AgroParisTech ENGREF
INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

Office National des Forêts

Mémoire de fin d'études

Critères de renouvellement de l'épicéa sur le site classé de la Chaîne des Puys

Cas des plantations FFN publiques atteintes par le fomès

Maître de stage : Aude Tessier

Tuteur de stage : Yves Ehrhart

Guillaume LABARRE

Dominante Gestion Forestière

Promotion 2015-2016

AgroParisTech – ENGREF Nancy

Photographie de couverture : Élise Magnien

AgroParisTech Office national des forêts

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Critères de renouvellement de l'épicéa sur le site classé de la Chaîne des Puys

Cas des plantations FFN publiques atteintes par le fomès

Réalisé par

Guillaume LABARRE

Maître de stage : Aude TESSIER

Tuteur de stage : Yves EHRHART

Dans le cadre de la dominante « Gestion Forestière »

Promotion 2015-2016

(AGROPARISTECH – ENGREF NANCY)

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLEVES

AgroParisTech	**TRAVAUX D'ÉLEVES**
TITRE : Critères de renouvellement de l'épicéa sur le site classé de la Chaîne des Puys Cas des plantations FFN publiques atteintes par le fomès	Mots clés : renouvellement, épicéa, fomès, site classé de la Chaîne des Puys, FFN
AUTEUR(S) : Guillaume LABARRE	Promotion : 24
Caractéristiques : 1 Volume ; 120 Pages ; 16 Figures ; 11 Tableaux ; 19 Annexes dont 7 Cartes ; bibliographie	

CADRE DU TRAVAIL

ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : Office National des Forêts, agence de Lempdes

Nom du responsable : Aude TESSIER

Fonction : directrice du service forêt, chargée de mission sylviculture de montagnes et RATD (réseau d'appui technique et de développement)

Nom du correspondant AgroParisTech : Yves EHRHART

☐ Spécialité	☐ Stage 2A ☑ Stage fin d'études Date de remise : **04/10/2016**	☐ Autre

SUITE À DONNER (réservé au Service des Etudes)
☐ Consultable et diffusable ☐ Confidentiel de façon permanente ☑ Confidentiel jusqu'au 01/05/2017, puis diffusable

RÉSUMÉ

Suite à l'intense dépeuplement rural qui a commencé durant la première partie du XXe siècle et encouragée par les aides financières du fonds forestier national, la Chaîne des Puys fut le lieu d'un boisement massif d'épicéa, résineux plastique, à croissance rapide. Plantés sur de grandes surfaces et dans un intervalle de temps réduit à l'échelle forestière, ces peuplements vont tous arriver à maturité en même temps. S'ajoutent à cela des problèmes sanitaires d'envergure touchant spécifiquement ces plantations et principalement dus à un champignon, le fomès.

Conscient des risques dans une zone où les enjeux paysager et touristique sont primordiaux, l'ONF a pris l'initiative d'engager une étude déterminant des méthodes pour régénérer l'intégralité des plantations d'épicéa dans les trente ans et avec la prise en compte de tous ces enjeux.

Dans cet objectif, un protocole de relevés sanitaires aboutissant à une appréciation pour chaque unité de gestion a été élaboré. Grâce à des corrélations entre ces notes et des facteurs extérieurs du peuplement, on pourra alors diagnostiquer et anticiper la dégradation des peuplements à l'aide d'un simple inventaire dendrométrique. Des valeurs seuils de renouvellement seront alors proposées au même titre que des itinéraires de gestion intégrant l'impact paysager des interventions.

Cette étude apporte des diagnostics techniques qui permettront à l'ONF d'expliquer ses choix de gestion aux différents acteurs impliqués sur le territoire. Ainsi, des incompréhensions sur les motivations de ces prélèvements forts sur une courte période pourront être évitées, dans l'objectif d'une gestion sylvicole concertée et partagée sur la Chaîne des Puys.

SUMMARY

After the significant depopulation of rural areas that began in the first part of the twentieth century, and thanks to the financial aids by the FFN, the "Chaîne des Puys" area was massively planted with spruce, a flexible and fast-growing tree species. These spruces were planted on large areas, in a short time and they are reaching maturity in the same time. They are also specifically affected by major pathogenic issues mainly due to a fungus, *Heterobasidium annosum*.

Aware of tourism and landscape relative risks, "ONF" decided to study how to regenerate the whole spruce plantations in the next 30 years considering all the issues.

