



**BORDEAUX  
SCIENCES  
AGRO**

**Etablissement : Bordeaux Sciences Agro**

1 cours du Général de Gaulle, 33170 GRADIGNAN CEDEX

**Structure d'accueil : L'Office National des Forêts**

Agence Savoie Mont-Blanc - Unité territoriale Tarentaise-Vanoise

Maison forestière de Moutiers, 40 avenue des XVIe Jeux olympiques à  
MOUTIERS (73600) | Triage des Belleville

# **M E M O I R E D E S T A G E D E S8 DOMINANTE FORESTERIE**

Année universitaire 2023-2024

**Suivi de plantations : Quel devenir  
pour les plantations paysagères des  
Belleville ?**

**Julie SMITH**

Du 21/05 au 14/08 2024



**Office National des Forêts**

Maitre de stage : Martial HOLVOET

Tuteur de stage : Jean-Christophe DOMECH

# Préface & Remerciement

Moutiers, petite ville d'histoire depuis l'Antiquité se situe au carrefour des diverses vallées de la Tarentaise en Savoie et accueille une des maisons forestières de l'Office National des forêts, le siège de l'unité territoriale Tarentaise-Vanoise.

Ce lieu de vie, de travail et d'échanges regorge de dynamisme autour d'une équipe de passionnés de leur région et de leur métier. Entre techniciens, conducteurs de travaux, ouvriers et directrice d'agence, ces forestiers ont une connaissance de leur triage, de la faune et de la flore qui les entourent, qui ne m'a pas laissé indifférente.

Je tiens en premier lieu à remercier l'ensemble de l'équipe ONF de Moutiers pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont fait au sein de la maison forestière pendant ces 3 mois. Toujours disponibles et très pédagogues, ils ont su me partager leur connaissance et leur passion avec entrain et bonne humeur. Au fil des semaines, une relation de confiance s'est créée et je les remercie grandement pour cette reconnaissance aussi bien professionnelle, que personnelle.

Je souhaite saluer particulièrement Martial, Guillaume, Éric, Alexandre, Nicolas et les Romain pour leur joie de vivre au quotidien. Ils ont su très rapidement m'intégrer dans l'équipe et me mettre en confiance. Ces moments de convivialité pendant la pause-café, les journées de terrain et les repas partagés resteront de bons souvenirs.

Un grand merci également à Clément, étudiant de Bordeaux Sciences Agro en dernière année, qui m'a épaulée dès mon arrivée. Notre binôme de stagiaire a été apprécié tant par le travail fourni que par notre enthousiasme.

Un merci tout particulier à Véronique, directrice d'agence qui m'a accompagné pour ma restitution des résultats aux élus de la commune des Belleville.

Enfin, un immense remerciement à Martial, mon maitre de stage, Laurence sa femme et leurs enfants, pour le temps d'apprentissage et de partage qu'ils m'ont consacré. Bien que ces trois mois soient passés à une vitesse folle à leurs côtés, leur générosité restera longtemps dans mon esprit. Merci à eux !

En bref, un grand merci à toute l'équipe pour cette expérience professionnelle enrichissante et cette aventure humaine hors du temps, dans lesquelles je me suis épanouie !



# Résumé

La vallée des Belleville connaît par son passé un des plus forts taux de déboisement de la Tarentaise, notamment dû à sa densité démographique, relativement importante ainsi qu'à l'activité industrielle saline en bas de la vallée. Il y a 50 ans, avec l'essor du tourisme hivernal, les vallées sont complètement transformées pour accueillir plusieurs milliers de vacanciers chaque année. Un besoin d'aménagement des stations et de reconstruction d'une ambiance forestière à très haute altitude a donné lieu à de nombreuses plantations paysagères, dont l'enjeu principal est d'embellir le paysage minéral tout en protégeant les infrastructures des chutes de neige abondantes. Ces plantations, à la charge de l'ONF, sont aujourd'hui sujettes à de nombreux enjeux et contraintes liés à leur environnement. Il est donc nécessaire de faire le point pour établir un état des lieux actuel des arbres et redéfinir en collaboration avec les acteurs locaux des stations, les lignes directives de gestion forestière des parcs de plantations. L'étude du suivi de plantations des Belleville s'inscrit donc dans une démarche durable qui a pour but de fournir, in fine, une base de données SIG et un plan d'aménagement sur une dizaine d'années des interventions sylvicoles à faire. En effet, les résultats ont témoigné des taux de reprise des arbres très intéressants. 30 ans après, certains peuplements sont parvenus au stade de jeune futaie dans lequel il faut intervenir pour éviter l'effondrement des peuplements et garantir leur stabilité, tout en conciliant des fonctions paysagères, de loisir et de protection.

**Mots clés :** plantations d'altitude – vallée des Belleville – pressions anthropiques – herbivorie - interventions sylvicoles – préservation du paysage

# Abstract

The Belleville Valley historically experienced one of the highest rates of deforestation in the Tarentaise region, primarily due to its relatively high population density and the industrial salt activity on the lower part of the valley. Fifty years ago, with the rise of winter tourism, the valleys were completely transformed to be able to accommodate thousands of vacationers each year. The need to develop ski resorts and recreate a pine forest scenery at very high altitudes led to numerous landscape plantations, whose main objective was to enhance the mineral landscape while protecting the infrastructure from heavy snowfalls. These plantations, managed by the National Forest Office (ONF), now face numerous challenges and constraints related to their environment. It therefore became necessary to assess the current forest state and, in collaboration with local resort stakeholders, redefine the management guidelines for these areas. The study of the Belleville plantations follows a sustainable approach aimed at providing a GIS database and a ten-year management plan for future forestry interventions. The results so far have shown very promising tree growth rates. After thirty years, some of the plantations have reached the young forest stage, requiring intervention to prevent the collapse of the stands and ensure their stability, while balancing landscape, recreational, and protective functions.

**Key words:** plantations - Belleville valley - anthropogenic pressures - herbivory - silvicultural interventions - landscape preservation

# Table des matières

<b>Introduction</b> .....	<b>4</b>
<b>I - Un contexte forestier singulier à la vallée</b> .....	<b>6</b>
I.1 - Les Belleville mises à nu : une déforestation ancrée dans l'histoire .....	6
I.2 - Le rôle de l'ONF dans le reboisement de la vallée .....	6
I.3 - Enjeux et contraintes : le défi des plantations de très haute altitude .....	7
I.3.1 Un environnement pédoclimatique rigoureux pour la végétation .....	7
I.3.2 Une protection contre les avalanches et chutes de pierres .....	7
I.3.3 Activités récréatives : les forêts au cœur des stations .....	8
I.3.4 Emprise du domaine skiable sur les plantations .....	8
I.3.5 Refuge écologique de la faune locale : un habitat à préserver .....	9
I.3.6 Une pression grandissante des ongulés sur les jeunes pousses .....	9
<b>II - Suivi de plantations paysagères : Quels objectifs pour l'étude ?</b> .....	<b>10</b>
II.1 - 70 ans après les premières plantations : l'importance de faire le point .....	10
II.1.1 Géoréférencement et cartographie de l'ensemble des parcs .....	10
II.1.2 Diagnostic et état des lieux des plantations .....	11
II.2 - Les besoins de l'ONF .....	11
II.2.1 Proposer un prévisionnel d'interventions sylvicoles sur 10 ans .....	11
II.2.2 Améliorer le suivi des travaux effectués par les ouvriers .....	11
II.3 - Un compte rendu attendu par la commune et les sociétés privées du domaine skiable .....	11
<b>III. Matériel et méthode</b> .....	<b>12</b>
III.1 - Prise d'information et collecte des données .....	12
III.1.1 Travail d'archive et témoignage des ouvriers .....	12
III.1.2 Mise en place d'un protocole de relevés .....	13
III.1.3 Phase de relevés sur le terrain .....	15
III.2 - Construction de la base de données SIG .....	15
III.2.1 Cartographie des parcs de plantations sur QGIS .....	15
III.2.2 Phase de saisie des données attributaires sur QGIS .....	15
III.2.2 Appropriation des données via les outils QGIS .....	17
III.3 - Création d'un rapport interactif sur Power BI .....	18
III.3.1 Adaptation de la base de données attributaires sur Excel .....	18
III.3.2 Importation des données dans Power Query et création de la matrice dans Power BI .....	19
III.3.3 Création des visualisations interactives dans Power BI Desktop .....	19
<b>IV. Résultats</b> .....	<b>19</b>
IV.1 - Cartes thématiques sur QGIS .....	19
IV.2 - Rapport interactif sur Power BI .....	23
IV.3 - Outils de gestion des travaux ouvriers .....	26
<b>V. Discussion</b> .....	<b>27</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>29</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>30</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>31</b>

## Introduction

Le triage des Belleville territoire vaste de 23 000 ha à la charge de Martial Holvoet, garde forestier à l'Office National des Forêts, représente aujourd'hui un haut lieu du tourisme savoyard avec une capacité d'accueil de plus de 60 000 personnes. Bien avant l'essor des stations de ski des Menuires (1967) (cf. figure 1) et de Val-Thorens (1973) (cf. figure 2) à la fin du XXème siècle, l'histoire de la vallée des Belleville remonte à la préhistoire avec une présence humaine dès l'âge du cuivre. Sa position stratégique entre la Maurienne et Moutiers, porte d'entrée de la Tarentaise, a participé au fort dynamisme démographique des hameaux qui reposaient principalement sur une économie pastorale dominante (*Les Belleville.fr*).



Figure 1 : La station des Menuires, 2024



Figure 2 : La station de Val-Thorens, 2024

Contrairement aux vallées voisines, la place de la forêt n'a pas toujours été au centre des préoccupations de la population Bellevilloise. En effet, par le passé un fort défrichement a déboisé totalement la vallée qui s'est alors développée au milieu des pentes douces verdoyantes des alpages. La déprise agricole qui a suivi le déclin démographique à partir des années 50 a laissé place à la recolonisation des feuillus, essentiellement de l'aulne vert, érable sycomore, frêne, sorbier et du saule, sur les pentes enherbées en aval du triage. Des vestiges d'arolles (pin cembro) retrouvé à plus de 2000 mètres d'altitude, ainsi que quelques épicéa et mélèzes sont le reflet des essences résineuses endémiques de la vallée par le passé (Archives 1990 - Forêt Communale de Saint-Martin-de-Belleville). Mais il a fallu attendre un programme de reboisement inédit lancé par les communes de Saint-Martin et Saint-Jean de Belleville à la fin des années 70 pour retrouver des pessières, pinières et sapinières dans le paysage forestier. Près de 500 000 arbres, essentiellement résineux, ont été plantés avec une diversité d'essences locales (épicéas, mélèze, pin cembro, pin à crochet, sapin pectiné, ...) (Edition communale Les Belleville 1991). Aujourd'hui, l'espace forestier représente environ 4% du territoire et se situe principalement en dessous de 1800m d'altitude. Plus de la moitié de la forêt est communale, bénéficiant ainsi du régime forestier. L'ONF, chargé de la gestion forestière y pratique une sylviculture irrégulière lorsque les dessertes pour débarder le bois le permettent (*Les Belleville.fr*). En réalité, la difficulté d'accès de certaines parcelles d'altitude génère de nombreux îlots laissés à leur libre évolution naturelle, ayant un rôle principalement de protection contre les avalanches et les chutes de pierres. Une faible activité sylvicole est donc déployée sur le triage. En contrepartie, l'ONF est présent sur de nombreux autres domaines tel que l'entretien, le balisage et l'ouverture des sentiers de très haute altitude, l'entretien des ruisseaux, l'accompagnement et la réalisation de projets Label Bas Carbone, des études environnementales, du bûcheronnage et des coupes sanitaires quand nécessaire, l'entretien des parcs de plantations paysagères, le fauchage de certaines zones enherbées, etc. La diversité de leur champ d'action s'inscrit dans un contexte très singulier, propre à la montagne, où l'ONF est très largement implanté sur le territoire été comme hiver, rythmé par un climat très contrasté et les saisons touristiques. Par ailleurs, à la différence de certaines régions de plaine, l'aspect paysager de l'environnement naturel est au cœur des préoccupations (Fischesser 1998). L'activité touristique génère une source de revenus conséquente pour les communes, qui se soucient alors peu des recettes forestières et peuvent se permettre d'investir pleinement pour l'embellissement de la vallée. L'importance du paysage, l'aménagement du territoire pour l'accueil du public et la préservation du patrimoine forestier et de la biodiversité sont donc les piliers forts de l'activité des agents forestiers de la vallée.



Figure 3 : Un parc de plantation paysagère, 2024

Témoin de l'engagement pour l'embellissement du patrimoine montagnard, les plantations paysagères des Belleville, représente une des spécificités du triage. Plantées à partir des années 60 dans les stations des Menuires et de Val-Thorens, on compte aujourd'hui plus de 20 ha de surfaces arborées, réparties sur 166 parcs. Non soumis au régime forestier, un parc désigne un îlot forestier isolé allant de quelques mètres carrés pour les plus petits (cf. figure 3), jusqu'à plus d'1ha de surface pour les plus grandes plantations. Les essences y sont diversifiées, mélangeant des essences endémiques et exotiques (épicéa

commun, mélèze, pin cembro, pin à crochet, sapin du Colorado, épicéa pungens, sorbier, bouleau ...), adaptés au climat rigoureux d'altitude. En effet, ce projet ambitieux de plantations de très hautes altitudes se heurtent à de nombreux défis et contraintes, liés à l'environnement : l'enneigement important pendant plusieurs mois, une terre très minérale pauvre en matière organique, une urbanisation grandissante dans les stations, des activités de loisirs très développées, une pression d'herbivorie exercée par les cervidés... Malgré une croissance lente des arbres, le défi a aujourd'hui été relevé et au-delà du simple aspect paysager, de nombreux enjeux caractérisent le devenir des jeunes peuplements forestiers. Assurer leur pérennité devient ainsi une priorité afin de conserver le travail de plantation de plusieurs centaines de milliers d'arbres depuis bientôt près de 70 ans. C'est donc à cette conjoncture entre contraintes, enjeux et devoir de préserver la stabilité des parcs que s'articule mon sujet de stage : **Comment assurer la pérennité des plantations des Belleville, soumises à des pressions anthropiques et d'herbivorie à très haute altitude, tout en conciliant des fonctions paysagères, de loisir et de protection ?**

# I - Un contexte forestier singulier à la vallée

## *1.1 - Les Belleville mises à nu : une déforestation ancrée dans l'histoire*

Comme introduit précédemment, la vallée des Belleville fut occupée bien avant l'époque gallo-romaine car elle bénéficiait d'une bonne exposition au soleil qu'elle doit à son orientation nord-sud, offrait des pentes douces modelées par les glaciations et présentait des barrières naturelles aux envahisseurs. Les grandes familles qui y habitaient, vivaient essentiellement d'une activité pastorale traditionnelle. A cette époque, les bois et forêts étaient abondants et ce n'est qu'aux XIIème et XIIIème siècle que les moines de l'abbaye de Tamié, entreprirent les premiers défrichements afin d'augmenter les surfaces agricoles pour une population grandissante. La mise en valeur de nouvelles terres pour l'agriculture et l'élevage se fit au détriment total de l'espace forestier. Par la suite, les Salines Royales de Moutiers et les industries nouvelles du bas de la vallée ayant à leur tour besoin de bois, le déboisement des zones en pentes douces et régulières se poursuivit jusqu'au XIXème siècle. (*Les Belleville.fr*) (Conservatoire du Patrimoine naturel de la Vanoise, 2009).

