertitude sur les essences et itinéraires à privilégier vis-à-vis du changement climatique.

Les dispositifs d'aides financiers à la plantation, tels que France 2030, puis France Nation Verte, aident à lever les freins économiques liés à la plantation.

Quant aux incertitudes liées au devenir d'une plantation, il existe des enquêtes ou études analysant la réussite et les causes d'échecs des plantations l'année de leur mise en place. Elles analysent toutes finement la reprise et mettent souvent en avant les facteurs climatiques, mais aucune ne concerne plus d'un an de plantation. Ainsi, au-delà de la première année, le devenir des plantations et les facteurs de réussite sont trop peu connus.

Ainsi, le CNPF et ses partenaires ont mené une étude de la réussite des plantations sur 15 ans. Le taux de reprise d'une plantation de chêne y est révélé de plus en plus faible. Cela signifie que l'installation d'une plantation est de plus en plus délicate, mais, qu'en est-il après ? Une plantation jugée en « échec » à la reprise est-elle systématiquement échouée ?

### Une étude multi partenariale sur le renouvellement des chênaies

Pour caractériser la réussite d'une plantation, nous avons sélectionné comme critères le taux de survie calculé en 2024-2025, la densité en 2025 et l'accroissement moyen. Le taux de survie est calculé sur 100 plants, l'accroissement à l'aide de 30 mesures de hauteurs des tiges les plus dominantes par relevé. Pour la densité, nous l'avons estimé en déterminant la densité de plantation sur le terrain et en la multipliant au taux de survie calculé sur 100 plants.

D'autres facteurs de réussite auraient pu être sélectionnés, tels que des critères qualitatifs, mais aussi les diamètres au collet. Les plantations de 0 à 15 ans présentent des morphologies variées. Les diamètres aux collets se sont avérés difficiles à relever et peu précis pour les plus jeunes plantations. Nous n'avons pas non plus réussi à mettre en place des critères de réussite qualitative. En effet, les plantations les plus jeunes ont une hauteur comprise entre 45 et 70 cm et n'ont pas systématiquement une dominance apicale prononcée, entraînant une silhouette plus ou moins buissonnante. Les plantations plus âgées, pouvant dépasser les 9 m, sont des peuplements gainés présentant une dominance apicale plus prononcée. Nous observons la disparition des branches latérales qu'à partir de sept ans, pour les meilleures stations. La qualité des plants est donc difficile à estimer au vu des grandes différences de silhouette en fonction de l'âge.

Les facteurs explicatifs de la réussite de la plantation sont très nombreux. Nous avons étudié plus d'une centaine de facteurs, dont certains, peu pertinents, ne sont pas présentés dans l'étude. Nous pouvons les regrouper dans les catégories suivantes :

- L'état sanitaire des plants : dégâts du gibier, concurrence végétale, dégâts liés à un pathogène...
  - L'impact du climat (température, pluviométrie, bilan hydrique et index climatique...)
  - L'impact du sol (texture, réserve utile en eau...)
  - L'impact de la concurrence végétale (concurrence herbacée, arbustive, et du recrû naturel)
  - L'impact des caractéristiques de la parcelle (surface, type de peuplement initial, pente, altitude, orientation)
  - L'impact des travaux avant plantation (type d'exploitation, nettoyage, travail du sol, itinéraire de plantation...)
  - L'impact des travaux d'entretien de la parcelle (broyage, dégagement et autres travaux)
- L'ensemble des facteurs étudiés par « familles » citées ci-dessus sont présents en annexe.

À noter que certaines informations n'ont pas été relevées, car trop peu connues sur la majorité des sites. L'une des informations qui auraient pu être pertinentes est la génétique des plants. En effet, certaines plantations présentaient une diversité volontaire d'origine. Parmi elles, trois présentaient des résultats différents de taille par provenance.

Face à la multiplication des données collectées à réaliser, nous avons :

- Sélectionner un ensemble de plantations de chêne représentatives issu de la base de données DSF et à l'échelle de la région. Nous avons tenté d'avoir un échantillon le plus homogène possible.
- Mettre en place un protocole simple et applicable, quel que soit l'âge des plantations. Notre ambition est de pouvoir réaliser un état des lieux à la fois des plants, mais aussi de la parcelle.
- Croiser l'ensemble des données collectées avec les bases de données existantes

## La sélection des parcelles référencées par le Département de la Santé des Forêts pour l'étude

### Présentation du suivi des plantations mise en œuvre par le DSF

Depuis 2007, les Correspondants Observateurs (CO) du Département de la Santé des Forêts réalisent une enquête annuelle des plantations, toutes essences confondues.

L'objectif de ces relevés est d'évaluer la reprise des plantations de l'année, leur état sanitaire et les facteurs biotiques et abiotiques impactant la survie des plants.

Le protocole consiste à observer 100 plants, répartis sur dix grappes. Les dix grappes sont aléatoirement choisies sur un parcours en U dans la parcelle. L'état de chaque plant est renseigné ainsi que les dégâts biotiques et abiotiques qu'il a éventuellement subis dès la première année. Par relevé il est noté le taux de mortalité.

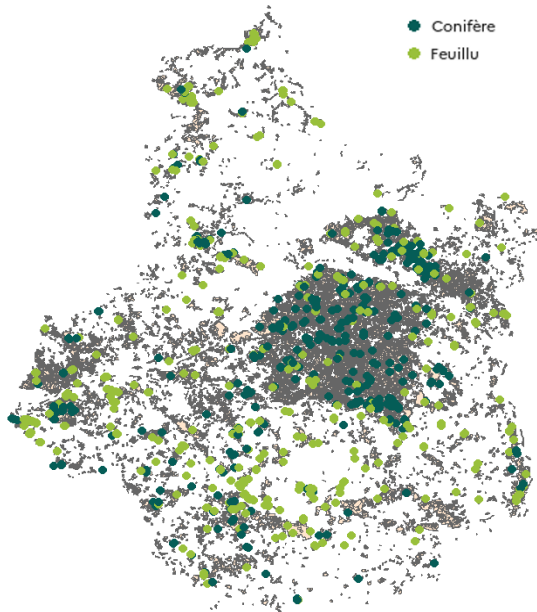


Figure 1: Plantations de résineux et de feuillus recensées entre 2007 et 2023 ; Sources : Simon Laubray, DSF.

Chaque correspondant observateur étudie cinq parcelles par année. Il réalise un relevé au printemps, un mois après le débourrement et en automne pour estimer les aléas impactant le taux de reprise. En parallèle, certaines informations techniques sur l'installation des plantations sont aussi relevées.

Depuis 2007, plus de 950 plantations et 28 essences ont été observées en Centre-Val de Loire. Ce protocole a permis d'observer et de décrire 267 plantations de chêne (figure 2). Nous nous appuyons sur cette base dans le cadre de l'étude, car elle permet d'avoir une description homogène et détaillée des plantations, dès l'année de leur installation.

Renseignées depuis 2007 et sur tous types de plantations, essences confondues, nous avons pu extraire les plantations de chênes entre 2009 et 2023.

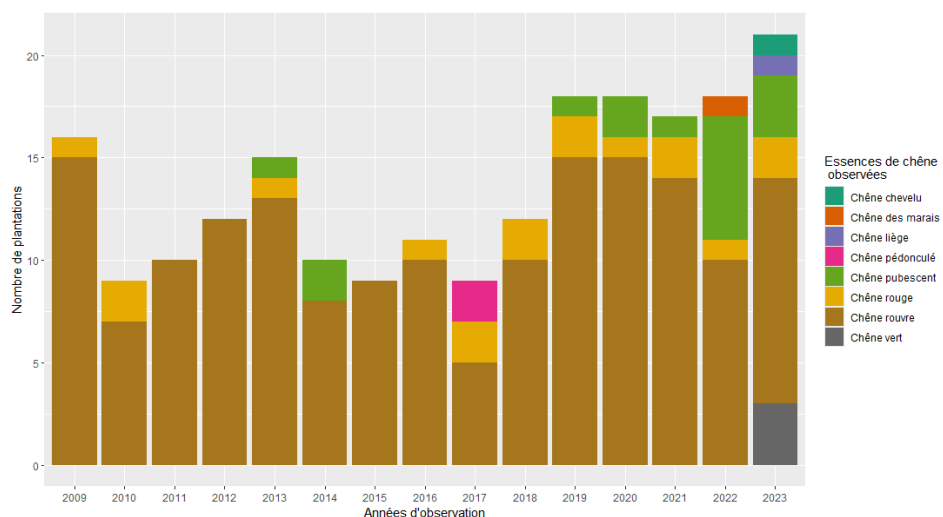


Figure 2: Nombre de plantations recensées par année et par espèces de chêne plantées.

### Sélection de 106 parcelles à étudier

L'objectif de l'étude est de pouvoir observer au moins 90 parcelles recensées par le DSF. Ces parcelles sont aléatoirement sélectionnées et doivent être réparties, de manière homogène, entre 0 et 15 ans. Pour ce faire, nous nous sommes assurés d'avoir 30 parcelles réparties sur trois classes d'âges : 0 à 5, cinq à 10, puis 10 à 15 ans.

Le premier critère de sélection est l'espèce étudiée. Depuis 15 ans le chêne le plus planté est le chêne sessile. Face aux sécheresses répétées, les propriétaires favorisent de plus en plus le chêne pubescent, réputé plus résistant aux sécheresses répétées que le chêne sessile. Il aurait été intéressant d'étudier cette essence de plus en plus plantée, malheureusement, nous n'avons pas encore assez de parcelles pour l'étudier. Cela ne fait que cinq ans que cette essence est favorisée, souvent en mélange avec un autre chêne. Nous avons donc choisi d'étudier le chêne sessile qui reste encore préconisé aujourd'hui, et qui représente 203 plantations dans la base de données du DSF.

Nous avons sélectionné les plantations les moins mélangées. Le choix des plantations en plein et sans mélange de chêne sessile s'explique aussi par la base de données initiale, la BD DSF. En effet, ces deux facteurs ont été étudiés qu'à partir de 2021. Nous n'avons donc pas encore assez de données à disposition pour étudier ces facteurs. Seules neuf plantations étaient en godets, nous avons donc préféré ne sélectionner que les plantations en racines nues. 150 plantations de chêne correspondent à nos critères de sélection. Ces différentes plantations sont réparties sur la région (figure 4), avec une plus forte concentration dans les départements du sud.

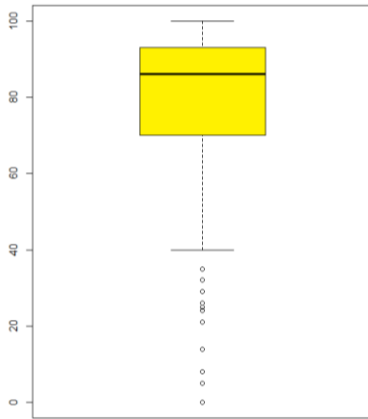


Figure 3 : Taux de reprise de l'ensemble des plantations de chêne

Le dernier critère de sélection est le taux de reprise après la première année. En effet, il conditionne fortement la suite de l'itinéraire sylvicole. **Sur les 150 parcelles, nous constatons (figure 3) que plus de la moitié des plantations sont couronnées de succès, c'est-à-dire qu'elles atteignent un taux de réussite supérieur à 80 %, et que 13% (19 sur 150) d'entre elles ont un taux de reprise de moins de 50 %.** Le comité des partenaires a remarqué que les plantations dont le taux de survie était faible (inférieur à 50 %) étaient soit abandonnées par le propriétaire, découragé par les résultats de son investissement, soit au contraire totalement replantées. Dans ces deux cas, la phase terrain n'apporterait rien à l'étude. Ainsi, les plantations étudiées sur le terrain auront un taux de reprise supérieur à 50%. Pour les autres, une étude qualitative sur le devenir de ces parcelles sera menée auprès des propriétaires (renvoi page 14).

Parmi les 131 parcelles retenues à ce stade, nous avons sélectionné aléatoirement 90 parcelles (figure 4), soit 30 par classes d'âge, 2 à 5 ans, 5 à 10 ans, puis 10 à 15 ans. Sachant qu'un ensemble des parcelles sélectionnées risqueront d'être abandonnées pour diverses raisons, nous avons prévu 16 parcelles complémentaires.

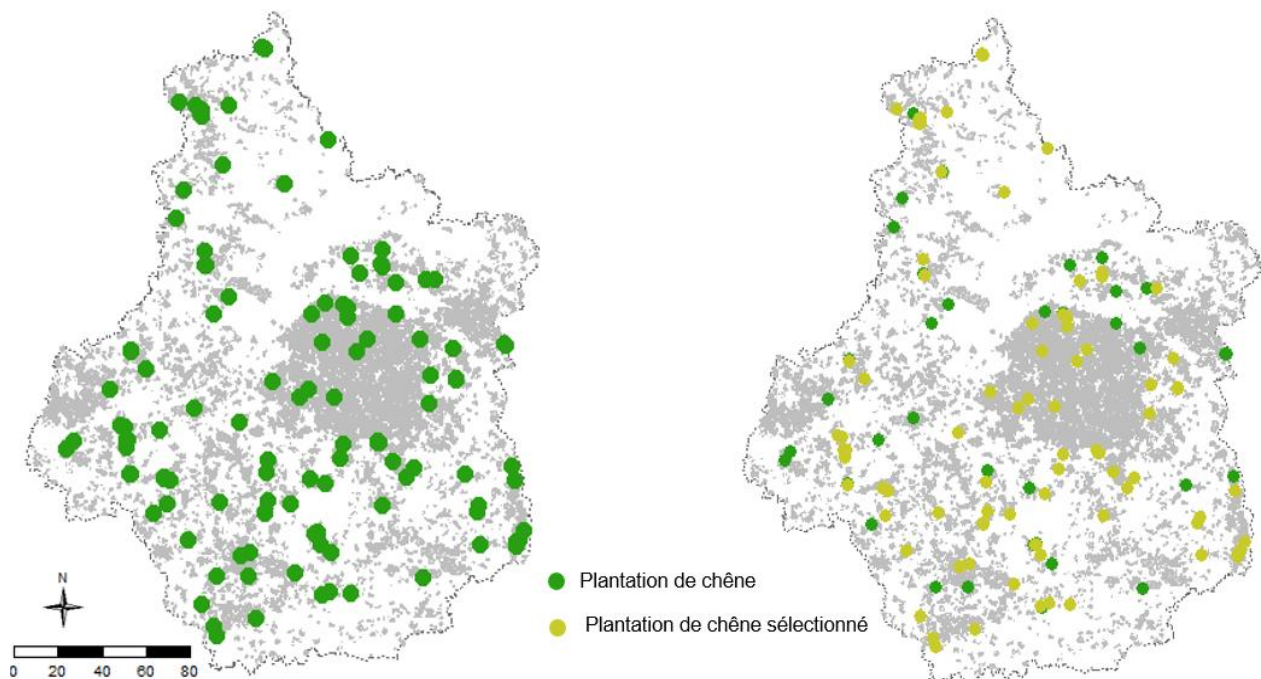


Figure 4: Cartographie des plantations de chêne sessile observées par les correspondants observateurs puis celles sélectionnées dans le cadre de l'étude ; Sources : DSF, IGN, CNPF 2024

Ainsi cette étude comporte à ce stade 3 jeux de parcelles présentés ci-dessous :

Tableau 1: Présentation synthétique du nombre de parcelles sélectionnées et des objectifs à atteindre.

Nb Parcelles	Objectifs à atteindre	Méthode de sélection des plantations	Relevés à réaliser
90	- Réaliser un état des lieux de la réussite des plantations de chêne jusqu'à 15 ans - Identifier les facteurs impactant la réussite et proposer des solutions techniques	Sélection aléatoire de 30 parcelles par classe d'âge (2-5, 5-10 et 10-15 ans)	- Relevés terrain - Relevé des historiques de travaux
16	Avoir un nombre de parcelles complémentaires pour anticiper l'abandon de certaines plantations initialement sélectionnées	Sélection de 5 parcelles par classe d'âge localisées à proximité de certaines des 90 parcelles.	- Relevés terrain Relevé des historiques de travaux
19	Savoir comment les propriétaires réagissent face à des taux de reprises faibles	Taux de reprise inférieur à 50%	- Enquête auprès des propriétaires

### Description de la plantation en 2025 via un protocole exhaustif

Après avoir sélectionné 106 parcelles, nous avons mis en place un protocole pour décrire, par station rencontrée, les plantations. De nombreuses parcelles présentent des hétérogénéités, souvent observables par la végétation présente ou la topographie. Ainsi, nous avons décidé de diviser les parcelles en « sous-parcelle » ayant une station (sol, topographie et végétation) et/ou un taux de réussite homogène, et d'appliquer le protocole de description à cette échelle plus fine.

La collecte des données s'est déroulée en deux phases (figure 5) de prospection dans la sous-parcelle. La première est une phase de déambulation aléatoire afin d'avoir une vision d'ensemble de la plantation pour pouvoir la diviser au besoin en sous-parcelles. Ensuite, le protocole suivant est appliqué pour chaque sous-parcelle (un à cinq selon les sites) :

- Réaliser l'étude pédologique et estimer le développement de la concurrence, à un endroit représentatif de la sous-parcelle
- Relever diverses informations techniques pour décrire la parcelle (topographie, espacements de plantation...)

La deuxième phase est une phase de collecte d'information à l'échelle de 100 chênes. Ceux-ci ont été observés par lot de dix. L'objectif était de :

- Décrire si le plant était présent ou non
- Relever tous types de dégâts présents sur les plants et, le cas échéant, une cause de mortalité
- Relever trois hauteurs dominantes de plants par grappe de dix, s'il y avait suffisamment de plants.

La description de dix grappes de dix plants devait permettre de parcourir l'ensemble de la sous-parcelle et nous assurer qu'un plant ne soit pas comptabilisé deux fois. Ainsi, la sélection des lots de plants devait respecter les critères suivants :

- Les plants sont par grappe de dix, sur la même ligne, à l'identique du protocole DSF. Ils sont choisis aléatoirement sur la ligne sélectionnée. Un plant absent est compté.
- Pour nous assurer de parcourir l'ensemble de la parcelle, nous avons utilisé un taux d'échantillonnage des lignes en fonction de la surface, selon la méthode Brossier-Pallu décrite dans le tableau n° 2. Afin de parcourir la plantation dans sa totalité, nous partions d'un angle de la plantation pour réaliser des relevés sur la « diagonale » de la plantation. Une fois arrivés au bord opposé, nous changions de côté, en sautant une ligne, pour nous assurer d'observer des lignes différentes que celle décrite sur la première diagonale.

Tableau 2: Répartition des lignes étudiées selon les densités et surfaces<sup>1</sup>.

Densité initiale A la plantation	Surfaces		
	1 à 3 Ha	3 à 5 Ha	5 à 8 Ha
< 900 tiges/Ha	1/3 ligne décrite	¼ ligne décrite	1/6 ligne décrite
>900 tige/ Ha	1/6 ligne décrite	1/6 ligne décrite	1/12 ligne décrite

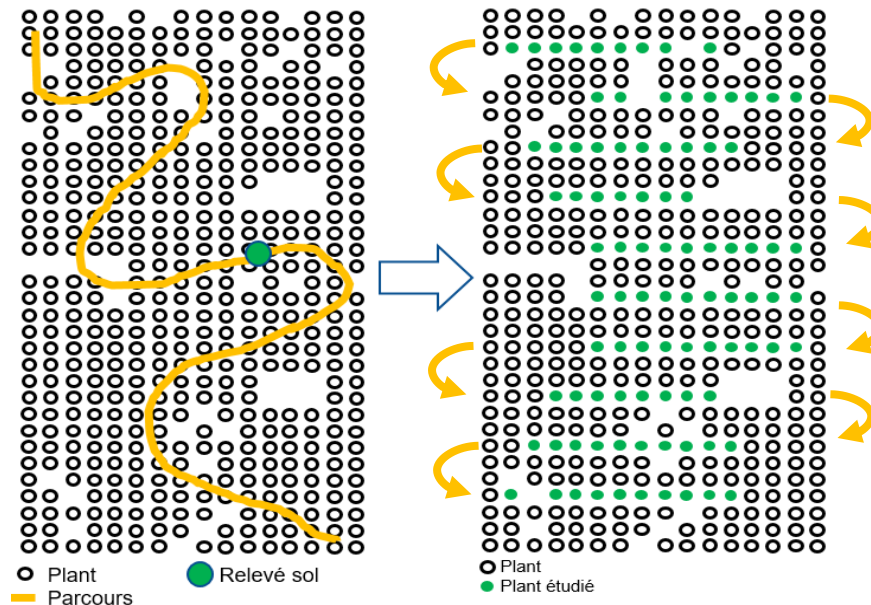


Figure 5: Présentation de la méthode de déambulation mise en place dans le protocole

### Une étude croisant de nombreuses sources de données

Nous voulions compléter les relevés terrain en récupérant les données de nombreuses autres sources. Nous avons tout d'abord *déterminé* les facteurs à étudier par « grandes familles ». L'objectif étant de « balayer » et étudier le plus grand panel de facteurs pouvant impacter la réussite des plantations de chêne sessile. Nous nous sommes appuyés sur la bibliographie et le retour d'expérience du comité de pilotage pour définir l'ensemble des facteurs à étudier.

Le tableau ci-dessous présente de manière synthétique l'ensemble des facteurs étudiés. Dans le rapport, nous ferons une description et une présentation plus détaillées de chaque critère étudié.

<sup>1</sup> Source : Protocole de Brossier et Pallu

Tableau 3: Facteurs étudiés

Les principaux facteurs étudiés		Données sources
<b>Facteurs de réussite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taux de reprise, l'année suivant la plantation</li> <li>- Taux de survie en 2025</li> <li>- Densité en 2025</li> <li>- Accroissement annuel moyen entre l'année de la plantation en 2025</li> </ul>	Relevés terrain Base de données DSF
<b>Station</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sol, réserve utile et hydromorphie</li> <li>- Topographie</li> </ul>	Relevés terrain Retours propriétaires
<b>Facteurs biotiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Concurrence végétale</li> <li>- Impact du gibier</li> <li>- Pathogènes</li> </ul>	Relevés terrain Base de données DSF
<b>Travaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nettoyage, préparation du terrain, plantation</li> <li>- Protection du gibier</li> <li>- Entretien des plantations (broyage et dégagement)</li> <li>- Installation de regarnis</li> <li>- Surface de la plantation</li> <li>- Regarni</li> <li>- L'année (et moi) s de la plantation</li> </ul>	Relevé terrain Données du DSF Entretien avec les propriétaires
<b>Climat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Précipitation</li> <li>- Bilan hydrique</li> <li>- Température moyenne</li> <li>- Index des précipitations standardisées</li> <li>- Index des précipitations et de l'évapotranspiration standardisée</li> <li>- Index de l'humidité des sols</li> </ul>	Modèle climatique SAFRAN

## Présentation des relevés réalisés

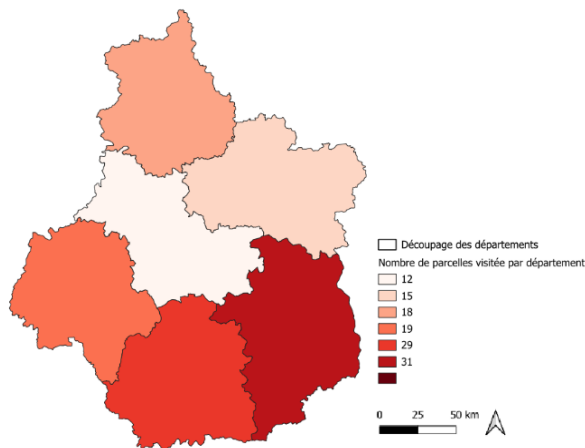


Figure 6: Nombres de relevés réalisés par département;  
source: IGN, CNPF, 2025

Parmi les 106 plantations initialement sélectionnées, avec un taux de reprise supérieur à 50 %, 19 n'ont pas été réalisées :

- Deux plantations de 2009 avaient été mal localisées et donc impossibles à retrouver
- Nous n'avons pas eu de retour ou bien pas l'autorisation des propriétaires sur dix plantations.
- trois plantations ont été broyées par les propriétaires pour être replantées en résineux
- quatre plantations n'ont pas été étudiées, car nous n'arrivons pas à retrouver les lignes de plantation (impossibilité de s'assurer d'être toujours sur la même ligne du fait d'une trop grande concurrence, ou d'une trop faible densité de plants).

Un tiers des plantations ont dû être redécoupées. Les plantations les plus redécoupées sont les plus récentes, car il est plus simple, en se basant sur la végétation, de visualiser les différentes stations. Le risque est de trop diviser la parcelle. Un relevé prend entre 2 h et 3 h 30 en fonction de l'accessibilité aux lignes de plantation. Une plantation divisée en cinq sous-parcelles a mobilisé plus de deux jours de relevés terrain. De plus, un redécoupage de moins de 0,5 ha est souvent peu représentatif des parcelles étudiées, car trop fin par rapport aux enjeux sylvicoles.

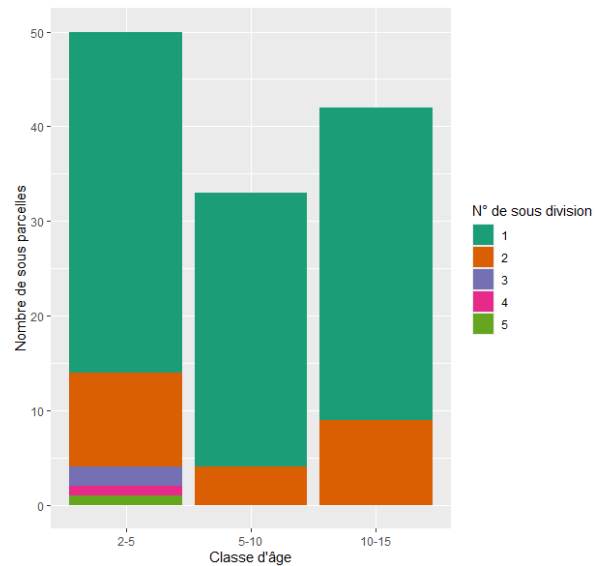


Figure 7: Nombre de sous-division par classe d'âge

### Enquête qualitative des plantations ayant un taux de reprise inférieur à 50%

19 plantations de chêne sessile sur 150 plantations identifiées dans la base de données du Département de la Santé avaient un taux de reprise inférieur à 50%. Notre objectif est de connaître le devenir de ces 12.6% de plantation en échec dès la première année. Ainsi, nous avons mené une enquête téléphonique auprès des propriétaires : savoir comment ont-ils réagi face à ce constat et que sont devenues les parcelles. Parmi les plantations, trois sont en forêt domaniale d'Orléans. 42% des plantations en échecs sont plantées après 2018. Elles ont connu les années de sécheresse de 2018 à 2020. 37% ont été plantées entre 2011 et 2012, autres années de sécheresse.

Sur les 19 plantations, nous avons eu 11 retours, dont huit exploitables. Deux propriétaires de trois parcelles n'ont pas su répondre aux questions. En effet, ils ont hérité de plantations déjà en place. Ainsi, nous avons huit retours probants. Pour les 11 plantations sans retour probantes (huit sans retour de propriétaires et trois ayant des propriétaires ne connaissant pas l'historique de la plantation), nous avons observé les images aériennes afin d'identifier d'éventuels changements. Ainsi, nous avons identifié trois changements dans la plantation : Un état de « maintien de la plantation » se traduisant par des hétérogénéités dans la plantation, une conversion en résineux ou bien un broyage des plantations échouées sur terra agricoles.

Le schéma ci-dessous résume les résultats factuels de notre enquête :

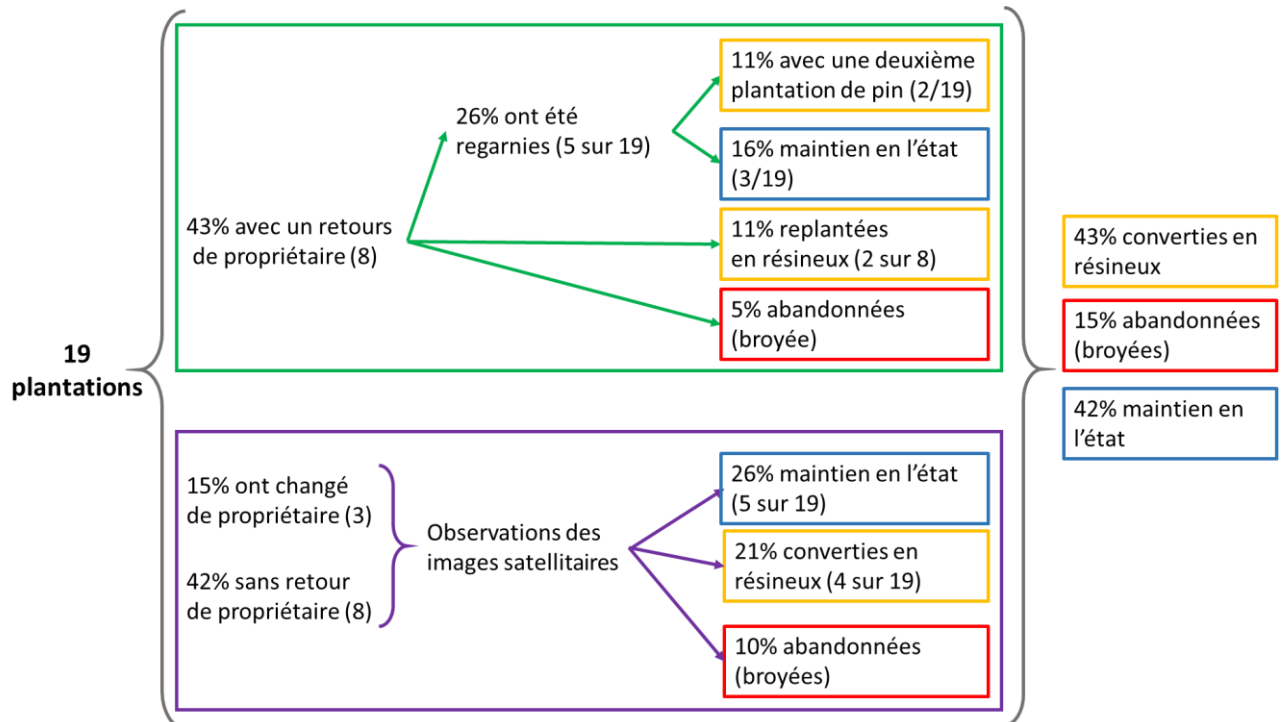


Figure 8: Synthèse des résultats de l'enquête sur les plantations en échec dès la première année de reprise

Nous avons aussi tenté de sonder l'impact de ces échecs sur les cinq propriétaires que nous avons réussi à interviewer.