To that end, a pathogenic surveys protocol leading to a health mark for every management area was developed. Thanks to correlations obtained between these marks and some of forest stands characteristics, a dendrometric survey alone will be sufficient to run a diagnostic and foresee the deterioration in the health of spruce stands. Regenerating threshold values and adapted forestry management processes including impacts on the landscape due to wood loggings will be provided.

This study gives technical diagnostics so that "ONF" could explain its forestry management options to the players involved in the area. Thus, misunderstandings caused by high wood harvest in a short time and their motivations could be avoided, in order to set up a collective and concerted forestry management in the "Chaîne des Puys" area.

REMERCIEMENTS

J’adresse tout d’abord mes remerciements à Aude Tessier, directrice du service forêt, chargée de mission sylviculture de montagnes et RATD (*réseau d’appui technique et de développement), qui fût ma maître de stage pendant ces six mois. Sa confiance et son dynamisme tout au long de mon étude m’ont donné les moyens de la mener à bien.

J’aimerais également remercier Yves Ehrhart, mon tuteur et enseignant référent, pour son suivi tout au long du stage, ses relectures même en période de vacances et son déplacement jusqu’à Clermont-Ferrand pour faire un premier point crucial.

Je remercie chaleureusement Olivier Baubet, responsable du pôle Massif Central – Rhône-Alpes du Département Santé des Forêts, pour son aide et son suivi concernant la partie sanitaire de mon stage, son invitation aux journées d’échange entre correspondants observateurs et surtout sa grande disponibilité à tout moment de mon étude.

Un grand merci à l’ensemble des agents patrimoniaux : Florence Pertile, Grégory Chigot et surtout Simon Berthon pour leur réactivité et l’intérêt porté à mon étude. De plus, je voudrais tout particulièrement remercier Gaël Chapuis, stagiaire comme moi à l’ONF, pour son aide précieuse lors de ma phase de terrain et Elise Magnien sans qui une expertise paysagère n’aurait pas été possible.

Enfin, je tiens à remercier l’intégralité du personnel du service forêt et notamment Médéric Aubry et Frédéric Blin pour leur disponibilité et leurs explications ainsi que Jean-François De Falvard pour son expertise sanitaire de correspondant observateur au Département Santé des Forêts.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS 1
SOMMAIRE 2
LISTE DES FIGURES 4
LISTE DES TABLEAUX 4
LISTE DES ANNEXES 5
INDEX DES SIGLES ET DES SYMBOLES 6
INTRODUCTION 7
Partie I : La Chaîne des Puys, un territoire à enjeux 9
1) Un territoire façonné par l'histoire 9
1.1] Par l'activité volcanique 9
1.2] Par les hommes 10
2) Paysage et tourisme 13
2.1] Un tourisme en constante augmentation 13
2.2] Un paysage à préserver 13
2.3] Attentes des acteurs du territoire et règlementation 14
3) Enjeux sociétaux actuels 15
4) Dégradation sanitaire des pessières et virulence du fomès 16
4.1] Quelques données autécologiques de l'épicéa 16
4.2] Description du fomès et impact économique 16
4.3] Cycle de développement et traitement 17
4.4] Origine potentielle et facteurs aggravants 18
4.5] Fomès et autres facteurs de déstabilisation 19
5) Principaux résultats du stage de Nicolas Fayet et perspectives 20
5.1] Objectif de l'étude et méthode 20
5.2] Présence de fomès et dépérissement 20
6) Problématique de stage et objectif 21
6.1] Evolution de la démarche 21
6.2] Elaboration d'une méthode de diagnostic et d'un plan d'action 22
Partie II : Diagnostic et anticipation des problèmes sanitaires sur la Chaîne des Puys 23
1) Mise en place d'un protocole test 23
1.1] Explication générale 23
1.2] Explication de la partie sanitaire du protocole 25
1.3] Explication de la partie dendrométrique 29
1.4] Données de cheminement 30
1.5] Améliorations du protocole à l'issue de la première phase de terrain (156 ha) 31