## *1.2 - Le rôle de l'ONF dans le reboisement de la vallée*

L'Office National des Forêts, fort de son professionnalisme dans la gestion des forêts communales et domaniales est implanté sur le territoire savoyard depuis les années 60 (création en 1965-1966 par le gouvernement Georges Pompidou). Cette structure publique déployée sur l'ensemble du territoire national regroupe plus de 8 200 professionnels de la filière bois et forêt en France dont 410 hommes et femmes sous la tutelle de l'agence Savoie Mont-Blanc, affiliée à la direction territoriale Auvergne-Rhône-Alpes. Cette dernière, divisée elle-même en différentes agences : études, travaux, RTM ainsi qu'une douzaine d'unités territoriales, regroupe des équipes d'ingénieurs, de techniciens d'ouvriers forestiers passionnés qui œuvrent au quotidien pour la gestion durable des forêts de montagne (ONF, 2023). Le triage des Belleville a ainsi bénéficié du savoir-faire et du professionnalisme des forestiers de l'ONF dès le début de la mise en place du programme de plantation dans les années 60 (cf. figure4). En effet, c'est plus de 500 000 arbres qui seront plantés pour reboiser la vallée sous la directive de l'ONF. Les plantations paysagères des Menuires et de Val-Thorens arriveront dans un second temps, après le développement des stations de ski, insufflées par les subventions de l'Etat, du FFN<sup>1</sup> et les fonds de dotations pour les jeux olympiques d'Albertville en 92. Les gardes forestiers qui se sont succédés sur le territoire ont conservé cette dynamique de reboisement en accord avec la commune, visible aujourd'hui dans le paysage par l'ambiance forestière régénérée.



Figure 4 : Des arbres au blason des Belleville, 2024

Les techniques de plantation ont évolué au fil des années, aujourd'hui la diversité des essences et des hauteurs d'arbres est privilégiée. Résineux et feuillus sont plantés par îlots d'essences, en jouant sur les couleurs des arbres pour l'aspect paysager et la hauteur des plants pour, maximiser l'enracinement des arbres avec les petits plants et assurer le rôle de protection avec des grands arbres. Plantés sur des banquettes (talus), ils souffrent moins de la pente et du stress hydrique. Un entretien annuel des parcs de plantations est nécessaire les premières années pour assurer un taux de reprise suffisant : dégagement des pieds, réparation des clôtures, restaurations des banquettes (talus), arrosage, opération de regarnis,... (Mullenbach 2001). Les années d'expérience de l'ONF dans les plantations d'altitude, révèlent aujourd'hui leur savoir-faire et leur résilience face aux conditions climatiques difficiles.

---

<sup>1</sup> Fonds forestier national (FFN)

## ***1.3 - Enjeux et contraintes : le défi des plantations de très haute altitude***

### **1.3.1 Un environnement pédoclimatique rigoureux pour la végétation**

Une des principales contraintes auxquelles sont confrontés les arbres plantés au-delà de 1800m d'altitude est le climat difficile. Ces zones montagnardes sont en effet caractérisées par des conditions extrêmes : des températures basses sur une grande partie de l'année, des hivers longs et enneigés, ainsi que de fortes amplitudes thermiques. Le sol y est souvent peu profond, pauvre en nutriments et sujet à l'érosion, ce qui limite la croissance des plantes. Les espèces végétales, comme le pin cembro, ont développé des adaptations spécifiques, telles qu'une croissance lente et une résistance au froid, pour survivre dans ce milieu hostile. L'altitude, combinée à des vents violents et une exposition accrue aux rayons UV, rend cet écosystème particulièrement fragile et vulnérable aux changements climatiques. Les conséquences sur les peuplements peuvent être drastiques les hivers très froids, ainsi que les étés secs. Parmi les causes de mortalité chez les jeunes arbres, on retrouve : (Mullenbach, 2001)

- Sécheresse physiologique des plants
- Mortalité des pousses de l'année liée au gel
- Mortalité de la végétation liée à la réflexion du rayonnement sur la neige
- Aoutement tardif ou non suffisant
- Eclatement/déchirement sous le poids du manteau neigeux
- Débourrement précoce

L'exposition pleine ouest de la station des Menuires située à 1850m lui confère des conditions climatiques favorables aux essences forestières adaptées, ayant une limite sylvestre supérieure à la station. Toutefois, le vent, le sel utilisé pour le déneigement et l'impact des skieurs dégradent ces conditions.

A Val Thorens (2400 mètres d'altitude), les contraintes sur la végétation sont plus fortes. Des neiges persistantes jusqu'en été et des températures moyennes ne dépassant pas 15°C compliquent le développement des arbres. Le sol pauvre et peu profond, d'après une étude réalisée en 2004 par l'ONF, limite également la croissance des arbres, mais certaines essences parviennent malgré tout à s'adapter.

### **1.3.2 Une protection contre les avalanches et chutes de pierres**

Outre l'aspect paysagé des plantations dans les stations, les arbres jouent le rôle de barrière naturelle contre les chutes de neige et de pierres. En effet, la protection des routes et des infrastructures contre les risques naturels représente un enjeu majeur dans les vallées. En Savoie, 40 % de la surface des forêts domaniales est classée en forêt de protection. La stabilité des versants est renforcée grâce aux systèmes racinaires des arbres, freinant ainsi l'érosion et les glissements de terrain (Pellissier 1992). Par ailleurs, plus, la densité des peuplements est élevée, plus la rétention de neige est importante et efficace. Il faut pour autant rester vigilant à ce que les arbres aient un coefficient de forme suffisant afin d'éviter les chablis et/ ou les volis sous le poids de la neige. Dans le contexte des plantations d'altitude, des trépieds peuvent être rajoutés aux zones de plantation en surplomb d'une route ou de bâtiment, en attendant que les arbres aient une taille suffisante pour retenir eux-mêmes la neige. De même, lors d'une intervention de dépressage<sup>2</sup> ou de détournage<sup>3</sup>, il est préférable de couper les troncs à 1m-1m50 de hauteur afin que la partie basse de l'arbre, encore enracinée continue son rôle de rétention.

---

<sup>2</sup> Le dépressage consiste à réduire la densité d'un peuplement forestier en conservant les tiges d'avenir pour limiter la concurrence entre les arbres.

<sup>3</sup> Le détournage est une opération d'enlèvement de tous les arbres (ou tiges) qui sont en contact avec des arbres objectifs et qui gênent leur développement optimal, il intervient après la phase de dépressage.

### I.3.3 Activités récréatives : les forêts au cœur des stations

Pièce maîtresse de la diversité des paysages, la forêt d'altitude constitue un véritable atout pour le tourisme alpin, l'hiver comme l'été, entre ski, raquette, luge, randonnée et VTT. Très friand des touristes, ce lieu en pleine nature leur confère un cadre idyllique et ressourçant aux portes des stations de ski très urbanisées. Cependant, l'impact des activités de loisirs n'est pas sans conséquence sur la fragilité des écosystèmes forestiers (cf. figure 5). Entre défrichage, piétinement et tassement de terrain, racines mises à nu (VTT), cimes coupées (ski), écorces entaillées (ski/dameuse/déneigeuse), l'activité humaine au sens large, peut nuire considérablement à l'équilibre des peuplements si aucune mesure de protection et d'aménagement n'est mise en place. Identifier les besoins récréatifs des professionnels du tourisme et prendre en considération les potentiels impacts qu'ils peuvent générer sur les zones forestières représente donc un enjeu majeur pour le forestier, qui doit faire partie intégrante du plan de gestion pour assurer la pérennité du peuplement tout en conciliant les attentes des acteurs locaux.



Figure 5 : Impacts du loisir sur les parcs, 2024

### I.3.4 Emprise du domaine skiable sur les plantations



Figure 6 : Couloir de remontée mécanique, 2024



Figure 7 : Défrichage sous RM, 2024

L'emprise du domaine skiable sur les plantations d'altitude représente une contrainte non négligeable pour l'équilibre écologique des montagnes. Si les stations de ski ont su s'intégrer plus ou moins harmonieusement au paysage alpin, leur impact environnemental est indéniable. Le déboisement nécessaire pour l'aménagement des pistes, la construction de remontées mécaniques et l'artificialisation des sols perturbent les écosystèmes forestiers, réduisant la biodiversité (Poncet 1978) (Astrade et al. 2021). L'évolution annuelle du domaine skiable représente une réelle menace pour les plantations paysagères qui y sont implantées. En effet, soumis à la construction de nouvelles remontées mécaniques, ce sont quelques dizaines de m<sup>2</sup> de surfaces forestières qui sont supprimées chaque année (cf. figure 7). Cela ne va pas aller en s'arrangeant avec une nouvelle réglementation, liée aux normes DFCI, en interne des sociétés de remontées mécaniques, qui impose une emprise au sol de 15 mètres de part et d'autre du câble central, soit 30m d'emprise au sol contre 12 aujourd'hui.

À cela s'ajoutent les effets du tourisme de masse, tels que la pression d'urbanisation qui grignote sur les espaces verts, les moyens de transports qui élargissent leurs capacités, la pollution (plastique, sonore, lumineuse) et les activités de déneigement (dépôt de neige en bord de route parfois arborés et nocivité pour les végétaux du sel de déneigement), qui accentuent les pressions sur ces milieux déjà vulnérables.

Conscients de leur empreinte sur l'environnement, les acteurs des stations de ski sont aujourd'hui très mobilisés pour réduire leurs impacts. Des solutions alternatives sont mises en place ainsi que des mesures compensatoires en derniers recours sont instaurées. Pour autant, le rôle du garde forestier est aujourd'hui primordial pour défendre le patrimoine environnemental de la vallée et préserver les plantations d'altitude.

### I.3.5 Refuge écologique de la faune locale : un habitat à préserver

Les plantations d'altitude jouent également un rôle crucial de refuge écologique pour la faune locale, offrant un habitat essentiel à de nombreuses espèces qui y trouvent protection et ressources. En effet, après plus d'une dizaine d'années, les peuplements sont assez grands et divers pour recréer une ambiance forestière abritant une biodiversité unique, allant des oiseaux nicheurs comme le Tétrás Lyre, aux mammifères emblématiques tels que le chamois et le lièvre variable. Ces milieux forestiers fournissent à la faune locale des abris contre les rigueurs du climat d'altitude, des zones de reproduction sécurisées et des sources de nourriture diversifiées, particulièrement en hiver lorsque les ressources se font rares. L'enjeu de préserver ces habitats est donc de taille pour garantir la survie de cette faune. Dans les Belleville, les agents du parc de la Vanoise se sont mobilisés pour suivre particulièrement la dynamique de population du Tétrás Lyre (cf. figure 8). Ce galliforme alpin est en effet menacé de disparaître depuis des années à cause de la dégradation de sa niche écologique et du dérangement hivernal liés aux stations de ski (Belleau, 2013). Les plantations d'altitude forment donc une barrière naturelle aux skieurs et deviennent des zones de tranquillité indispensable à l'oiseau. Le tétras lyre est en effet naturellement très exigeant dans le choix de ses habitats d'hivernage. Il se regroupe principalement en lisière supérieure des forêts, dans des zones offrant à la fois une source de nourriture à proximité (comme les aiguilles de résineux) et de la neige poudreuse, qui lui sert de couvert protecteur (*Les diagnostics des habitats du tétras-lyre | Parc national de la Vanoise*).



L'enjeu écologique des plantations représente donc un argument de taille dans la gestion durable de ces zones forestières, situées au cœur des stations là où la pression sur la faune y est importante et l'habitat devenu rare et fragile.

### I.3.6 Une pression grandissante des ongulés sur les jeunes pousses

L'équilibre entre la forêt et les ongulés, notamment les cervidés, est essentiel à la santé des écosystèmes d'altitude. Les plantations forestières, si aucune mesure n'est mise en place, sont particulièrement exposées aux dégâts de gibier, réduisant ainsi fortement leur capacité à se développer et à se régénérer. Les cerfs, chevreuils et chamois exercent une pression d'herbivorie significative sur les jeunes pousses. On retrouve aussi beaucoup de dégâts liés à l'écorçage et au frottis des bois ou des cornes sur les arbustes (cf. figure 9). L'écorce mise à nu de l'arbre, l'affaiblit considérablement et le rend vulnérable aux maladies et insectes xylophages. Ainsi, si cet équilibre est rompu, les effets peuvent être néfastes : la diversité végétale diminue, la structure forestière s'affaiblit, et des habitats essentiels pour la faune locale, tels que les oiseaux et petits mammifères, sont compromis. Plusieurs solutions peuvent être envisagées pour faire face, parmi elles, l'application de Trico, la mise en place de dispositifs enclos/exclos, de trépieds, grillage, etc. (ONF, 2023)



Figure 9 : Crottier et dégâts de gibier, 2024

La vallée des Belleville fait partie d'un des sites de réintroduction des populations de cerfs en Savoie dans les années 1960. Aujourd'hui la population de cervidés est très largement répandue sur le territoire et présente une réelle menace pour le renouvellement des forêts. Dans ce contexte une étude co-dirigée par l'ONF, tend à mesurer l'effet anthropique sur les relations entre les espèces et notamment la pression des cervidés sur la végétation (ONF, 2024). Pendant mon stage, j'ai eu l'opportunité de consacrer



Figure 10 : Cliché d'une biche et son faon, 2024

quelques-unes de mes journées à cette étude pour mesurer le taux d'abroustissement de la végétation sur des placettes d'échantillonnage ainsi que relever des marqueurs de présence tels que des crottiers. La mise en place de pièges photos (cf. figure 10) nous a aussi permis d'identifier les zones de fréquentations des cervidés pour mieux appréhender leurs comportements, dans l'objectif d'adopter des pratiques de gestion forestière durables qui prennent en compte la pression d'herbivorie, tout en maintenant un équilibre entre la biodiversité animale et végétale.