Pour l'ensemble des propriétaires, l'échec de leur plantation a eu un fort impact moral, entraînant soit une envie d'abandonner, soit une remise en question de l'itinéraire. Du fait des obligations de résultat, les propriétaires réalisant un reboisement ont tous tenté de regarnir ou bien ont réalisé une deuxième plantation. Tous sauf un ne sont pas satisfaits de leur plantation. Seul un propriétaire est satisfait du devenir de la plantation.

Les propriétaires, ayant répondu, avaient des plantations récentes (entre 2018 et 2023). Un seul propriétaire d'une plantation de 2011 a répondu. Les plantations entre 2018-2019 ont subi plusieurs années de sécheresse consécutives et sont considérées (sauf une) en échec, malgré le regarni et la deuxième plantation. La plantation sur terre agricole a été broyée et de nouveau exploitée comme terre agricole. Il est difficile d'évaluer le pourcentage de plantation réussie malgré l'échec de la reprise la première année. En effet, aucune de ces plantations n'a été visitée. Par contre, nous pouvons retenir que les propriétaires réagissent face à un échec de reprise en faisant des regarnis ou bien en replantant.

## Un état des lieux de la réussite des plantations de chêne sessile : un résultat mitigé

## Présentation des facteurs de réussite

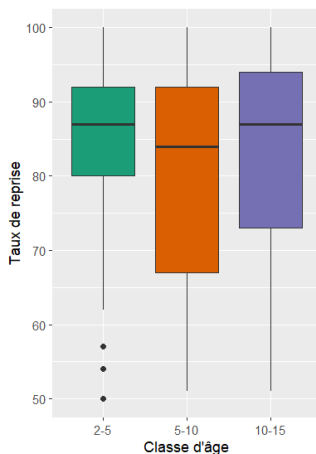


Figure 9: Répartition du taux de reprise par classe d'âge

de survie le plus faible, les plantations les plus âgées ayant vécu forcément plus d'évènements réduisant la densité (dont la concurrence intra-spécifique pour les plus âgées).

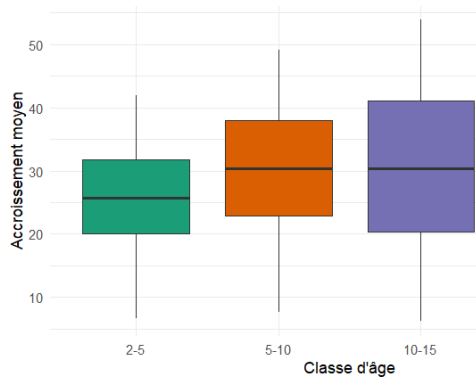


Figure 11: Répartition de l'accroissement moyen par classe d'âge

Les variables calculées pour décrire la réussite des plantations sont :

- Le taux de reprise, l'année suivant la plantation, calculé après la première année de végétation (en automne) par les correspondants observateurs (figure 8). Sur les 99 plantations étudiées, il est en moyenne de 82 %. Les plantations plantées entre 2015 et 2020 (classe 5-10 ans) ont connu une reprise moyenne moins bonne, sans doute expliquée par des sécheresses plus fréquentes et, ou plus intenses lors de cette période.

- Le taux de survie de la plantation en 2025. Le taux de survie moyen sur l'ensemble des sous-parcelles est de 59 %. Ramené à l'échelle de la parcelle, il est de 60 %. Les plantations de 10-15 ans ont logiquement le taux

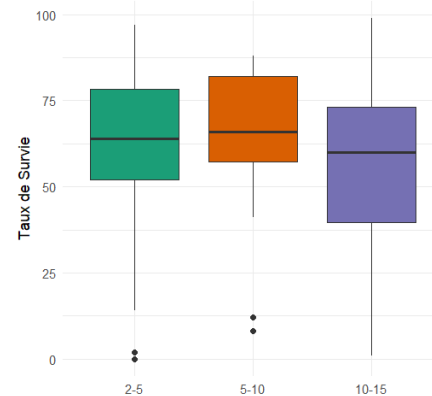


Figure 10: Répartition du taux de survie en 2025 par classe d'âge

- L'accroissement moyen (figure 10) : il est calculé en fonction de la hauteur et de l'âge de la plantation. Il est de 28 cm par an, en moyenne sur l'ensemble des plantations. Nous constatons logiquement qu'il est plus faible sur les plus jeunes plantations (24,5 cm par an) que sur les plus âgées (30 cm par an). En effet, durant la phase d'installation du système racinaire, la pousse annuelle est souvent moins élevée, et très dépendante de facteurs climatiques ou de l'abroussement. Notons la variabilité importante de l'accroissement.

## Détermination d'une clé de réussite des plantations, dans le cadre de l'étude

Il y a trois étapes de réussite à prendre en compte :

1. La reprise de la plantation : si le taux de reprise (c'est-à-dire la survie après la première année de végétation) est supérieur à 80 %, nous considérons que la plantation est réussie à ce stade. Ainsi, 67 % des plantations de notre échantillon de 90 sites sont considérées comme étant réussies (regarni non nécessaire – pour rappel, les plantations à reprise inférieure à 50 % sont ici écartées). Dans le cadre de l'étude, le solde de 33 % des plantations a donc des taux de reprise compris entre 50 et 80 %. L'un des objectifs est de savoir dans quelle mesure la reprise conditionne la réussite de la plantation les années suivantes.
2. La réussite du peuplement à l'aide des densités observées en 2025 a été déterminée avec l'ensemble des partenaires. Trois seuils ont été mis en place à trois âges clés. (figure 11)
  - Seuil 1 : 900 tiges par hectare à cinq ans. Il correspond aux critères de réussite des subventions de l'État.
  - Seuil 2 : 700 tiges à l'hectare à dix ans
  - Seuil 3 : 550 tiges à l'hectare à 15 ans

Les seuils 2 et 3 ont été définis à dire d'expert, estimant que ces densités sont suffisantes pour assurer le développement de chênes d'avenir et justifier l'investissement de plantation.

À partir des trois seuils définis pour ces trois âges, une courbe a été construite pour estimer le seuil de densité acceptable pour chaque âge ( $f(x) = x^2 - 55x + 1150$ ). Cette courbe avait pour objectif de créer un effet de lissage des seuils. En effet, les trois seuils représentaient des paliers à atteindre par tranche de cinq ans. Nous avons identifié la courbe nous permettant d'atteindre ces cinq paliers tout en divisant de façon homogène les plantations entre chaque densité à atteindre. Pour chaque âge, les plantations dont la densité mesurée en 2025 est supérieure à la valeur de cette courbe sont considérées comme ayant atteint une densité suffisante, et inversement. Ces critères nous permettent de parler de réussite et d'échec de plantation, mais uniquement dans cette étude.

54 % des plantations, boisement et reboisement confondu sont ainsi jugés réussis. Sept parcelles, soit 15 % des plantations classées en échecs le sont à cause d'une densité de plantation inférieure aux seuils de densité de survie (notamment le seuil 900 plts/ha à cinq ans). Ces plantations sont donc toutes classées en échec du point de vue de la densité. Si nous les retirons des parcelles à étudier dans la clé de détermination, nous avons 59 % et non 54 % de réussite de plantation en réussite. Ce qui est intéressant à souligner est qu'un échec de densité ne signifie pas forcément un échec du taux de survie. Deux plantations dans l'Indre, respectivement de 2021 et 2012, ont un taux de survie de 85 % et 75 % alors qu'elle a une densité de 468 et 600 tiges à l'hectare. Deux autres plantations à faible densité ont aussi des taux de survie des taux de survie supérieurs à 50 %. Ainsi, la densité à la plantation, facteur impactant la réussite, n'est pas le seul à prendre en compte.

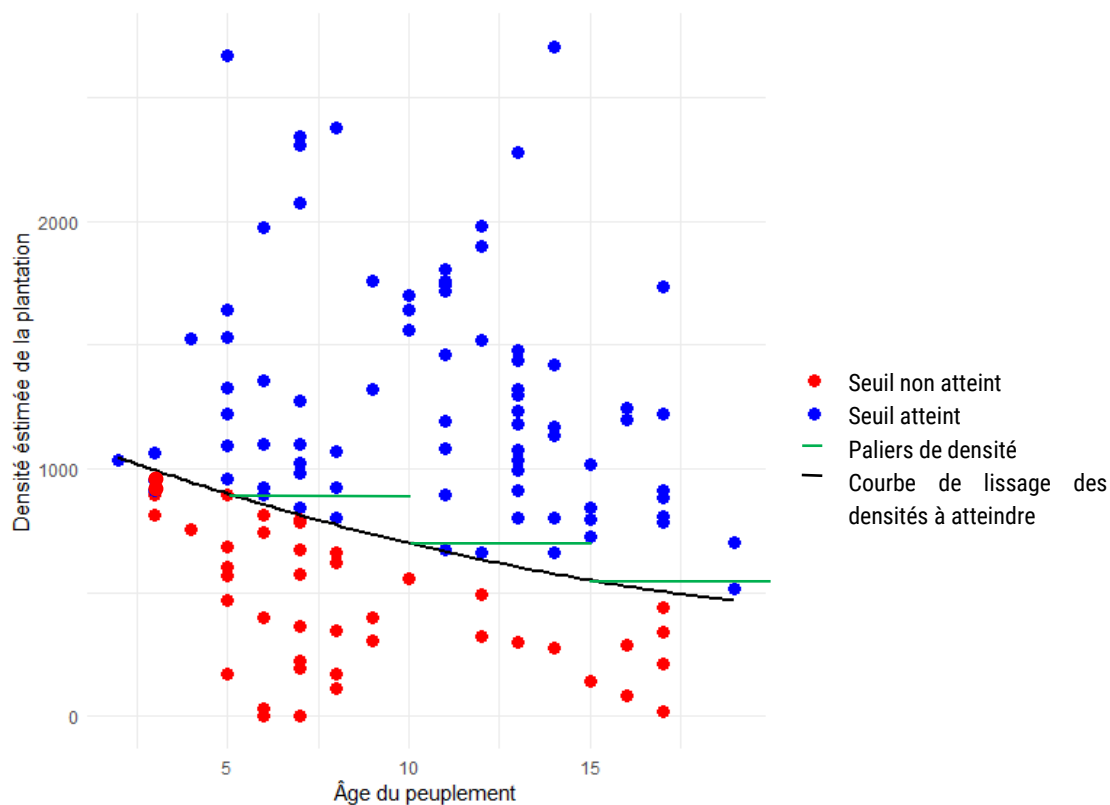
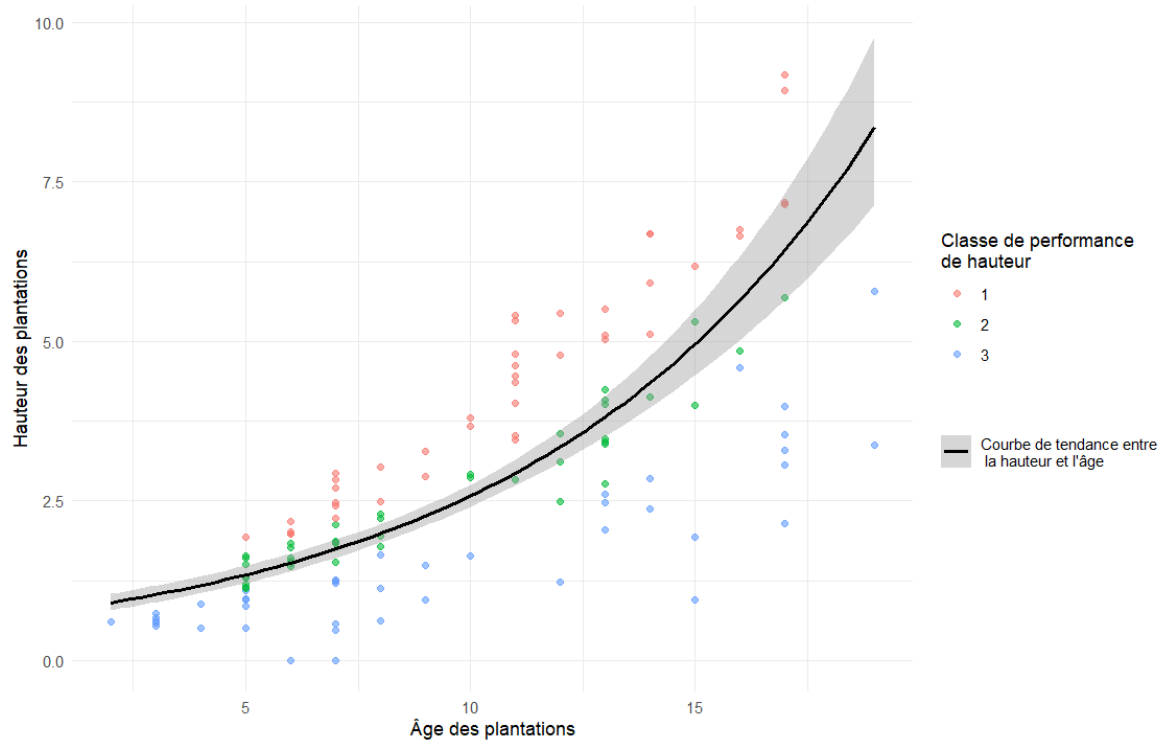


Figure 12: Réussite de la densité en 2025 selon l'âge

1. La réussite, selon l'accroissement sur la hauteur est estimée en fonction de trois classes de performances construites avec notre échantillon. Pour construire ces trois classes, nous avons divisé notre échantillon en trois classes de hauteurs. Ainsi, par palier de cinq ans, nous avons divisé l'ensemble des hauteurs en trois groupes. La classe 3 contient les hauteurs les plus basses, la classe deux représente les hauteurs intermédiaires et la classe 1 correspond aux hauteurs les plus hautes. Ainsi, chaque division en fonction du maximum et du minimum par classe d'âge contient environ 33 % des données. Notre objectif était de créer des seuils de hauteurs à atteindre. Comme nous ne pouvions pas nous baser sur les experts et la bibliographie, car la croissance dépend de nombreux facteurs, nous avons décidé de nous baser sur nos propres données. Ainsi, le seuil de performances liées à la hauteur correspond à la classe de performance n° 2. Seule la classe 3 est considérée en échec au niveau de la performance. Cette étude des hauteurs nous a permis de mettre en lumière une forte corrélation entre la hauteur et l'âge des plantations ( $\ln[\text{Hauteur}] = 0.400478 + 0.133543 \times \text{Age de la plantation}$ ). À la plantation, les plantes sont estimées à 67 cm et sont en classe de performance 3, car leur accroissement est faible. Ce n'est qu'à la cinquième année que nous arrivons à diviser les plantations en classe de hauteurs, du moins, dans notre échantillon.



En lien avec ces trois classes de hauteur, nous avons aussi observé l'accroissement par classe.

Figure 13: Classe de performance de hauteur par classe d'âge

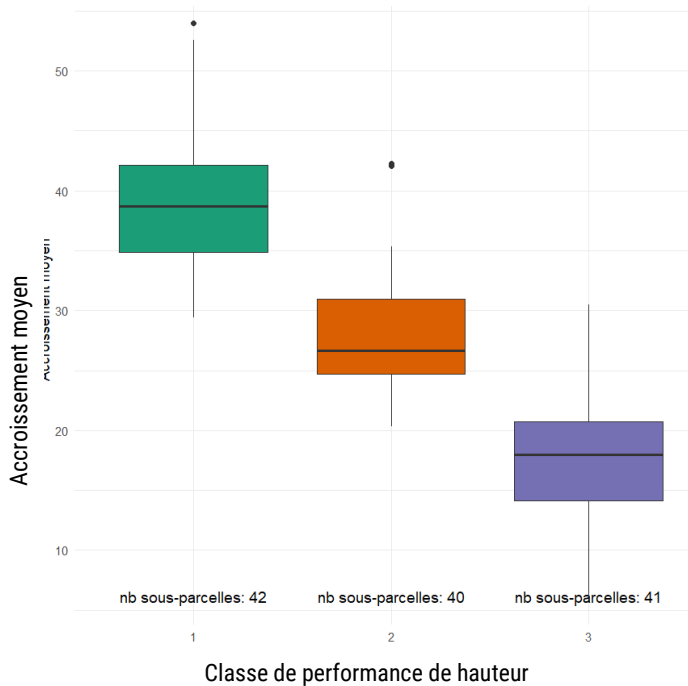


Figure 14: Écart entre les accroissements en fonction des différentes classes de hauteurs

Tableau 4: Valeurs moyennes et médianes de la croissance en fonction de la classe de fertilité

Classe de fertilité	Accroissement moyen (moyenne en cm)	Accroissement moyen (médiane en cm)
1	39	38
2	28	26
3	17	18

Nous constatons qu'il y a en moyenne 11 cm d'écart entre chaque accroissement moyen annuel de chaque classe de performance de hauteur. Ainsi, en 10 ans, les classes 1 et 3 ont plus de deux mètres d'écart. À l'échelle de la parcelle, la réussite de la reprise n'est pas forcément gage de réussite de la densité, durant les 15 premières années de vie du peuplement. Par conséquent, les cinq vergers de 2023, principalement situés dans le 45, ont réussi pour 80 % d'entre eux en ce qui concerne reprise en 2024. Cependant, en 2025, 80 % d'entre eux sont considérés comme des échecs en raison d'une densité insuffisante, malgré des densités de plantation supérieures à 1100 tiges à l'hectare.

L'inverse est également vrai, les plantations considérées comme échouées à la reprise peuvent comporter par la suite suffisamment de tiges vivantes pour être considérées comme réussies. Par exemple, pour les sept plantations de 2012, situées sur cinq départements différents, deux sont au-dessus du seuil de 80 % de reprise. En 2025, une seule est en dessous de 600 tiges à l'hectare qui correspond à la densité attendue à 13 ans. Nous atteignons même 2706 tiges à l'hectare dans les plantations en forêt domaniale de Senonches. En comparant les réussites de reprise et de survie par années, on ne retrouve pas forcément les mêmes années « marquantes » de fortes réussites ou de nombreux échecs. Sur les années 2011, 2012, 2016, 2017, 2018, qui ont été les plus mauvaises en matière de reprise, on ne retrouve plus que 2017 et 2018 comme les moins bonnes en survie en 2025. Ces parcelles ont été plantées juste avant les périodes de sécheresse 2018 à 2020, ce qui explique peut-être ce constat (regarnis également en échec).

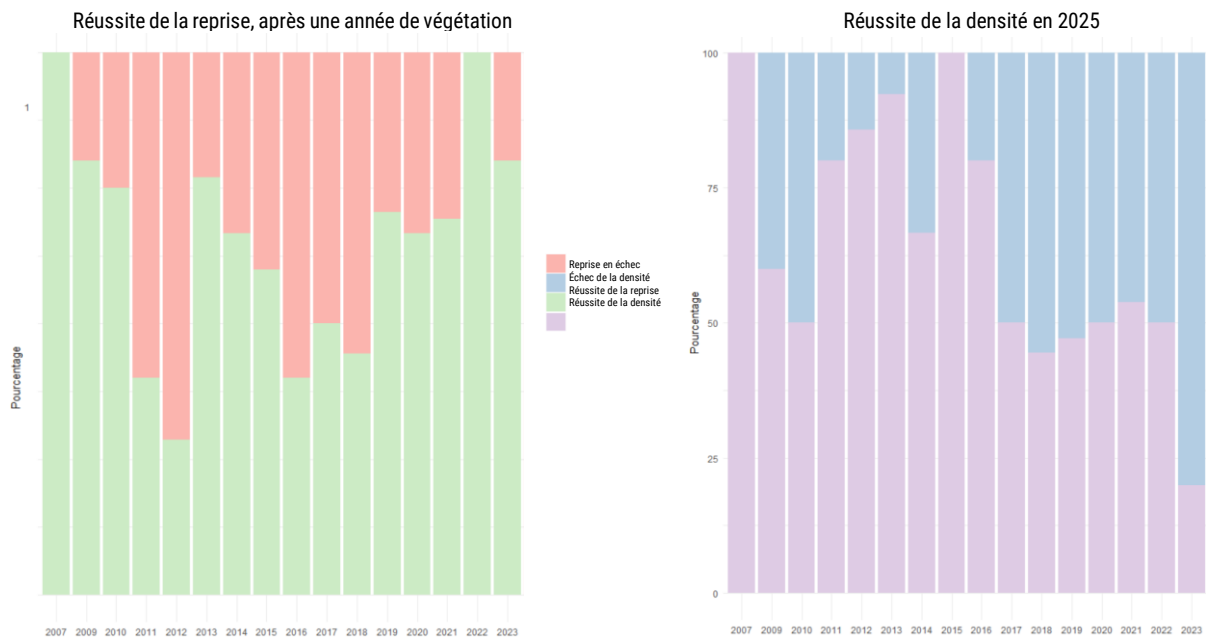


Figure 15: Etude de la réussite des plantations à la reprise et en fonction de la densité en 2025 ; tout âge confondu

Juger de la réussite de plantation d'âge et de densité d'installation différente n'est donc pas si simple. Pour prendre en compte différentes étapes de la vie d'un peuplement forestier planté, la méthodologie multicritère nous est apparue la plus judicieuse, en identifiant donc une réussite de reprise, puis des seuils de survie selon l'âge, et une exigence sur la croissance en hauteur.

### La réussite des plantations « au cas par cas »

La clé de réussite des plantations mise en place par les trois niveaux de réussite permet d'identifier la réussite générale du renouvellement du chêne en Centre-Val de Loire. Pour le calculer au plus proche de la réalité, nous avons ici pris en compte les plantations ayant un taux de reprise inférieur à 50% et les plantations abandonnées, car elles ont été broyées. **Ainsi, les pourcentages de réussite ou d'échec présentés ci-dessous peuvent-être applicables à l'ensemble des plantations de chêne sessile observées par les correspondants observateurs depuis 2009.**

#### Une réussite globale d'un peu plus de 50%

Afin de pouvoir évaluer visuellement la réussite des plantations, nous avons mis en place une clé de réussite en appliquant les trois critères de réussite (reprise la première année, seuil de densité et performance de hauteur). En annexe 1, nous avons détaillé par étape la construction de la clé présentée ci-dessous. Ainsi, nous avons divisé l'ensemble des plantations du DSF étudiées en fonction du taux de reprise de la première année. Une fois ces trois blocs définis, nous y avons appliqué nos premiers seuils de densité définis par notre courbe présentée en figure 12. Pour finir, nous avons divisé nos différents individus en fonction de notre classe de performance de hauteur.

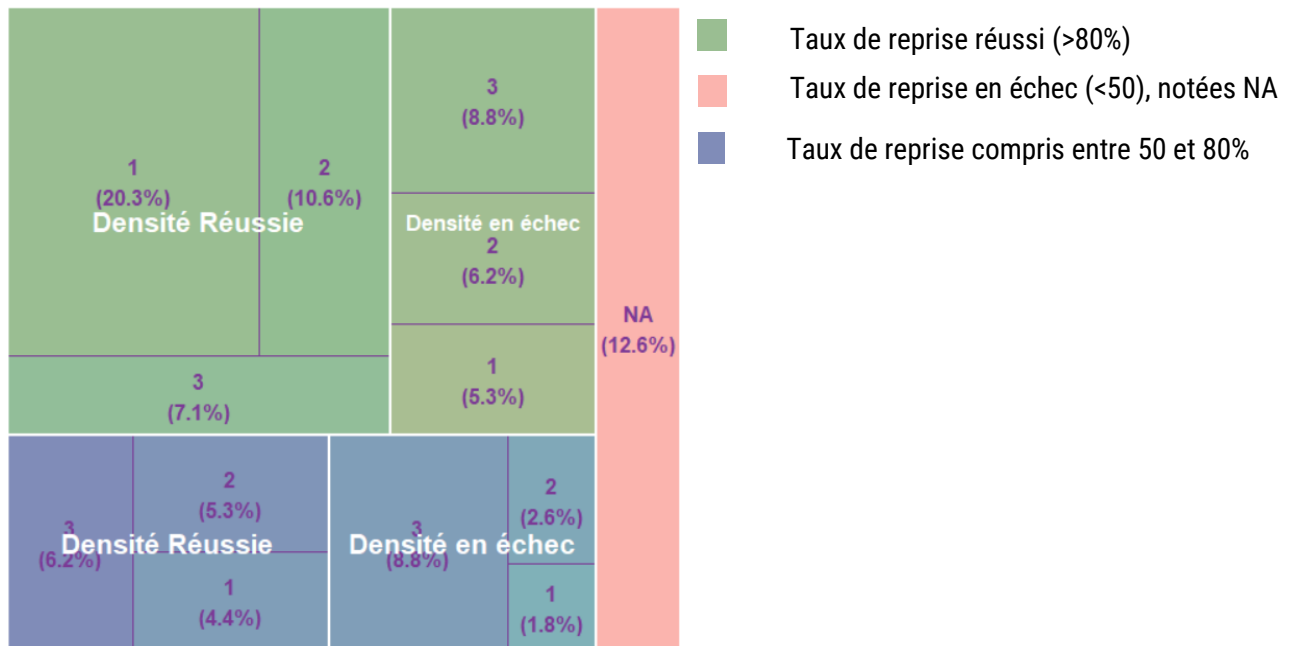


Figure 16 : Étude de la réussite totale des plantations en Centre-Val de Loire

Ce diagramme en imbrication montre la répartition (en pourcentage) des parcelles en fonction de nos critères de réussite.

En vert, nous avons les plantations avec une reprise réussie. Elles correspondent à 58,3% des plantations observées. En bleu, nous avons les plantations ayant un taux de reprise l'année de plantation entre 50 et 80%. Elles représentent 29.1% des parcelles visitées. 12.6% des plantations sont en échec de reprise et correspondent aux parcelles n'ayant pas été étudiées sur le terrain.

Pour qu'une plantation soit réussie, elle doit présenter une densité en 2025 correspondant aux critères de sélection, peu importe le taux de reprise et la hauteur. Aujourd'hui, 54% des plantations, boisement et reboisement, ainsi que toutes densités de plantations confondues, sont jugées réussies, en matière de densité. Cela signifie qu'en plantant du chêne sessile, le propriétaire a un peu plus d'une possibilité sur deux d'avoir une plantation à densité jugée satisfaisante durant les 15 premières années.

Quel que soit l'âge des plantations, 65 % de celles ayant connu une reprise réussie la première année présentent en 2025 une densité jugée satisfaisante, selon les seuils définis.

Pour les plantations dont le taux de reprise initial était compris entre 50 et 80 %, 55 % d'entre elles atteignent en 2025 une densité supérieure aux seuils correspondant à leur âge.

Autrement dit, un bon taux de reprise dès la première année améliore légèrement les chances d'atteindre une densité acceptable à long terme. À l'inverse, même si la reprise initiale est moyenne (mais supérieure à 50 %), la plantation conserve tout de même une probabilité d'environ 55 % d'atteindre une densité satisfaisante au cours des quinze premières années.

Nous considérons que les plantations qualifiées de « belles réussites » ont, en plus d'une densité satisfaisante, un bon accroissement (classe de fertilité de un ou deux). Ce très bon profil sylvicole a été observé dans 40% des plantations inventoriées et correspond au devenir de 76% des plantations dont le taux de reprise était supérieur à 80% lors de la première année.

Ainsi, les majorités des plantations réussies en Centre-Val de Loire du point de vue de leur densité auraient des croissances soutenues. Cela confirme que certains facteurs conditionnant la survie, tels que la station (sol et climat) ou les entretiens, conditionnent également la croissance.

Les chiffres annoncés ci-dessus prennent en compte les plantations, quelle que soit leur densité à la plantation.