2) Traitement et analyses des données sanitaires 32
2.1] Barème sanitaire et note par placette 33
2.2] Zonage par état sanitaire 39
2.3] Les corrélations observées au niveau de la parcelle 40
2.4] Mise en évidence d'une dégradation des pessières sur la Chaîne des Puys : exemple des parcelles 13, 14 et 15 sur la commune de Saint-Genès Champanelle 44
2.5] Perspectives d'amélioration des connaissances 44
Partie III : Propositions d'itinéraires de régénération respectueux du paysage de la Chaîne des Puys 47
1) Critères de déclenchement des renouvellements selon l'état sanitaire 47
1.1] Détermination temporelle du renouvellement des plantations 47
1.2] Rythme et intensité des coupes 49
1.3] Les raisons d'une anticipation des coupes de régénération 50
1.4] Les deux scénarios préconisés 50
1.5] Actions sylvicoles à mettre en place dans les années à venir 52
1.6] Proposition d'autres scénarios envisagés 53
2) Prise en compte et anticipation de l'impact paysager des interventions 53
2.1] Consignes paysagères générales 53
2.2] Quelques exemples de techniques limitant l'impact paysager des interventions 55
2.3] Exemple de parcelles sensibles situées en contrebas du puy de Dôme 56
3) Choix techniques envisagés 57
3.1] Interventions dans les zones très dégradées 57
3.2] Interventions dans les zones encore saines 63
3.3] Chiffrage financier des interventions 65
4) Concertation des acteurs et comité de massif 66
4.1] Le comité de massif, un espace de dialogue 66
4.2] Les motivations de sa mise en place 66
4.3] Les actions à mettre en place 67
CONCLUSION 68
LISTE DES ANNEXES 69
ANNEXES 70
LISTE DES PERSONNES RENCONTRÉES 109
BIBLIOGRAPHIE 111

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte de situation de la Chaîne des Puys et mise en évidence du relief 9
Figure 2. Périmètre du site classé de la Chaîne des Puys 10
Figure 3. Carte des montagnes d'Auvergne 12
Figure 4. Mode de contamination des résineux par le fomès 18
Figure 5. Répartition des effectifs des différentes classes de houppiers selon le diagnostic au résistographe 21
Figure 6. Mise en évidence d'une relation entre déficit foliaire et jaunissement 34
Figure 7. Vérification d'une corrélation pertinente entre les deux méthodes de notation 35
Figure 8. Répartition des zones d'états sanitaires de référence selon la perturbation des peuplements 37
Figure 9. Répartition des zones d'états sanitaires de référence selon le barème sanitaire définitif 38
Figure 10. Relation entre la densité de tiges par hectare et l'état sanitaire par parcelle 40
Figure 11. Répartition et taux de contamination du fomès dans une parcelle saine extérieurement après la deuxième éclaircie 43
Figure 12. Mise en évidence d'une dégradation des houppiers des épicéas du dispositif RENECOFOR 44
Figure 13. Présence de semis par essence et selon leur recouvrement 58
Figure 14. Présence de semis par essence et selon leur abroutissement 59
Figure 15. Présence de semis par essence et selon leur recouvrement dans les plantations d'épicéa de la parcelle 13, Saint-Genès Champanelle 61
Figure 16. Présence de semis par essence et selon leur recouvrement dans les plantations de mélèze de la parcelle 13, Saint-Genès Champanelle 61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Pourcentages d'identité des relevés sanitaires des placettes et des cheminements 32
Tableau 2. Grille de transformation des codes attribués aux arbres en indice d'affaiblissement par placette 34
Tableau 3. Grille de correspondance entre les observations et les codes attribués aux placettes par catégorie sanitaire 36
Tableau 4. Poids relatifs des différentes catégories sanitaires dans la note finale attribuée par placette 37
Tableau 5. Récapitulatif des facteurs du peuplement correspondant à une note sanitaire de 30 sur 100 et sens de dégradation 48
Tableau 6. Récapitulatif des facteurs du peuplement correspondant à une note sanitaire de 20 sur 100 et sens de dégradation 51
Tableau 7. Estimation de la surface des plantations à renouveler immédiatement à partir de leur âge 52
Tableau 8. Nombre de placettes concernées par la présence de semis 58
Tableau 9. Présence de semis différenciée selon la présence significative du mélèze dans la strate arborée 61
Tableau 10. Récapitulatif des facteurs du peuplement correspondant à une note sanitaire de 15 sur 100 et sens de dégradation 63
Tableau 11. Intérêts économiques comparés du pin sylvestre, du hêtre et de l'épicéa 65