On retrouve ces mêmes problématiques sur les plantations paysagères des Belleville.

## II - Suivi de plantations paysagères : Quels objectifs pour l'étude ?

Le suivi des plantations paysagères des Belleville est une étude à l'initiative de Martial Holvoet pour répondre à un besoin imminent et futur de l'ONF sur le devenir des peuplements. Valoriser l'investissement de la commune et des sociétés privées des domaines skiabiles depuis des années, tout en conciliant les enjeux actuels des plantations, relève d'une réflexion systémique qui implique de nombreux acteurs et paramètres biologiques. Mon travail s'inscrit donc dans une démarche, dans un premier de temps, de recherche et d'analyse du contexte puis d'une phase plus pragmatique sur le terrain, de relevés de données et enfin d'analyse et de présentation de mes résultats à l'ONF et aux acteurs territoriaux. Toujours dans une finalité d'assurer la pérennité des parcs de plantations, les objectifs de ma mission de stage s'articulent ainsi à la fois autour des besoins pratiques du technicien forestier, du travail sur le terrain des ouvriers mais aussi des attentes de résultats chiffrés des clients et évidemment des exigences des logiciels de cartographie et de traitement de données. Plusieurs études similaires de suivi de plantations m'ont permises de me donner une première idée des approches différentes que l'on peut avoir pour aborder le sujet. Certains comme Masson Gérard, ont par exemple, travaillé à partir de l'acclimatation des essences forestières selon un gradient d'altitude (Masson 2020), d'autres tel François Pellissier, ont appuyer leur étude sur le taux de réussite des plants à l'échelle de l'individu, en mesurant par une analyse statistique les facteurs limitants de croissance (Pellissier 1992). Dans mon cas, la ligne directive de mon travail sera l'unité de « parc » de plantation, pour travailler spécifiquement sur chaque îlot forestier et définir au mieux son devenir.

### ***II.1 - 70 ans après les premières plantations : l'importance de faire le point***

#### **II.1.1 Géoréférencement et cartographie de l'ensemble des parcs**

Depuis les premières plantations effectuées dans les années 60, quelques archives de cartes des stations reprenaient les travaux de plantations mais aucune version numérique mise à jour dernièrement n'avait été reprise. Le premier objectif a donc été de cartographier, délimiter et numéroté l'ensemble des parcs répartis sur Les Menuires et Val-Thorens afin d'avoir une base solide de travail pour la suite. L'outil cartographique représentant en effet un des outils principaux du forestier.

## II.1.2 Diagnostic et état des lieux des plantations

Taux de reprise, hauteur, densité, état sanitaire, aucun véritable inventaire forestier n'avait été fait depuis des années. Il était donc primordial de commencer par faire un petit bilan du capital sur pied des plantations paysagères afin de construire une base de données riche et ô possible complète sur laquelle on pourra par la suite s'appuyer, tel un outil d'aide à la décision, et alimenter, pour transmettre les informations à jour et dans le temps aux prochaines générations de forestiers.

## ***II.2 - Les besoins de l'ONF***

### II.2.1 Proposer un prévisionnel d'interventions sylvicoles sur 10 ans

Non soumis au régime forestier, les parcs de plantation ne sont pas intégrés au plan d'aménagement révisé tous les 20 ans par l'ONF qui garantit une gestion durable des forêts communales des Belleville. Aucun document ne donnait donc de véritable ligne directrice dans le temps sur la gestion des peuplements. Les interventions sylvicoles précédentes étaient réalisées au bon vouloir des ouvriers qui se transmettaient les missions de travail d'années en années sans réel suivi. Le crédit des heures des devis signés par la commune et les fenêtres météo à la fin de la belle saison rythmaient également le travail effectué chaque année. Il devenait donc impératif pour Martial de connaître sur les dix prochaines années, les types d'interventions qu'il fallait réaliser par ordre de priorités. La saison du travail ouvrier étant en effet courte, dans un contexte montagnard dû au climat, il est généralement difficile de réaliser tous les travaux forestiers souhaités en une saison. De par leurs expériences, les forestiers travaillent ainsi le plus souvent dans l'urgence, au gré des aléas divers de leur métier et de leur environnement. Un prévisionnel des interventions sylvicoles était ainsi une des demandes de mon maître de stage, les préconisations étant bien sûr à adapter, au moment voulu, à la réalité du terrain.

### II.2.2 Améliorer le suivi des travaux effectués par les ouvriers

Comme expliqué précédemment, un réel besoin de suivi des interventions effectuées sur les plantations par les ouvriers est présent. Le dispositif précédant sous forme de cahier de travaux au format papier était en effet, devenu obsolète car nécessitant trop de temps au technicien pour traiter les données. Récemment, un formulaire numérique a été mis en place, mais très peu d'ouvriers se le sont appropriés et le remplissent. Il existe donc une réelle nécessité de trouver un outil permettant de faire le lien entre les tâches à effectuer des ouvriers, ce qu'ils ont fait et ce qu'il reste encore à faire annuellement sur les parcs de plantations. L'objectif est d'alimenter la base de données en même temps afin qu'elle soit toujours à jour et qu'on puisse établir un bilan d'évolution d'année en année des travaux effectués.

## ***II.3 - Un compte rendu attendu par la commune et les sociétés privées du domaine skiable***

Propriétaires des plantations paysagères, la commune des Belleville ainsi que la SETAM et la SEVABEL, les deux sociétés des remontées mécaniques des stations des Menuires et de Val-Thorens, investissent depuis des années plusieurs centaines de milliers d'euro dans la création et l'entretien des parcs de plantation. L'étude du suivi des plantations s'inscrit donc dans une démarche de concertation avec eux pour leur faire part, d'une part de l'état actuel des choses, puis d'autre part, de ré-évaluer avec eux les objectifs, les enjeux et les contraintes que soulèvent ces plantations d'altitude. Deux réunions, une de présentation de l'étude et l'autre de restitution des résultats ont été programmées afin que je leur partage mon travail sous forme de présentation interactive et compte rendu.

### III. Matériel et méthode

#### III.1 - Prise d'information et collecte des données

##### III.1.1 Travail d'archive et témoignage des ouvriers

La première partie du travail a été de s'approprier le contexte de la vallée, de comprendre le fonctionnement de l'ONF et les enjeux autour des plantations. Très autonome sur la mise en place de l'étude, Martial, mon maître de stage m'a tout de même très largement épaulé et a répondu à beaucoup de mes questions et interrogations sur l'histoire des plantations. J'ai eu accès à de nombreuses documentations, articles de presse locale, archives de l'ONF des précédents gardes forestiers, livres. Tout un travail de lecture puis de synthèse m'a ensuite permis d'approfondir mes échanges avec les ouvriers qui m'ont témoigné beaucoup de gratitude à l'égard de mon travail. En effet, pour les plus anciens, les plantations paysagères

représentent beaucoup d'heures de travail dans des conditions pas toujours faciles (neige, froids, pluie, pentes abruptes, etc.). Ils les ont plantées eux-mêmes et vues grandir. Aujourd'hui, elles représentent le fruit de leur travail à l'ONF depuis des années, ils y sont donc très attachés. Un dernier point qui est d'ailleurs, non négligeable dans l'acceptation pour les ouvriers de travailler dans les peuplements. Il n'est pas évident de leur demander de couper, dégager, et retirer des arbres qu'ils ont eux-mêmes planté il y a une trentaine d'années auparavant. Leurs connaissances précieuses sur l'historique, la localisation précise de l'ensemble des parcs et leur savoir-faire m'a permis de récolter des premières informations pour construire ma base de données et mettre à jour la cartographie. Une des premières difficultés que j'ai rencontrées, en effet, était d'identifier les parcs pour lesquels l'ONF est chargé d'entretien. Au cœur des stations, certains îlots d'arbres appartiennent aujourd'hui à des propriétaires privés et ne sont donc plus sous la charge de l'ONF, d'autres appartiennent bien à la mairie, mais sont entretenus par les services communaux. En bref, la connaissance des ouvriers sur les parcs de plantations m'a été d'une aide précieuse pour débiter mon étude. Le travail d'archive m'a particulièrement apporté des informations concernant les dates de plantations de chaque parc (cf. figure 11), bien que quelques informations soient manquantes ou peu certaines (les cartes papiers manquaient parfois de cohérence les unes avec les autres pour certains secteurs).



Figure 11 : Photo aérienne, Les Menuires 1970

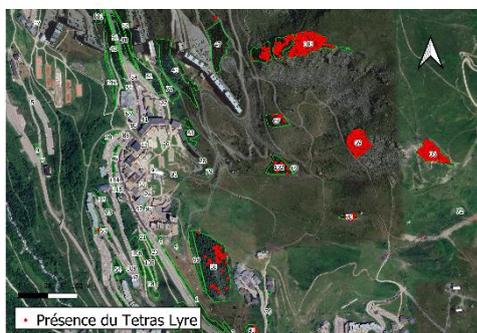


Figure 12 : Relevés de présence du Tétrax Lyre depuis 2018 dans les parcs paysagers, PNV

Par ailleurs, je suis rentrée en contact avec des agents du Parc National de la Vanoise, ainsi que le bureau des guides des stations afin de collecter des informations concernant les marqueurs de présence du Tétrax Lyre sur la zone des Menuires (cf. figure 12) et également des données SIG sur l'étendue du domaine skiable, les remontées mécaniques et les pistes VTT et sentiers de randonnée des Belleville. L'objectif étant de croiser ces données avec l'étendue des parcs de plantations et identifier des potentielles interférences possibles entre ces activités et le devenir des parcs.

### III.1.2 Mise en place d'un protocole de relevés

Entre la première visite des parcs de plantations paysagères et la saisie des données sur QGIS ou Excel, de nombreuses réflexions ont émergé et il a fallu s'y prendre à plusieurs reprises pour établir un protocole de relevés, adapté au terrain, aux besoins et à la saisie derrière des données sur l'ordinateur.

En effet, j'avais carte blanche pour relever les informations que je voulais sur le terrain, du moment qu'elles puissent être utiles et utilisables par la suite, par les techniciens, conducteurs de travaux et ouvriers. Je me suis donc concentrée sur des paramètres simples à mesurer afin de garder une certaine pertinence dans mes relevés et de limiter au maximum le biais observateur. La notion la plus importante que je devais relever était celle de la stabilité des parcs de plantation. En sylviculture, on définit la stabilité par la capacité d'un groupe d'arbres à rester sur pied face aux forces extérieures, comme le vent et la neige, sans être déraciné ni basculé (MOLINES, 2019). Elle s'évalue à travers le rapport entre la hauteur moyenne des arbres (Hm) et leur diamètre moyen (Dm). Ce critère s'applique principalement aux peuplements pleins, équiennes et monostrates, ce qui n'est pas vraiment le cas des plantations. Plus ce rapport Hm/Dm est élevé, plus les arbres sont élancés et donc fragiles, augmentant les risques de déstabilisation. De même, le nombre d'arbres par unité de surface joue un rôle prépondérant dans cette notion. Plus les arbres sont plantés serrés, moins ils ont de la place pour se développer. Il existe généralement une corrélation entre la densité, le diamètre et la hauteur des arbres. J'ai donc décidé de relever 3 indices pour décrire cette notion de stabilité, adaptés à des peuplements jeunes et hétérogènes : la hauteur, la densité et l'état du peuplement. Les mesures de surfaces terrières ainsi que des diamètres des arbres m'ont posé question. Finalement, je ne les ai pas pris en compte, car il n'y avait, ici, aucun enjeu de production et la disparité des arbres à l'intérieur des peuplements ne me permettait pas de prendre des mesures de diamètres homogènes, représentatives de l'ilot. Pour autant, je suis restée attentive au coefficient de forme des arbres (H/D) et dans certains cas critiques, j'annotais en commentaire sur mes fiches de relevés ces observations.

- La **hauteur du peuplement** était donc mesurée selon 5 strates : « Inférieur à 3m », « Entre 3 et 5m », « Entre 5 et 10m », « Entre 10 et 15m » et « Supérieur à 15m ». Lorsque plusieurs strates étaient présentes, celle qui comportait le plus d'individus était prise en compte.

- La **densité du peuplement** était définie selon 4 critères : lorsque plusieurs catégories étaient présentes, celle qui comportait le plus d'individus était prise en compte. Les



Figure 13 : Quatre niveaux de densité, 2024

- Les catégories étaient définies telles que « Très dense » correspond à 10 000 arbres/ha (1m par 1m) ; « Dense » à 5 000 arbres/ha (1m par 2m) ; « Optimal » à 2 500 arbres/ha (2m par 2m) et « Peu dense » à 1 666 arbres/ha (2m par 3m) (cf. figure 13).
- Enfin, l'**état du peuplement** était mesuré selon 5 niveaux : « Très bon », « Bon », « Souffrant », « Déperissant », « Mort ». Les critères de différenciation s'appuient sur le développement du houppier, la mortalité des branches, le manque de ramifications (feuillus) ou aiguilles (résineux) et la couleur des aiguilles ou des feuilles (taux de jaunissement). (Saintonge et al., 2024) (cf. figure 14).



Figure 14 : Cinq critères pour mesurer l'état du peuplement, 2024

Une partie description et structure du peuplement m'a permis de donner en proportion relative, lorsqu'il y avait moins de 20 arbres, ou appréciative sinon, le pourcentage de chaque essence présente. La répartition des essences, couplée aux paramètres de stabilité donne ainsi un ordre d'idée, une bonne visualisation de l'état actuel du parc. Voici, ci-dessous les codes par essence :

<b>EPC</b>	Epicéa Commun	<b>PUN</b>	Epicéa Pungens	<b>MEL</b>	Mélèze	<b>ORM</b>	Orme	<b>AME</b>	Amélanchier
<b>SP Color</b>	Sapin du Colorado	<b>AUL</b>	Aulne Vert	<b>TRE</b>	Tremble	<b>MER</b>	Merisier	<b>COR</b>	Cornouiller
<b>PC</b>	Pin Cembro	<b>SOR</b>	Sorbier des oiseleurs	<b>SAU</b>	Saule	<b>FRE</b>	Frêne	<b>SUR</b>	Sureau
<b>PAC</b>	Pin à Crochet	<b>ALB</b>	Alisier Blanc et de Mougeot	<b>BOU</b>	Bouleau	<b>ERA</b>	Erable	<b>NOI</b>	Noisetier

Tableau 1 : Abréviations des essences forestières dans le protocole

Par ailleurs, une partie « observations », me permettait aussi de rajouter des commentaires appréciatifs des parcs. Toute une série d'informations sur les enjeux et les contraintes m'a permis de venir agrémenter la réflexion sur le devenir de chaque îlot. Ci-dessous la liste attributive du parc :

- Type de clôture (s'il y en a) : Rondin, piquet, grillage
- Dégâts de gibier : présence d'abrutissement, frottis, écorçage, crottier
- Dégâts de bétail : présence d'abrutissement, écorçage, crottier, proximité des lieux de pâturage
- Présence d'une activité de loisir dans ou à proximité du parc
- Le type d'activité en question : VTT, sentier de randonnée, ski, paintball, aire de pique-nique
- Enjeu de protection route ou bâti
- Proximité du parc avec une remontée mécanique
- Etc.