Comme déjà évoqués, juger de la réussite d'une plantation n'est pas si trivial qu'il n'y paraît. Une autre manière de présenter les résultats est d'illustrer les différents critères en suite chronologique (reprise – survie – croissance), ce qui permet de faire des regroupements selon différents critères. Ainsi, on pourrait résumer en concluant que :

- 41% des plantations ont à la fois une densité satisfaisante et une croissance soutenue
- 26% ont soit une bonne croissance, soit une densité satisfaisante. Parmi ces plantations, nous avons quatre plantations (soit 15%) à moins de 300 tiges à l'hectare, dont une plantation de 2020 envahie par l'acacia dans le Loiret à 28 tiges à l'hectare et une autre de 2010 dans l'Indre-et-Loire sans travaux avec 83 tiges à l'hectare.
- 32% sont en échec

À noter que les seuils retenus pour juger de la « bonne croissance » correspondent à une hauteur dominante supérieure à 2,5 m à dix ans (soit 25 cm/an) ou 7,5 m à 17 ans (soit 45 cm/an)

Bien sûr, on doit moduler ces jugements de réussite en intégrant le recrû naturel, ce qui est traité plus loin dans ce rapport. Au final, on peut donc retenir une réussite d'environ 60%, et de 40% de très belle réussite.

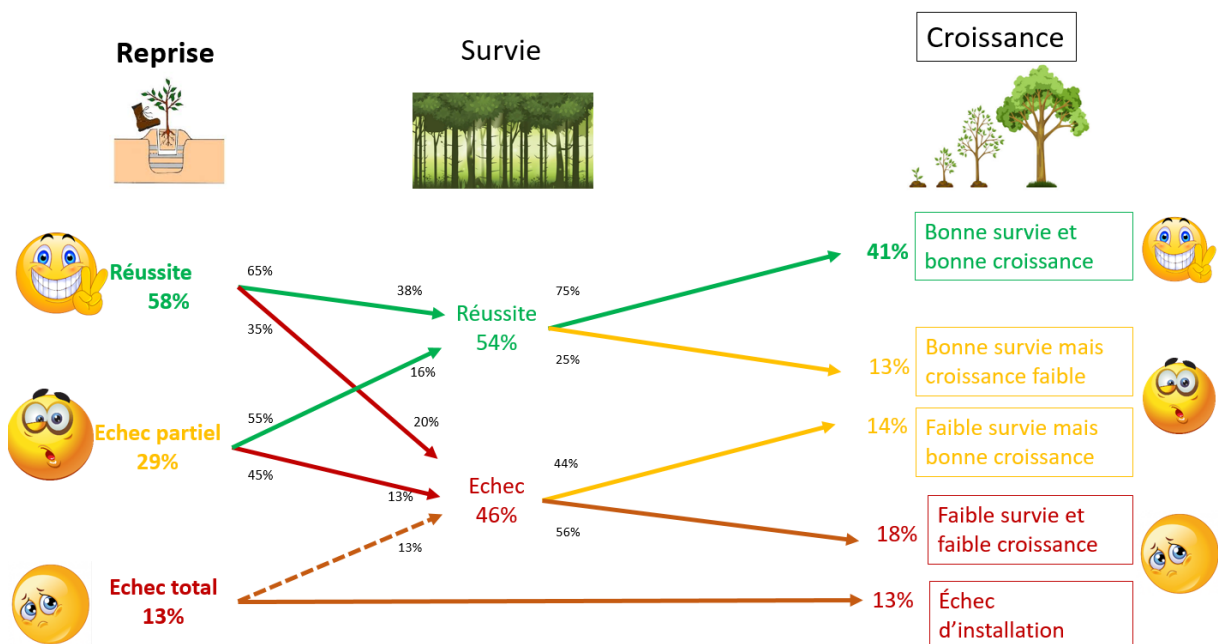


Figure 17: Schéma synthétique de la réussite des plantations

### Des boisements plutôt mieux réussis que les reboisements

La clé de réussite présentée ci-dessus prend en compte l'ensemble des plantations, sans distinction. Or, nous savons que les boisements et les reboisements ont des différences en matière de réussite. En effet, l'étude « Analyse technico-économique des plantations en région Centre-Val de Loire » montre que les taux de reprise des plantations, toutes essences confondues, sur terre agricole sont plus faibles que les reboisements. Dans cette étude, nous observons que, pour ce qui concerne les chênes sessiles et leur survie, ce n'est plus le cas (figure 17).

- 81% des boisements agricoles sont réussis. Aucune des plantations ayant connu une bonne reprise lors de leur installation n'est en dessous du seuil de densité acceptable en 2025. 90% des plantations en boisements agricoles avec un taux de reprise entre 50 et 80% ont une densité supérieure au seuil de densité acceptable. Ces résultats assez exceptionnels sont malgré tout à moduler par le faible effectif, à savoir 29 plantations. Ensuite, les plantations sur terres agricoles font partie des plus fortes densités à l'hectare. Elles varient entre 2000 et 2500 tiges à l'hectare, contre 900 à 1600 tiges à l'hectare en moyenne et en forêts privées. Pour finir, 52% des parcelles étudiées se situent en Indre-et-Loire. Elles correspondent à des reboisements compensateurs de la ligne de train à grande vitesse. Ces boisements

ont des taux de survie, pour la majorité, supérieurs à 90%. Cela s'explique par les moyens mis en place pour la réussite, à savoir, un engrillagement, un regarnis et des dégagements sur au moins trois ans.

- Les reboisements ayant une densité de plantation supérieure à 900 ont un pourcentage de réussite de 47.8%, hauteur et densité. Ce décalage avec les taux de réussite à la reprise montre l'importance d'étudier les facteurs de réussite intervenant les quinze années suivant la plantation, ce qui n'a jamais été réalisé jusqu'alors en région Centre-Val de Loire.

La réussite des plantations sera estimée à l'aide de ce classement dans le reste de cette étude, notamment l'analyse de l'impact de l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques

La réussite des seuls reboisements est donc plutôt de l'ordre de 50% pour notre échantillon composé de plantation de 2 à 15 ans, et de 36% pour les très belles réussites. Les réussites correspondent aux plantations ayant atteint le seuil de densité (densité réussie) et ayant une classe de performance en hauteur de un ou deux. Les très belles réussites sont les réussites de densité et les classes de performance de un.

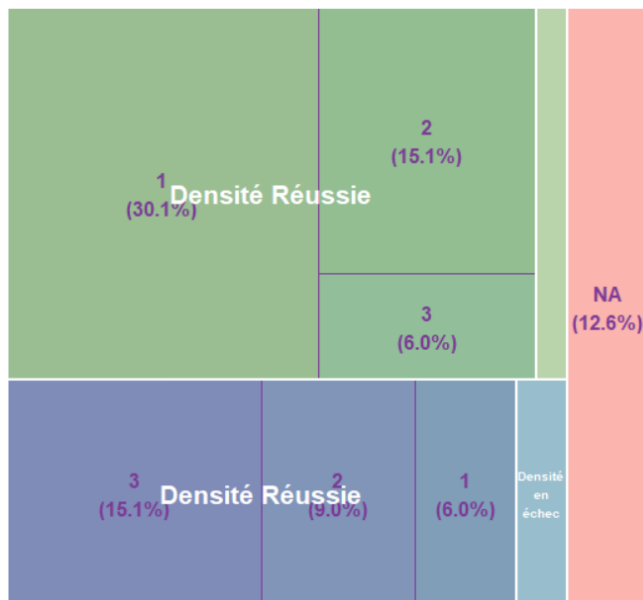
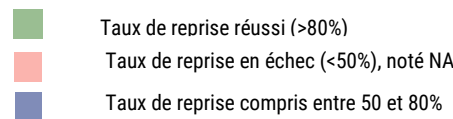


Figure 18: Clés de réussite des boisements sur terre agricole

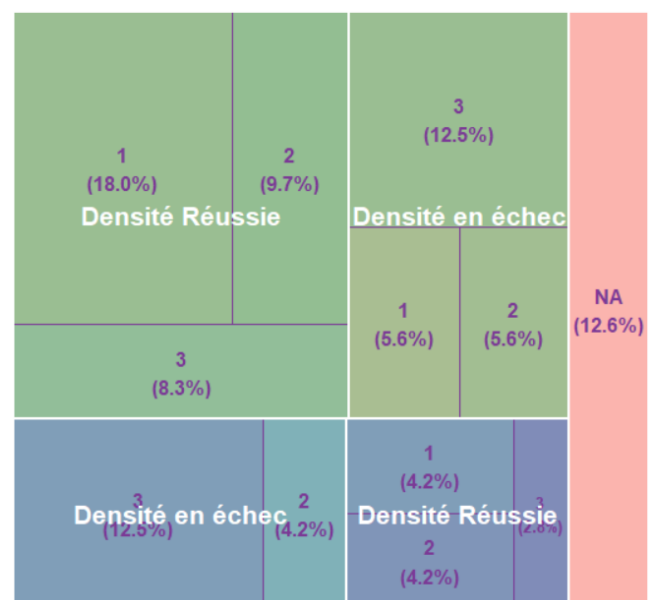


Figure 20: Clé de réussite des reboisements

### La réussite des parcelles pouvant être assurée par le recrû

La clé de réussite présentée a forcément des limites. Ainsi, pour le cas des plantations avec un échec de densité mais une réussite de la croissance (classe de performance en hauteur de un ou deux), nous constatons que la moitié a moins de dix ans et une densité de tiges de plus de 600. Ainsi, ces plantations pourraient dépasser le seuil de réussite lorsqu'elles auront 15 ans, si elles ne connaissent pas de mortalité d'ici là. De plus, la réussite d'un renouvellement, même s'il est artificiel, peut aussi être conditionnée par le recrû naturel.

Certains champs sont envahis par de jeunes chênes issus de la repousse naturelle et de la recolonisation. Parmi le recrû, le pin est la seule espèce pouvant être considérée comme une essence objective (les autres espèces sont du bouleau verruqueux, du tremble, du charme). Le recouvrement des espèces ligneuses a été décrit en fonction de catégories : 0-5 %, 5-25 %, 25-50 %, 50-75 % et plus de 75 %. Nous considérons que le recrû est significatif lorsqu'il recouvre la parcelle à plus de 25 %, soit un quart de la surface de la parcelle.

Nous avons deux plantations avec une régénération naturelle de chênes comprise couvrant 25 à 50 % de la plantation. De plus, nous avons une plantation recouverte à plus de 75 % de pin. Ainsi parmi les 26 plantations dont la densité en 2025 est sous le seuil acceptable (échec de densité), 38 % sont compris entre les 900 et 550 tiges à l'hectare. 12 % des plantations en échec issues d'un reboisement peuvent être sauvées grâce à une régénération naturelle d'une autre essence objective, ce qui est finalement assez peu.

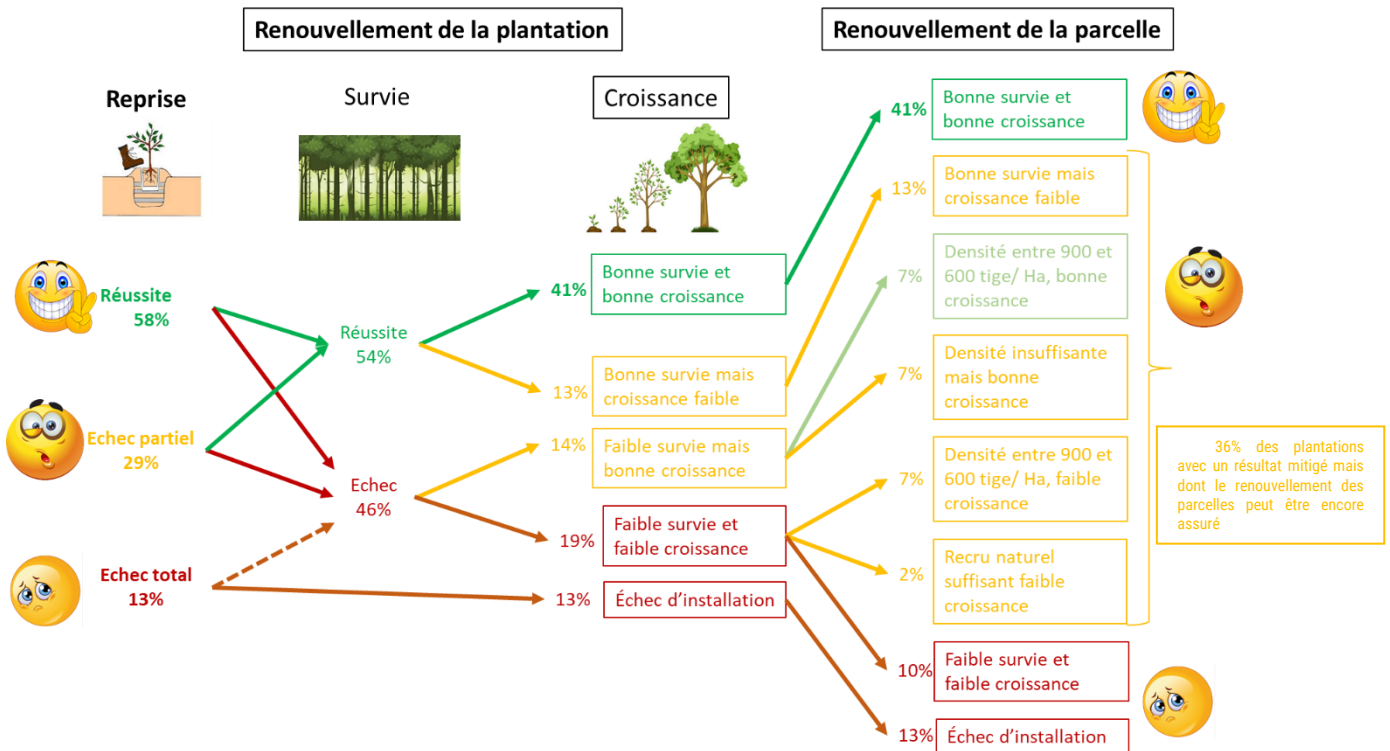


Figure 21: Clé de réussite de la plantation et du renouvellement forestier de la parcelle

Afin de pouvoir exploiter ces résultats, nous avons dû fusionner les résultats en trois classes : plantation réussie (41 %), plantation mitigée (27 %) et plantation échouée (19 %). Par contrainte de temps, nous n'avons pas fait de distinction entre les plantations sur terres agricoles et les reboisements. De plus, nous n'avons pas exclu les plantations ayant une faible densité initiale. En effet, ces plantations sont intéressantes du point de vue de l'accroissement et du taux de survie.

En conclusion de cette première partie, finalement, le taux de reprise à la première année ne suffit pas à conditionner la réussite au niveau de la densité et de hauteur des plantations sur 15 ans. Quels sont les facteurs impactant cette réussite ?

## Une première analyse générale des facteurs pouvant impacter la réussite des plantations

### Présentations des variables explicatives

Les variables explicatives initialement sélectionnées sont :

- Le taux de survie en 2025
- La densité en 2025 (taux de survie multiplié par la densité de plantation)
- L'accroissement moyen (hauteur divisée par l'âge du peuplement)
- La clé de réussite des plantations

Pour la clé de réussite, nous avons initialement repris l'ensemble des catégories présentées dans la figure 17. Mais, la répartition des individus dans chaque classe est trop hétérogène, entraînant des biais. Nous avons donc simplifié la clé en ne prenant que les trois catégories présentées en figure 18. Ainsi,

nous avons les plantations réussies (en vert dans la figure), les plantations mitigées (en jaune) et les plantations échouées (en rouge).

Après une première analyse des données, le taux de survie et la densité de 2025 ont les mêmes résultats. Ce constat est logique, puisqu'ils sont tous les deux fortement corrélés. Ainsi, dans les parties suivantes, nous ferons une distinction entre les deux seulement s'ils présentent des résultats différents. Sinon, nous présenterons que les résultats du taux de survie. De plus, la clé de réussite est aussi fortement corrélée au taux de survie et à la densité en 2025. Ainsi, les conditions de réussite mises en place dans cette étude sont surtout limitées par les seuils de densité à 5, 10, puis 15 ans. Si les résultats de la clé de réussite ne sont pas non plus présentés pour certains facteurs, c'est qu'ils sont similaires à ceux du taux de survie.

Pour finir, le taux de survie et l'accroissement moyen sont impactés par des facteurs différents, toutefois, ceux-ci restent aussi fortement corrélés. Plus l'accroissement moyen est élevé, plus nous constatons que le taux de survie l'est aussi.

### Identification des facteurs ayant un lien de corrélation avec les variables explicatives

Afin d'identifier les facteurs impactant les variables explicatives parmi la masse de données que nous avons, nous avons procédé à des tests de corrélation et d'indépendance. Nous avons sélectionné les tests de Pearson, de Spearman, Kruskal, Kendall, le Khi deux et les tests d'ANNOVA que nous avons adaptés à chaque type de variable étudiée. Ainsi, nous avons construit, par variables descriptives de la réussite, un graphique présentant l'ensemble des corrélations prouvées par facteurs et l'importance ainsi que le sens des corrélations entre le facteur étudié et la variable explicative. En annexe 2 à cinq se situent les quatre graphiques. Pour chaque variable explicative, vous avez l'ensemble des premiers facteurs identifiés comme ayant un impact sur la réussite des plantations.

En suivant, nous avons étudié chaque variable au cas par cas. Les résultats ont été organisés par famille de facteurs en suivant cette partie.

### Gradation de l'impact des facteurs par le biais de régressions linéaires

En complément des analyses statistiques déjà réalisées, nous avons tenté une qualification des liens entre variables par le biais de régression linéaire. Ainsi, nous avons pu évaluer la significativité de la corrélation entre variables et nous avons aussi réalisé quelques modèles simplifiés pour illustrer l'impact de nos facteurs sur les variables explicatives de la réussite.

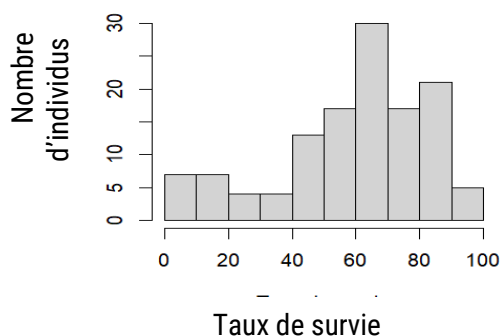


Figure 22 : Nombre de sous-parcelles par taux de survie

Nous avons appliqué des régressions pour expliquer la variabilité du taux de survie et de l'accroissement moyen.

Le Taux de survie ne suit pas une loi normale ni une loi continue et présente des valeurs extrêmes. Il correspond à un pourcentage de vivant variant entre 0 et 99%, comme indiqué sur la figure à gauche. Les régressions linéaires dites classiques ne sont pas viables. Deux types de modèle linéaire généralisé peuvent être utilisés : un modèle quasi binomial et la régression quantile. Pour la majorité des cas, nous utiliserons la régression quasi binomiale pour étudier la significativité des facteurs. Nous utiliserons la régression quantile que sur un cas.

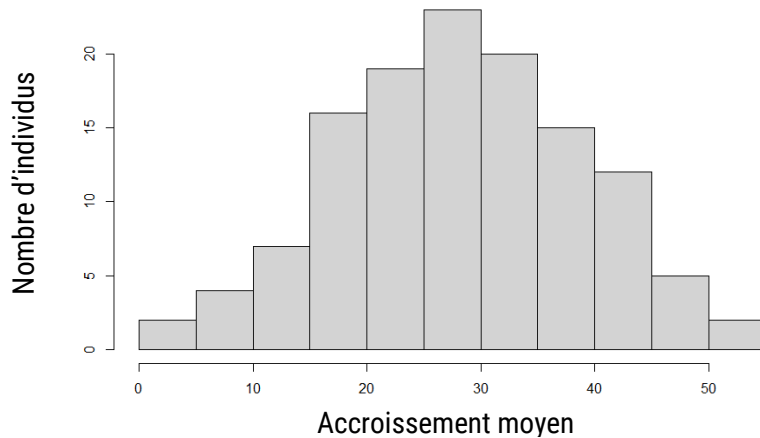


Figure 23: Répartition des sous-parcelles en fonction de l'accroissement moyen

L'accroissement moyen est une variable quantitative continue, de forme gaussienne. Nous avons décidé de réaliser une GLM de type gaussienne pour étudier l'impact des facteurs sur cette variable explicative.

Pour chaque facteur ayant une corrélation avérée, nous avons réalisé une régression linéaire simple. Elle nous a permis de classer les facteurs selon leurs impacts sur la croissance, la survie et la réussite. Chaque résultat est présenté en détail dans la partie suivante. Ensuite, nous avons pris les facteurs ayant un impact significatif puis nous avons fait une régression multiple. L'objectif est de classer leur impact sur les variables de réussite.

Les inconvénients des régressions linéaires sont :

- Elle surestime les impacts des variables présentant d'importantes hétérogénéités. Par exemple, les dégâts de gibiers observés en 2025
- Elles ne sont pas concluantes quand nous avons un nombre important de variables à intégrer au modèle.

Nous n'avons pas pu déterminer un modèle pertinent pour le taux de survie du fait du trop grand nombre de facteurs influençant cette variable. Le modèle de régression linéaire de l'accroissement n'explique que 41 % des variables relevées sur le terrain. Il est biaisé car la quantité de dégâts observés est faible, elle est donc surreprésentée.

Le tableau ci-dessous présente les résultats pour le taux de survie et la croissance. En effet, comme expliqué dans la partie suivante, la densité et la clé de réussite ont les mêmes résultats que le taux de survie.

Tableau 5: Résultats des régressions linéaires

Variables de réussite	Classification des facteurs selon les régressions linéaires	Modèle de régression linéaire
<b>Taux de survie</b>	Non concluant	Non concluant
<b>Accroissement moyen</b>	1- Dégâts de gibier relevé en 2025*** 2- Réserve utile en eau** 3- Taux de reprise** 4- Texture du sol (sable)* 5- Dégâts de gibier la première année	$\text{Accroissement moyen} = 2.93834 + 0.22693 \times \text{taux de reprise} + 2.41436 \times \text{texture du sol (si elle est limoneuse)} - 4.64913 \times \text{texture du sol (si elle est sableuse)} - 0.24399 \times \% \text{ dégâts du gibier} + 0.12637 \times \text{réserve utile en eau} - 0.04682 \times \% \text{ de dégât de gibier la première année}$

\*\*\* facteur ayant un impact significatif fort (régression linéaire)

\*\* facteur avec un impact significatif moyen

\* facteur avec un impact significatif, mais faible significativité du lien non déterminée  
Aucun impact significatif démontré par régression linéaire

Nous avons tenté une deuxième approche pour classifier nos facteurs. Nous avons réalisé un Random Forest. L'avantage de ce test statistique est qu'il est moins sensible aux valeurs extrêmes que la régression linéaire. L'inconvénient est qu'il ne peut pas traiter de valeur manquante. Cela impose de supprimer toutes les sous-parcelles pour lesquelles il nous manque de la donnée, diminuant considérablement le jeu de données traité.

## Tentative de classification des facteurs via un test du Random Forest

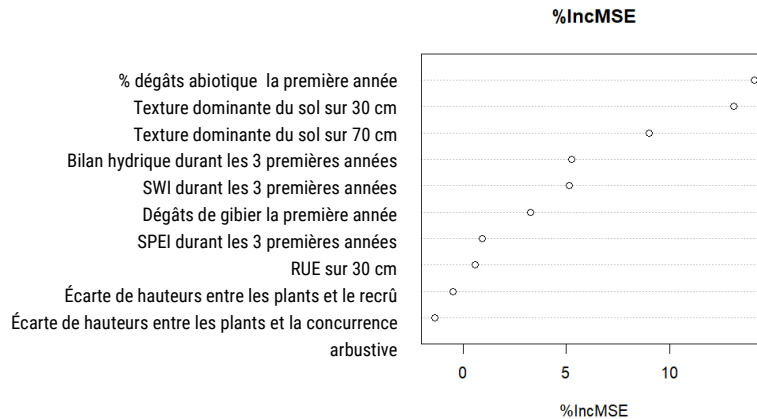


Figure 24: Résultats du Random Forest pour le taux de survie

Nous avons supprimé l'ensemble des variables ayant trop de données manquantes. Celles-ci concerne les variables des itinéraires sylvicoles (présence de regarnis, fréquence de dégagement de la plantation). Si nous avons conservé ces données nous aurions perdu 41% des sous-parcelles. Les résultats nous montrent que ce sont les impacts du climat sur les plants, puis la texture dominante sur 30 cm qui sont les plus impactant. Les dégâts du gibier lors de la première année ont eux aussi un impact, mais plus limité. La concurrence végétale n'a pratiquement pas d'impact. Ces résultats n'expliquent que 10% des variables. Ces résultats ne sont que des « tendance » de classification. Il nous manque de nombreux facteurs, dont eux que nous avons dû écarter pour avoir une classification précise et exploitable.

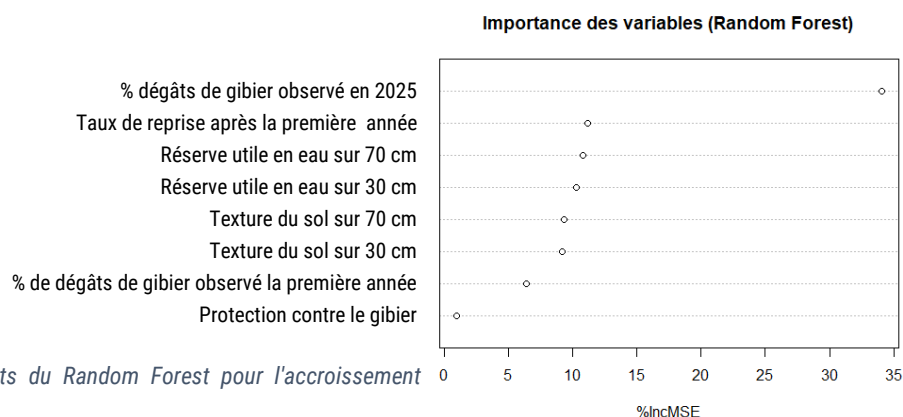


Figure 23: Résultats du Random Forest pour l'accroissement moyen

Le résultat n'explique qu'un tiers des données collectées sur le terrain. Il nous restera donc des facteurs à inclure.

Nous constatons que le facteur limitant le plus la croissance des plants est l'abrouissement. Le taux de reprise après la première année a un impact à nuancer. En effet, les plantations ayant un taux de reprise faible ont été regarnies, à minima un fois. Cela a entraîné un « retard » de croissance du fait de l'installation de nouveaux plants, par rapport aux plantations ayant un taux de reprise réussi. De plus, le taux de reprise est corrélé à la station et au climat. C'est pour cela qu'il n'y a pas beaucoup de différence entre le taux de reprise et la réserve utile sur 70 cm. Donc le deuxième facteur le plus impactant reste la réserve utile en eau sur 70 cm, en prenant en compte l'hydromorphie.

## Classification finalisée des facteurs stationels

Le taux de survie est d'abord impacté par le climat puis par la station. L'impact du gibier et de la concurrence végétale vient en dernier. Pour l'accroissement moyen, c'est le gibier, puis la station qui ont un impact. Le tableau ci-dessus reprend l'ensemble des classifications des facteurs. Il sera repris et complété à la fin de la partie suivante.

Tableau 6: Classification des facteurs

Taux de survie en 2025	Accroissement Moyen
1- Dégâts abiotiques de la première année	1- Impact du gibier recensé en 2025
2- Texture du sol sur les 30 premiers centimètres	2- Réserve utile en eau sur 70 cm
3- Bilan hydrique sur les trois premières années	3- Texture du sol sur 70 cm
4- SWI sur les trois premières années	4- Dégâts de gibier observé la première année
5- Dégât de gibier la première année	
6- SPEI sur les trois premières années	
7- Impact de la concurrence arbustive en hauteur	
8- Impact de la concurrence du recrû en hauteur	

En vert nous avons les corrélations positives. En rouge les corrélations négatives.

## Les facteurs biotiques et abiotiques : des impacts non négligeables sur la réussite du renouvellement de nos chênaies en Centre-Val de Loire

### Les facteurs climatiques, un impact non négligeable pendant au moins trois ans

#### Présentation des facteurs climatiques étudiés

Les données climatiques étudiées sont issues du modèle SAFRAN. Les données issues de ce modèle sont des informations mensuelles, réparties sur une maille de points espacés tous les 8 km. Dans l'étude nous avons à la fois observé des facteurs climatiques, tels que la pluviométrie, mais aussi des indicateurs climatiques, tels que les indices d'humidité du sol.

Tableau 7 : Présentation de l'ensemble des facteurs climatiques étudiés:

Facteur climatique	Définition et unité de mesure
<b>Température mensuelle</b>	Moyenne mensuelle des températures, en °C
<b>Pluviométrie</b>	Moyenne mensuelle des précipitations liquides, en mm
<b>Évapotranspiration</b>	Moyenne mensuelle des pertes en eau de la végétation, en mm
<b>Bilan hydrique</b>	Écart entre la pluviométrie et l'évapotranspiration, en mm
<b>Soil Wetness Index (SWI)</b>	Le SWI est un indice d'humidité des sols. Il représente, sur une profondeur d'environ deux mètres, l'état de la réserve en eau du sol par rapport à la réserve utile maximale
<b>Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI)</b>	SPEI est un indice mesurant les écarts de bilan hydrique à une période de référence (25 ans). Un SPEI de 0 indique un bilan hydrique peu fluctuant par rapport à la période de référence. L'indice négatif indique des déficits et un indice positif pour les conditions les plus humides.