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Les forêts soumises dans le site classé de la Chaîne des Puys _____ 70
Annexe 2. Carte des peuplements à dominance épicéa obtenue à partir des couches SIG peuplements et unités de gestion _____ 71
Annexe 3. Carte des pessières issues de plantations ou non, pures ou en mélange obtenue à partir d'une analyse SIG des orthophotographies _____ 72
Annexe 4. Délimitation du périmètre du Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne _____ 73
Annexe 5. Délimitation du périmètre du site UNESCO Chaîne des Puys-faille de Limagne lors de sa 2ème candidature en 2016 _____ 73
Annexe 6. Précisions concernant la charte du site classé de la Chaîne des Puys _____ 74
Annexe 7. Précisions concernant la charte du PNRVA _____ 76
Annexe 8. Mise en évidence de la dévaluation économique du bois dû au fomès _____ 78
Annexe 9. Protocole test _____ 79
Annexe 10. Carte des zones inventoriées _____ 90
Annexe 11. Distribution des zones d'états sanitaires de référence selon les notes des différentes catégories sanitaires _____ 91
Annexe 12. Carte représentant l'état sanitaire par placette de la zone en bon état apparent _____ 92
Annexe 13. Carte représentant l'état sanitaire par placette de la zone en mauvais état _____ 93
Annexe 14. Carte représentant l'état sanitaire par placette de la zone test _____ 94
Annexe 15. Tableaux récapitulatifs des caractéristiques de l'ensemble des parcelles inventoriées _____ 95
Annexe 16. Principales tendances fiables entre état sanitaire et facteurs du peuplement _____ 97
Annexe 17. Carte mettant en évidence la contamination par le fomès d'une parcelle saine extérieurement après deux éclaircies _____ 98
Annexe 18. Mise en évidence d'une dégradation sanitaire des parcelles 14 et 15 de Saint-Genès Champanelle _____ 99
Annexe 19. Diagnostic et préconisations paysagères sur 5 parcelles sensibles en contrebas du puy de Dôme par l'expert paysagiste Élise Magnien _____ 100

INDEX DES SIGLES ET DES SYMBOLES

DREAL	*Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement*
DSF	*Département de la santé des forêts*
FFN	*Fonds forestier national*
ONF	*Office national des forêts*
PNRVA	*Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne*
SMPNRVA	*Syndicat mixte du parc naturel régional des Volcans d'Auvergne*
RATD	*Réseau d'appui technique et de développement*
RENECOFOR	*Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers*
SIG	*Système d'information géographique*
SMGF	*Syndicat mixte de gestion forestière*
SRA	*Schéma régional d'aménagement*
UNESCO	*United nations educational, scientific, & cultural organization*

INTRODUCTION

La Chaîne des Puys est un alignement de 80 volcans, au cœur de l'Auvergne, orienté du Nord au Sud dont le point culminant est le puy de Dôme, en position centrale. Elle est recouverte en très grande partie de forêts qui forment avec les cultures et les prés, une véritable mosaïque de paysages.

Par sa richesse géologique et ses paysages remarquables, la Chaîne des Puys attire chaque année de nombreux visiteurs. Pour conserver la beauté de la zone et maintenir son attrait touristique, plusieurs mesures de protection ont été prises, notamment en ce qui concerne l'impact paysager des interventions forestières. En 2000 est mis en place le site classé de la Chaîne des Puys, qui par son caractère réglementaire, contraint les gestionnaires forestiers à respecter une série de mesures au profit du paysage, mesures qui étaient en fait déjà respectées par le passé de manière moins officielle.

Cet espace naturel au premier abord a tout de même été façonné par l'Homme depuis des milliers d'années avec une alternance temporelle de cultures agricoles, zones d'élevage et zones boisées. En résulte suite à l'exode rural du début du XXe siècle la plantation de plus de 1000 hectares d'épicéa en forêts publiques pour un site n'en faisant pas plus de 14 000. Ces boisements financés par le FFN (*fonds forestier national) avaient pour but de relancer l'économie forestière d'après-guerres. Ces plantations massives réalisées dans un intervalle de temps très réduit posent aujourd'hui deux problèmes de taille :

- elles vont arriver à maturité dans les trente prochaines années. Un renouvellement d'importance s'annonce donc avec des impacts sur le paysage qu'il va falloir maîtriser,
- s'ajoutent à cela des problèmes sanitaires préoccupants et caractéristiques des plantations monospécifiques. Le fomès, un champignon très virulent sur sols volcaniques, affaiblit les plantations et les rend plus sensibles au vent et aux insectes opportunistes. Les pertes économiques causées par ce champignon sont déjà importantes et vont encore augmenter avec l'âge des plantations.