Enfin, dans l'optique de préparer le document prévisionnel des interventions, un tableau récapitulant la priorité d'intervention, le type d'intervention (dépressage, détourage, regarni possible, élagage, entretien et balisage sentier, fauchage, ouvrir pour régénérer le peuplement, ...) et les essences concernées, m'a permis de me donner déjà un premier ordre d'idée des préconisations à suggérer par la suite.

Urgence d'intervention	1 à 2 ans	2 à 5 ans	>5ans	10 ans
Types d'intervention				
Essences concernées				

Tableau 2 : Préconisations par priorité d'intervention pour chaque parc – tableau extrait du protocole terrain

J'ai décidé, après un test sur l'application numérique de relevés de l'ONF (Géorelevé), de réaliser un protocole sur papier. Bien que cela nécessite derrière, un temps non négligeable de saisie numérique, j'étais plus à l'aise et plus efficace, Géorelevé ne me permettant pas toutes les fonctionnalités que je souhaitais noter.

Une photo, numérotée de chaque parc, vint ensuite clôturer le protocole de relevés sur le terrain, pour garder une image visuelle du peuplement.

### III.1.3 Phase de relevés sur le terrain



Figure 15 : Relevé de terrain, 2024

Munie d'un crayon, d'un téléphone, de mes feuilles de relevés, d'un compas et d'un télémètre, la phase de terrain s'est écoulée sur plusieurs semaines. J'ai arpenté les stations de ski des Menuires et de Val Thorens à pied et en voiture pour me rendre sur chaque parc de plantation (cf. figure 15). Le protocole était simple et méthodique, nécessitant de pénétrer et de parcourir l'ensemble du parc pour collecter toutes les informations nécessaires. Les pentes abruptes et les chemins d'accès parfois difficiles ont nécessité de bonnes conditions physiques et une aptitude à conduire sur les pistes enherbées de ski. Je commençais principalement par parcourir le plus possible le parc avant de prendre mes mesures, la plus grande difficulté relevait de l'hétérogénéité du peuplement au sein d'un même ilot. La disparité entre les essences, les hauteurs, la densité d'un bouquet à l'autre, rendait parfois la tâche difficile. A la fin de mon relevé, il fallait que l'appréciation générale reflète l'état du peuplement et son urgence d'intervention.

En parallèle de mes relevés sur les parcs, j'ai participé à de nombreuses visites, réunions et interventions sur d'autres parcelles forestières (coupes forestières, sensibilisation aux scolytes, plantations label bas carbone, projet de plantation pour le Tétralyre, etc.) accompagnée de professionnels de l'ONF, ce qui m'a permis de m'enrichir de leurs connaissances et de leur savoir-faire pour mon étude. J'ai notamment réalisé des carottages à la tarière de Pressler sur des parcelles forestières où certains arbres ont été détourés il y a quelques années pour mesurer leur réaction à la lumière. Les résultats prometteurs, sont encourageants pour intervenir dans la même optique sur les parcs de plantations. Les résultats sont présentés en annexe du rapport (cf. annexe 1).

## ***III.2 - Construction de la base de données SIG***

### III.2.1 Cartographie des parcs de plantations sur QGIS

Très largement utilisé à la maison forestière de Moutiers par les techniciens, QGIS était un logiciel SIG adapté pour créer mon projet de cartographie. Une ancienne couche vectorielle (shapefile) avait été commencée reprenant une partie des parcs de plantations. Je suis donc partie de cette base pour mettre à jour l'ensemble des périmètres des zones arborées. La plupart des parcs sont d'un seul tenant, d'autres sont morcelés par une piste ou un sentier. J'ai dessiné les polygones à partir d'un fond de carte orthophotographique, en suivant linéairement le contour de la végétation. Mes visites régulières sur le terrain m'ont permis d'affiner mes surfaces en adaptant réalité et photographie aérienne, en ne prenant en compte uniquement les parcs paysagers entretenus par l'ONF. Deux couches distinctes ont été créées, une pour les Menuires et une pour Val-Thorens.



Figure 16 : Création des parcs sur QGIS

### III.2.2 Phase de saisie des données attributaires sur QGIS

Une fois le fond de carte créé, j'ai pu passer à la seconde phase de saisie des données terrain dans la table attributaire. Sous forme de tableau comprenant une ligne par parc de plantation, j'ai saisi

les données par colonnes de manière à créer une base de données ordonnée par les numéros de parcs (nom de colonne des numéros « ILOT »).

Afin de pouvoir traiter des données qualitatives comme des données quantitatives (légende graduelle, diagramme, proportions et pourcentages), un code a été attribué, allant de 1 à 4 ou 5 en fonction du paramètre, pour saisir les données de Hauteur, Densité, Etat du peuplement et Priorité d'intervention (cf. tableau 3). En ce qui concerne la répartition des essences, des valeurs en pourcentages ont directement été saisies, ainsi le cumule pour un parc est égal à 100, peu importe le nombre d'essences différentes recensées. Les codes essences correspondent à ceux présents sur la feuille terrain.

Catégorie	1	2	3	4	5
Densité	Peu dense	Optimal	Dense	Très dense	x
Etat du peuplement	Mort	Dépérissant	Souffrant	Bon	Très Bon
Priorité d'intervention	1 à 2 ans	2 à 5 ans	>5ans	10 ans	x
Hauteur	Inf à 3m	Entre 3 et 5m	Entre 5 et 10m	Entre 10 et 15m	Sup à 15m

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des codes des paramètres qualitatifs pour décrire les peuplements

Enfin pour tous les autres attributs qualitatifs, un code a été attribué pour simplifier la base de données (cf. tableau 4), seules les observations et les types d'intervention ne sont pas codifiés. Les dates de plantations exactes apparaissent uniquement si elles sont connues, la période de plantation est quant à elle normalement fiable.

ILOT	DATE PLANT	PRD PLANT	PROPRIETE	CLOTURE	TÉTRAS LYR	DEGAT GIB
Numérotation des parcs de 1 à 166	Date de plantation quand elle est connue	Période de plantation par dizaine d'années	Nom du propriétaire du parc : -Commune -SEVABEL -SETAM	Type de clôture : -PIQ GRL (piquet avec grillage) -RDN (rondin) -RDN GRL (rondin avec grillage) -FILET SKI -ABS (absence de clôture)	Présence du Tétras Lyre dans le parc de plantation (selon les données du Parc de la Vanoise) : -oui -non	Observation de frottis, écorçage, crottier et marque d'abroustissement : -oui -non
DEGAT BETA	ACT RECREA	TYPE ACT	PROTECTION	ESP VERT	PROXI RM	REGIME FOR
Observation de frottis, écorçage, crottier et marque d'abroustissement en zone de pâturage : -oui -non	Déploiement d'une activité récréative à l'intérieur ou à proximité du parc : -oui -non	Type d'activités : -VTT -sentier -ski -paintball -escalier piéton -bordure piste VTT -ascenseur -aire de pique-nique	Enjeux de protection d'une route, d'une infrastructure ou du bâti : -oui -non	Le parc ne possède aucun autre enjeu que paysager, il est donc considéré au même titre qu'un espace vert au cœur de la station : -oui -non	Le parc se situe à proximité d'une remontée mécanique (moins de 15m) : -oui -non	Le parc de par sa superficie relativement grande, sa stabilité, sa position excentrée de la station pourrait faire potentiellement l'objet d'une demande de parcelle forestière, soumis au régime forestier : -potentiellement -non

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des codes attribués aux données attributaires des parcs de plantations

### III.2.2 Appropriation des données via les outils QGIS

La table attributaire du projet QGIS étant maintenant complétée, il ne nous reste plus qu'à appliquer des styles afin de visualiser les informations sur le fond de carte. En ce qui concerne les mesures mathématiques, seule la superficie sera calculée à partir de la calculatrice QGIS, en n'oubliant pas de laisser les surfaces en mètre carré, l'unité de l'hectare étant trop grande pour certains parcs.

La légende s'organise en 7 grandes parties :

- Structure du peuplement
- Type de clôture
- Enjeux & Contraintes
- Priorité d'intervention
- Parcs potentiels REGIME FOR (pour régime forestier)
- Période de plantation
- Propriétaire

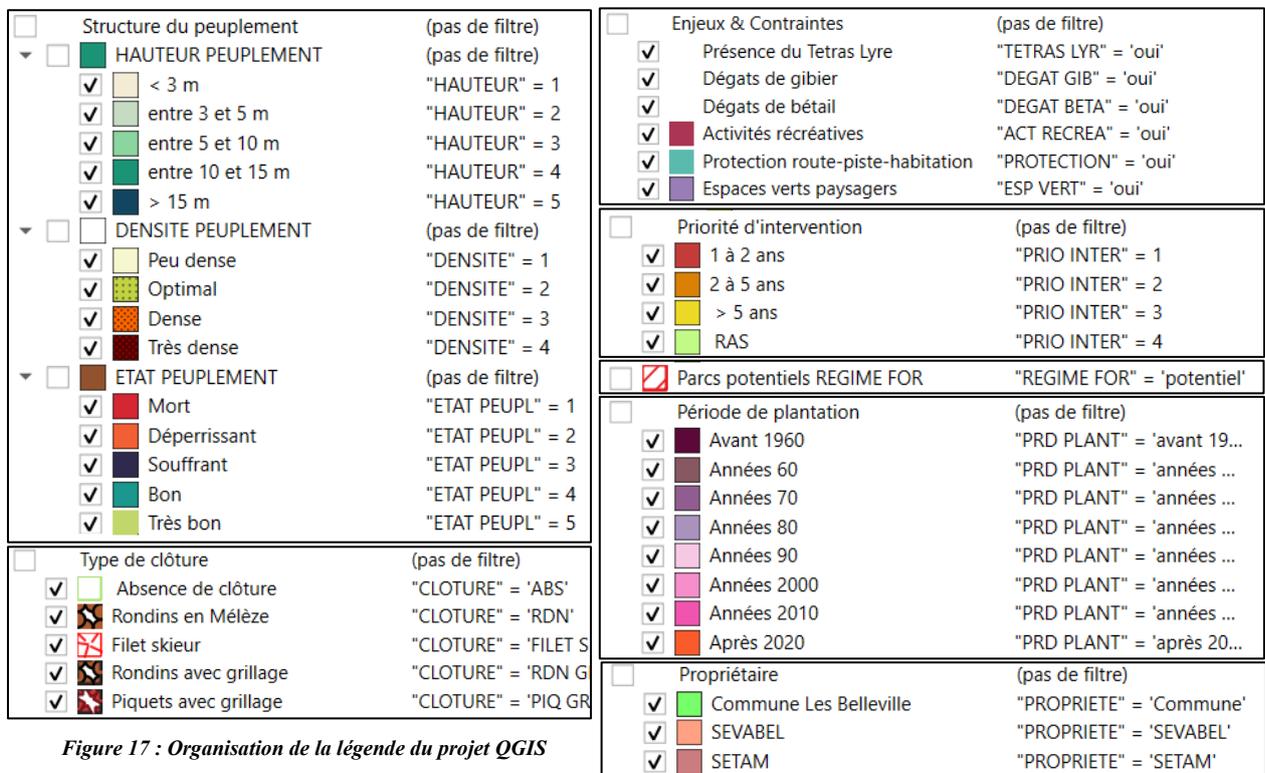


Figure 17 : Organisation de la légende du projet QGIS

Afin de ne pas surcharger volontairement le fond de carte, certains paramètres comme la hauteur, la densité, l'état du peuplement, ne sont pas visibles simultanément. Les entités étant en effet parfois très petites, il a fallu faire des choix de représentation.

Pour exploiter les données de répartition des essences de chaque parc, les options de diagramme de la couche de QGIS se prêtaient bien. Un diagramme en camembert affiche donc la proportion de chaque essence présente. Les feuillus, minoritaires, apparaissent sous une seule catégorie (somme des % de tous les feuillus) (cf. figure 18).



Figure 18 : Diagramme QGIS



Figure 19 : Sentiers pédestres et VTT, QGIS

Enfin, des couches vectorielles recensant les activités récréatives (Piste VTT, sentier, piste de ski, ...) (cf. figure 19), les données du Tétrás Lyre ainsi que l'emprise des remontées mécaniques sur les parcs de plantations permettent de visualiser l'ensemble des enjeux et des contraintes des parcs nécessaires à l'analyse et la compréhension du contexte des plantations.

### III.3 - Création d'un rapport interactif sur Power BI

La base de données SIG étant maintenant terminée, il a fallu réfléchir à un support pour présenter les données qualitatives de manières synthétiques et visuelles. La table attributaire de QGIS présente quelques limites pour analyser les données et les transformer en graphiques interactifs. Le logiciel Power BI se prête plutôt bien aux résultats attendus, bien qu'il demande un peu de travail d'adaptation des tables de données en amont.

#### III.3.1 Adaptation de la base de données attributaires sur Excel

Power Bi, connu pour ses performances en termes d'analyse de données et de visualisation sous Microsoft s'alimente à partir, entre autres, de tableaux Excel. La première étape a donc été de transposer les données QGIS sous format de tableur, en prenant bien soin d'ordonner les lignes par ordre croissant de parc, fusionnant les données des parcs de Val-Thorens et des Menuires, soit 166 lignes.

Ensuite, afin d'élaborer des graphiques à partir de données qualitatives, il faut construire des tables par catégorie, reprenant toutes les déclinaisons possibles. Par exemple pour la catégorie « Propriétaire », 3 résultats sont possibles : « Commune », « SEVABEL » et « SETAM » (cf. figure 20). De même, pour les catégories « Contraintes », « Enjeux », « Type d'intervention » et « Type d'activité », il faut créer une table pour chacune d'elles, énumérant tous les résultats possibles.



Figure 20 : Table Power BI

Par ailleurs, il faut aussi créer des tableaux avec les codes correspondant aux valeurs de « Hauteur », « Densité », « Etat du peuplement » et « Priorité d'intervention ».