<b>Standardized Precipitation Index (SPI)</b>	SPI est un indice mesurant les écarts de précipitations par rapport à une période de référence. Un SPI de 0 indique une quantité de précipitation médiane. L'indice est négatif pour les sécheresses par rapport à une année de référence, et est positif pour les conditions les plus humides
---	--

Pour donner suite aux résultats de l'étude REPLANT-CLIC, nous nous sommes intéressés aux index climatiques : SPEI et SPI. Pour avoir des index stables, nous les avons calculés sur une durée de 25 ans, et pour 3 mois. Notre objectif était de savoir si les résultats obtenus dans l'étude pour la première année de plantation, à savoir que la survie était fortement corrélée au SPI, puis SPIE étaient aussi valables pour des peuplements âgés de 0 et 15 ans.

L'ensemble des facteurs ont été moyennés sur plusieurs temporalités. Tout d'abord, les données mensuelles ont été calculées sur la période de végétation, du 1er mars jusqu'au 31 novembre, soit neuf mois. Ensuite, nous nous sommes demandé si certaines périodes auraient plus d'impact que d'autres. Nous avons donc réalisé des moyennes de chaque facteur climatique sur les périodes suivantes : 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 et 15 ans et sur la totalité de la durée de vie des peuplements. Selon la bibliographie, l'année où les plantes reprennent leur croissance est cruciale en matière d'impact sur le climat. Nous nous sommes demandé si c'était aussi le cas pour les âges entre 0 et 15 ans. De plus, nous nous sommes aussi interrogés sur la durée de l'impact du climat sur le développement des plants. Est-ce que seule la première année compte ?

#### Présentation globale des résultats :

Tableau 8: Synthèse des facteurs ayant un impact sur la réussite des plantations

Corrélations positives	Variabiles décrivant la réussite	Corrélations négatives
- Le bilan hydrique total	<b>Accroissement moyen</b>	- Température moyenne sur 3 ans
- SWI sur 1 puis 3 ans*	<b>Taux de survie en 2025</b>	
- SPEI sur 3 ans*	<b>Clé de « réussite » des plantations</b>	
- Bilan hydrique sur 3 ans** ou total*		

\*\*\* facteur ayant un impact significatif fort (régression linéaire)

\*\* facteur avec un impact significatif moyen

\* facteur avec un impact significatif, mais faible significativité du lien non déterminée

Aucun impact significatif démontré par régression linéaire

Nous n'avons pas trouvé de facteurs climatiques impactant l'accroissement moyen. Nos hypothèses sont :

- La croissance se réalise sur plusieurs années. Moyenner les données climatiques à l'échelle de neuf mois, puis sur plusieurs années réduit les variabilités que subit un plant durant sa période de croissance (alors qu'une mortalité survient sur un extrême, une année donnée).
- Comme montré précédemment, un plant croît de manière hétérogène sur 15 ans. Un suivi annuel sur une plantation ciblée permettrait de voir davantage la variabilité de l'accroissement, plutôt qu'un relevé ponctuel.

#### Un climat influençant fortement la survie des plants sur trois ans

La densité et le taux de survie, ainsi que la clé de réussite sont impactés par :

- L'index d'humidité des sols (SWI) dès la première année et pendant les trois premières années
  - Le SPEI, les trois premières années de vie du peuplement.
  - Le bilan hydrique, d'abord sur les trois premières années, puis tout au long de la vie du peuplement
- Ainsi, plus le SWI, le bilan hydrique et le SPEI sont grands, plus la survie des plants est grande. C'est l'inverse pour le bilan hydrique.

## La station : de nombreux facteurs clés pour la survie et la croissance des plants

### Présentation globale des résultats

Dans cette première partie, nous décrivons les facteurs de la station et leurs impacts sur la densité en 2025, le taux de survie en 2025, l'accroissement moyen et la clé de réussite. L'ensemble des facteurs qui sont étudiés sont présentés en annexe 6. Ci-dessous nous vous présentons la synthèse des résultats de cette première étude :

Tableau 9: Synthèse des facteurs stationnels ayant un impact sur la réussite des plantations

Corrélations positives	Variables décrivant la réussite	Corrélations négatives
<ul style="list-style-type: none"> <li>- RUE sur 70 cm avec apparition d'hydromorphie***</li> <li>- RUE sur 30 cm**</li> </ul>	<b>Accroissement moyen</b>	Texture dominante (sableuse) sur 70 cm*** et sur 30 cm**
	<b>Taux de survie en 2025</b>	Texture dominante (sableuse) sur 30** puis 70 cm*** Lithologie
	<b>Clé de « réussite » des plantations</b>	Texture dominante (sableuse) sur 70 cm***

\*\*\* facteur ayant un impact significatif fort (régression linéaire)

\*\* facteur avec un impact significatif moyen

\* facteur avec un impact significatif mais faible significativité du lien non déterminée

Aucun impact significatif démontré par régression linéaire

Parmi les facteurs étudiés, le type de relief, l'orientation et l'effervescence et la lithologie ont été exclus. En effet, nous avons des difficultés d'interprétation du fait du manque d'homogénéité des données. Nous avons quand même dédié une partie à ces facteurs mais en annexe 5, en suivant le tableau des facteurs étudiés.

### La texture dominante du sol, un facteur incontournable du sol

Par horizon, la texture a été classée en grandes catégories : sable, limon, argile, argilo-limoneuse, sablo-argileux... Pour calculer la texture dominante, nous avons sélectionné la texture (sable, argile et limon uniquement) la plus représentée sur la profondeur étudiée.

La texture dominante (sur les 30 premiers cm ou sur les 70 cm) est le facteur impactant la réussite d'une plantation. En effet, dans l'analyse des corrélations, les textures dominantes du sol apparaissent comme fortement corrélées à la réussite des plantations, quel que soit le critère choisi. Nous constatons que les sols à dominance sableuse sont les sols les moins favorables à la survie et à l'accroissement des plants. Le taux de survie pour les plantations de sable est en moyenne de 41% contre 60% sur des sols majoritairement limoneux. Pour l'accroissement moyen annuel, les plants pousseront mieux sur sols limoneux et le moins bien sur sol sableux. L'accroissement moyen sur sols sableux est de 22 cm par an contre 31 cm par an pour le limon. En 15 ans, les plantations entre les deux types de sols peuvent avoir plus d'un mètre d'écart.

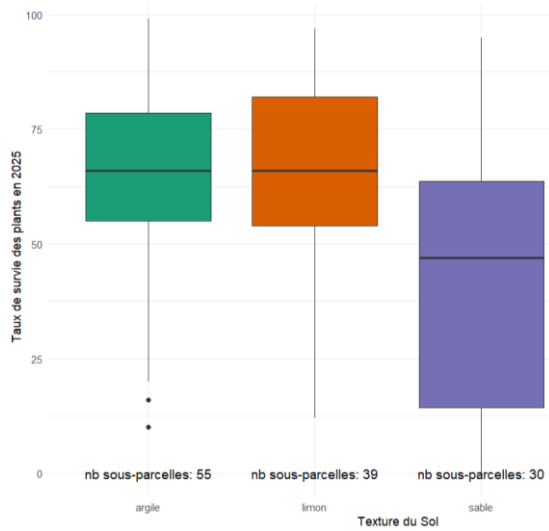


Figure 19 : Box plot, taux de survie en fonction de la texture majoritaire sur 70 cm d'épaisseur

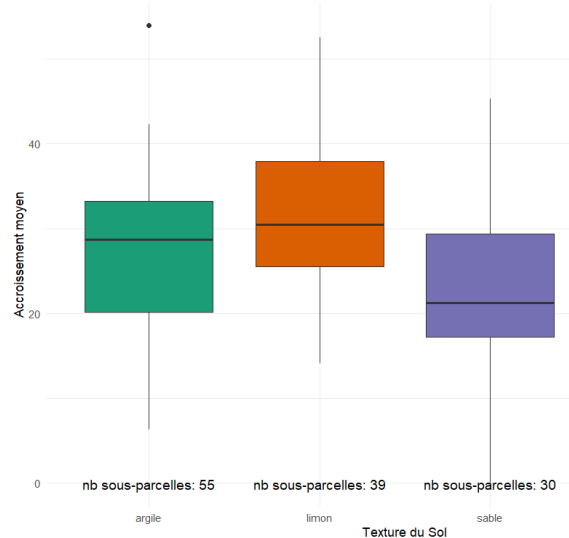


Figure 27 : Box plot: Accroissement moyen en fonction de la texture majoritaire sur 70 cm d'épaisseur

Tableau 10: Tableau des moyennes par textures dominantes sur 70 cm

Facteurs explicatifs de la réussite	Taux moyen de survie en 2025 sur 15 ans	Accroissement moyen sur 15 ans	Densité moyenne en 2025
Texture à dominance sableuse sur 70 cm	44.6 %	0.23 m	640 tiges à l'hectare
texture à dominance limoneuse sur 70 cm	64.2 %	0.32 m	1076 tiges à l'hectare
Texture à dominance argileuse sur 70 cm	64.5 %	0.28 m	1071 tiges à l'hectare

Nous avons tenté d'étudier plus finement l'impact de la texture dominante sur la survie et la croissance des peuplements.

Ci-dessus les résultats d'une régression par quantile. Elle apporte une information supplémentaire sur l'effet « aggravant » de la texture sur le taux de survie. Cette régression analyse le taux de survie en fonction de quantile bien défini : le premier quartile, la médiane ou bien le troisième quartile. Ainsi, nous n'avons pas une vision globale et pondérée sur l'ensemble des données.

Le premier résultat est que la texture limoneuse et argileuse n'a pas d'impact significatif sur la survie.

En effet, le % du taux de survie issu de la collecte de données a pour valeurs :

- Premier quartile (quantile à 0,25), de 48 %
- La médiane (quantile à 0,5), de 64 %
- Troisième quartile (quantile 0.75), de 76 %.

Le limon, puis l'argile ont des taux de survie prédits légèrement plus élevés, mais ce n'est pas significatif. Par contre, les textures sableuses ont, pour les trois modèles, des pourcentages de survie calculés significativement plus bas que les données terrain. De plus, le taux de survie prédit pour le quantile à 0,25 (soit les 25 % des données les plus faibles) chute en comparaison de ceux estimés pour l'argile et le limon. Une texture sableuse va donc baisser le taux de survie, en moyenne de 24 %, mais il va aussi avoir un effet aggravant sur les plantations en difficulté.

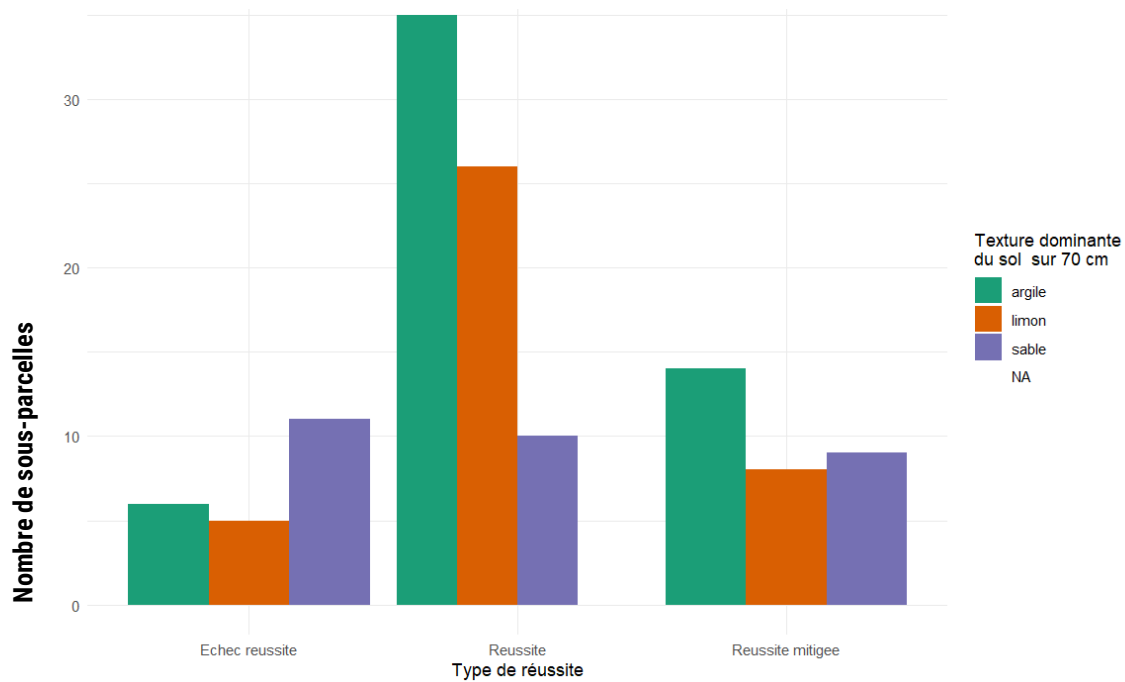


Figure 28: Répartition des sous-parcelles en fonction de la réussite et par texture de sol

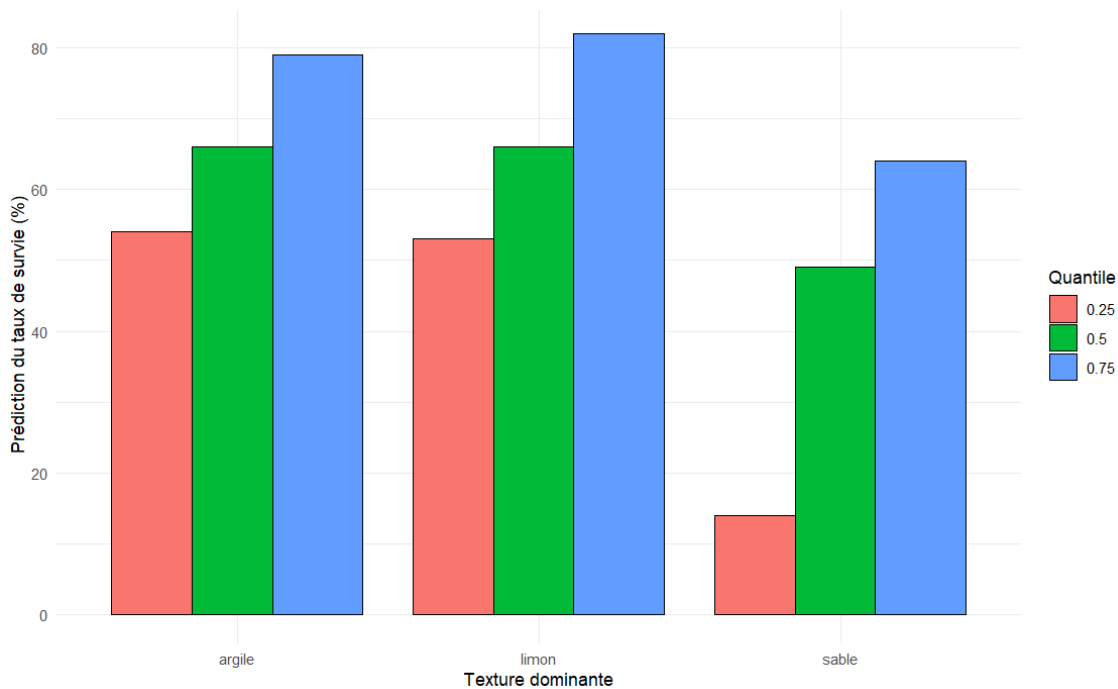


Figure 29: Résultat de la régression quantile en fonction des textures dominantes sur 70 cm

La capacité de rétention en eau des sols un deuxième impact fort du sol

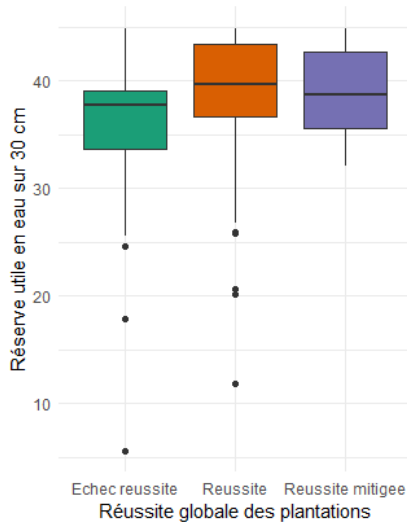


Figure 30 : Box plot, réussite globale des plantations en fonction de la réserve utile en eau du sol

La réserve utile en eau est calculée en fonction de la texture du sol. Les deux facteurs étant très liés, il est donc logique que la réserve utile en eau du sol (RU) soit un facteur impactant la réussite des plantations. La RU des 30 premiers centimètres impacte l'ensemble des facteurs de la réussite des plantations. Plus la RU est importante, meilleure est le taux de reprise (et donc la densité elle aussi), ainsi que l'accroissement.

Nous constatons le même effet sur la réussite globale des plantations (figure 28). Toutefois, l'impact est moins significatif. D'après le tableau 7, nous constatons que les moyennes et médianes des RU varient très faiblement.

Tableau 11: Moyenne et médiane de la RU sur 30 cm en fonction de la réussite des plantations

Réussite des plantations	Réserve utiles en eau sur 30 cm (moyenne)	Réserve utile en eau sur 30 cm (médiane)
Échec de la plantation	34.5	37.7
Réussite mitigée de la plantation	38.6	40
Réussite de la plantation	39	39

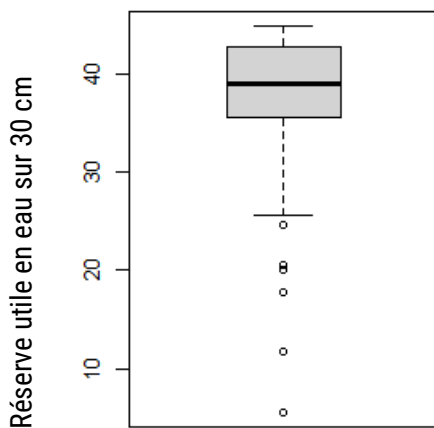


Figure 31: Box plot, répartition de la RU sur les 30 premiers centimètres

Ce résultat s'explique par l'analyse de l'impact de la RUE 30 cm sur le taux de survie, via une régression linéaire quasi binomiale. Il y a un impact significatif de la RUE, mais il est faible. C'est aussi le cas pour l'accroissement moyen. La RU sur 30 cm a un impact avéré positif, mais relativement faible. Ces résultats nuancés s'expliquent aussi par la faible variabilité de la RUE sur les 30 premiers centimètres. D'après la figure 29, mis à part six sous-parcelles atypiques, dont deux ayant une profondeur de sol inférieure à 30 cm, la RU varie peu.

La réserve utile sur 30 cm correspond à l'épaisseur du sol prospectée par les plants lors de leurs premières années. Elle aurait donc un impact positif à l'installation des plants. Face à l'absence d'engorgement de surface, nous ne pouvons pas mesurer ici « jusqu'à quel point » la présence d'eau est néfaste à un engorgement superficiel pour les plants de chêne sessile.

La deuxième variable influençant surtout l'accroissement moyen est la réserve utile maximale sur 70 cm d'épaisseur, plafonnée à l'horizon où est observé un niveau d'hydromorphe de 3 (noté de zéro à quatre, le niveau 3 étant couramment retenu comme contraignant pour les racines). Il y a huit plantations, qui ont une forte présence d'hydromorphe à moins de 70 cm de profondeur.

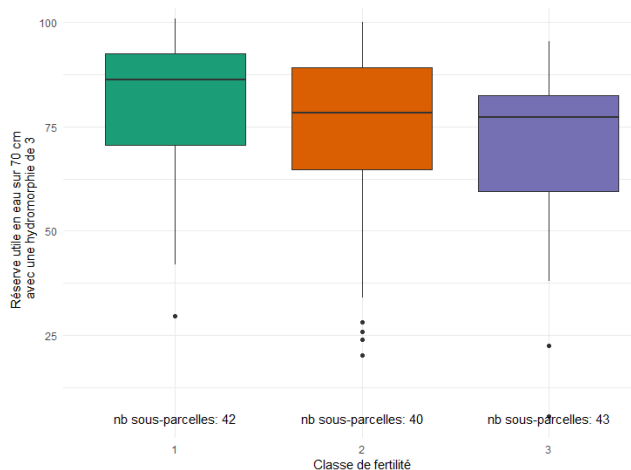


Figure 32 : Box plot répartition de la RU sur 70 cm, prenant en compte l'hydromorphie, par classe de fertilité

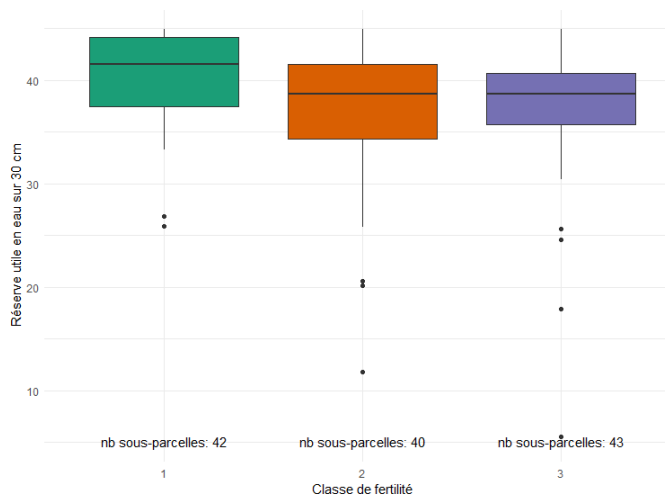


Figure 32: Box plot, répartition de la RU sur 30 cm par classe de fertilité

Tableau 12: RU moyens sur 30 puis 70cm en fonction des classes de fertilités

Classe de performance de hauteur	Réserve utiles en eau sur 30 cm (moyenne)	Réserve utile en eau sur 70 cm avec hydromorphie (moyenne)
Classe 1	40	80
Classe 2	37	72.6
Classe 3	36.9	68.7

La réserve utile en eau impacte fortement l'accroissement moyen des plants. Plus celle-ci est importante, meilleure est l'accroissement. Nous n'avons pas réussi à identifier une valeur seuil pour laquelle l'effet de la RUE s'inverserait. Par contre, comme dit précédemment, l'hydromorphie trop importante va impacter négativement la croissance des plants.

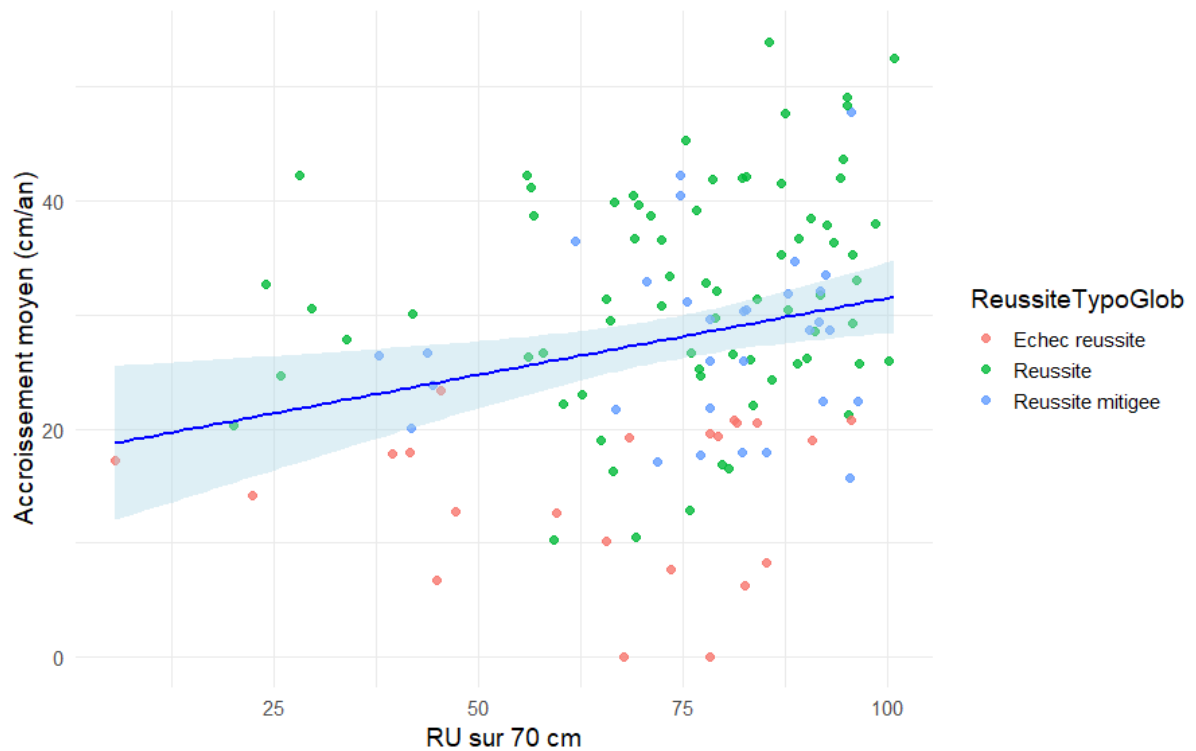


Figure 34: Accroissement moyen en fonction de la RU sur 70 cm avec hydromorphie

Compte tenu du fait que la croissance correspond à la hauteur divisée par l'âge de la population, nous avons modélisé l'influence de la RU sur la hauteur. Ainsi, nous avons créé un modèle de régression avec deux variables explicatives : l'âge et la RU. Le modèle utilisé est une GLM de type Gamma. Le graphique suivant présente de nombreuses lignes :

- La ligne rouge représente une restriction de RU à 40 en raison de l'hydromorphe de type 3 détecté dans les 30 premiers centimètres.
- La courbe en vert : 70 cm de sable, elle correspond à la RU minimale observée sur 70 cm sans hydromorphe lors de l'étude.
- La courbe en bleu : RU sur 70 cm d'argile. Elle est légèrement supérieure à la valeur médiane des RUS observés.
- La courbe en violet : RU su 70 cm de limon. Seules 2 sous-parcelles ont atteint cette RU.

40% des sous-parcelles sont comprises entre la RU limoneuse et argileuse. 80% des sous-parcelles sont comprises entre la courbe sur sol sableux et sol limoneux.

2

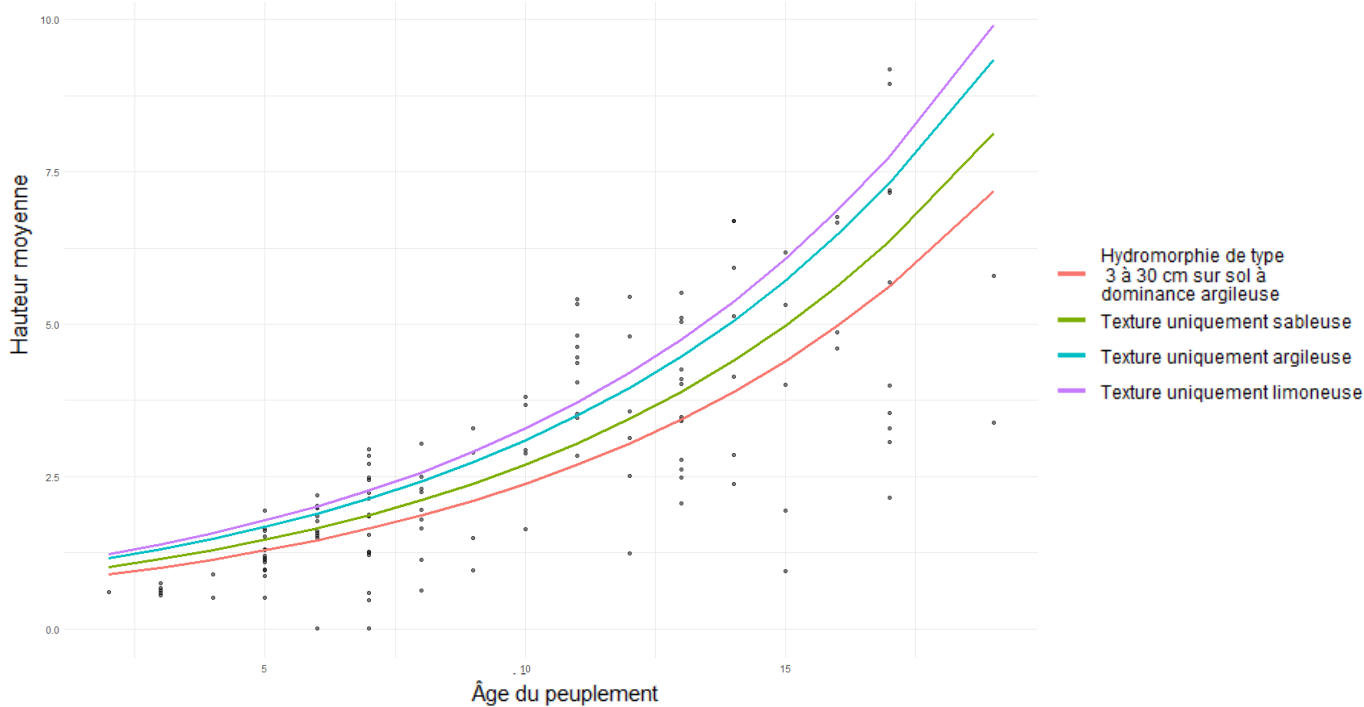


Figure 35: Variation des hauteurs en fonction de l'âge et de la réserve utile sur 70 cm

Plus le temps passe plus les écarts de hauteur sont importants en fonction de la station.