C'est pourquoi l'ONF (*office national des forêts), conscient de l'urgence de la situation a mené une première étude durant l'été 2015 dont le but était de diagnostiquer les symptômes extérieurs du fomès sur les épicéas et de tester l'influence de différents paramètres sur sa prévalence. À partir des résultats de cette première étude et avec l'implication du DSF (*département de la santé des forêts), l'ONF a alors cherché des moyens pratiques lui permettant de renouveler les plantations d'épicéa en considérant tous ces enjeux.

Une méthode allant du terrain jusqu'aux décisions de gestion sera donc élaborée. Elle intégrera tous les enjeux que présente la Chaîne des Puys : santé des pessières, économie et paysage et sera un moyen pratique donné au personnel de l'ONF pour renouveler les plantations d'épicéa à cette échelle. Cette démarche, fonctionnelle et reproductible, sera accompagnée d'itinéraires de régénération adaptés aux différents types de pessières définies par leur état sanitaire.

Ces éléments en main, une des finalités de ce stage serait que l'ONF se réunisse avec les différents acteurs du territoire et explique ses décisions de gestion en s'appuyant sur ce travail. Malgré des divergences de points de vue évidentes, cette étude proposera des solutions sources de compromis qui pourront être trouvés entre les acteurs. En découleront des prises de décisions concertées qui ne pourront qu'être bénéfiques à tous.

Partie I : La Chaîne des Puys, un territoire à enjeux

La Chaîne des Puys comporte des paysages d'une originalité et d'une beauté indéniables. C'est un des facteurs expliquant le tourisme grandissant de cette zone située à moins de 30 km à l'Ouest de Clermont-Ferrand. Différentes mesures ont pour but de protéger cet espace rare mais aussi sensible.

Cette vaste zone recouverte en très grande partie par la forêt est aussi un lieu de production de bois intense qui alimente la filière et ce notamment à travers les plantations d'épicéa. Cependant, l'état de santé de ces plantations révèle des signes préoccupants voire inquiétants de dépérissements. Le fomès, un champignon, est à l'origine de cette dégradation qui empire en raison de facteurs aggravants biotiques et abiotiques.

Sans intervention humaine rapide et réfléchie, il pourrait être une catastrophe pour les propriétaires forestiers, tant au niveau économique, social que paysager.

1) Un territoire façonné par l'histoire

Les paysages remarquables de la Chaîne des Puys résultent d'une activité volcanique ancienne associée à une intervention continue de l'Homme sur le paysage.

1.1] Par l'activité volcanique

La Chaîne des Puys est un ensemble de quatre-vingt volcans dont l'activité a pris fin il y a 8 600 ans pour les plus récents et il y a 95 000 ans pour les plus anciens. Elle est située à quelques kilomètres à l'Ouest de Clermont-Ferrand, s'étend sur 32 km du Nord au Sud et s'étale sur 4 km en largeur. Sa formation est très complexe et son origine serait due à la poussée continue de la plaque africaine sur la plaque eurasienne.

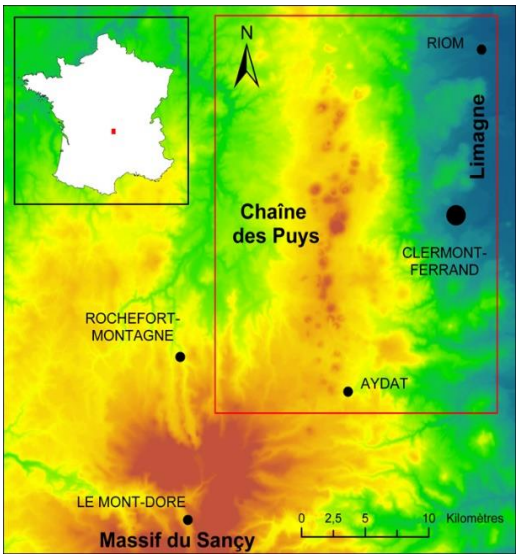


Figure 1. Carte de situation de la Chaîne des Puys et mise en évidence du relief

Source : esrifrance (2004)

Les édifices volcaniques

On y retrouve deux types d'édifices volcaniques en fonction de la nature de l'éruption : les dômes et les cônes. Chacun des volcans est monogénique c'est-à-dire qu'il n'a subi qu'une seule éruption brève.