Enfin, il faut toujours avoir en tête que le logiciel Power Bi va permettre de mettre en relation toutes les informations communes aux parcs de plantations grâce une valeur distinctive et identitaire, ici le numéro de parc. La dernière étape qui nous reste à faire est donc de créer des tables récapitulatives de tous les résultats existants pour chaque catégorie, reliés à leurs numéros de parc. Etant donné qu'un parc peut avoir plusieurs résultats pour une catégorie, il faudra bien faire attention à créer une ligne différente par résultat en indiquant bien le numéro correspondant. Je m'explique, la table « Contraintes » contiendra

NUM PARC	CONTRAINTES
104	Dégat gibier
116	Dégat gibier
117	Dégat gibier
10	Dégat bétail
67	Dégat bétail
68	Dégat bétail
102	Dégat bétail
1	Proximité RM
2	Proximité RM

Figure 21 : Table « CONTRAINTES », Power BI

par exemple une colonne, « NUM PARC » et une colonne « CONTRAINTES », indiquant pour chaque parc, le type de contrainte correspondant. Si le parc possède à la fois la contrainte « Dégât de gibier » et « Dégât de bétail », alors deux lignes distinctes seront créées dans le tableau (cf. figure 21). La création de ces tables sont nécessaires uniquement pour les catégories où un parc est susceptible d'avoir plusieurs résultats possibles, c'est-à-dire les catégories « Contraintes », « Enjeux », « Types d'activités » et « Prévisionnel d'intervention », cette dernière catégorie prenant en compte à la fois le type et la priorité d'intervention.

### III.3.2 Importation des données dans Power Query et création de la matrice dans Power BI

Power Query est l'interface qui permet d'importer les données dans Power BI venant de différentes sources. Ce laboratoire de données permet aussi de les modifier, nettoyer si nécessaire, et créer si besoin des nouvelles données à partir des valeurs chargées précédemment et une table de calcul. Il est important de créer un dossier propre aux tables Excel sur l'ordinateur afin que la source des documents ne soit pas modifiée par la suite. En bref, une fois que les données sont importées dans Power Query, on peut alors commencer la construction de la matrice dans Power BI (cf. figure 22). Cela revient à créer des relations entre toutes les tables afin que les graphiques interagissent entre eux lorsqu'on applique différents filtres (de localisation, date de plantation, propriétaire, etc.).



Figure 22 : Matrice des tables, Power BI

### III.3.3 Création des visualisations interactives dans Power BI Desktop

Une fois la matrice finalisée et fonctionnelle, il ne reste qu'à créer son tableau de bord en y insérant les graphiques visuels les plus adaptés aux données que l'on veut présenter. Chaque graphique met en relation plusieurs données, certaines qualitatives, d'autres quantitatives, les relations matricielles permettent de faire le lien avec l'ensemble des visuels. Pour plus de visibilité, j'ai présenté mon tableau de bord sous plusieurs onglets que je vous présenterai ultérieurement dans les résultats. Il est également possible de joindre au rapport des photos et des données de localisation. En ce qui concerne les photos, elles ne doivent pas excéder 30Mo et doivent être toutes numérotées par un identifiant qui les rattachera à la matrice. Dans mon cas, j'ai utilisé les numéros des parcs. Enfin pour ce qui est des données SIG, plusieurs visuels de cartographie sont disponibles. J'ai utilisé personnellement, Argis for Power Bi. Les données de latitude et de longitude doivent être en degrés minute, une conversion depuis QGIS est donc nécessaire car le logiciel les exporte habituellement en degrés décimal. La formule à utiliser dans l'outil de calculatrice QGIS est la suivante « x(transform(\$geometry, layer\_property(@layer, 'crs'), 'EPSG :4326') ».

Enfin, pour fluidifier la navigation entre les différentes pages du rapport, il est possible de rajouter des boutons de navigation, permettant de passer d'une page à l'autre facilement. Également, pour garder une certaine cohérence entre les pages, la création d'un volet de présentation avec les principaux filtres à appliquer et les informations générales des parcs est à mon sens pertinent.

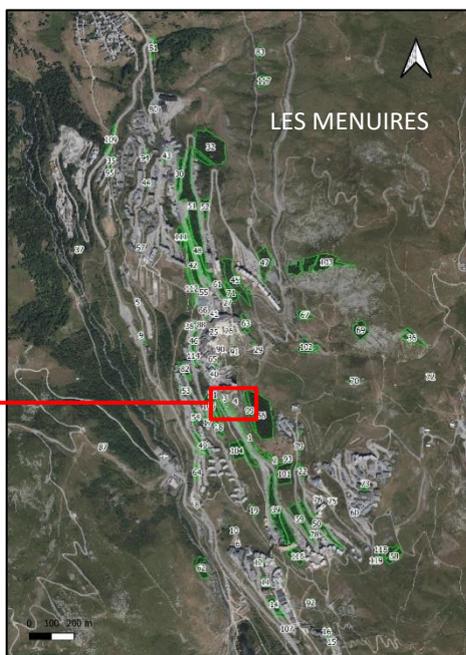
## **IV. Résultats**

### ***IV.1 - Cartes thématiques sur QGIS***

Mon travail de cartographie a abouti à un projet QGIS qui reprend de manière visuelle tous les enjeux et les contraintes liés aux parcs de plantations paysagères. Un volet structure du peuplement permet d'avoir des informations descriptives sur les arbres. Enfin des informations annexes tels que l'année de plantation, le propriétaire, la superficie, etc. viennent enrichir le contexte de plantation des îlots forestiers.

Cette base de données SIG est un outil d'aide à la compréhension du contexte et permet de se rendre compte de manière très visuelle de l'état des parcs aujourd'hui. Les données cartographiques sont en effet des outils fondamentaux du forestier pour appréhender les enjeux spatiaux à venir, prendre des décisions et les partager. Cette notion de partage est, elle aussi, fondamentale car les cartes sont avant tout un moyen de communication de l'information de manière simple et visuelle, comportant un langage universel qui leur sont propres. Voici dessous, les résultats de mon projet QGIS par thématique :

- Vue d'ensemble sur la globalité des parcs :



Au final, 166 parcs ont été répertoriés sur 22.3 ha de surface boisée dont 47 seulement se retrouvent à Val-Thorens. En effet, les Ménuires représentent la plus grande station de plantations, avec pour elle seule 20.5 hectares et 119 parcs.

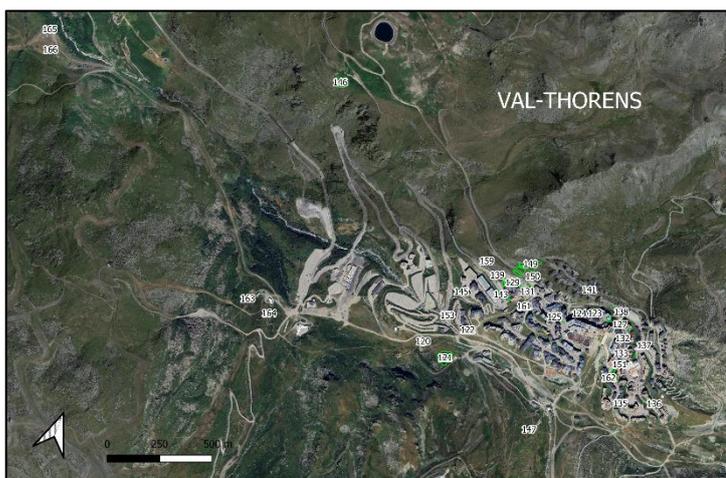


Figure 23 : Cartographies des parcs de plantations paysagères des Belleville sur les stations des Menuires et de Val-Thorens, QGIS

- Zoom sur des plantations : pour plus de visibilité et mieux appréhender les petites entités !

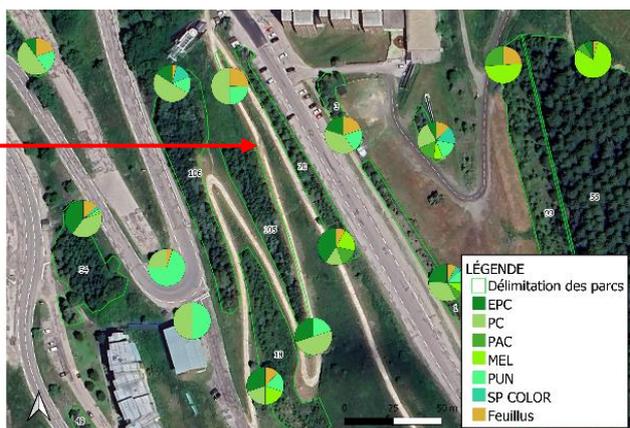


Figure 24 : Zoom sur des parcs aux Menuires, QGIS



Figure 25 : Canopée prise par drone

La superficie des parcs s'étend de 16 m<sup>2</sup> pour le plus petit à 1.7 ha pour le plus grand. La répartition des essences y diffère d'un parc à l'autre en fonction principalement de la date à laquelle ils ont été plantés

(cf. figure 24). Le mélèze, très présent dans les premières plantations a laissé sa place par la suite au pin cembro et pin à crochet. A partir des années 80, l'épicéa pungens est très prisé, pour sa couleur bleutée toute l'année. Aujourd'hui, la place des feuillus est plus importante dans les jeunes plantations, on retrouve un équilibre entre pin cembro, épicéas pungens, épicéa commun et feuillus. Le mélèze et le pin à crochet sont plus minoritaires. Une des difficultés rencontrées lors de l'analyse des résultats, reste le nombre important de parcs et leur grande différence de surface. Il n'est en effet pas toujours évident de travailler sur des grands espaces avec beaucoup d'hétérogénéité. Pour faciliter le diagnostic et la mise

en place de préconisations sylvicoles, on a imaginé avec mon maître de stage travailler à partir de photos prises par drone. Les résultats, après une première phase de tests (cf. figure 25), ont en effet été plus qu'encourageants car la précision nous permettait d'identifier les essences présentes et ainsi de pouvoir travailler sur des supports cartographiques à l'arbre près. Malheureusement, pris par le temps nous n'avons pas pu faire aboutir notre projet avec le prestataire mais cette méthode de travail n'est pas à exclure pour des diagnostics futurs.

▪ Carte thématique *Enjeux & Contraintes*

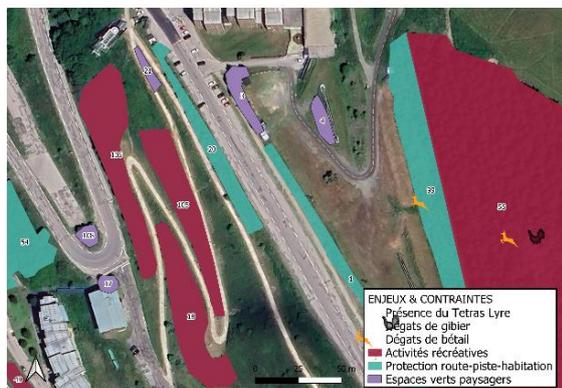


Figure 26 : Zoom sur la carte « Enjeux & Contraintes », QGIS



Figure 27 : Zoom sur les activités récréatives du Mélézin aux Menuires, QGIS

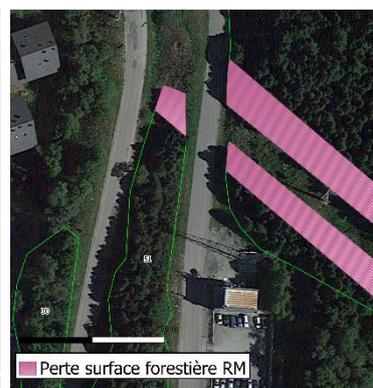


Figure 28 : Zoom sur la superficie forestière soumise aux 30m d'emprise des remontées mécaniques sur des parcs au Menuires, QGIS

Identifier les enjeux et les contraintes représentait un des attendus majeurs pour envisager le devenir des parcs. En effet en fonction des rôles et des pressions exercées sur les plantations, l'intervention sylvicole ne va pas être la même. Par exemple, la présence du Tétrás Lyre relevée dans 22 parcs sur 9.9 ha de plantation, implique une intervention plus faible pour minimiser la perturbation du peuplement et l'écosystème forestier. La présence de gibier, qui concerne 24 des parcs, présuppose de conserver une lisière dense au pourtour du parc afin qu'elle serve de barrière naturelle contre la grande faune et ainsi préserver les jeunes individus à l'intérieur, de la pression d'herbivorie. De même pour les parcs à proximité des pistes de ski, conserver une végétation dense en lisière permet d'éviter la pénétration des skieurs hors-piste qui viennent alors décimés les jeunes arbres qui dépassent à peine du manteau neigeux ou encore perturber l'habitat du Tétrás Lyre. Enfin l'emprise du domaine skiable sur les parcs n'est pas anodine, les résultats montrent qu'une estimation à 1.6 ha de surface boisée pourrait être amenée à disparaître si la nouvelle réglementation en vigueur était appliquée à l'ensemble des remontées mécaniques. Ce résultat alarmant, est important à faire savoir aux élus afin qu'ils soient pris en compte dans les futurs projets d'aménagement du domaine skiable et que dans le pire des scénarios, des mesures compensatoires soient mises en place (transplantation des arbres, etc.).

▪ Cartes thématiques *Structure du peuplement*



Figure 29 : Zoom sur la carte « Hauteur du peuplement », QGIS

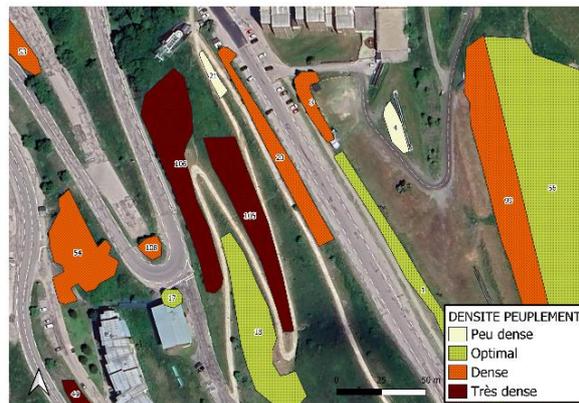


Figure 30 : Zoom sur la carte « Densité du peuplement », QGIS



Figure 31 : Zoom sur la carte « Etat du peuplement », QGIS

les arbres sont plus souffrants, inférieurs à 3 mètres dans la majorité et pour une densité plus faible (comprise entre 2500 et 1600 arbres/ha).