Nous avons réalisé une autre représentation mais cette fois-ci avec les valeurs maximales et minimales de la RUE :

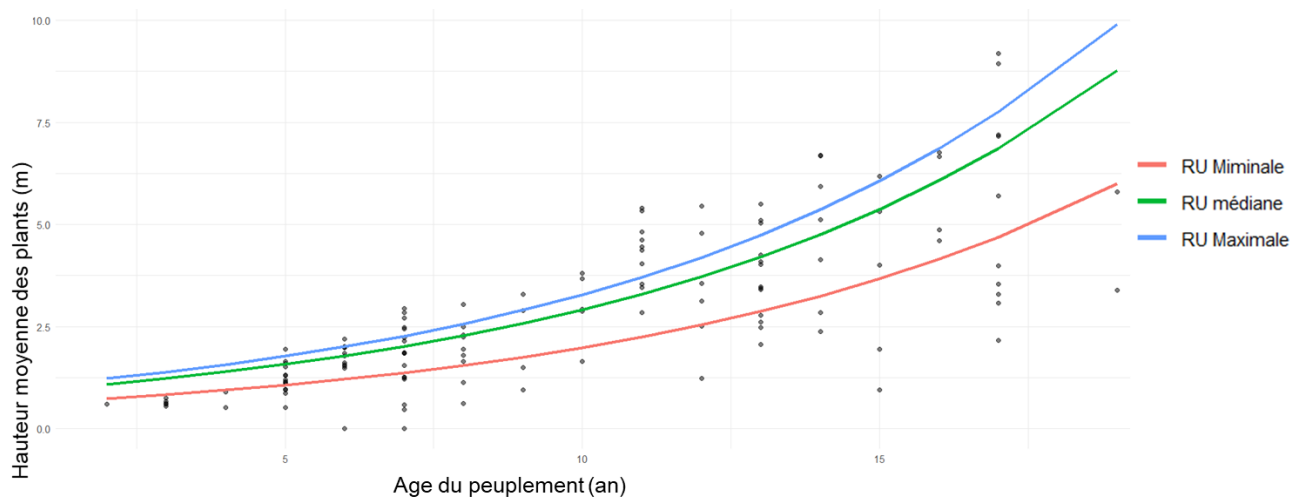


Figure 36: Variation des hauteurs en fonction de la réserve utile en eau sur 70 cm

## L'état sanitaire des plants : un révélateur des problèmes de la plantation dès la première année

### Présentation des résultats finaux

Jusqu'à présent, nous avons étudié des facteurs à l'échelle de la sous-plantation. Or, la réussite de celle-ci dépend aussi de ses plants. Ainsi, nous savons que l'état sanitaire impacte la croissance et la survie de chaque individu. Mais la question est : à quel point cet état sanitaire impacte la réussite ?

34

Les correspondants observateurs ont relevé par lot de 100 plants un ensemble de dégâts biotiques et abiotiques à l'automne de la première année de plantation, repris ici. Ayant réalisé la phase terrain hors période de foliation, nous n'avons pu relever que des dégâts sylvicoles, de concurrence, de gibier et des plants morts.

Dans nos analyses, nous n'avons pris en compte que les plants vivants. Nous avons étudié la présence ou non de dégâts, et le pourcentage de dégâts rapporté au nombre de plants indemnes. Par exemple, nous avons 80% de vivants, dont 20 plants abrutis. Ainsi, le pourcentage de plants abrutis est de 25% (calcul rapporté aux 80 vivants) au lieu de 20% (calcul rapporté sur 100 relevés). Nous avons à la fois des données collectées la première année, puis celles collectées en 2025. En annexe 7 se situe le tableau récapitulatif de l'ensemble des facteurs étudiés.

La synthèse de nos résultats est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 13: Synthèse des types de dégâts ayant un impact sur la réussite des plantations

Corrélations positives	Variabes décrivant la réussite	Corrélations négatives
Taux de reprise**	<b>Accroissement moyen</b>	Dégâts de gibier subis la première année * Dégâts de gibiers subis en 2025***
	<b>Taux de survie en 2025</b>	Dégâts de gibier subis la première année ** Dégâts abiotiques subis la première année*
	<b>Clé de réussite des peuplements</b>	Dégâts de gibier subis la première année

\*\*\* facteur ayant un impact significatif fort (régression linéaire)

\*\* facteur avec un impact significatif moyen

\* facteur avec un impact significatif mais faible significativité du lien non déterminée

Aucun impact significatif démontré par régression linéaire

### Des dégâts limitants la réussite des plantations dès la première année

Le premier facteur impactant l'ensemble des variables de réussite est l'abrutissement dès la première année. Plus les plantations ne sont abruties la première année, moins le taux de survie, l'accroissement moyen et la réussite des plantations sont bons. La figure à gauche présente les résultats de manière globale.

Mais, le gibier n'est pas le seul facteur de la première année à surveiller

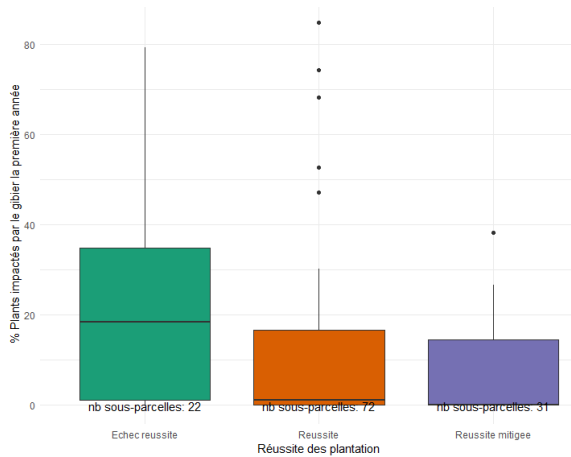


Figure 37: % de dégât gibier la première année en fonction de la réussite des sous-parcelles

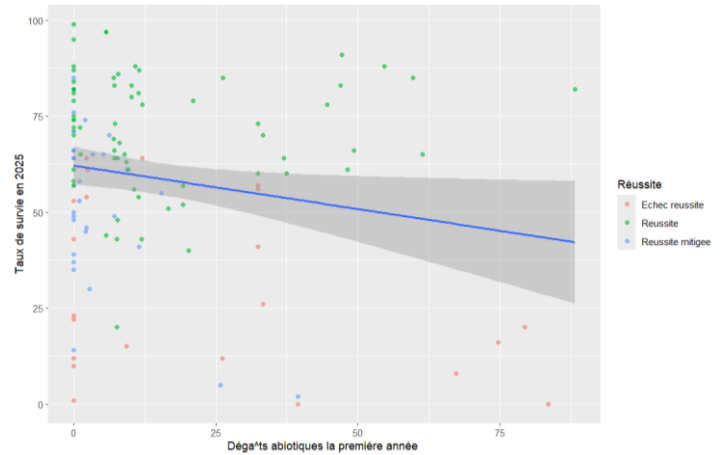


Figure 38: Taux de survie en 2025 en fonction du % de dégâts abiotiques

Nous avons remarqué que plus le nombre de dégâts abiotiques est élevé, plus le taux de survie diminue. Ce résultat est d'autant plus vrai avec les plants morts dus à des facteurs climatiques. Toutefois, dans la catégorie des dégâts abiotique, nous avons aussi des facteurs classés « par défaut », par exemple, une descente de cime peut-être classée dans les dégâts abiotique. Pour autant, elle peut être due aux conditions de plantations.

Enfin, le taux de reprise de la première année a un impact significatif sur l'accroissement. Comme expliqué précédemment, ce facteur est fortement corrélée à la station, au climat et au nombre de regarni. Moins le taux de reprise est bon et plus il y a de chance d'avoir un regarni, donc plus il y a de chances que la plantation prenne du retard sur la croissance. Ce facteur permet uniquement de confirmer les effets de la station et du regarni.

Le fait que nous n'ayons pas d'impact de la reprise la première année sur le taux de survie nous a dans un premier temps étonnés, puis nous avons compris lors de l'analyse des données de travaux. En effet, l'impact du taux de reprise est « caché » par l'impact du regarni.

### 2024-2025 : Des dégâts peu nombreux mais significatifs pour l'accroissement

Les dégâts de gibier et de concurrence végétale observés en 2024 et 2025 impactent l'ensemble des plantations, quel que soit leur âge.

Nous constatons que les plantations de la tranche d'âge de 5-10 ans semblent moins atteintes, en comparaison des classes 2-5 ans et 10-15 ans. Mais cela s'explique par une grande proportion de boisements de terres agricoles (16 parcelles sur 30) en Indre-et-Loire particulièrement bien entretenues et protégées.

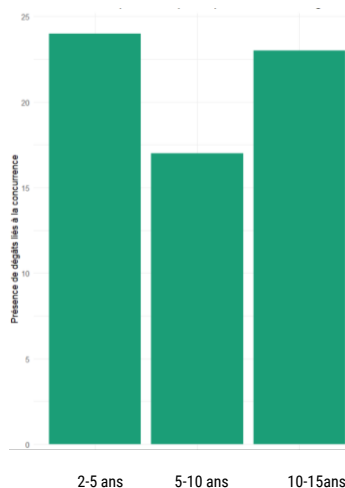


Figure 39: Nb sous-parcelles ayant des dégâts de concurrence

Figure 40: Nb sous-parcelles ayant des dégâts de gibier

Bien que les plantations présentent des dégâts à tous âges ; finalement, ceux-ci ne sont peut-être pas importants. En 2025, sur 125 sous-parcelles, nous avons constaté que :

- 85 % des sous-parcelles ne sont pas atteintes par les dégâts sylvoles. Les dégâts sylvoles n'impactent pas plus de 10 % des plants observés.
- 62 % des sous-parcelles n'ont pas de trace visible d'abrouissements. 25 % d'entre elles ont un abrouissement inférieur à 15 % et le taux d'abrouissement maximal est de 77 %. Il correspond à une sous-parcelle de 2012 sur sol sableux dans le 41. Le propriétaire avait confirmé voir des cerfs toute l'année.
- 50 % des sous-parcelles ne sont pas atteintes par la concurrence et 41 % d'entre elles ont des dégâts de concurrence inférieurs ou égaux à 15 %.

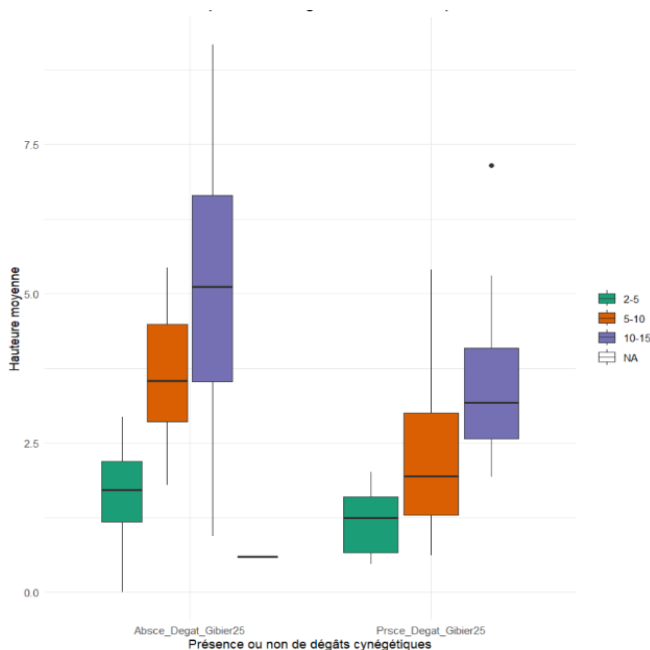


Figure 41: Impact des dégâts de gibiers par classe d'âge sur la hauteur des plants

Les observations ont été réalisées entre novembre 2024 et mars 2025. Il est possible que hors période de végétation, certains dégâts n'aient pas été bien identifiés, tels que la concurrence. De plus, les observations ont été réalisées sur un échantillon de 100 plants, quelles que soient la densité de plantation et la surface de la sous-parcelle et le long de dix rangées. Il est possible que certains dégâts, tel que l'abrouissement soit surestimé, soient sous-estimés. En effet, les dégâts de gibier et les dégâts sylvoles suivent souvent une ligne. Nous constatons que ces dégâts, bien que faibles, ont un impact réel sur le développement des plants. C'est particulièrement le cas de l'impact du gibier sur l'accroissement. La figure à gauche montre des baisses significatives de la hauteur, et ce, uniquement en présence d'abrouissement. Bien que le nombre de plantations impactées par le gibier soit faible, les dégâts sont présents. La question est de savoir dans quelle mesure ces dégâts sont importants.

Souvent, pour les plantations âgées, les dégâts ne se voient plus du fait de la hauteur des plants. Nous ne mesurons donc pas leur réel impact.

L'impact de l'abrouissement sur la croissance a un effet différent en fonction de l'année d'observation. Le pourcentage d'abrouissement observé la première année semble impacter les facteurs de réussite de manière linéaire. Par contre, il semblerait qu'un abrouissement de plus de 40% des plants en 2025 limite de manière significative l'accroissement moyen des plants.

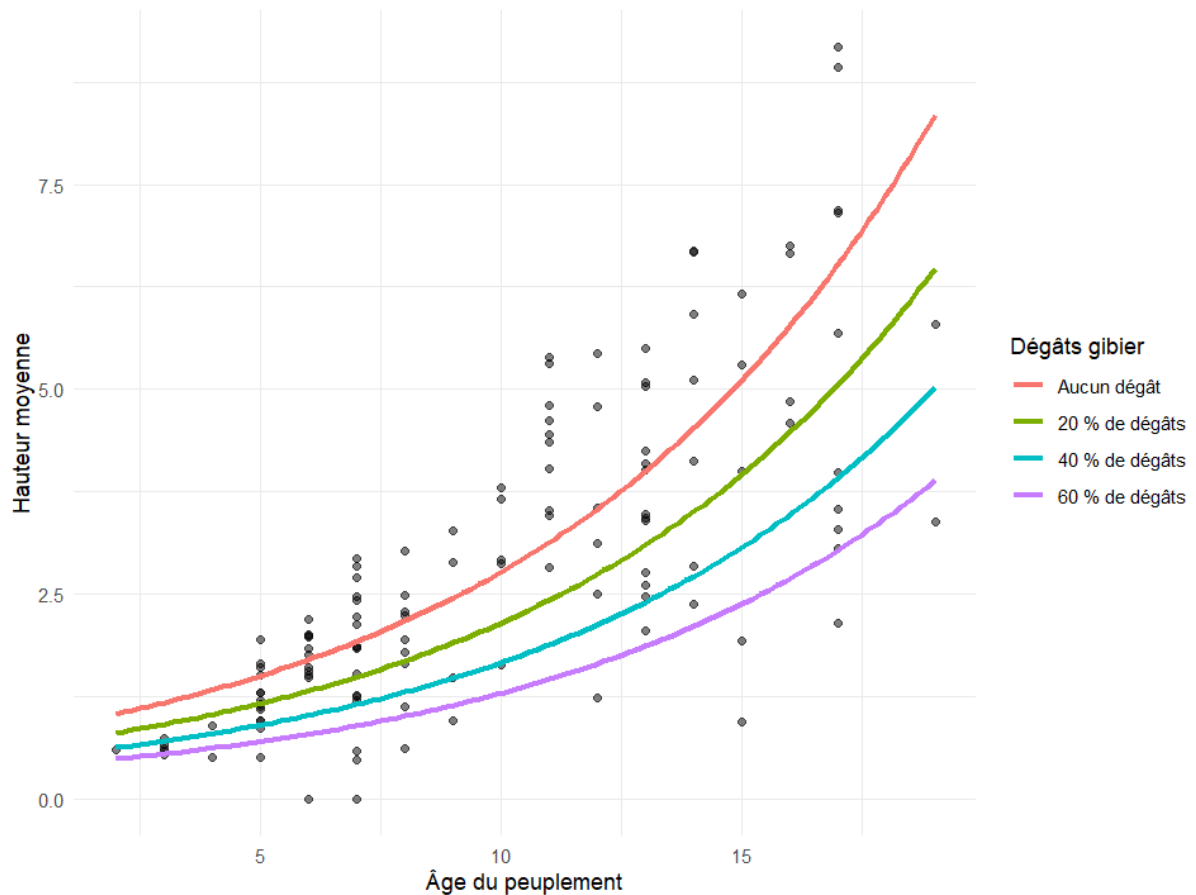


Figure 42 : Variation de la hauteur en fonction du % de dégât cynégétique, avec une RUE moyenne

La figure ci-dessus présente comment évoluerait la hauteur des plants en fonction du pourcentage de dégât de gibier (principalement abrutissement). Sur des parcelles abruties en continue pendant 10 ans, nous pouvons avoir des écarts de hauteur de deux mètres.

### Une accumulation de dégât entre la première année et 2025 a des conséquences néfastes pour les plantations

Nous avons constaté que certaines plantations étaient abruties la première année et en 2024-2025. Nous avons voulu voir les effets de la présence de ce dégât en regroupant ces deux sources d'informations. Nous constatons qu'il existe bien des effets cumulés. Le taux de survie et la densité sont davantage impactés par l'abrutissement de la première année et sont d'autant plus faibles quand les deux facteurs sont présents. L'accroissement, davantage impacté par l'abrutissement en 2025, possède le même niveau d'accroissement quand les deux facteurs sont présents. **Cela illustre que l'accroissement et la survie sont impactés par un abrutissement répété depuis l'année de plantation.**

Tableau 14: Moyenne de l'accroissement et du taux de survie en 2025 en fonction de la présence de dégât

Présence de dégât de gibier	Accroissement moyen (cm)	Taux de survie moyen (%)
<b>Absence de dégât</b>	32.7	65.4
<b>Que la première année</b>	30.5	48.9
<b>Qu'en 2025</b>	23.8	71.4
<b>Sur les deux années</b>	22.8	56

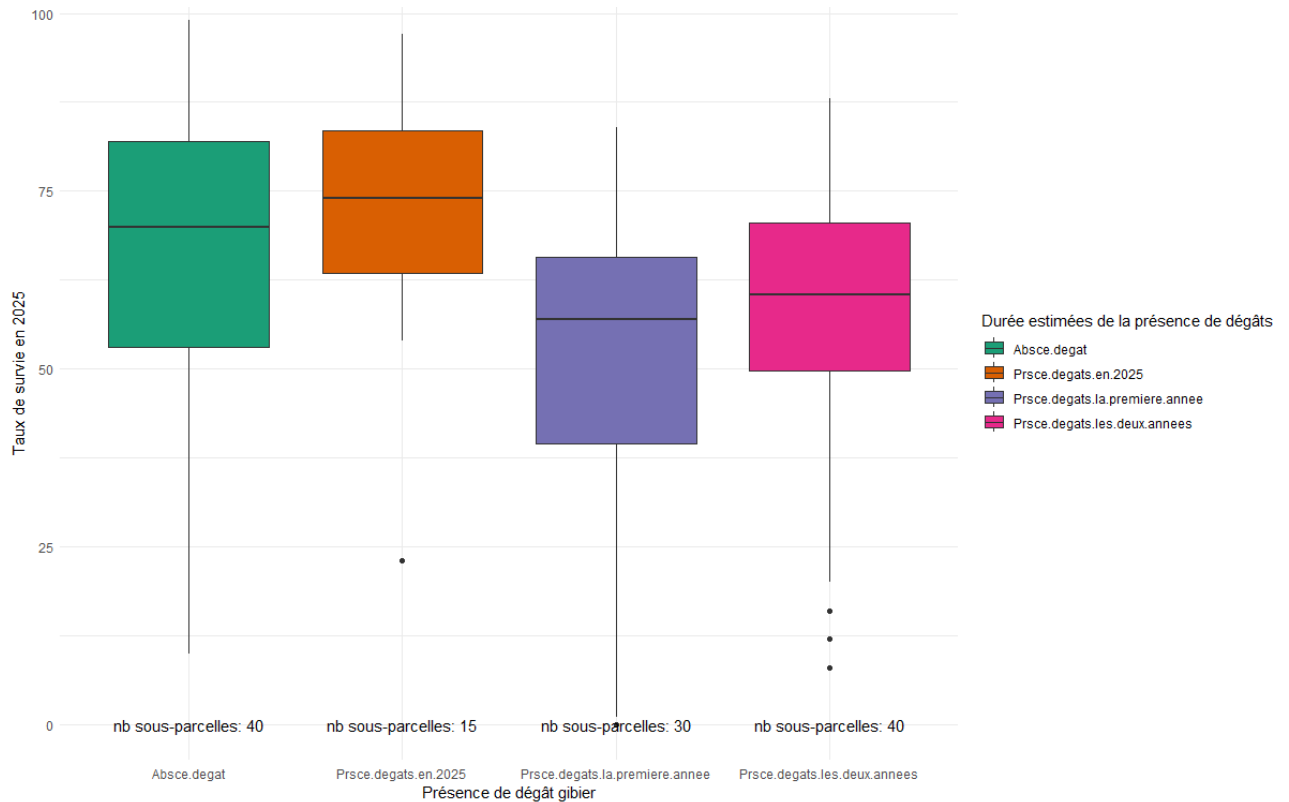


Figure 43: Répartition du taux de survie en fonction de la durée d'abrouissement

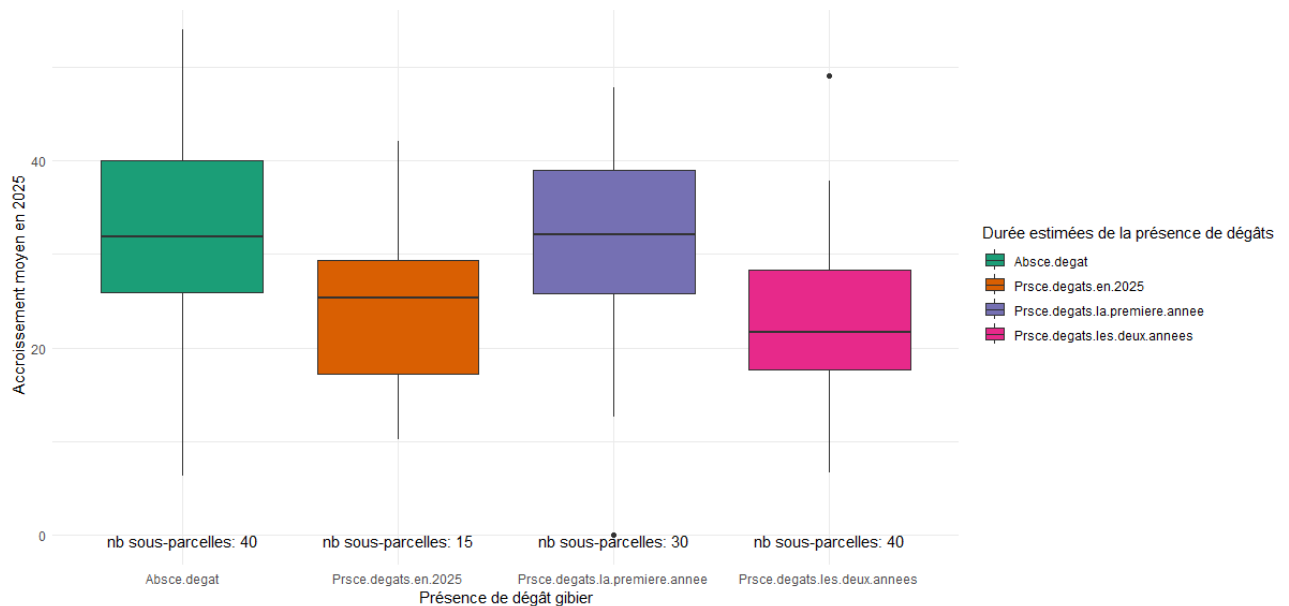


Figure 44 : Impact de la présence de dégât sur l'accroissement moyen en 2025

Ainsi, l'abrouissement est un risque dont il faut se prémunir dès la première année. Parmi les facteurs étudiés pouvant limiter la présence de dégât lié au gibier, nous avons :

- le pourcentage de recouvrement de la strate herbacée ou bien arbustive (en classe de 0-5%, 5-25%, 25-50%, 50-75% et plus de 75%),
- La présence de protection contre le gibier,
- Le maintien d'une végétation accompagnatrice : plus la parcelle est entretenue, plus il y a de dégâts en situation de forte présence de gibier

- L'écart de hauteur entre les plants et la concurrence herbacée et arbustive, pour les dégâts observés en 2024,2025

Ce constat a été réalisé grâce à l'étude des différences de hauteurs entre le plant et la concurrence. Plus le plant est « protégé » par la végétation, moins il est abrouiti. Pour le pourcentage de recouvrement, il y aurait également cette tendance. Plus la concurrence arbustive est présente, moins il y aurait de dégât. Nous n'avons pas réussi à valider les liens entre l'espèce de la strate arbustive et le pourcentage de dégât, mais il semblerait qu'en présence de ronce, les plantations soient moins abrouties. Ce qui n'est pas le cas du genêt.

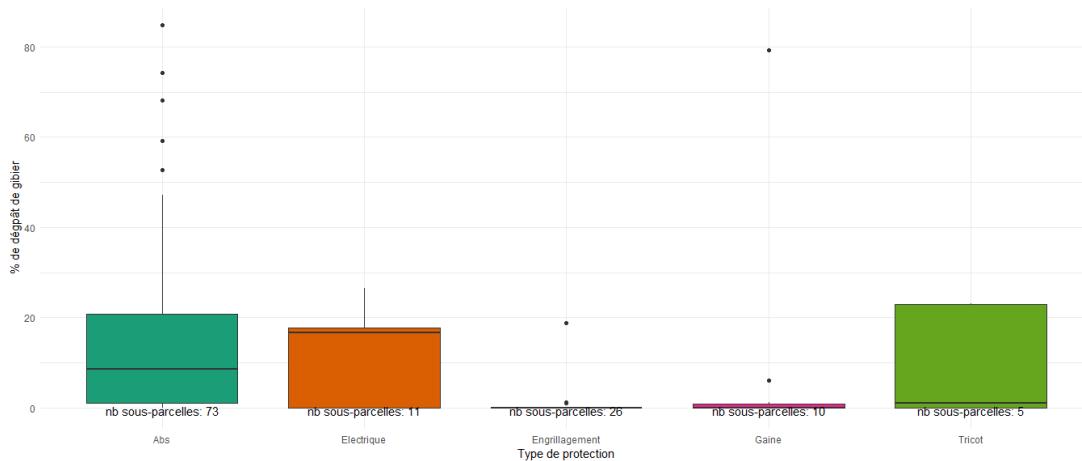


Figure 45: Box plot, répartition des dégâts de gibier la première année en fonction du type de protection

Pour les différents types de protections, nous pouvons réaliser un retour qualitatif :

- Les barrières électriques ne protègent pas totalement les plantations. un à dix plants abroutis ont été retrouvés.
- Les grillages protègent les plantations, tant que celui-ci reste hermétique. En effet, quelques grillages n'étaient pas entretenus et présentaient de nombreux trous. Dans ces cas de figure, les plants étaient abrouties.
- Les gaines protègent plutôt efficacement. Il existe un seul cas où les têtes dépassant les gaines ont été abrouties.
- L'efficacité du tricot n'a pas pu être démontrée

## La végétation, une concurrence en hauteur impactant

### Présentation globale des résultats

Pour chaque relevé terrain, nous avons estimé la concurrence par strate. Pour ce faire, nous avons pris une hauteur moyenne, une classe de recouvrement (0-5, 5-25, 25 -50,50-75 et plus de 75%) et le nom vernaculaire de l'espèce recouvrant majoritairement la strate. Dans les cas où l'espèce la plus représentée n'est pas l'espèce la plus haute, nous prenions la hauteur de l'espèce la plus haute. C'était notamment le cas de la strate arbustive. En effet, il était assez fréquent de d'observer du genêt et des ronces sur la même strate. Dans ce cas, nous prenions la hauteur du genêt, alors que la ronce était souvent plus présente. Le but étant de prendre les facteurs les plus limitants pour les peuplements.

Une fois les données prises, nous avons mis en place des seuils de hauteur. Nous avons estimé que la strate herbacée concurrençait les plants de moins de 1 m de haut. Pour la strate arbustive, nous avons pris trois mètres et, pour le recrû ligneux, nous n'avons de hauteur limite. Le choix de ces hauteurs seuils s'est fait en observant les hauteurs maximales par strates végétales. L'ensemble des facteurs étudiés sont en annexe 9. Le tableau suivant synthétise l'ensemble des résultats :

Tableau 15: Synthèse des facteurs de concurrence impactant sur la réussite des plantations

Corrélations positives	Variables décrivant la réussite	Corrélations négatives
- % recouvrement du recrû et de la strate arbustive	<b>Accroissement moyen</b>	- Écart entre H plant et H concurrence arbustive ou recrû
- Écart entre H plant et H concurrence arbustive ou recrû* - % de présence de la régénération naturelle	<b>Taux de survie en 2025</b>	- % recouvrement du recrû et de la strate arbustive
- Écart entre H plant et H concurrence arbustive ou recrû	<b>Clé de « réussite » des plantations</b>	- % recouvrement du recrû et de la strate arbustive

Le point à noter en premier lieu est que la concurrence végétale a un effet inverse entre les taux de survie (et la densité en 2025) et l'accroissement moyen. Ce qui favorise l'un défavorise l'autre.