Le dôme est formé lors d'une éruption explosive. Il gonfle au début de l'éruption quand le magma dense s'accumule et lorsqu'elle atteint son paroxysme, il explose (exemple du puy de Dôme) en libérant des gaz. On parle de volcanisme péléen. Au cours de ce type d'éruption, il n'y a pratiquement pas de coulée de lave, celle-ci étant trop visqueuse. Par la même, le dôme ne présente pas de cratère.

Le cône est formé par l'accumulation de matériaux lors d'une éruption de type effusif. Il est dans la plupart des cas plus petit que le dôme et présente un cratère (exemple du puy de Pariou). On parle de volcanisme de type strombolien, le plus fréquent de la chaîne. Au cours de ce type d'éruption, des coulées de lave plutôt fluide sont émises et forment des cheires. Ces zones de cheires constituées de blocs disjoints posent problèmes au forestier car elles sont le plus souvent peu fertiles et peu accessibles.

Le volcanisme explique la complexité des substrats, des sols qui en résultent et de leurs propriétés particulières. Néanmoins, hormis les zones de cheires, les sols volcaniques sont riches et de nature plutôt fertile.

La nature des espaces

Au niveau paysager, la Chaîne des Puys fait partie d'un ensemble à trois étages. Il s'agit tout d'abord d'un plateau ancien : le plateau des Dômes recouvert en partie par des coulées volcaniques à une altitude de 800 à 900 mètres. Sur ce plateau se situent les puys dont la hauteur moyenne varie de 1100 à 1250 mètres soit de 200 à 300 mètres au-dessus du plateau. Le puy de Dôme fait figure d'exception puisqu'il culmine à 1465 mètres soit environ 600 mètres au-dessus du plateau, ce qui lui donne une position dominante en plus de sa position centrale. Enfin, la Chaîne des Puys est encadrée par deux zones de dépression. À l'Ouest, le plateau des Dômes s'abaisse graduellement jusqu'à la vallée de la Sioule tandis qu'à l'Est, il s'effondre brutalement sur la Limagne d'Allier.

La Chaîne des Puys est un espace remarquable dont les paysages volcaniques formés de dômes et de cônes sont dominés par le puy de Dôme en position centrale.

1.2] Par les hommes

1.2.1] Différents types de forêts expliqués par l'historique de la zone

Le site classé de la Chaîne des Puys s'étale sur une surface de 13 700 ha pour un taux de boisement de 80 % soit environ 11 000 ha de forêts. Ce taux n'a pas toujours été aussi élevé sur le site et cela s'explique par le changement de l'utilisation du milieu par les hommes au cours des siècles.

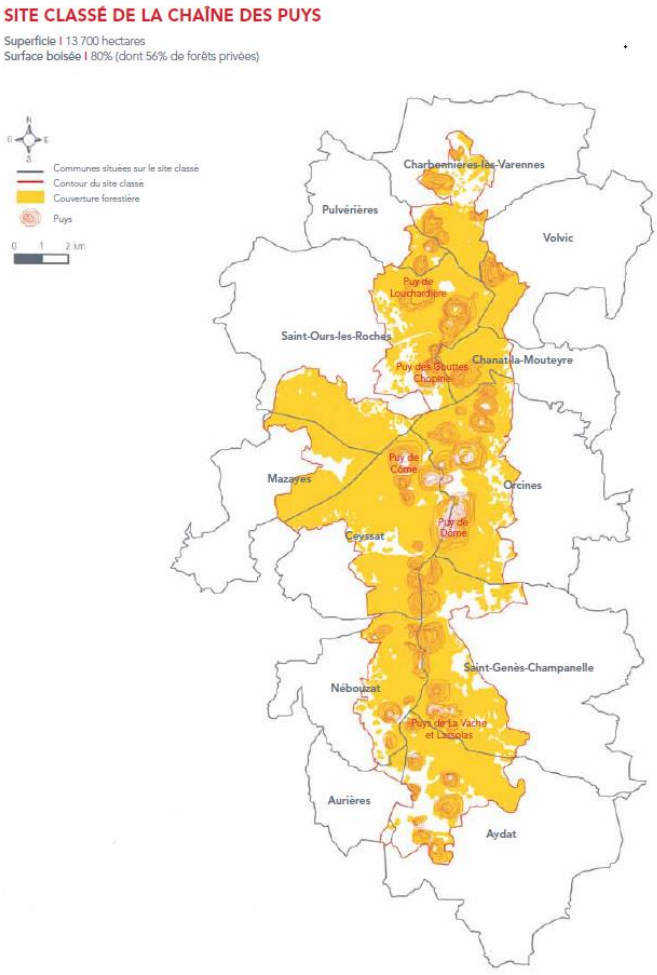


Figure 2. Périmètre du site classé de la Chaîne des Puys

*Source : Exploiter la forêt dans le site classé de la Chaîne des Puys, SMPNRVA (*syndicat mixte du parc naturel régional des Volcans d'Auvergne) (2012)*