- Carte thématique *Priorité d'interventions sylvicoles*

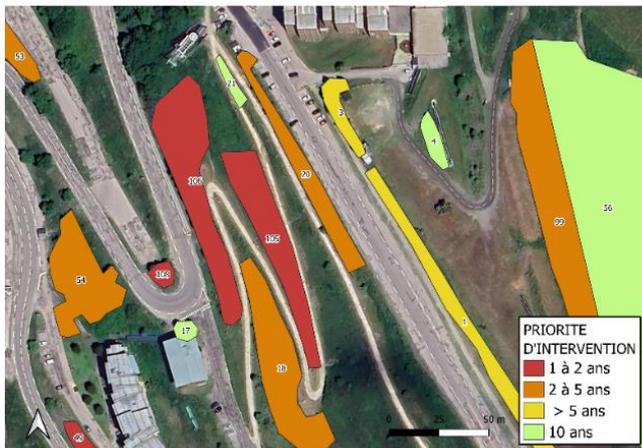


Figure 32 : Zoom sur la carte « Priorité d'interventions », QGIS

Ces cartes sont des outils d'aides à la décision pour le forestier qui peut alors les prendre en compte lors de la planification de ses interventions annuelles. Les résultats de hauteur, densité et d'état du peuplement sont plus facilement analysables par des graphiques dans le rapport de données Power BI. Globalement, l'état des peuplements est plus satisfaisant sur la station des Menuires où la majorité des parcs est catégorisée en « très bon » état, la hauteur des arbres est comprise entre 5 et 10m et la densité « optimale », équivalant à 2 500 arbres/ha. A Val-Thorens,

Cette carte permet d'identifier rapidement les zones sur lesquelles il faut intervenir en priorité, elle est très utile pour organiser les travaux des ouvriers et les visites de terrain. On compte actuellement 23 parcs pour lesquels il faut intervenir urgemment dans les 2 prochaines années, 30 parcs d'ici 5 ans, 37 parcs au-delà des 5 prochaines années et enfin, pour la grande majorité (81 parcs), mais cela concerne principalement les petites surfaces (7 ha au total), aucune intervention est nécessaire d'ici une dizaine d'années, sous réserve qu'aucun évènement extérieur perturbe leur développement.

- Carte thématique *Période de plantation*



Figure 33 : Zoom sur la carte « Période de plantation », QGIS

A visée informative, cette carte reprend le travail d'archive morcelés sur différentes cartes papier. Connaitre l'âge des peuplements est un indicateur non négligeable à prendre en compte lors des interventions. En effet un arbre de 15 ans ne réagira pas de la même façon qu'un arbre de 40 ans aux travaux sylvicoles (dépressage, détournage, etc.). Les parcs les plus vieux ont aujourd'hui 68 ans bien que la majeure partie des arbres ayant été plantée dans les années 90 et 2000 ont actuellement plus de 25 ans !

▪ Carte thématique *Propriétaire et Régime forestier*



Figure 34 : Zoom sur la carte « Propriétaires » et « Régime forestier », QGIS

Différents propriétaires se partagent les parcs paysagers des Belleville, bien qu'une majeure partie appartienne à la commune qui en compte à elle seule 153.

Par ailleurs, seuls 7 parcs seraient susceptibles d'être soumis au régime forestier, au statut de parcelle forestière et non de plantation. Cela permettrait aux propriétaires de demander des subventions pour l'entretien et les différents travaux. Cependant cela implique aussi de nombreuses contraintes car le code forestier impose un cadre beaucoup plus rigide et

rigoureux, notamment à propos des interventions sylvicoles. Les parcs pour être éligibles ne doivent donc pas être trop sollicités par des activités récréatives et se situer hors du cœur urbanisé de la station.

### IV.2 - Rapport interactif sur Power BI

En accompagnement de l'outil cartographique QGIS, le rapport interactif sur Power Bi permet une approche systémique et une analyse interactive du jeu de données. Ce dernier présuppose au lecteur une bonne connaissance du contexte cartographique en amont pour avoir une meilleure projection des données sur le terrain. En effet l'approche du rapport se fait essentiellement par des résultats chiffrés et codifiés qui sont simples à la compréhension et permettent ainsi d'être accessibles à tous, y compris des acteurs locaux qui ne font pas partis du monde forestier (élus, maire, agent du parc, directeur des pistes, ...). Un travail de vulgarisation des données, depuis leur collecte sur le terrain, permet ainsi de remplir un deuxième objectif, en plus de l'analyse du contexte des parcs de plantations, celui du partage et du compte-rendu aux élus des résultats de l'étude. Enfin, une page du rapport est dédiée aux préconisations d'intervention par priorité sur une dizaine d'année pour le garde forestier. Le rapport de donnée Power BI répond ainsi à lui seul à de nombreuses attentes demandées au début de mon stage.

Voici ci-dessous, le premier onglet du rapport Power Bi : *annotations en rouge*

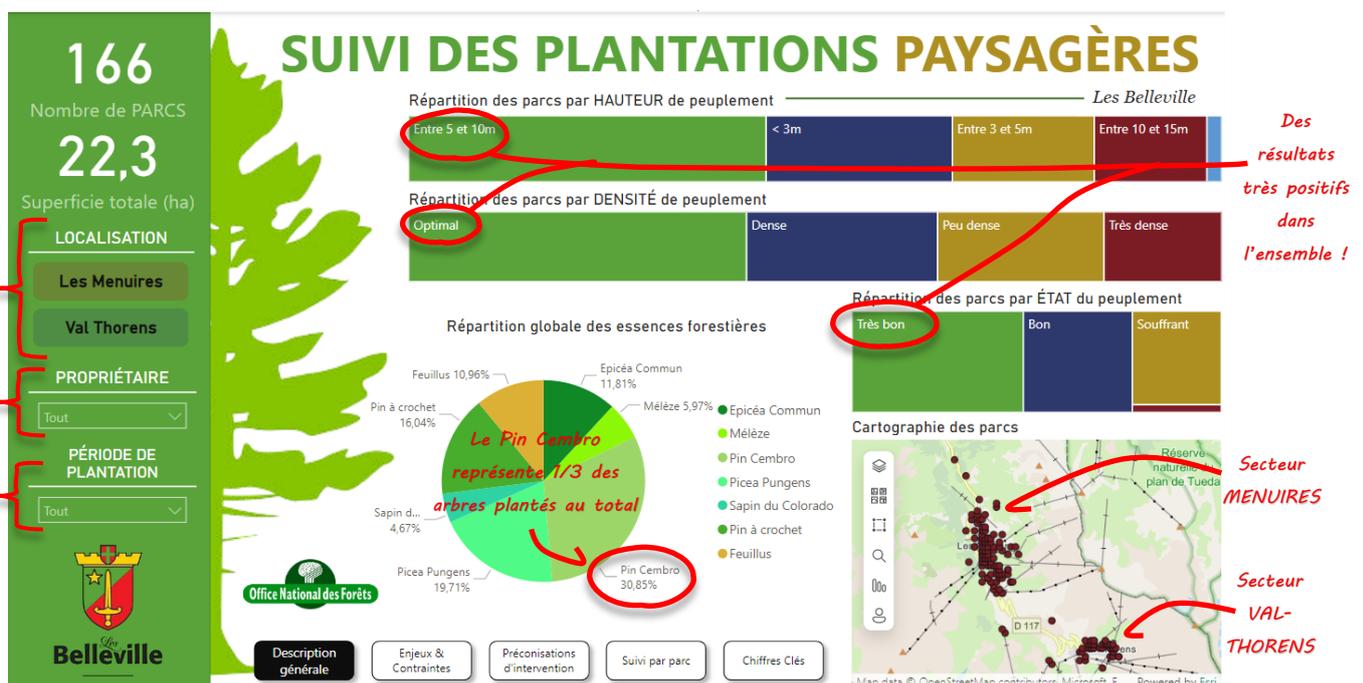


Figure 35 : Description générale, page 1- rapport Power BI

La première page (cf. figure 35) est une description générale de l'ensemble des parcs de plantations, on y retrouve les informations essentielles pour avoir un aperçu du diagnostic forestier (hauteur, densité, état du peuplement et répartition des essences forestières). Les visuels sont interconnectés entre eux, ainsi on peut connaître la proportion de parcs pour laquelle la densité est élevée par exemple, et connaître parmi ces parcs-là, la hauteur dominante des arbres. De même, on peut connaître parmi les parcs qualifiés de « souffrants », la proportion et le nom de l'essence dominante, et ainsi de suite. A cela, il est possible d'ajouter des filtres de période de plantation, de propriétaire ou encore de localisation. En bref, une infinité de combinaisons permet d'apporter de nombreuses conclusions en termes d'analyse des données.

Les deux exemples suivants, témoignent des différents degrés de lecture que l'on peut avoir sur le rapport :



Figure 36 : Description générale, page 1 - rapport Power BI : Filtre « Parcs plantés après 2020 »



Figure 37 : Description générale, page 1 - rapport Power BI : Filtres « Parcs plantés années 1990 » & « Hauteur comprise entre 5 et 10m »

Le deuxième onglet (cf. figure 38) met en évidence les différents enjeux et contraintes des parcs de plantations. Le volet de gauche de la même façon que précédemment permet d'ajouter des filtres sur les parcs que l'on veut analyser. Grâce aux graphiques des enjeux et des contraintes, on peut connaître la proportion de parcs pour chaque item. Le tableau de droite, à chaque nouvelle sélection, identifie les numéros de parcs concernés. On peut également travailler à partir du type d'activité récréative et connaître par exemple, la part des parcs qui sont soumis à l'emprise du domaine skiable (27/166). Le graphique sur l'état du peuplement permet de mesurer s'il existe une corrélation entre les contraintes exercées sur les parcs et leur état. Enfin, la répartition des essences est intéressante à connaître pour faire le lien entre la présence du Tétrás, son régime alimentaire et les ressources disponibles (le pin à crochet est majoritairement représenté, bien qu'il ne soit pas la première ressource d'alimentation du Tétrás. Plusieurs hypothèses sont possibles, soit l'animal s'est tout simplement adapté à son environnement au vu de la forte pression sur son habitat, ou alors, bien que le pin soit l'essence principale, il arrive à trouver des sources d'alimentation plus variées. A noter que, pendant la période hivernale, il ne lui reste en général que les aiguilles des résineux pour se nourrir (Les diagnostics des habitats du tétras-lyre | Parc national de la Vanoise).

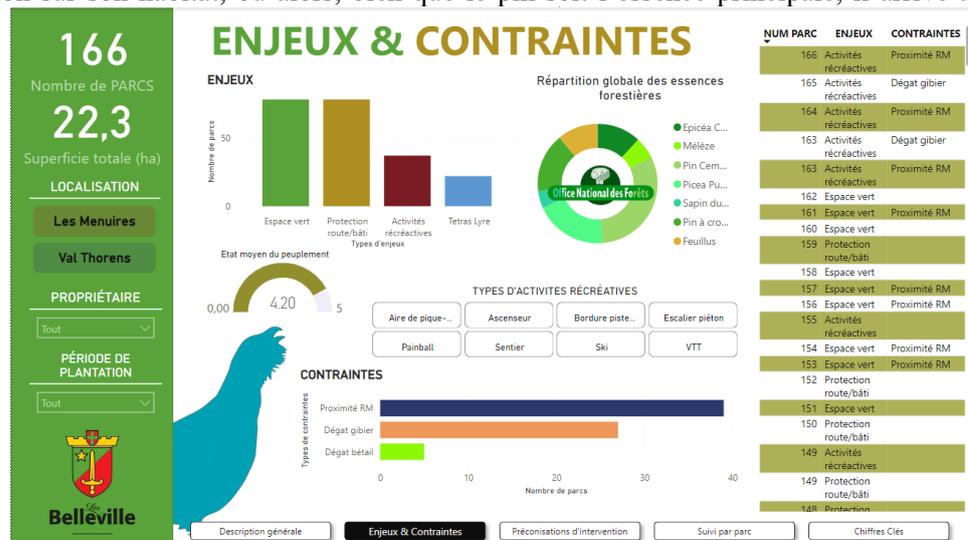


Figure 38 : En jeux & Contraintes, page 2 - rapport Power BI

Le troisième onglet présente le prévisionnel des interventions sylvicoles suggérées sur la décennie à venir (cf. figure 39).

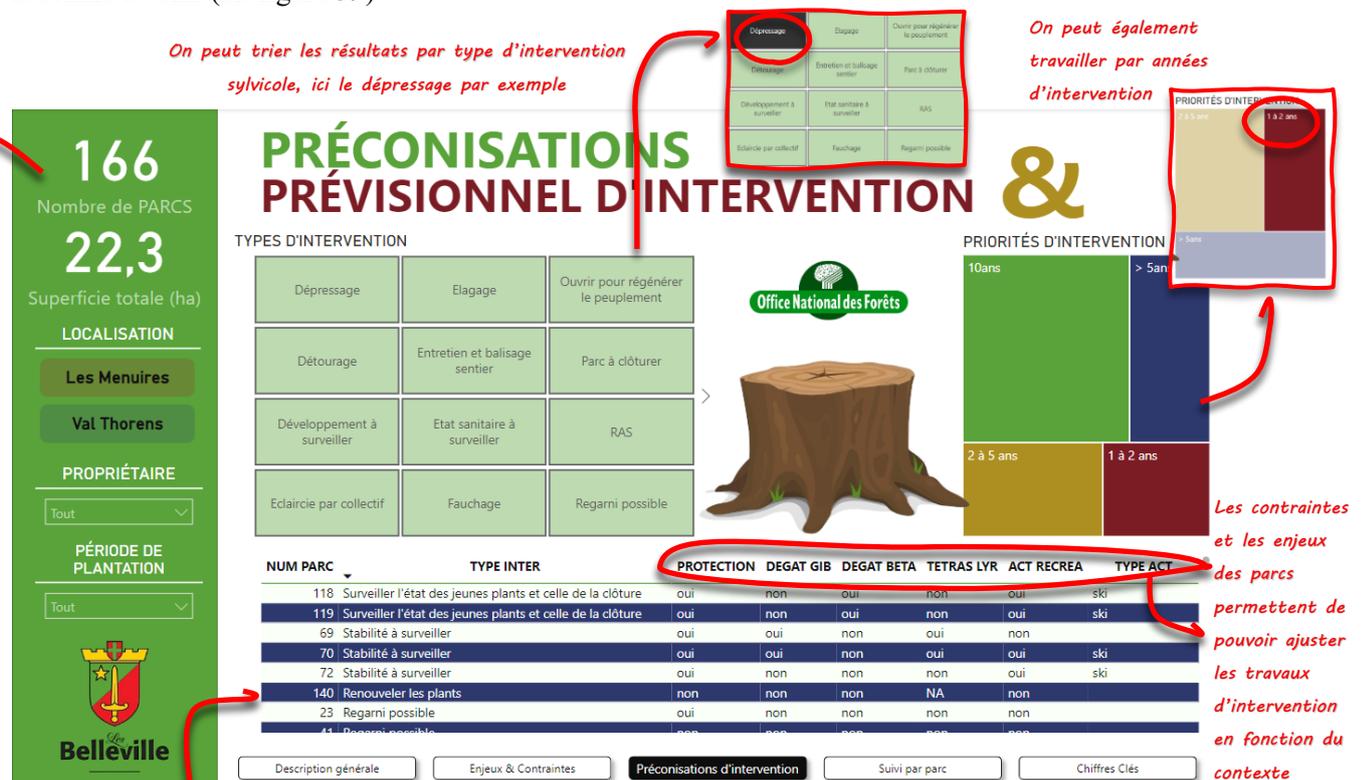


Figure 39 : Préconisations d'intervention, page 3 - rapport Power BI

La liste des parcs sélectionnés apparaît ici avec un commentaire sur l'intervention si nécessaire

Le quatrième onglet permet un travail à l'échelle d'un seul parc (cf. figure 40). Cette fiche technique de l'ilot forestier synthétise toutes les informations connues, y compris la localisation et la photographie.