Il existe de nombreuses corrélations entre la concurrence végétale et la croissance ou le taux de survie des plantations. Toutefois, nous constatons que seuls l'écart de hauteur entre les plants et le recrû naturel, ou bien les plans et la concurrence arbustive ont un impact significatif (bien qu'assez faible) sur le taux de survie.

Il est probable que les données récoltées sur le terrain manquent de précisions pour aller plus loin. En effet, 30 hauteurs de plants ont été prises, alors qu'une seule hauteur par strate a été collectée. De plus, la présence de chaque strate est décrite par des classes, assez large de recouvrement (0-5, 5-25%, 25-50%...) Toutefois, si nous ajoutons davantage de relevés, nous allons alourdir un protocole qui prenait au moins 2h00 pour être réalisé.

Nous aborderons les écarts de hauteurs avec le recrû et la concurrence arbustive. L'ensemble des autres facteurs sont présentés en annexe 9.

#### La concurrence en hauteur de la concurrence arbustive

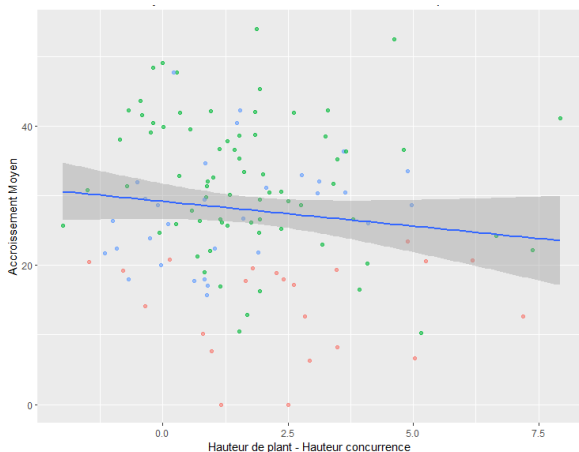


Figure 46 : Répartition de l'accroissement moyen en fonction de la concurrence arbustive

Plus l'écart entre la hauteur du plant et de la concurrence est grand, meilleure est la réussite des plants, de manière générale.

En effet, le taux de survie est meilleur si la concurrence reste plus basse que les plants. Par contre, c'est l'effet inverse pour l'accroissement moyen. En effet, plus les plants sont dominés, plus ceux-ci vont pousser pour rattraper leur voisin, mais cela entraîne un épuisement du plant.

#### La concurrence en hauteur du recrû

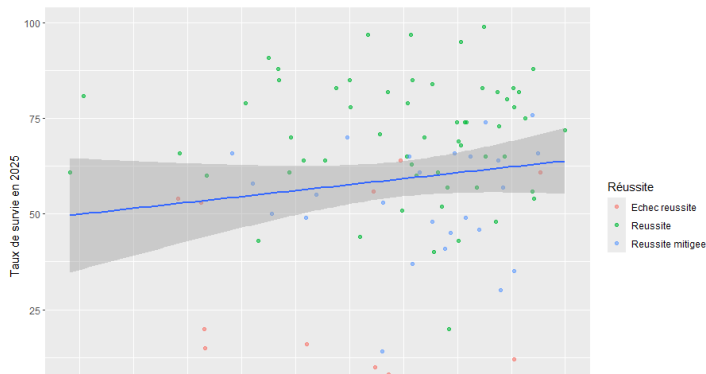


Figure 47: Répartition du taux de survie en 2025 en fonction de la concurrence du recrû

Nous constatons les mêmes tendances, bien que très faibles, avec le recrû. Plus le plant est dominé par le recrû, moins il a de chances de survivre. Toutefois, aussi bien dans le cas du recrû que dans le cas de la concurrence arbustive, les impacts sur la réussite de la plantation restent faibles.

### Travaux et décisions des propriétaires : A adapter au cas par cas

Pour les itinéraires sylvicoles, nous avons un ensemble d'historiques présents dans les données du DSF. Nous les avons croisés avec une enquête réalisée auprès des propriétaires. Ainsi, nous avons de nombreuses données concernant :

- L'historique de la parcelle (par exemple le peuplement exploité avant la plantation)
- Les travaux de préparation de la plantation
- Les travaux d'entretien de la plantation

L'ensemble de ces facteurs sont présentés en annexe 10. Au sein des plantations étudiées, nous avons trois « grandes familles d'itinéraires ». Nous avons :

- Les boisements nécessitant des travaux importants de préparation et d'entretien, avec des densités entre 2000 et 2500 tiges à l'hectare
- Les reboisements en forêt privée sur des parcelles plus modestes avec des hétérogénéités dans les travaux
- Les reboisements en forêt publique, sur de très grandes surfaces, avec des densités de plantations relativement élevées et avec une grande hétérogénéité dans les entretiens. Souvent, chaque unité territoriale a adapté ses itinéraires en fonction des stations présentes sur leur secteur.

### Les facteurs impactant les boisements et reboisements, les forêts publiques ou privées

La variabilité des itinéraires ainsi que le manque de données collectées sur les entretiens ne facilitent pas l'interprétation des résultats quant à l'impact des travaux sur la plantation. Nous avons tenté une première approche globale. En suivant, nous avons essayé d'étudier au « cas par cas » l'impact des itinéraires sylvicoles. L'étude globale (cf. tableau ci-dessous) nous a permis de nous rendre compte que certains travaux impactaient les plantations, quel que soit l'itinéraire (en noir dans le tableau). Alors que d'autres ont des effets variables en fonction du type de plantation (en bleu dans le tableau).

Tableau 16: Synthèse des travaux impactant la réussite des plantations

Corrélations positives	Variables décrivant la réussite	Corrélations négatives
Protection contre le gibier** Boisement, reboisement* Forêt publique, forêt privée	Accroissement moyen	Traitement des rémanents Fréquence de dégagement sur 3 ans* puis sur 5 ans Regarnis
Traitement des rémanents à la plantation Fréquence de dégagement sur 3 ans (1 par an*, au moins 2 par an*) Fréquence de dégagement sur 5 ans* Présence de regarnis* Travail du sol Type de peuplement exploité pour les reboisements Surface Boisement, reboisement** Forêt publique, forêt privée*	Taux de survie en 2025	
Identique au taux de survie Protection contre le gibier	Clé de réussite des peuplements	Identique au taux de survie

Dans cette partie, nous traiterons des facteurs ayant un impact significatif (indiqué par au moins un « \* ») mais aussi le travail du sol. Les autres facteurs sont en annexe 9.

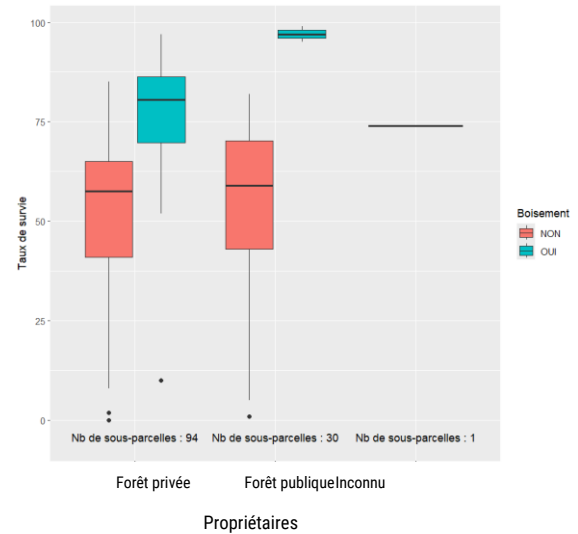
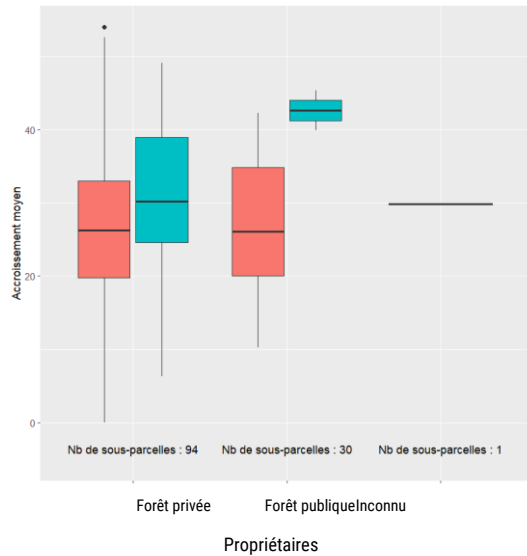
En suivant la plantation, les propriétaires réalisent, assez souvent, un premier dégagement. Puis, en fonction des possibilités des propriétaires mais aussi des disponibilités des entreprises, un entretien régulier est réalisé sur la plantation. Sur 98 parcelles visitées, nous avons réussi à retranscrire un historique général sur 71 parcelles. 49 propriétaires nous ont transmis, souvent de mémoire, un historique des travaux. Parmi ces propriétaires, 35 nous ont transmis les factures par l'intermédiaire d'UNISYLVA, ou nous ont détaillé l'ensemble des travaux qu'ils avaient réalisés. Dans la plupart des cas, ce sont des propriétaires qui soit travaillent en confiance avec UNISYLVA, ainsi la coopérative a répondu à l'ensemble de nos questions, ou bien ce sont des propriétaires qui mettent à jour un cahier ou bien un Excel des travaux. Le plus souvent, ce sont les propriétaires qui habitent sur place ou bien qui reviennent de manière régulière dans leur propriété qui ont les informations les plus détaillées. Pour les autres propriétaires, ils ont un suivi occasionnel, impliquant un retour général. Du fait de la très grande hétérogénéité des données nous avons dû synthétiser l'information au niveau le plus « général ».

À la suite de nos entretiens avec les propriétaires, la coopérative UNISYLVA et l'Office National des Forêts, la réalisation des travaux se calque souvent selon ce modèle :

Un regarni si les plantations ont un pourcentage de reprise inférieur à 70%.

Des dégagements manuels dès que la concurrence végétale est trop importante, sauf dans le cas de la fougère. Dans le cas de la fougère, les propriétaires réalisent un à deux bâtonnages par an, tant que les plants sont concurrencés par celle-ci.

Un broyage des interlignes, une fois par an, ou bien tous les deux ans. Sur certaines stations riches, les propriétaires broient jusqu'à deux fois par an. Dans la quasi-totalité des parcelles, un interligne sur deux est broyé.



Figures 48 et 49: Accroissement moyen et taux de survie en fonction du type de propriétaire et si c'est un boisement ou non

Nous constatons que le taux de survie et l'accroissement moyen sont bien plus importants pour les boisements. Nous ne voyons pas de différence significative si nous étudions l'ensemble des plantations privées et publiques. Mais ce résultat entre les forêts publiques et privées est biaisé par les forêts domaniales situées en Eure et Loire. En effet, ces plantations plus âgées, sur d'importantes surfaces, se situent sur des stations argilo-limoneuses et dans des climats plus favorables. Les forêts domaniales de Vierzon et d'Orléans situées sur des stations plus sableuses ont, a contrario, des résultats plus mitigés. Nous étudierons les deux cas séparément.

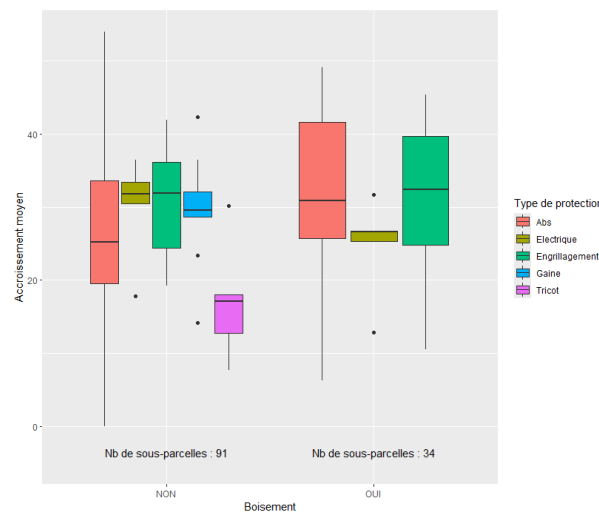


Figure 50: Accroissement en fonction du type de protection contre le gibier

La figure 42 met en évidence plusieurs éléments :

- Pour les reboisements :
  - Tous types de protection aident à limiter l'effet de l'abrouissement.
  - Pour le cas des gaines, il y avait 5 propriétaires avaient protégé un plant sur deux, entraînant des dégâts sur le plant non protégé.
  - Le tricot mit en place uniquement la première année (en violet) ne suffit pas à décourager le gibier
- Les résultats des boisements sont à analyser plus précisément :

- 38% des sous-parcelles n'étaient pas protégées. Parmi ces 13 sous-parcelles non protégées, plus de 70% n'avaient aucun dégât la première année ni en 2025. Sur le terrain, nous avons l'impression qu'elles étaient moins accessibles car pas dans la continuité d'une forêt. Peut-être que l'emplacement du boisement est à prendre en compte
- Les 4 plantations avec une protection électrique étaient au cœur d'un massif forestier densément peuplé. Ce résultat n'est pas représentatif

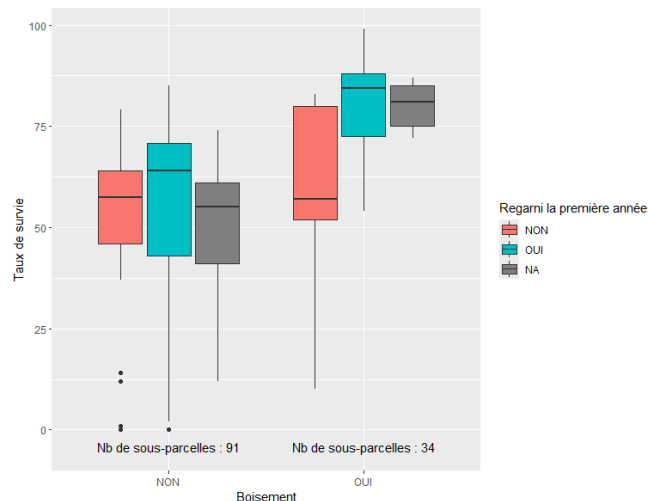


Figure 51 : Taux de survie en fonction de la présence de regarni la première année

Nous constatons sur la figure suivante que :

- Dans le cas des reboisements que le regarni est, réalisé sur les plantations ayant un taux de reprise le plus faible.
- Pour les boisements, celui-ci semble dépendre du « type » de boisement. En effet, pour plus de la moitié des boisements, ceux-ci étaient des boisements compensateurs de la ligne de TGV. Les regarnis ont été réalisés de manière systématique. Pour les boisements les moins réussis (cinq sous-parcelles), ils nous ont donné l'impression d'avoir été « abandonnés » par les propriétaires lorsque nous sommes allés sur le terrain.

### Le cas des reboisements sur forêt privée

Dans le cas des reboisements en forêts privées, nous avons une très grande hétérogénéité des itinéraires sylvicoles. Ils dépendent pour la plupart du type de station, de la végétation présente ainsi que des moyens du propriétaire. Au vu de l'hétérogénéité des retours et des itinéraires, nous ne ferons qu'une étude descriptive.

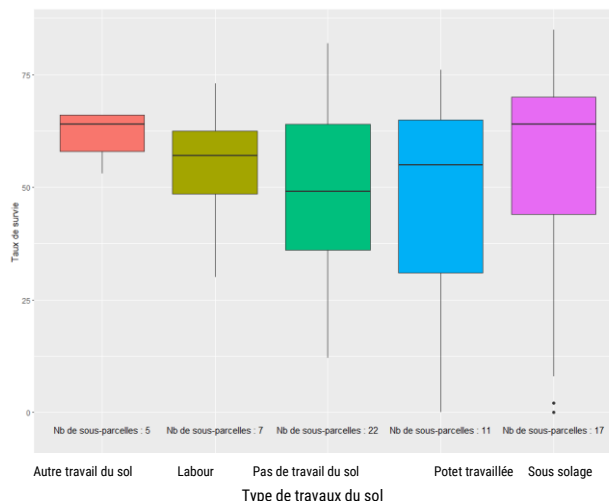


Figure 52: Types de travaux du sol réalisés pour les reboisements

Nous constatons que le travail du sol a un effet positif sur le taux de survie des plantations. Celui-ci dépend de la station de la parcelle. Il est à adapter à la parcelle.

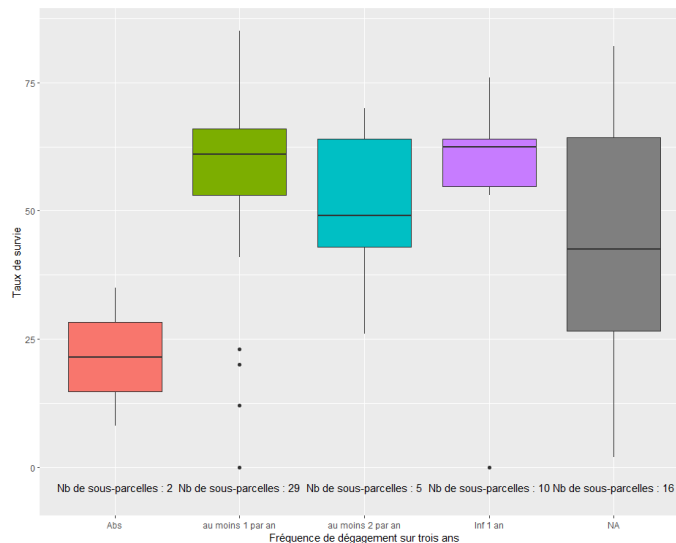


Figure 53 : Impact de la fréquence de dégagement sur le taux de survie

Nous constatons qu'au moins un dégagement sur trois ans a un effet positif sur le taux de survie. Un dégagement par an a un impact positif sur le taux de survie. Il en va de même pour les dégagements jusqu'à cinq ans, sachant que l'effet est moins significatif. Une grande partie des propriétaires réalisent un dégagement par an. Toutefois, le dégagement limite l'accroissement moyen et peut favoriser le gibier. Au moins quatre propriétaires ont préféré limiter la fréquence de dégagement pour tenter d'atténuer l'impact du gibier. Dans trois sur quatre des parcelles, les plants avaient la tête dégagée par rapport à la végétation présente. Il est donc important d'adapter la fréquence de dégagement en fonction de la végétation mais aussi de la pression cynégétique.

### Le cas des boisements

Comme énoncé ci-dessus et comme présenté dans les figures 40 et 41, il existe une grande différence entre les boisements et les reboisements. En effet, les taux de survie sont nettement plus importants et l'accroissement est plus grand. Contrairement aux reboisements qui ont des itinéraires sylvicoles variables, 70 % des boisements avaient comme itinéraire :

- Un travail du sol (70 % avec au moins un labour)
- Une densité de plantation comprise entre 2000 et 2500 tiges à l'hectare
- Un regarni la première année (au moins 17 % des boisements ou été regarni une deuxième fois)
- Des protections contre le gibier (47 % sont engrillagées)
- Au moins un dégagement (broyage mécanique ou bien dégagement manuel) par an pendant trois ans

Bien que le travail du sol ne semble pas avoir l'effet escompté (cf. figure ci-dessous), l'itinéraire présenté ci-dessus semble bien fonctionner pour le boisement. La fréquence de dégagement sur cinq ans n'a pas d'impact significatif. L'hypothèse est que, du fait que la concurrence arbustive et le recrû sont moins présents, il est moins nécessaire de réaliser des dégagements après la période de trois ans. Ce constat est à adapter en fonction de la végétation présente.

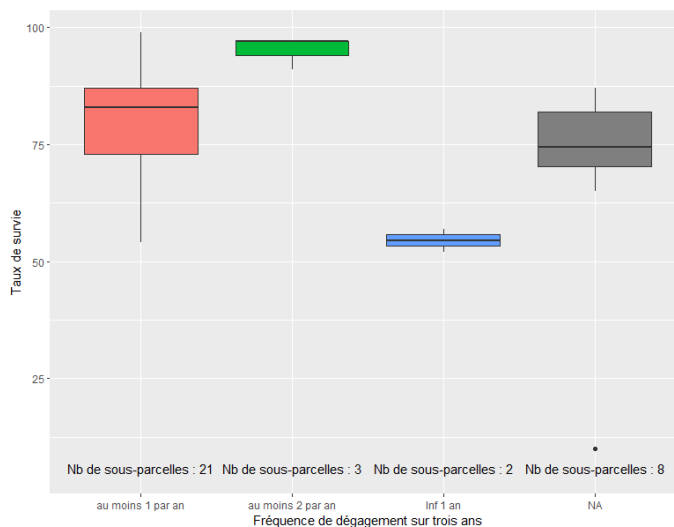


Figure 54: Impact de la fréquence de dégagement sur le taux de survie

### Le cas des forêts publiques

Les forêts publiques ont de nombreux itinéraires sylvicoles. Ceux-ci dépendent à la fois de l'âge de la plantation, mais aussi du secteur dans lequel elles se situent. Par exemple, dans la forêt de Senonches et de Châteauneuf-en-Thymerais, dans le 28, les plantations les plus âgées ont de fortes densités de plantation (jusqu'à 3000 tiges à l'hectare) et se présentent sur des stations riches (argilo-limoneuse). Les plantations les plus jeunes ont une densité de 1100 à 1600 tiges à l'hectare. À Vierzon, l'ONF a pris le pari de limiter l'entretien des plantations du faite des stations sableuses, d'une importante végétation concurrentielle (molinie et bruyère) et d'une pression cynégétique importante.

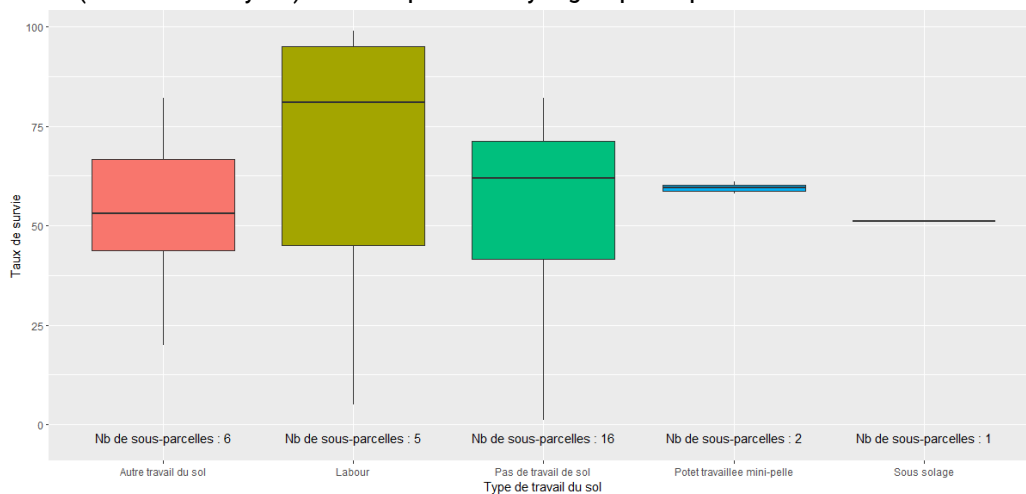


Figure 55 : Répartition du taux de survie en fonction des différents types de travaux du sol

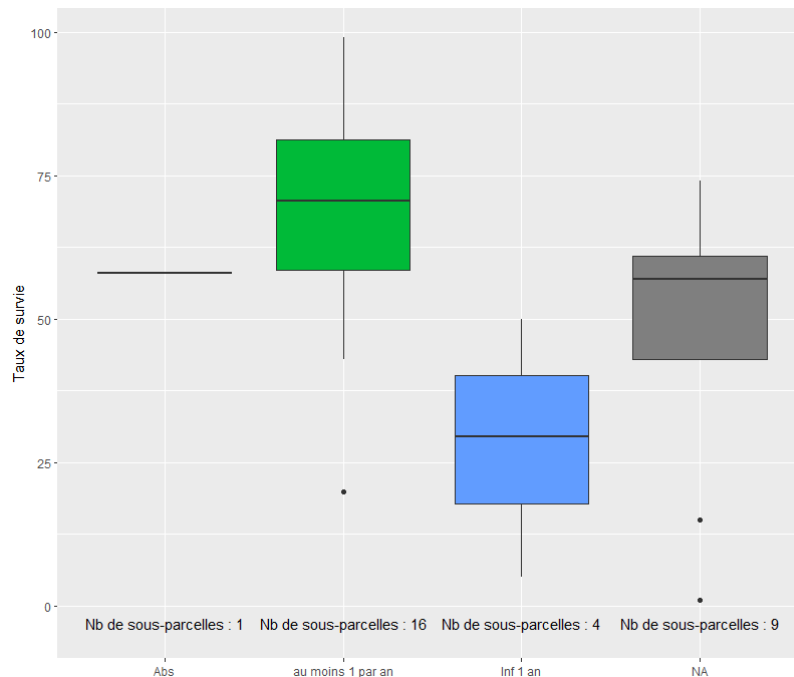


Figure 56: Répartition du taux de survie en fonction de la fréquence de dégagement

Ainsi, les résultats des deux graphiques sont difficilement interprétables du fait de de la variabilité des itinéraires. Par exemple : les forêts domaniales du 28 possèdent les plantations les mieux réussies. Ainsi, l'itinéraire des 16 sous-parcelles dans le 28, c'est-à-dire un dégagement par an, pas de travail du sol de manière systématique (plantation sur sol riche) et des plantations denses sur d'importantes surfaces, influence davantage les résultats.

### Le catalogue des plantations atypiques

La majorité des plantations étudiées sont des plantations en plein, avec une densité entre 1100 et 2000 tiges à l'hectare. La seule parcelle « atypique » étudiée et une plantation en « plateau ». Elle se situe dans la forêt domaniale de Vierzon. Ainsi, il est apparu utile de référencer quelques pratiques novatrices de plantation selon des itinéraires sylvicoles « alternatifs ».

Ainsi, l'étude prévoyait un dispositif de mise en place et de référencement de cinq plantations considérées comme étant atypiques.

### Une mise en place difficile du catalogue

Nous avons pour objectif d'identifier (voire d'implanter) au plus six références de plantations de chênes réalisées avec des itinéraires atypiques. C'est-à-dire hors plantation en plein et sur terrain nu, dont on constate des difficultés de reprise de plus en plus importantes, du fait du changement climatique. Les travaux et les itinéraires réalisés devront donc se distinguer de ceux habituellement mis en place pour les plantations en plein. Ces dispositifs serviront de retour d'expériences et de démonstrations pour les conseils et les formations aux propriétaires. Nous cherchons une plantation à réaliser avant septembre 2025, ou bien une plantation existante de moins de dix ans. L'historique des travaux devait être connu pour être documenté. En cas de mise en place de plantation atypique en 2024-2025, une aide plafonnée à 2 400 euros pouvait être attribuée.

Nous avons cherché :

- Des plantations mises en place dans le cadre du renouvellement d'une chênaie.
- Des plantations dont une des essences objectifs est le chêne sessile ou pubescent
- Des itinéraires de plantations atypiques ou bien novateurs. Exemple d'itinéraires :  
Choix de très faible densité de plantation (<700 tiges/ha)

Mise en place d'enrichissement dans le recrû ou dans une régénération naturelle.

Plantation par plateau, parquet, par point d'appui...  
Plantation par bande de largeurs variées...  
Plantation mélangée de chêne et d'autres essences objectifs (cèdre, pin...)  
Des enrichissements de régénération naturelle

L'inconvénient est qu'il existe encore peu de projets de plantations répondant à ces différents critères. De plus, les délais n'ont pas permis aux propriétaires de réagir et de proposer des itinéraires innovants, notamment au regard des conditions climatiques qui ont obligé les gestionnaires à reporter certains travaux à cause de sols engorgés.

Avec l'aide des CETEF et d'UNISYLVA, nous avons réussi à identifier cinq plantations innovantes. 4 de ces plantations sont intéressantes par la composition du mélange, avec notamment le mélange de chêne sessile et pubescent, accompagné de fruitiers. Une plantation est un enrichissement de régénération naturelle.

### Présentation des cinq plantations sélectionnées

Les cinq plantations se situent dans le Cher ou bien dans l'Indre. Elles sont sur des parcelles de 2,5 à 15 ha. Elles se situent sur des stations argileuses à tendance limoneuses. Une des stations possède une hydromorphie prononcée. Parmi ces cinq plantations, nous avons trois plantations de mélange par plateaux de feuillu ou bien de résineux, une plantation de mélange des trois essences de chêne (sessile, pédonculé et pubescent). Ces plantations ont été choisies pour leurs différents itinéraires. Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des plantations recensées :

Communes	Date de plantation	Essences objectifs	Surface	Essence accompagnatrice	Modalité de plantation
Thenay (36)	23.01.2015	- Chêne pubescent - Chêne sessile	2.5 Ha	Pommier et cormier	Deux bandes de chêne avec des plateaux tous les douze plants et toutes les quatre lignes
Chouday (36)	22.04.2024		3.7 Ha	Tilleul à petite feuille, cèdre de l'atlas et sapin Nordman	
Uzay le Venon (18)	30.04.2024		5s Ha	Pommier, charme et cormier	
Contres (18)	16.04.2025	- Chêne pubescent - Chêne sessile - Chêne pédonculé	11 Ha	Aucune	Trois lignes de plantation par essence
Apremont sur Allier (18)		- Chêne sessile	15 Ha	Aucune	Enrichissement de la régénération naturelle

L'ensemble des plantations sont présentées dans le catalogue des plantations atypiques

### Conclusion :

La réussite des plantations de chêne en Centre-Val de Loire, dans un contexte de réchauffement climatique est complexe à évaluer du fait de la multitude de paramètres à prendre en compte.