Evolution du paysage agricole et forestier

Contrairement à l'aspect morphologique du site, des changements périodiques ont eu lieu au niveau agricole et forestier. Depuis l'époque gallo-romaine jusqu'à nos jours, les plateaux et les puys ont été successivement déboisés pour y permettre la culture et l'élevage puis se sont reboisés naturellement ou ont été reboisés en fonction de la présence humaine et de la demande en bois. Les différentes crises agricoles, l'épuisement des terres par les cultures et l'évolution des techniques agropastorales ont eu un rôle prépondérant dans l'évolution des boisements. Actuellement, les espaces forestiers sont nombreux mais les pratiques agropastorales tel que le parcours sont toujours présentes.

Les trois grands types de forêts actuelles expliquées par l'histoire

Les trois types de forêts qu'on observe aujourd'hui sur la Chaîne des Puys résultent majoritairement de trois dynamiques forestières au cours des deux derniers siècles.

Tout d'abord, une partie de la forêt est constituée d'un mélange de feuillus avec plus ou moins d'espèces pionnières. Il s'agit de la forêt qui s'est installée progressivement après l'abandon des parcours et des cultures et qui a évolué spontanément. En effet, depuis environ 50 ans les pratiques d'élevage ont radicalement changé et les vaches laitières ont remplacé les troupeaux ovins traditionnels. La cause directe en est le délaissement des pâtures de pente qu'entretenaient les moutons et qui ont petit à petit évolué naturellement en taillis de feuillus. Ces taillis sont parfois en mélange avec des résineux selon leur âge et les peuplements avoisinants.

Ensuite, une autre partie est issue des plantations des XIXe et XXe siècles réalisées par le Comte de Montpensier en terrain privé mais aussi sur des espaces communaux. Ces massifs sont à dominance de pin sylvestre. À la même époque et suite aux inondations de 1856 et 1859, deux textes sur le reboisement et la restauration des terrains en montagne sont promulgués en 1860 et 1882. Des massifs résineux sont alors plantés dans le Puy-de-Dôme à cette période.

Enfin, la dernière partie de la forêt observable sur la Chaîne des Puys est le résultat des plantations du FFN (*fonds forestier national). Ce sont majoritairement des pessières monospécifiques mais il y a aussi quelques douglasaies. Le FFN est un fonds d'aide à la plantation par des subventions pour les propriétaires et a été mis en place en 1946 par l'Etat pour répondre à la forte demande de bois (surtout papier et construction) qui a suivi la seconde guerre mondiale. Les plantations FFN se sont déroulées de 1946 à 1995 avec en moyenne 80 000 ha plantés par an pour une augmentation de plus de 4 millions d'hectares de la forêt française sur cette période. Pour ce qui est de la Chaîne des Puys, les plantations ont eu lieu de 1959 à 1979. C'est ainsi que se sont formées de nouvelles régions forestières telles que le Massif Central avec actuellement 2 800 000 ha boisés. En effet, le Puy-de-Dôme se classe parmi les départements en ayant le plus bénéficié. Le schéma régional d'aménagement stipule en outre que sur les 27 600 ha de pessières d'Auvergne, 57 % sont issues de plantations FFN.

Sur les 13 700 ha de la Chaîne des Puys, la surface boisée représente 80 %. Les forêts sont de trois natures différentes en relation avec leur origine : des forêts feuillues issues du boisement spontané des terres agricoles laissées à l'abandon, des plantations résineuses souvent à dominance de pin sylvestre réalisées par le Comte de Montpensier et enfin des plantations résineuses massives plus récentes provenant du fonds forestier national.

1.2.2] Les forêts publiques sur le site classé de la Chaîne des Puys

La surface forestière est également répartie entre propriétaires privés et publics avec un léger avantage (56 %) en ce qui concerne le privé.