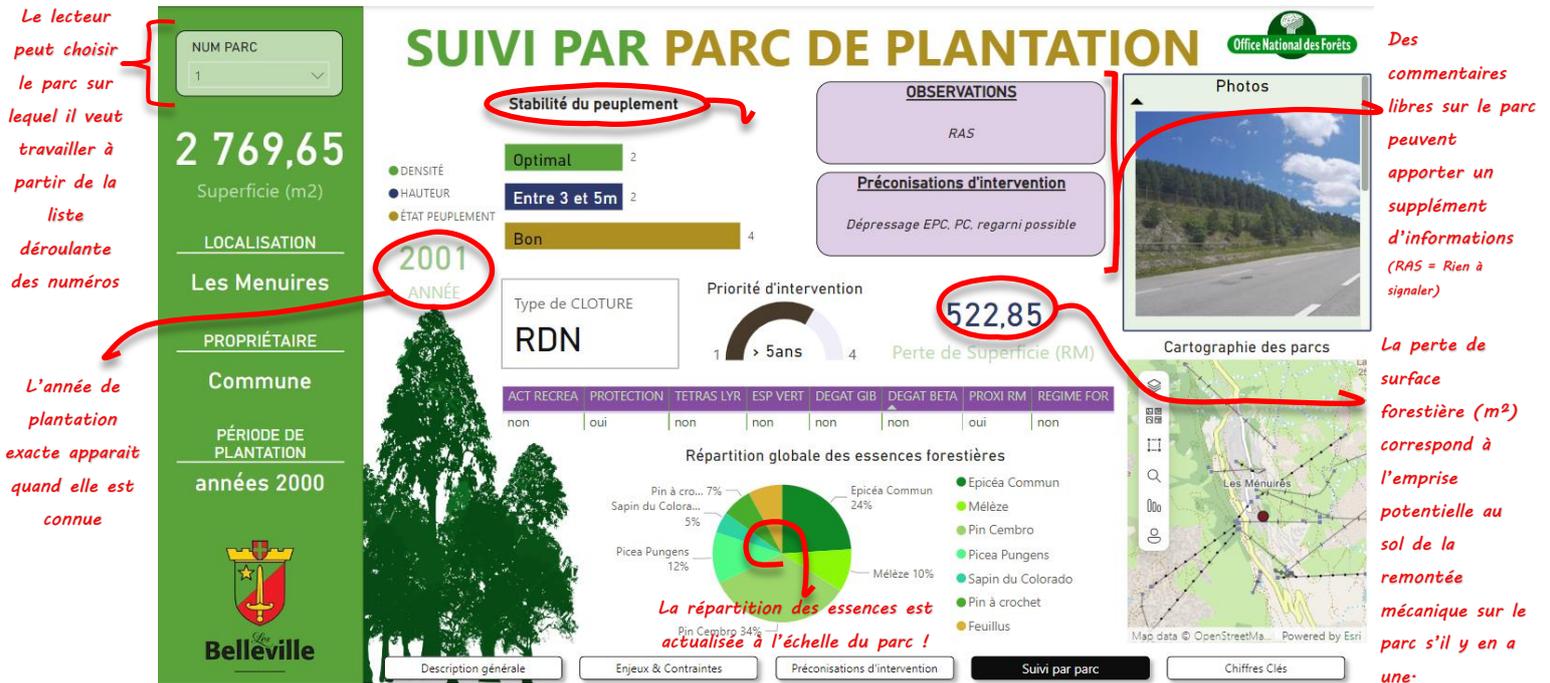


Figure 40 : Suivi par parc, page 4 - rapport Power BI : Filtre « Parc n°1 »

Enfin, la dernière page du rapport concerne les chiffres clés d'investissement des plantations, elle est principalement dédiée aux différents propriétaires afin qu'ils puissent faire un retour sur leur investissement (cf. figure 41).

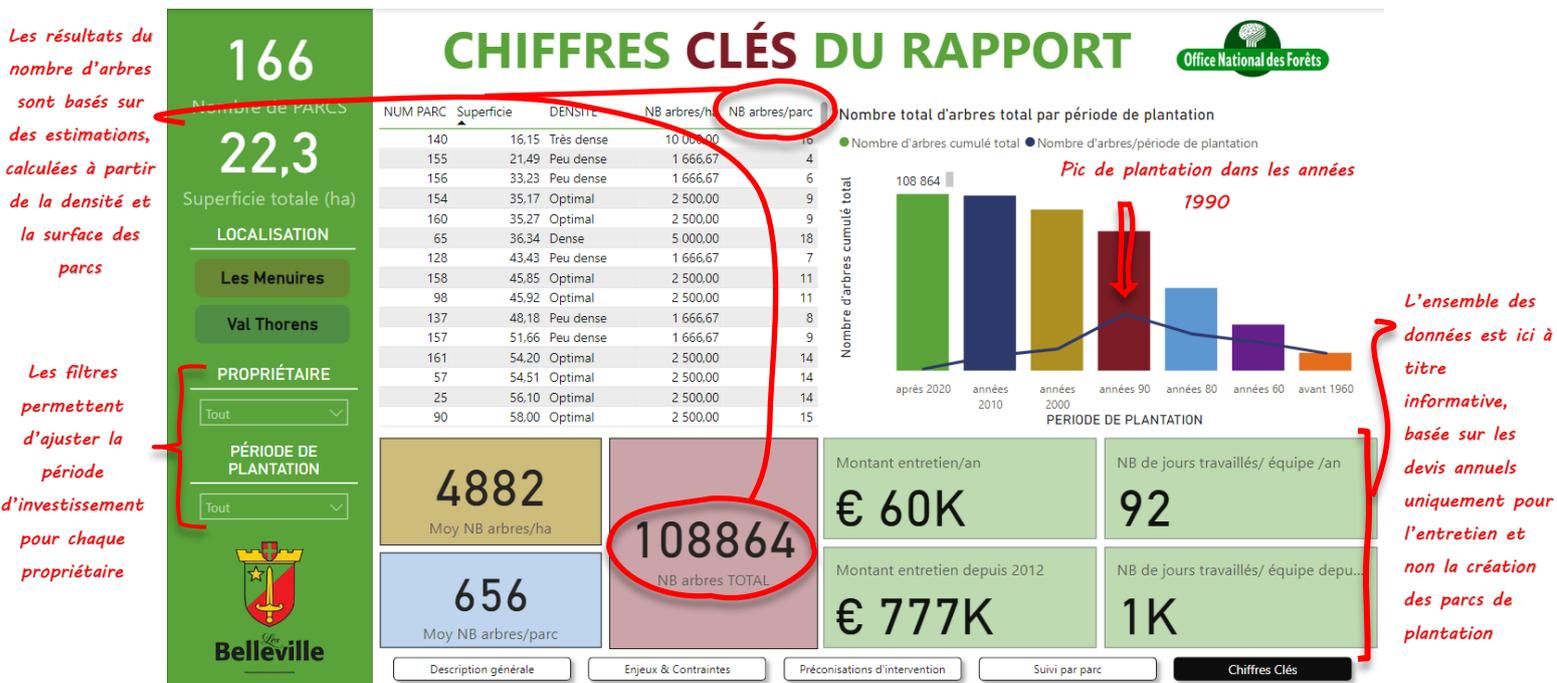


Figure 41 : Chiffres clés, page 5 - rapport Power BI

## V. Discussion

L'étude du suivi de plantation des parcs paysagers des Belleville est singulière par le contexte dans lequel elle s'inscrit et par tous les enjeux qu'elle soulève. Dans le temps imparti que je possédais (13 semaines), il n'a pas été facile d'appréhender, d'imaginer, de mettre en place et finalement d'analyser les résultats de ce travail, parmi diverses autres petites missions de stage.

Bien que je sois au final, très satisfaite des retours et critiques à l'égard de mon travail, lors de ma restitution des résultats devant les élus et autres acteurs du territoire, quelques points d'amélioration sont à relever.

Tout d'abord, si on parle de la mise en place de l'étude en elle-même, j'ai manqué un peu de temps pour préparer davantage ma phase de terrain. En effet, j'ai été vite rattrapée par la nécessité d'aller sur le terrain, or une phase de recherches bibliographiques sur les études similaires et de réflexion plus profonde sur l'élaboration du protocole aurait apporté plus de finesse à mon travail. J'ai donc affiné mon protocole au fil de mes relevés. C'était nécessaire pour obtenir une base de données derrière qui correspondait à mes attentes mais cela m'a obligé à repasser sur le terrain pour corriger des relevés manquants ou inadaptes. Dans l'idéal, il aurait fallu faire tous mes relevés directement avec le même protocole. De plus, certains de mes relevés relèvent de l'appréciation, un biais observateur fort est donc à prendre en compte. Ce dernier, source d'erreurs ou du moins de divergences avec d'autres résultats peut être considéré comme le point faible de mon travail.

Ainsi, bien que l'effort d'appropriation de l'étude soit présent, le diagnostic forestier en lui-même manque quelque peu de rigueur et de technique. Un protocole plus précis et complexe, nécessitant plus de temps sur chaque parc aurait permis de créer une base de données plus poussée d'un point de vue sylvicole. Par exemple, pour la composition des essences, j'aurais pu envisager un pourcentage relatif à partir du nombre d'arbres dans le parc. Un comptage du nombre d'arbres actuels par échantillonnage, aurait également pu être comparé avec les chiffres du nombre d'arbres plantés répertoriés dans les archives. Cela aurait pu donner une idée plus précise du taux de réussite de plantation, en considérant qu'à l'heure actuelle, une très faible intervention de dépressage a eu lieu.

Par ailleurs, la prise en compte de plusieurs autres paramètres aurait pu s'envisager. La surface terrière adaptée à de très petits diamètres aurait par exemple pu être mesurée, de même que les diamètres moyens, pour obtenir des coefficients de forme ou encore le taux de développement des houppiers. Ce dernier paramètre aurait, par exemple, pu être abordé à partir d'un diagnostic aérien des parcs. Le travail à partir d'images à haute résolution, prises par drone, ouvre de nouvelles opportunités dans l'analyse des données, tout en gagnant un temps, non négligeable de terrain. En effet, cette approche a déjà porté ses fruits comme nous le témoigne l'étude menée par le CIRAD en Afrique centrale sur la quantification des dimensions des houppiers (Ndamiyehe Ncutirakiza et al., 2020). Le manque de temps nous a contraint de ne pas approfondir le sujet.

Enfin, le travail réalisé sur power Bi, bien que très séduisant aux premiers abords, présente également quelques limites. L'interface cartographique est par exemple vite limitante, sans la licence professionnelle ArcGIS. Une couche vectorielle des parcs de plantations avec des entités polygonales est compliquée à visualiser sur le logiciel. Un aspect contraignant, au vu de l'importance de l'outil SIG pour le forestier. De plus, le dispositif de traitement d'images est très vite saturé, il n'est donc pas pratique d'importer des photos directement dans la base de données. Outre ces mesures, l'effort d'analyse systémique des résultats de manière interactive a été très apprécié de toute l'équipe. Le devenir des Belleville revient maintenant aux mains des acteurs de la vallée. De part mon travail, ils ont

connaissance et accès à la base de données qui donne les grandes lignes directives des objectifs identifiés pour chaque parc.

Les résultats sont en effet très parlants, il existe deux dynamiques de croissance des arbres très différentes entre les Menuires et Val-Thorens, qui s'explique très facilement par la différence d'altitude des deux stations. Les parcs des Menuires après 30 ans, sont parvenus au stade de la jeune futaie pour certains, les peuplements se portent bien (cf. figure 43). Si certains parcs ont déjà fait l'objet d'interventions sylvicoles, avec des élagages et des nettoiemnts-dépressages, il est maintenant essentiel d'intervenir dans tous les peuplements ayant une forte densité (10 000 arbres/ha !!) par travaux de dépressage ou détourage, quand l'intervention est tardive (cf. figure 42). L'objectif est de limiter la concurrence inter- et intraspécifique qui peut s'exercer sur les ressources afin d'obtenir des arbres équilibrés (h/d) et résistants aux aléas climatiques. Le risque majeur porte en effet, sur l'effondrement des peuplements, devenus trop fragiles au vent, à la neige et aux chutes de pierres.

A Val-Thorens, la croissance des arbres y est plus lente et laborieuse (cf. figure 44), bien que les arbres plantés il y a plus d'une quinzaine d'années témoignent aujourd'hui de la réussite des plantations de très haute altitude. Les parcs au cœur de la station, plus abrités du froid, présentent en effet des résultats très encourageants. De plus, il n'est pas toujours évident de conclure d'une façon certaine à l'inadaptation de l'essence au contexte car les pressions externes, liées à l'activité humaine ou à l'herbivorie, ont pu jouer un rôle important dans la croissance des arbres et leurs formes chétives.