La définition de seuils de réussite, forcément arbitraire, entraîne des biais du fait de la multiplicité des itinéraires de plantation et des facteurs stationnels. De plus cette réussite est évolutive dans le temps. Une plantation n'atteignant pas le seuil de tiges à l'hectare à 5 ans peut tout à fait atteindre le seuil de celui à 10 ans. Ainsi, en 2025, sur 99 plantations étudiées, toutes densités à la plantation incluses, nous avons 41% de belles réussites, 27% de réussites mitigées (une réussite au niveau de la hauteur ou de la densité) et 31% de plantations en échec. Si nous étudions de nouveau la réussite de ces plantations dans 5 ans, ce résultat aura évolué. De plus, si nous excluons les plantations ayant une trop faibles densité de plantation et que nous incluons la régénération naturelle dans les facteurs de réussite, nous faisons varier les chiffres de la réussite. Nous considérons alors 49% des renouvellements des parcelles comme de belles

réussites, 28% mitigées et 23% en échec. L'état des lieux de la réussite des renouvellements de nos chênaies est dépendant des seuils définis et du moment où nous le réalisons, mais cette étude permet malgré tout de fixer les grandes tendances

Les deux facteurs clés de la réussite sont l'accroissement moyen et le taux de survie. Ce sont les deux indicateurs à « optimiser » pour garantir la réussite d'une plantation.

Le taux de survie est fortement impacté par les variations climatiques durant les trois premières années de la plantation. La survie des plants diminue en fonction des stress hydriques subis durant ces trois années. Hors depuis une vingtaine d'année, la récurrence des années sèches est en augmentation.

Le premier levier est de s'assurer de choisir une station adaptée au chêne. Les sols à faible réserve utile sont à proscrire : une texture sableuse, sur au moins les 30 premiers centimètres est à éviter. Une reprise partielle la première année n'est pas si décisive de la suite de la plantation, notamment grâce au regarni. La préparation du sol aide à l'installation du plant. Toutefois, ce travail du sol doit être adapté au sol, aux éventuels dégâts d'exploitation, et aux conditions climatiques au moment de la réalisation du travail. Le labour semble bien fonctionner pour les boisements, la plupart du temps sur anciennes terres agricoles.

Les dégâts de gibier subis la première année diminuent la survie des plants. Les gaines ou encore l'engrillagement protègent les plantations de façon significative, mais impactent très fortement les coûts de plantation. Le dosage de la concurrence végétale (ronces ou recru) peut limiter le passage des grands mammifères.

Tout au long de la durée de vie de la plantation, chaque dégât d'abrouissement subi par un plant va fortement diminuer sa hauteur, entraînant des retards de croissance significatifs. Il est important d'évaluer la pression cynégétique que subiront les plants. 20% de dégâts ont un impact significatif sur la réussite de la plantation. Si les dégâts dépassent 40% ils deviennent insupportables. Le diagnostic du risque de dégâts de gibier est indispensable (observation de parcelles voisines), et permet de mettre en place les mesures nécessaires.

La concurrence végétale impacte la survie des plants de manière plus discrète. Une concurrence trop forte peut impacter la survie (fougère, ronces, ligneux), mais sa présence en gainage le protège du gibier. Les dégagements sur 3 ans mais aussi sur 5 ans ont un impact significatif sur la survie des plants. La fréquence et leur intensité est à adapter en fonction de la « vigueur » de la végétation accompagnatrice, donc aussi aux conditions des différentes saisons de végétations. Les années arrosées, un dégagement sera plus intensif, face à une végétation plus poussante, qu'une année sèche, où le recru pourra aussi avoir un rôle protecteur des plants contre la chaleur.

Nous recommandons à minima un dégagement dans les trois premières années et si possible, s'assurer chaque année que la végétation concurrentielle ne domine pas les plants.

Rappelons que chaque étape d'une plantation (exploitation, nettoyage, préparation, mise en place des plants, protection, entretiens...) doit faire l'objet d'attention pour éviter toute erreur impactant la réussite, et que chacune est liée à l'étape précédente. L'organisation complexe d'un chantier de plantation engendre des difficultés logistiques, que des commandes trop tardives de travaux ou de fournitures alourdissent. Une préparation très en amont est indispensable (au moins un an).

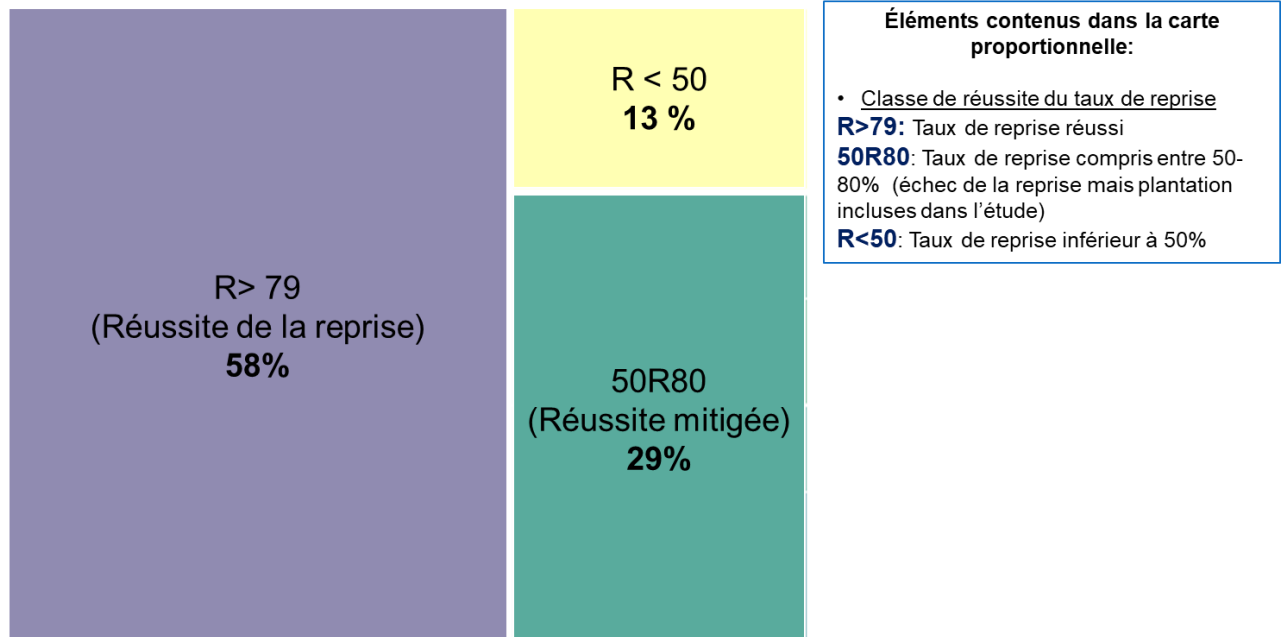
Cette étude n'a concerné que très majoritairement des plantations à itinéraires « très classiques », notamment en termes de densité. Pour compléter ce panel, le catalogue de plantations plus atypiques a été constitué. Gageons que la diversification des itinéraires

permettra d'identifier des méthodes assurant les meilleurs réussites des boisements et reboisements, à des coûts inférieurs.

Annexes :

Annexe 1 : Présentation de la construction de la clé de réussite

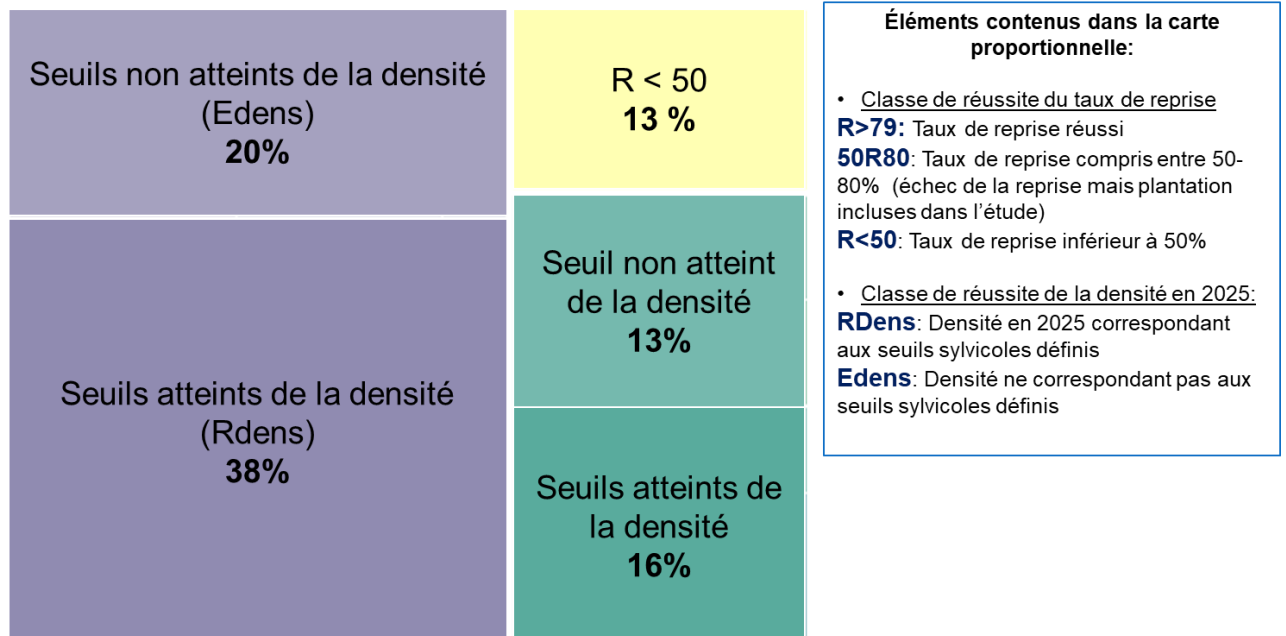
La première étape est de diviser les 131 plantations étudiées en fonction de la réussite de la reprise l'année suivant la plantation.



Estimation de la réussite et de l'échec des plantations en Centre-Val de Loire en fonction de la typologie mise en place dans le cadre de l'étude.

Figure 57: explication de la clé de réussite

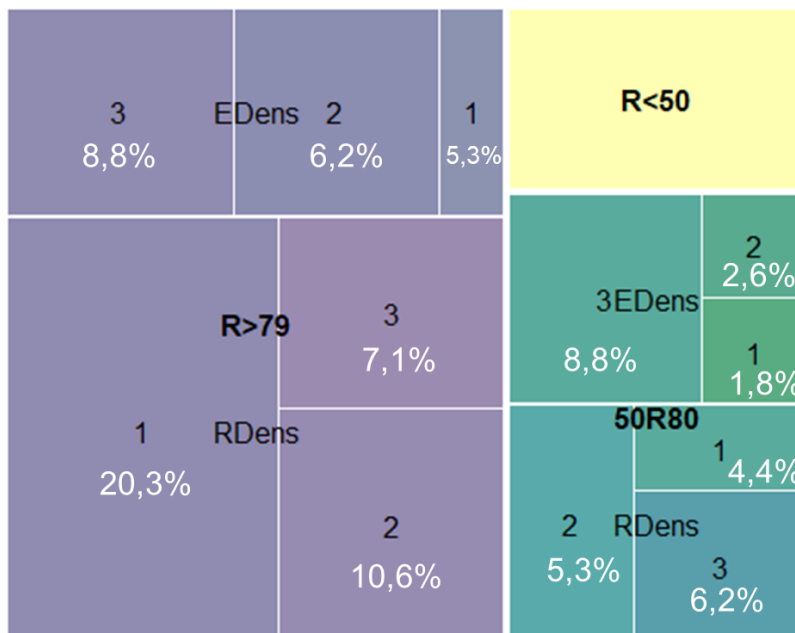
En suivant, nous avons mis en place les seuils de densités par catégorie de réussite de la reprise.



Estimation de la réussite et de l'échec des plantations en Centre-Val de Loire en fonction de la typologie mise en place dans le cadre de l'étude.

Figure 58: explication de la clé de réussite

En suivant, nous appliquons les classes de fertilités.



**Éléments contenus dans la carte proportionnelle:**

- Classe de réussite du taux de reprise**  
**R>79:** Taux de reprise réussi  
**50R80:** Taux de reprise compris entre 50-80% (échec de la reprise mais plantation incluses dans l'étude)  
**R<50:** Taux de reprise inférieur à 50%
- Classe de réussite de la densité en 2025:**  
**RDens:** Densité en 2025 correspondant seuils sylvicoles définis  
**Edens:** Densité ne correspondant pas aux seuils sylvicoles définis
- Catégories de performance de la hauteurs**  
**1:** Classe des hauteurs les plus importantes: Réussite de la croissance  
**2:** Classe des hauteurs moyennes: considérée comme réussie  
**3:** Classe des hauteurs les plus faibles- considérée comme peu réussie

Estimation de la réussite et de l'échec des plantations en Centre-Val de Loire en fonction de la typologie mise en place dans le cadre de l'étude.

Figure 59 : explication de la clé de réussite

## Annexe 2 : Étude des corrélations entre les facteurs explicatifs et l'accroissement moyen

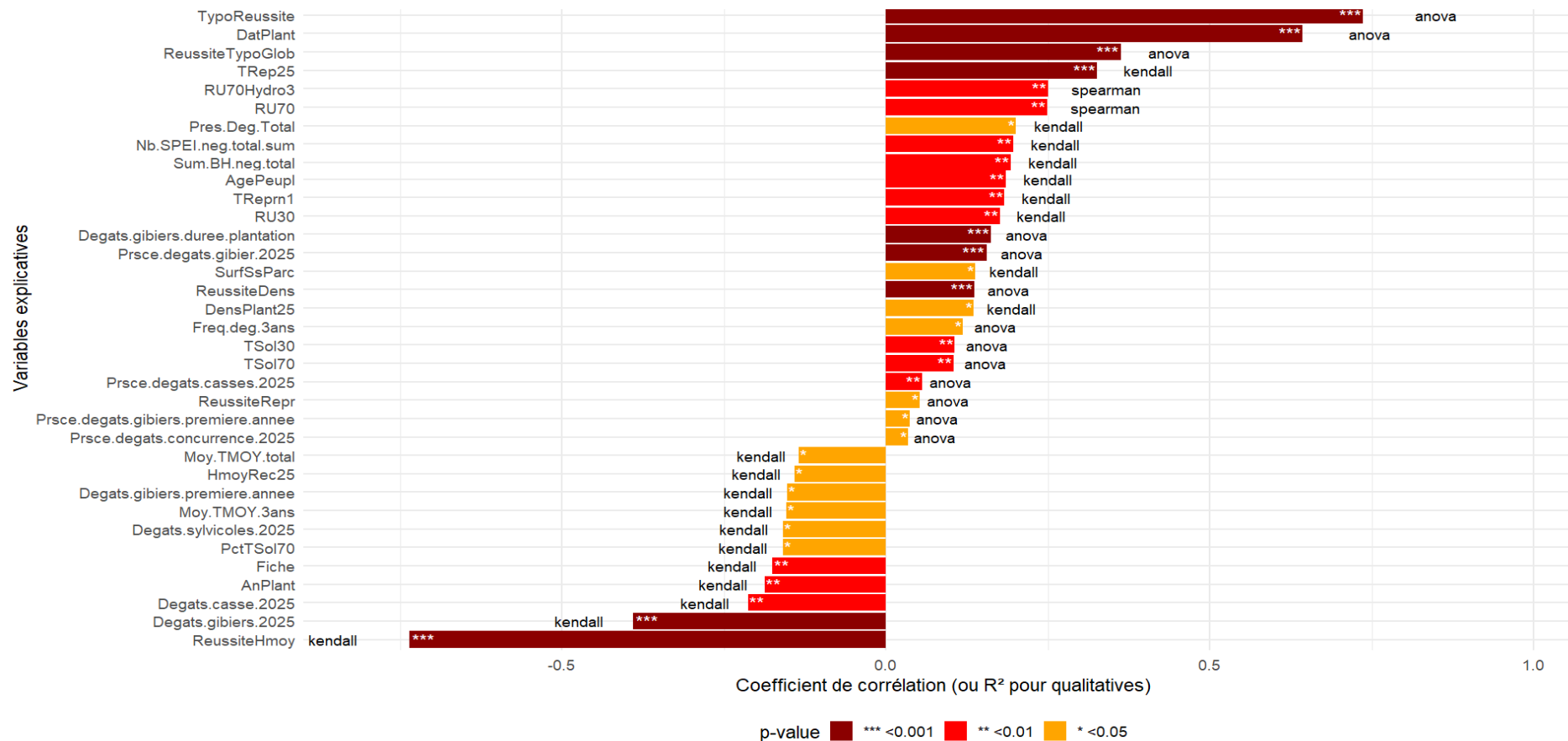


Figure 60: Étude des corrélations entre l'accroissement moyen et l'ensemble des facteurs

### Annexe 3 : Étude des corrélations entre les facteurs explicatifs et le taux de survie

Ensemble des facteurs impactant le tax de survie

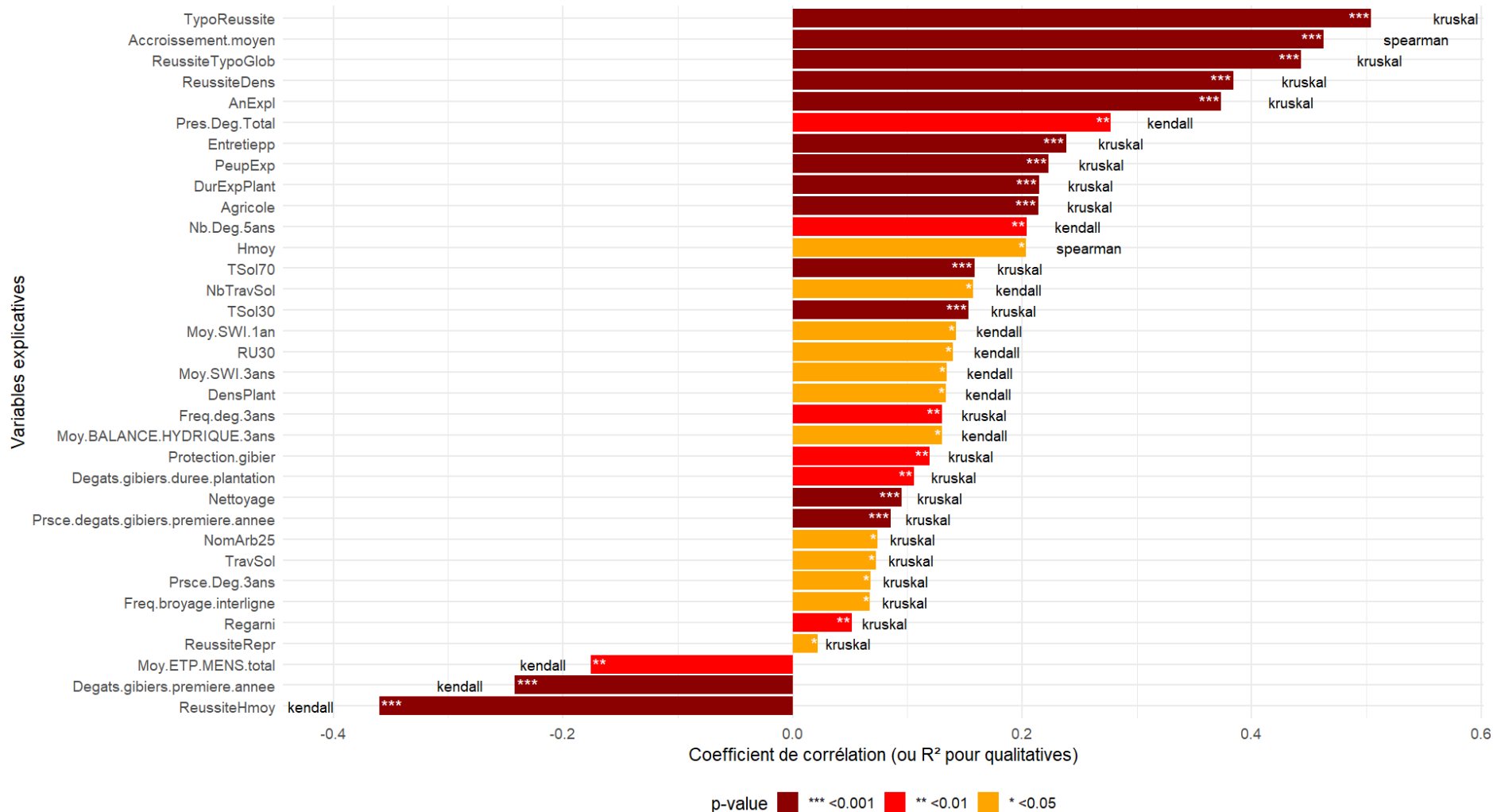


Figure 61: Étude des corrélations entre Le taux de survie et l'ensemble des facteurs

## Annexe 4 : Étude des corrélations entre les facteurs explicatifs et la densité en 2025

Ensemble des facteurs impactant la densité en 2025

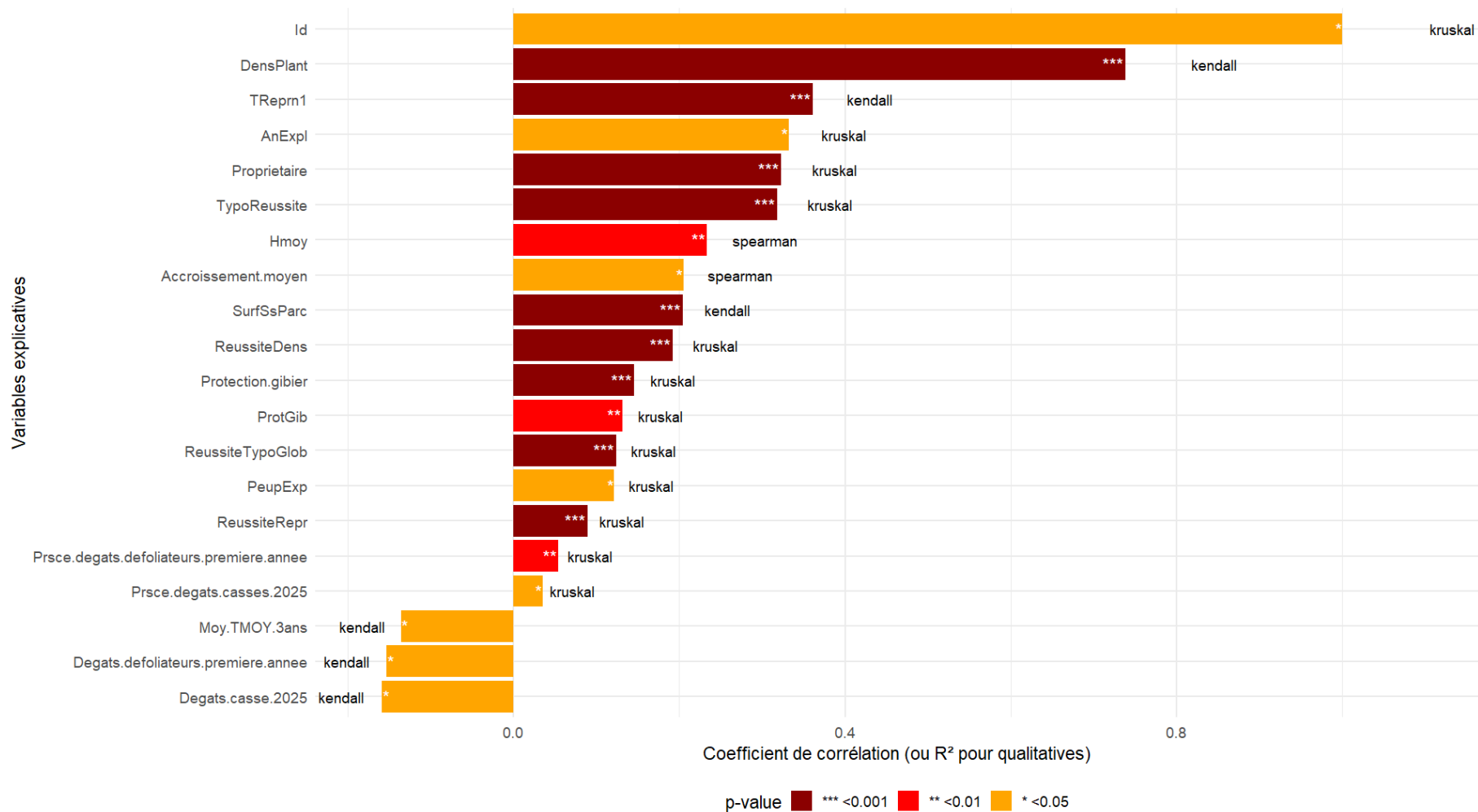


Figure 62: Étude des corrélations entre la densité et l'ensemble des facteurs

### Annexe 5 : Étude des corrélations entre les facteurs explicatifs et la clé de réussite

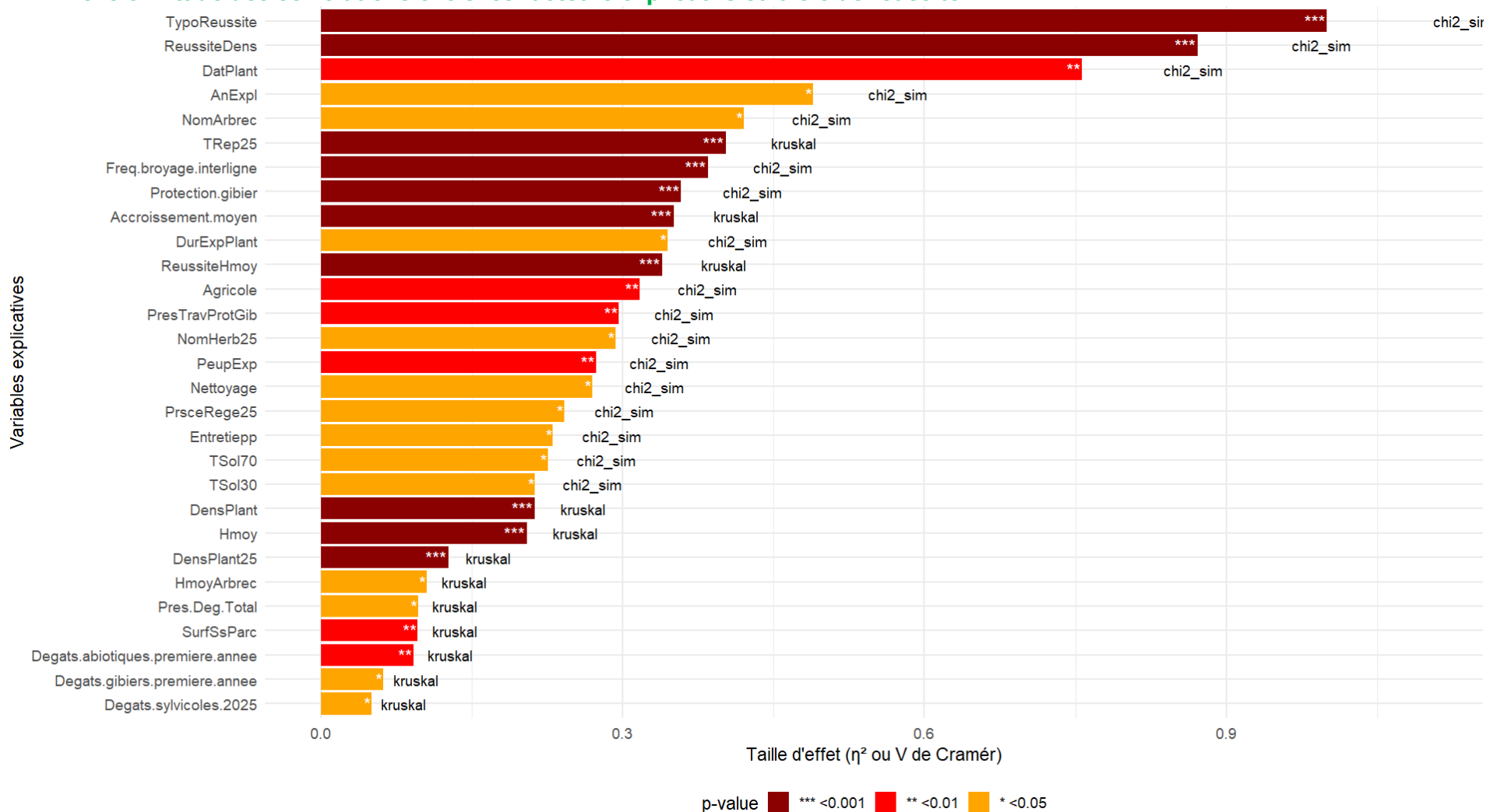


Figure 63 : Étude des corrélations entre la clé de réussite et l'ensemble des facteurs

## Annexe 6 : L'ensemble des facteurs stationnels étudiés

Tableau 17: Présentation des facteurs stationnels étudiés

Facteur étudiés	Définition et unité de mesure	Origine des données
<b>Texture majoritaire du sol</b>	Elle correspond à la texture dominante : argile, limon ou sable. Cette texture a été décrite sur plusieurs profondeurs : - 30 cm, qui correspond à une profondeur prospectée à l'installation des plants 70 cm, qui correspondrait à la prospection des chênes par la suite.	Données collectées sur le terrain
<b>Profondeur de prospection</b>	Profondeur maximale de prospection du sol à la tarière, en cm	
<b>Profondeur d'apparition d'hydromorphie de type 1</b>	Profondeur d'apparition de 0 à 15% de tâche de rouille et/ou décoloration, en cm.	
<b>Profondeur d'apparition d'hydromorphie de type 3</b>	Profondeur d'apparition de 80% de tâche de rouille et/ou de décoloration, en cm.	
<b>Réserve utile en eau</b>	La réserve utile en eau des sols (RU) a été calculée selon la méthode d'Almajou. Elle a été réalisée selon plusieurs méthodes : - Calcul de la RU uniquement sur les 30 premiers centimètres de profondeur - Calcul de la RU sur les 70 premiers centimètres de profondeur - Calcul de la RU jusqu'à la profondeur d'apparition d'une hydromorphie de type 3, ou sur 70 cm au maximum	Calcul issues des données collectées sur le terrain
<b>Lithologie du sol</b>	Nature de la roche mère, par exemple : argile à silex, calcaire...	Source : Bureau de recherches géologiques et minières
<b>Effervescence</b>	Présence ou non de calcaire actif dans chaque couche de sol étudiée	Données collectées sur le terrain
<b>Altitude</b>	En mètre	Données issues du MNT, source : IGN
<b>Pente</b>	Calculée via un Modèle Numérique de Terrain sur SIG, en pourcentage	Source : MNT mise à disposition par l'IGN
<b>Orientation</b>	Orientation estimée sur le terrain, données texte (NO, O, SO...)	Données collectées sur le terrain
<b>Type de relief</b>	Description du type de relief : pente, plateau, vallon...	

### La Lithologie un facteur impactant la survie des plants mais dont l'étude sera limitée :

La lithologie (d'après la couche lithologique au 1/50 000ème du BRGM) a aussi un effet sur la répartition de la densité. Sur la figure 34, nous constatons que les sols de nature plus calcaire (calcaire et craie) semblent être moins favorables. Mais les effectifs ne sont pas répartis de manière homogène dans les différentes observations réalisées sur le terrain, entraînant un biais d'interprétation. Il y a un déséquilibre entre les plantations situées sur des sols de nature « craie », très rares, et les « argiles à silex ». Nous n'irons donc pas plus loin dans l'interprétation des résultats.

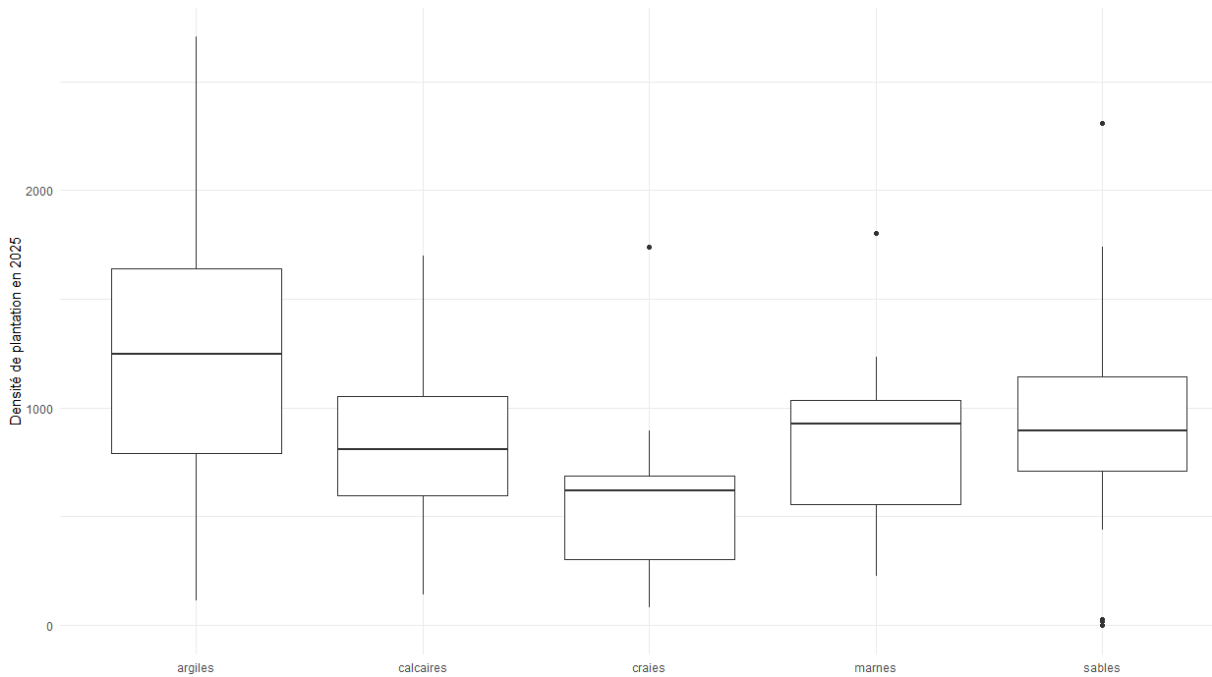


Figure 64: Impacte de la lithologie sur la densité des plantations observée en 2025

### D'autres facteurs stationnels pouvant impacter la réussite des plantations mais que nous avons exclu du fait de leur faible représentativité

Parmi les facteurs étudiés, le type de relief, l'orientation et l'effervescence ont été exclus. En effet, nous n'avons pas assez de variables significativement différentes pour pouvoir observer des différences entre individus (situation de plateau très majoritaire, et quasiment pas de contextes calcicoles).

Ainsi, les plantations étudiées sont :

- 86% avec une pente inférieure à 5%. 61% ont une pente inférieure à 3% et donc pas détectée sur le terrain.
- 64% des plantations non pas d'orientation observée sur le terrain car nous n'avons pas détecté de pente. Sinon plus de la moitié des plantations dont la pente a été détectée ont une orientation sud (sud, sud-est et sud-ouest). Nous avons essayé de calculer l'orientation avec le Modèle Numérique de Terrain (MNT). Dès que l'outil cartographique de QGIS détectait une pente de 1%, il calculait une orientation par une analyse raster. L'objectif était de voir s'il y avait une tendance. Ainsi, 71% des plantations avec une pente d'au moins 1% ont une orientation sud (sud, sud-est et sud-ouest). La deuxième orientation est une orientation plutôt ouest (38%). Mais au vu des faibles pentes observées l'orientation est un facteur non impactant.
- 97% des plantations n'avaient pas de calcaire actif dans les échantillons de sol étudiés.
- 70% Des plantations sont sur un plateau, 23% sur un versant et 6% dans un vallon
- Dans notre étude, l'altitude ne dépasse pas 300 mètres. Elle n'a pas d'impact car elle n'est pas suffisamment importante en Centre-Val de Loire. En effet, nous retrouvons des chênaies à 800 mètres d'altitude. Certains individus de chêne sessile sont aussi présents jusqu'à 1 600 mètres.

## Annexe 7 : L'ensemble des dégâts étudiés sur la première année et en 2025

Tableau 18: Présentation des facteurs de type « dégâts » subis par les plants

Facteurs étudiés	Définition et unité de mesure	Origine des données
<b>Dégâts dû à l'Oïdium</b>	% de plants sur 100 atteints par l'oïdium la première année de plantation	Enquête des plantations, source DSF
<b>Dégâts dû à des défoliateurs</b>	Présence de dégâts liés aux défoliateurs (insectes) lors de la première année de plantation	
<b>Dégâts dû au climat (présence et % de dégât)</b>	% de plants atteints par l'ensemble des dégâts abiotiques (sécheresses, gel...) lors de la première année de plantation	
<b>Dégâts liés à l'abroustissement la première année (présence et % de dégât)</b>	Nombre de plants abroustis sur 100 vivants	
<b>Dégâts liés au gibier la première année (présence et % de dégât)</b>	Présence ou non du dégât, ou % de plants atteints par les mammifères (déterrage du plant, dégâts liés aux petits mammifères)	
<b>Taux de reprise</b>	Pourcentage de plants indemnes la première année de plantation	
<b>Dégâts liés au gibier en 2025 (présence et % de dégât)</b>	Présence ou non du dégât, ou % de plants abroustis, cassés et frottés observés lors de l'étude	Collecte de données terrain réalisée entre 2024 et 2025
<b>Dégâts liés à la sylviculture en 2025 (présence et % de dégât)</b>	Présence ou non du dégât, ou % de plants couchés, cassés ou frottés par des engins sylvicoles	
<b>Dégâts liés à la concurrence herbacée (présence et % de dégât)</b>	Présence ou non du dégât, ou % de plants atteints par la concurrence herbacée, arbustive ou bien ligneuse.	

## Annexe 8 : L'ensemble des facteurs de concurrence végétale étudiés

La totalité des facteurs décrits ci-dessous ont été observés sur le terrain, durant la période hivernale de 2024-2025. De plus, les estimations réalisées correspondent à un état des lieux des plantations à un moment précis. La végétation évoluant en fonction des saisons et les propriétaires ayant programmé leurs travaux indépendamment de l'étude, les relevés réalisés ne rendent pas forcément compte de la situation réelle de la concurrence et de son importance sur le développement des plants, tout au long de leur vie.

L'ensemble des facteurs présentés ci-dessous ont été estimés directement sur le terrain.

Tableau 19: Liste des facteurs décrivant la concurrence végétale

Facteurs étudiés	Définition et unité de mesure
<b>Classe de recouvrement de la concurrence herbacée</b>	Classes de recouvrement de la strate herbacée pour les plantations dont les hauteurs sont inférieures à 1 mètre. Les classes sont : 0-5% ; 5-25%, 25-50%, 50-75% et supérieur à 75%
<b>Classe de recouvrement de la concurrence arbustive</b>	Classes de recouvrement de la strate arbustive pour les plantations dont les hauteurs sont inférieures à 3 mètres.
<b>Classe de recouvrement de la concurrence ligneuse (recru et régénération naturelle de chêne)</b>	Classes de recouvrement de la strate supérieure pour toutes les plantations.
<b>Écart de hauteur entre la hauteur moyenne des plants et la hauteur moyenne de la concurrence herbacée</b>	Ecart entre les plantations inférieures à 1 m et la concurrence herbacée. Ecart mesuré en mètre.
<b>Écart de hauteur entre la hauteur moyenne des plants et la hauteur moyenne de la concurrence arbustive</b>	Ecart entre la hauteur des plantations inférieures à 3 m et la concurrence arbustive. Ecart mesuré en mètre.
<b>Écart de hauteur entre la hauteur moyenne des plants et la hauteur moyenne de la concurrence ligneuse</b>	Ecart entre la hauteur des plantations et le recru et la régénération naturelle. Ecart mesuré en mètre.
<b>Nom de l'espèce dominant la strate herbacée</b>	Nom de l'espèce recouvrant la strate herbacée (graminée, molinie, callune, fougère, jonc...)
<b>Nom de l'espèce dominant la strate arbustive</b>	Nom de l'espèce recouvrant la strate arbustive (ronce, jeunet, épine noire, ajonc...)
<b>Nom de l'espèce dominant la strate ligneuse</b>	Nom de l'espèce recouvrant la strate herbacée (bouleau, tremble, frêne, charme, pin laricio...)
<b>Nom de l'espèce dominant la régénération</b>	Nom de l'espèce recouvrant la strate herbacée (chêne, sessile, pubescent, pédonculé, chevelu...)

### Pourquoi l'impact de la concurrence herbacée est « inexistant »

Nous constatons que la concurrence herbacée n'impacte pas la réussite des plantations dans cette étude. Du fait de la limite à 1m, la concurrence herbacée est étudiée sur uniquement les jeunes plantations. Hors, il n'y a que 3 plantations, soit 8 sous-plantations, qui ne semble pas avoir eu d'entretien. De plus, les plantations sans entretiens sont souvent abandonnées car impénétrable. Ainsi la hauteur de la concurrence herbacée semble dans notre échantillon pour la plupart du temps, maîtrisée.

Avec la limite des 1 mètre, nous n'avons sans doute pas assez de données, et encore moins de données suffisamment homogènes : 10 sous-plantations sont recouvertes de graminée, 2 de jonc, 2 de molinie et 3 de fougère.

Si nous prenons le jeu de données global, 60% des sous-parcelles la concurrence a été décrite comme une strate de graminée, souvent ne dépassant pas les 50 cm. 20 sous-plantations étaient à dominance de fougère, 7 en molinie et 6 avec de la callune ou bruyère.

### Le pourcentage de présence et l'essence du recru, un lien avec la réussite des plantations

Alors que l'augmentation du recouvrement du recru impacte négativement le taux de survie et la densité en 2025, il a l'effet inverse sur l'accroissement moyen.

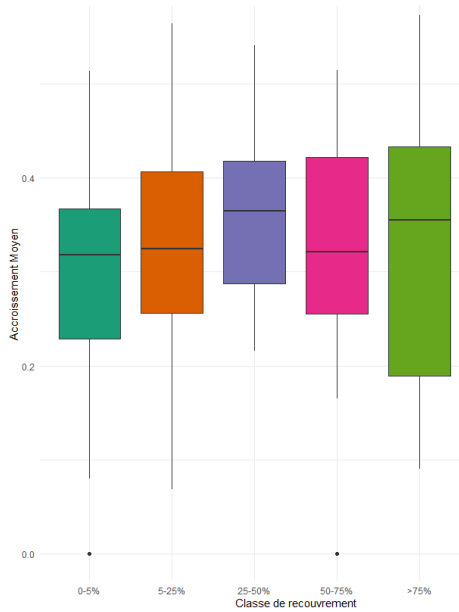


Figure 65: Accroissement moyen en fonction du taux de recouvrement du recrû

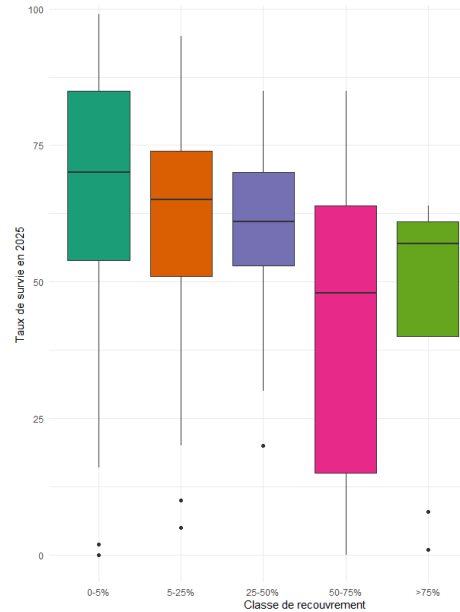


Figure 66: Taux de survie en fonction du taux de recouvrement du recrû

L'essence du recrû a un impact du fait qu'elle nous donne une indication sur la station. Les parcelles recouvertes de bouleau semblent les plus défavorables. Le saule a été rencontré sur des stations moins acides et plus fraîches. Nous n'avons pas assez d'individus par classe, ce facteur ne pourra pas être étudié davantage.

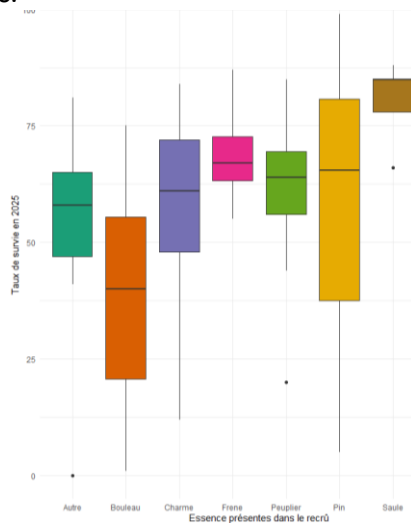


Figure 67: Taux de survie en fonction de l'essence présente dans le recrû

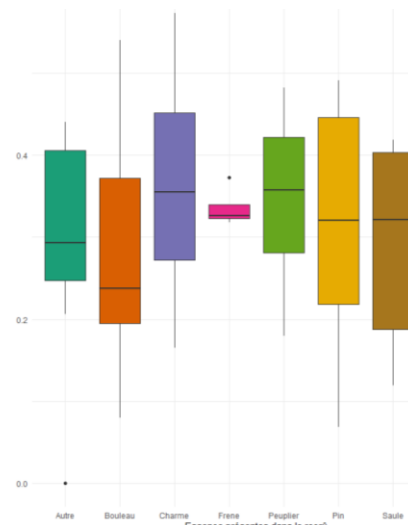


Figure 68: Accroissement moyen en fonction des essences présentes dans le recrû

Le taux de survie et la densité sont impactés négativement par la présence d'une strate arbustive dès que celle-ci recouvre plus de 25% de la surface de la plantation. A l'inverse, l'accroissement moyen est plus important dans les plantations recouvertes de concurrence. Ainsi, il y aurait un effet de station se traduisant indirectement par la végétation

## Annexe 9 : Ensemble des itinéraires et travaux étudiés

Tableau 20: Eléments historiques étudiés sur la parcelle

Facteurs étudiés	Définition et unité de mesure
<b>Peuplement exploité</b>	Type de peuplement exploité avant plantation. Afin d'homogénéiser les effectifs par classe d'individus, nous avons regroupé les espèces par grande famille : Chêne, résineux, pas de forêt et résineux.
<b>Surface de la sous parcelle</b>	Estimée sur le terrain, en hectare
<b>Surface de la parcelle</b>	Fournie par l'ensemble des propriétaires, en hectare
<b>Durée attendue entre l'exploitation finale et la plantation</b>	Nombre d'années attendues avant la plantation
<b>Propriétaire publique ou privé</b>	Distinction entre les propriétés privées et celles de l'ONF

Tableau 21 : Présentation de l'ensemble des travaux d'installation étudiés

Facteurs étudiés	Définition et unité de mesure
<b>Densité à la plantation</b>	Nombre de tige à l'hectare
<b>Mois de la plantation</b>	Impact du mois
<b>Surface de la parcelle</b>	En hectare
<b>Surface de la sous-parcelle</b>	En hectare
<b>Présence ou non et type de travail du sol</b>	Itinéraire choisi (nominatif)
<b>Présence ou non de protection contre le gibier</b>	Présence de gaine, de produit ou bien d'engrillagement
<b>Présence ou non de dégagement et type de dégagement</b>	Présence de dégagement manuel ou bien mécanique réalisé dans l'année de la plantation

Tableau 22: Lise des opérations d'entretien étudiées

Facteurs étudiés
<b>Le regarni</b>
<b>La présence et le nombre de dégagement (manuels et mécaniques) sur 3 ans</b>
<b>La présence et le nombre de dégagement (manuels et mécaniques) sur 5 ans</b>
<b>Le nombre total de dégagement connus</b>
<b>Le nombre de dégagement manuels</b>
<b>La fréquence de broyage des interlignes</b>
<b>Une estimation des travaux réalisés</b>

### L'impact des peuplements exploités sur les plantations

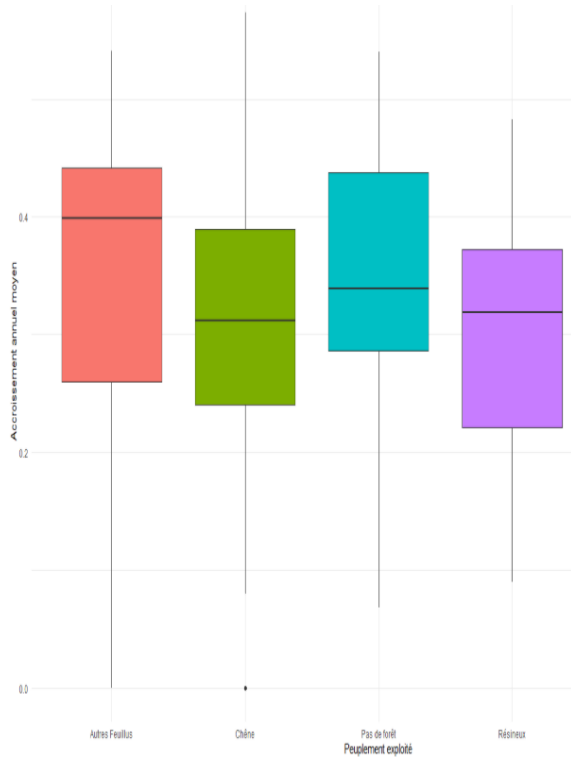


Figure 69: Variation de l'accroissement moyen en fonction du type de peuplement exploité

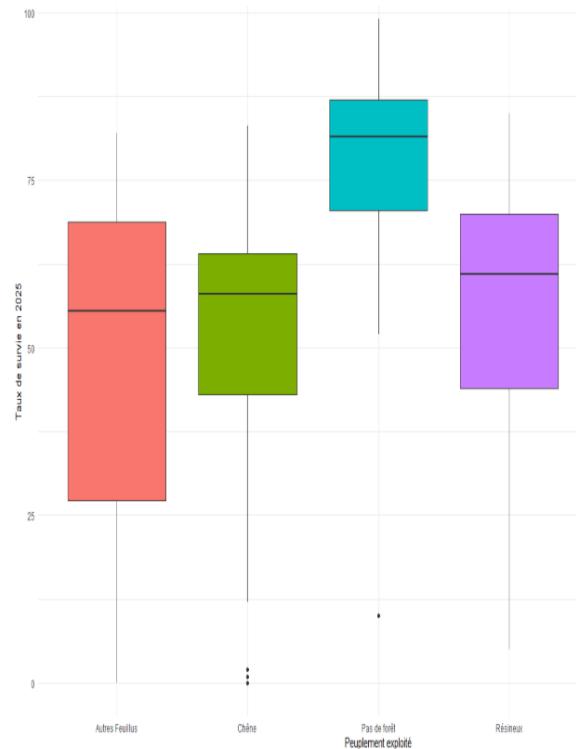


Figure 70: Taux de survie en fonction du type de peuplement exploité

Ces résultats montrent que ce sont les boisements qui ont les meilleurs résultats. Ce qui biaise les résultats. Le peuplement initialement exploité n'a pas de réel impact sur les résultats de la plantation. Par contre, sur 55 sous-parcelles dont le peuplement initialement exploité était du chêne, au moins 53 possède un peu de régénération naturelle. Ainsi, les renouvellements en chêne bénéficient de quelques plants issus de la régénération naturelle.

Des paramètres impactés par les choix sylvicoles différents entre l'ONF et les propriétaires privés, entre un boisement et un reboisement plantation sur terre agricole ou reboisement

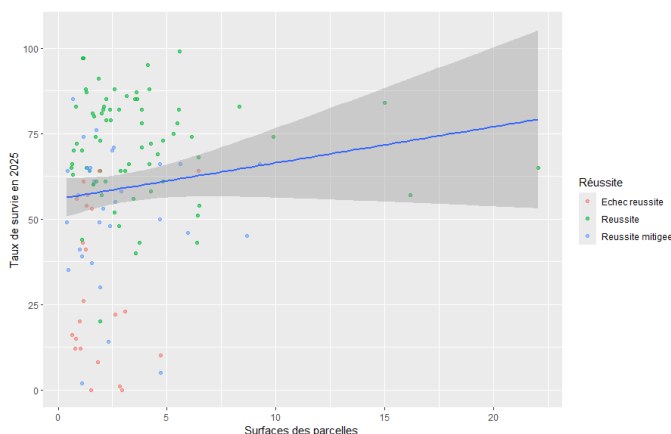


Figure 71 : Taux de survie en fonction de la surface des sous-parcelles

Si nous étudions de manière globale l'impact de la surface sur les résultats de la plantation, celle-ci a un impact. Si nous regardons en détail, cette donnée est biaisée.

Ces écarts sont dus aux différences de surfaces entre les trois types d'itinéraires :

- La moyennes des surfaces de reboisements en forêt privée est de 2.5 Ha avec comme plantation la plus importante de 22 Ha. Il n'y a pas ou peu de variabilité dans les surfaces, est donc peu d'impacts de celles-ci sur la

réussite des plantations

- Les reboisements ont une surface moyenne de 5 Ha avec une valeur maximale de 15Ha. Ce sont aussi eux qui possèdent les meilleurs résultats.

- Les plantations en forêt publique ont une surface moyenne de 7 Ha avec un maximum de 45. Les 16 sous-parcelles en forêt domaniale dans le 28 ont d'importantes surfaces et de belles réussites.

### La densité initiale, le facteur impactant la réussite de plantations

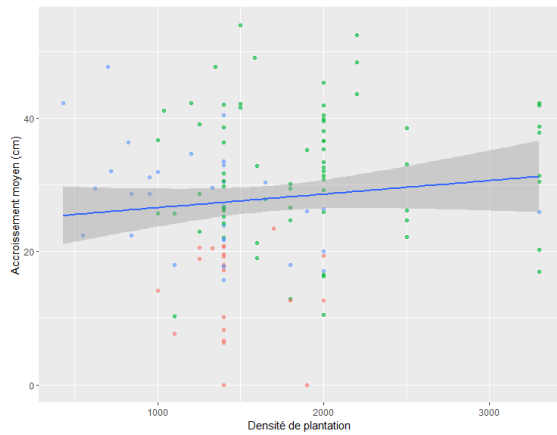


Figure 72: Accroissement moyen en fonction de la densité à la plantation

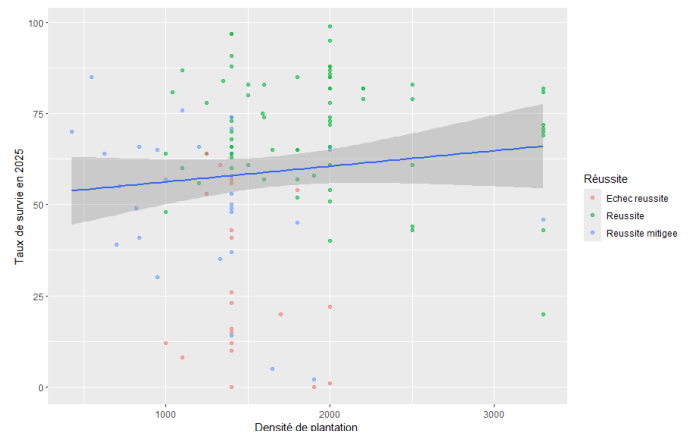


Figure 73: Taux de survie en fonction de la densité de plantation

La densité de chêne à la plantation impacte de manière significative tous les critères de réussite. Pour la réussite de la densité, il est le facteur le plus important : pour un même taux de survie, une plantation plantée plus dense aura logiquement une densité plus importante. De plus, il réduit la concurrence inter spécifique.

Nous n'avons pas réussi à mettre en évidence un effet seuil dans les densités étudiées.

Ce résultat est de nouveau à nuancer car il y a plus d'une dizaine de sous-plantations avec des densités supérieures à 3 000 tiges à l'hectare. Ce sont les plantations en forêt domaniale de Senonches sur des stations fertiles. Elles sont globalement des réussites et font partis des reboisements les plus réussis. Entre les densités de 2 000 à 2500 nous retrouvons aussi les plantations sur terre agricole qui ont les plus forts taux de survie.

### Les travaux préparatoires, un impact sur les résultats de la plantation

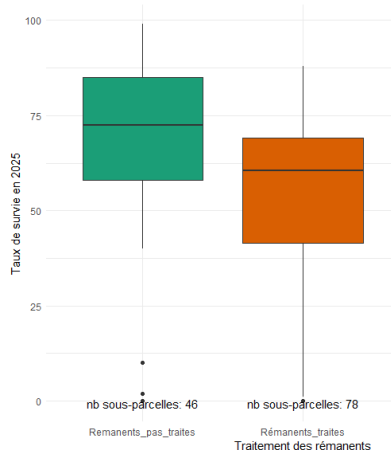


Figure 74: Box plot, répartition du taux de survie en fonction du nettoyage des plantations

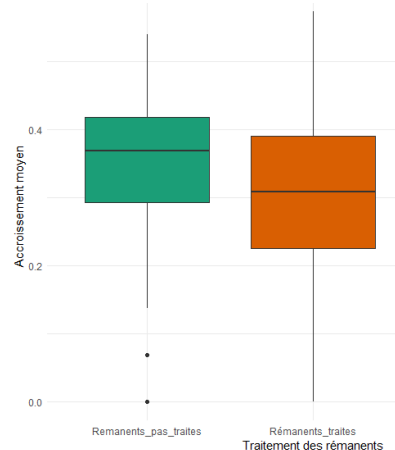


Figure 75: Box plot, répartition de l'accroissement moyen en m selon la présence ou non de nettoyage

Il y a un écart de 15% au niveau du taux de survie et de 10 centimètre au niveau de l'accroissement. Tout comme la concurrence végétale, il semblerait que plus

la parcelle n'est « encombrée », plus les plants croient. Toutefois, cela impacte négativement leur taux de survie.

### Acronymes

- CETEF : Centre d'Étude Technique et Économique Forestier
- CO : Correspondant Observateur
- CNPF : Centre National de la Propriété Forestière
- DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt
- DSF : Département de la Santé des Forêt
- ETF : Entreprise de Travaux Forestiers
- GLM :
- MNT : Modèle Numérique de Terrain
- ONF : Office National des Forêts
- QGIS : Quantum GIS (Système d'Information Géographique)
- RU : Réserve Utile en eau