Figure 42 : Interventions de dépressage et de détourage préconisées dans les parcs à forte densité

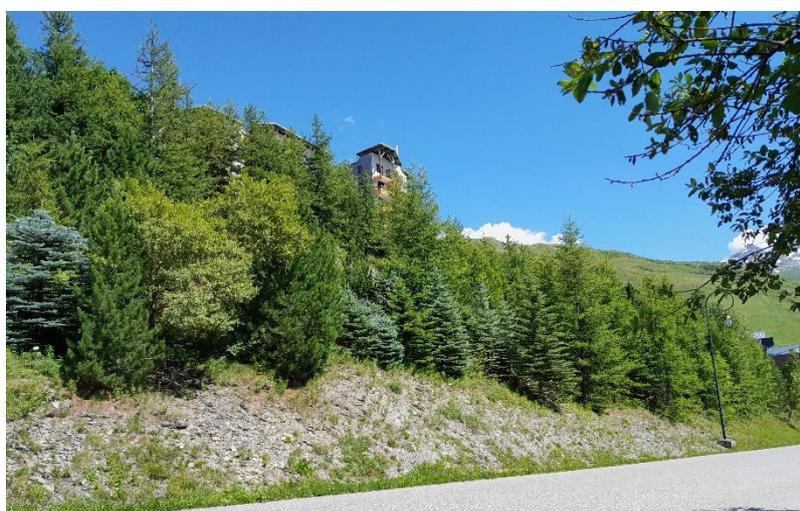


Figure 43 : Parc de plantation en « Très bon » état aux Menuires



Figure 44 : Epicéa « Dépérissant » à Val-Thorens

## Conclusion

En conclusion, assurer la pérennité des plantations des Belleville, situées en haute altitude, nécessite une approche globale et équilibrée, tenant compte à la fois des enjeux écologiques, économiques et sociaux. Les pressions anthropiques, liées au développement touristique et aux infrastructures, ainsi que l'herbivorie exercée par les ongulés, représentent des défis majeurs pour la stabilité de ces écosystèmes. Afin de préserver ces plantations tout en conciliant leurs fonctions paysagères, récréatives et protectrices, il est impératif de mettre en place des stratégies de gestion durable.

Cela inclut des interventions de la part des ouvriers forestiers pour éclaircir les peuplements qui souffrent pour certains de densité très élevée, un travail qui prend en compte la pression des herbivores et la perturbation liée au domaine skiable, la stabilité des peuplements face aux conditions climatiques difficiles, la restauration et la diversification des espèces forestières, ainsi que la sensibilisation des acteurs locaux aux enjeux environnementaux. Seule une collaboration étroite entre les gestionnaires forestiers, les acteurs touristiques et les communautés locales permettra de garantir la pérennité de ces espaces naturels, essentiels au patrimoine et à l'équilibre écologique de la vallée.

Les outils de gestion mis en place durant mon stage (base de données SIG, rapport interactif, prévisionnel d'interventions, formulaire de suivi de travaux) doivent, je l'espère, apporter des solutions concrètes aux équipes de l'ONF pour mieux appréhender les enjeux et le travail que révèlent les plantations paysagères. Pour autant, la base de données nécessite d'être actualisée et corrigée chaque année pour adapter l'outil à la réalité du terrain. Une notion qui tient particulièrement à cœur à l'équipe de travail de la maison forestière de Moutiers. Ces passionnés sont en effet, à la recherche constante d'amélioration des approches de travail pour mieux composer avec le vivant et la rigueur de leur environnement. La gestion forestière de montagne nécessite une tout autre approche que celle dictée par les objectifs nationaux de la filière bois et forêt en France. L'importance du paysage et la vulnérabilité des écosystèmes sont au cœur des préoccupations forestières.



*Figure 45 : Parc de plantation paysagère dans la vallée des Belleville*

## Bibliographie

Archives 1990 - Forêt Communale de Saint-Martin-de-Belleville

ASTRADE, Laurent, FORGET, Marie, GAUCHON, Christophe, GIRAULT, Camille et MEYNET, Caroline, 2021. Trajectoires géographiques et paysagères de friches sportives en montagne. *Projets de paysage. Revue scientifique sur la conception et l'aménagement de l'espace. 2021*

BELLEAU, Éric, 2013. Suivi sanitaire des galliformes sur l'Arc alpin occidental : principaux résultats du programme ALCOTRA. *Faune Sauvage n°300*

Conservatoire du Patrimoine naturel de la Vanoise, 2009 - Programme de Reboisement (Archives ONF)

Edition communale Les Belleville 1991 (Archives ONF)

FISCHESSER, B., 1998. Les nouveaux défis d'une gestion durable et paysagère de la forêt de montagne. *Sciences Eaux & Territoires*. 1 mars 1998.

*Les Belleville.fr* "Un peu d'histoire..." ; "La Forêt". <https://www.lesbelleville.fr/ma-commune/decouvrir-la-commune/histoire-des-stations/>

Les diagnostics des habitats du tétras-lyre | Parc national de la Vanoise, <https://www.vanoise-parcnational.fr/fr/actualites/les-diagnostics-des-habitats-du-tetras-lyre>

MASSON, Gérard, 2020. Trente ans après, bilan de la réussite des plantations ardéchoises de Marcols-les-Eaux. *Revue forestière française*. 30 avril 2020.

MOLINES.L (CNPFF), 2019. Grille simplifiée d'analyse des peuplements

MULLENBACH, Pierre, 2001. Reboisement d'altitude.

CHAP I - CONDITIONS, ECOLOGIE EN ALTITUDE

CHAP III.11 PROTECTION CONCERNANT LES REBOISEMENTS

CHAP III-12 ENTRETIEN DES REBOISEMENTS

NDAMIYEHE NCUTIRAKIZA, Jean-Baptiste, LEJEUNE, Philippe, GOURLET-FLEURY, Sylvie, FAYOLLE, Adeline, NDJELE MIANDA-BUNGI, Léopold et LIGOT, Gauthier, 2020. Quantifier les dimensions des houppiers à l'aide d'images aériennes à haute résolution pour estimer l'accroissement diamétrique des arbres dans les forêts d'Afrique centrale. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*. 27 mars 2020.

ONF - Rapport d'activité 2022 - Agence Savoie Mont-Blanc

ONF - Chiffres clés - Edition 2023

ONF - Rendez-Vous Techniques n°78, 2023

ONF - Lettre info n°1, 2024. Effet des pressions anthropiques sur les relations entre espèces et leurs habitats sur le Massif des Trois Vallées

PELLISSIER, François, 1992. Reboisement expérimental dans une pessière subalpine à régénération naturelle déficiente. *Revue forestière française*. 1992.

PONCET, André, 1978. De l'ouverture des pistes à ski par défrichement dans les forêts de montagne. *Revue forestière française*. 1978. Vol. 30, n° 5, pp. 392-398.

SAINTONGE François-Xavier, DERRIERE Nathalie, IGN & DSF, 2024. Estimation des surfaces déperissantes.

# Annexes

## Dendrochronologie : Mesure de l'effet du détournage sur la croissance des arbres

Analyse des résultats de carottage réalisés à la tarière de Pressler (11/07/24)

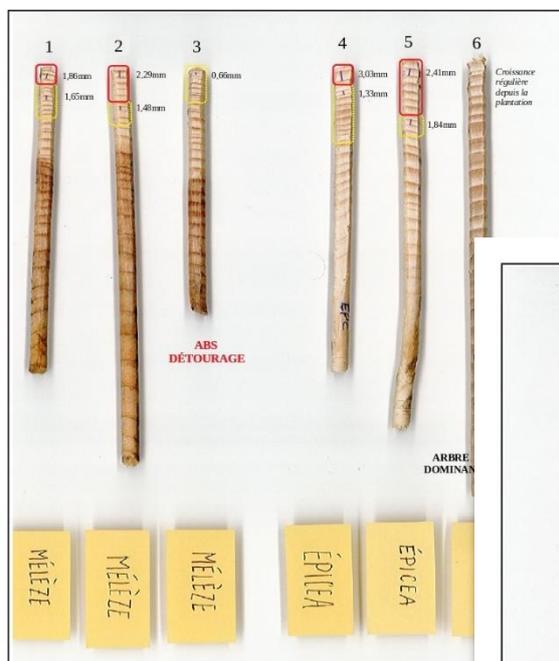
**Lieux de carottage :** Parcelle 2 – Les Belleville

**Description du peuplement :** Peuplement mélangé, par bouquet d'Épicéa, de Mélèze et Pin à Crochet en futaie régulière. Absence de sous étage.

**Contexte :** Arbres plantés dans les années 80 pour un enjeu de protection de la route en aval avec une forte densité à l'hectare (5000 plants/ha). Une intervention de détournage autour de tiges d'avenir (stable, dominant, avec gros diamètre) tous les 12-15 mètres a été réalisée il y a 7-8 ans, lorsque les arbres avaient plus de 30 ans. Pour garantir le rôle de rétention de la neige (ancrage au sol), les arbres ont été coupés à 1,5m de hauteur et les grumes laissées transversalement au sol. Une forte présence de gibier est marquée par des traces de frotts systématiques sur les Épicéas.

**Méthode :** 7 carottages ont été réalisés sur 4 Mélèzes et 3 Épicéas à la tarière de Pressler à 0,5m de hauteur, perpendiculaire au tronc.

### Résultats des carottages :



### Discussions des résultats :

Parmi les 6 premières carottes, 5 ont été prélevées sur des arbres détournés il y a 7-8 ans. Le n°3 a été choisi dans un flot dense, n'ayant reçu aucune intervention.

La pression due à la forte densité du peuplement sur la croissance des arbres est remarquable sur les arbres n°1, n°2, n°3, n°4 et n°5 par un rétrécissement des cernes annuelles (encadré pointillé en jaune sur la figure). L'Épicéa n°6 ne présente pas de baisse de croissance significative, comparé aux autres arbres. Cela peut s'expliquer par la dominance importante de l'arbre avant l'intervention, on peut donc supposer qu'il a moins souffert de la forte densité du peuplement.

Pour les tiges n°1, n°2, n°4 et n°5, une réaction de l'arbre au détournage s'observe par un accroissement progressif des cernes après la période de stress (encadré en rouge sur la figure). Les résultats sont légers dans certains cas, avec des taux de croissance allant de 1,65mm/an avant le détournage, à 1,86mm/an quelques années après l'intervention (carotte n°1). Dans d'autres cas, le taux de croissance après le détournage est au-delà du double (carotte n°4).

Pour la tige n°7, la réaction de l'arbre s'observe plus tôt que celle des autres échantillons (il y a environ 14ans contre 7-8 pour les autres). Ce résultat est corrélé à plusieurs chablis observés autour de l'arbre à cette

période-ci. Un dégagement naturel lui a donc permis de réagir plus vite. Ce résultat est ainsi encourageant quant à la corrélation établie dans cette étude entre détournage et croissance radiale des arbres.

Afin de conclure quant à une réaction spécifique des arbres par essence au détournage il aurait fallu travailler à partir d'un échantillonnage plus important de Mélèze et d'Épicéa, bien qu'une légère tendance laisse supposer une meilleure réaction du Mélèze à l'intervention. Cela peut se justifier par la dominance apicale naturelle de ce dernier, comparé à l'Épicéa,

### Conclusion :

Les résultats sont en globalité révélateurs des travaux effectués, bien que nous aurions pu nous attendre à une reprise de croissance plus importante. Cela démontre bien la réaction lente et progressive des arbres à ce genre d'opération, qui peut par ailleurs, augmenter avec l'âge des arbres. En effet, plus l'intervention est tardive dans le peuplement, plus les arbres souffrent de la densité et peinent à développer de nouveau leur houppier avant de reprendre une croissance radiale normale. Un facteur, également limitant à prendre en compte lors de l'analyse dendrochronologie des tiges, est la sécheresse. En fonction des années, la variation annuelle du taux de croissance peut se juxtaposer aux conditions climatiques venant ainsi impacter les résultats attendus liés à la densité du peuplement.



## FICHE D'EVALUATION FINALE DU STAGE

Nom et prénom du stagiaire : Julie SMITH

Nom et adresse de l'entreprise : ONF 40 avenue des 16<sup>èmes</sup> JO 73600 Moûtiers

Compétences évaluées dans des situations représentatives du poste confié à l'élève ingénieur. Evaluez à l'aide d'une croix par ligne sur l'échelle proposée	Très bien	Bien	Moyen	Insuffisant	Sans objet
<b>Maîtrise des domaines scientifiques et techniques</b>					
Capacité d'analyse / compréhension des problèmes	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mise en œuvre de ses connaissances	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aptitude à acquérir de nouvelles connaissances	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Maîtrise des méthodes et des outils de l'ingénieur</b>					
Méthodologie / organisation du travail, gestion de projet	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Synthèse et communication des résultats, maîtrise des outils de communication	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Conduite de l'action et prise de décision</b>					
Réalisation des objectifs	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Qualité du travail réalisé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autonomie	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Initiative / créativité / ouverture d'esprit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Intégration dans une organisation et capacité d'animation</b>					
Capacité à s'intégrer dans une équipe.	<input checked="" type="checkbox"/>				
Communication sur ses activités et capacité à rendre compte	<input checked="" type="checkbox"/>				
Respect des procédures (qualité, sécurité, santé, sécurité...)	<input checked="" type="checkbox"/>				
<b>Respect des valeurs sociétales, sociales et environnementales</b>					
Appropriation des valeurs, codes, et de la culture de l'équipe et de l'organisation	<input checked="" type="checkbox"/>				
Attitude / assiduité / ponctualité	<input checked="" type="checkbox"/>				

Fiche evaluation stage 2ème année.doc

2024

## Annexe 2 : Fiche d'évaluation finale du stage remise par l'ONF



## FICHE D'EVALUATION FINALE DU STAGE

### Appréciation globale sur le stage

Julie est aussi agréable qu'efficace, elle prend en charge sa mission avec beaucoup de d'intérêt et met tout en œuvre pour obtenir les résultats qu'on attend d'une élève ingénieur. Elle est parfaitement autonome sur sa mission et questionne tous les partenaires de la vallée, elle est à l'aise lors des réunions sur le terrain ainsi que lors des réunions de présentations aux élus. Julie est aussi très active (ou hyper active !) pour organiser son temps sur le terrain en établissant un protocole de récolte de données et synthétise rapidement toutes les informations.

Parmi les stagiaires du même niveau d'études que vous avez eu l'occasion d'accueillir, comment classez-vous cet élève ingénieur ?

- Parmi les meilleurs
- Au dessus de la moyenne
- Dans la moyenne
- En dessous de la moyenne
- Parmi les plus mauvais

Si vous aviez un emploi d'ingénieur à pourvoir, l'engageriez vous ?  
OUI  NON

Pourquoi ?

Julie a cette capacité de fédérer autour d'elle les personnes ressources, elle crée une ambiance conviviale favorable au travail de groupe. Sa vivacité et sa bonne humeur entraîne le groupe derrière elle et crée beaucoup d'émulation.

Quels conseils donneriez-vous à ce futur ingénieur ?

Qu'elle continue sur sa lancée avec sa bonne humeur et elle fédérera son équipe.

Observations supplémentaires éventuelles :

.....

.....

.....

Nom du maître de stage : HOLVOET Martial

Office National des Forêts  
L. Triomphe des Bellevilles

Signature du maître de stage

Fiche evaluation stage 2ème année.doc

2024