Répartition des forêts publiques par type de propriété

Au sein du site classé, il n'y a pas de forêt domaniale. Les forêts des collectivités représentant 5800 ha environ sont soumises au régime forestier et sont gérées par l'ONF (voir Annexe 1, p. 70). Parmi ces forêts, on dénombre deux types de propriétés : les forêts communales et sectionales. En montagnes d'Auvergne, l'ONF gère une grande majorité de forêts sectionales qui représentent 89 % en unités de gestion et 69 % en surface de la forêt publique, la part de sectionales étant accentuée à l'échelle du site classé. Les forêts sectionales posent parfois problème dans leur gestion dues à leur statut particulier.

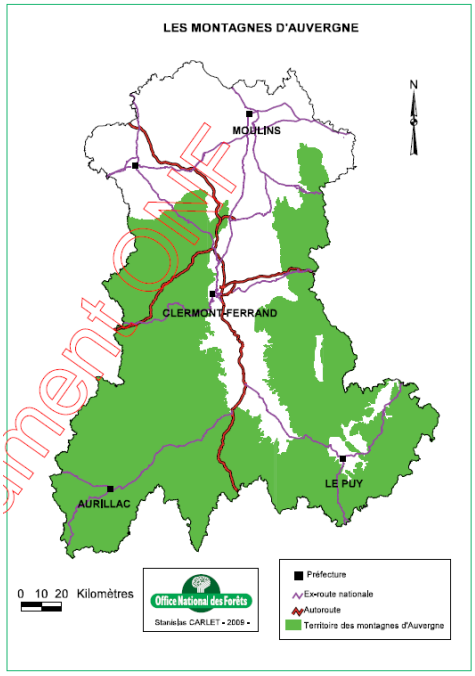


Figure 3. Carte des montagnes d'Auvergne

Source : Schéma Régional d'Aménagement des montagnes d'Auvergne, ONF (2009)

Statut des forêts sectionales et regroupement en SMGF (*syndicat mixte de gestion forestière)

La gestion des forêts sectionales est particulière. Tout d'abord, la section est définie selon la loi comme « toute partie d'une commune possédant à titre permanent et exclusif des biens ou des droits distincts de ceux de la commune ». À l'instar de la commune, la section peut être propriétaire d'un bien : une forêt par exemple. On appelle membres de la section les habitants ayant domicile réel et fixe sur le territoire de la section, elle-même faisant partie du territoire communal (souvent des hameaux communaux). Les sectionnaires sont des ayants droits des biens immobiliers, mobiliers ou de droits collectifs dont la section est propriétaire et dont ils n'ont que la jouissance collective.

Les biens de la section peuvent être gérés par une commission syndicale pouvant être constituée aux conditions que son nombre d'électeurs soit supérieur à vingt et que ses revenus ou produits soient supérieurs à 2000 euros de revenus cadastraux. À défaut de commission syndicale, c'est le conseil municipal qui prend les décisions concernant la section. Dans ce cas de figure, le conseil agit sous l'influence directe des sectionnaires parfois nombreux, ce qui ne simplifie pas les prises de décision. C'est en effet le cas en Auvergne où les forêts sectionales sont de petite taille (34 ha en moyenne en montagnes d'Auvergne). Qui plus est, elles sont aussi nombreuses. Ce contexte pose donc problème à l'ONF quant à la mobilisation de la ressource, des choix sylvicoles ainsi qu'à la mise en œuvre des travaux.

Pour y remédier, l'ONF a recours à des SMGF, qui à l'image de la forêt privée morcelée, met en place des regroupements de sections pour une diminution du nombre de documents de gestion et une réduction du nombre d'interlocuteurs pour des prises de décisions facilitées. Dans un SMGF, les sections restent bien entendu propriétaires de leur forêt.

Environ la moitié des forêts du site classé sont soumises au régime forestier. Elles sont pour la grande majorité sectionales, leur conférant un statut juridique spécial qui ne simplifie pas entre autres leur gestion. Cela pousse l'ONF à opérer des regroupements sous forme de SMGF.

2) Paysage et tourisme

2.1] Un tourisme en constante augmentation

La Chaîne des Puys attire chaque année de nombreux touristes surtout pendant la période estivale. C'est sans surprise son site phare et classé grand site de France depuis 2008, le Puy de Dôme qui compte la fréquentation la plus massive avec en moyenne 586 000 visiteurs par an depuis 2012. Cela est dû majoritairement à la mise en place du Panoramique des Dômes, un train à crémaillère qui monte au sommet du volcan véhiculant déjà plus de 439 000 passagers en 2015.

Des activités diverses et variées

L'afflux de touristes pendant la période estivale s'explique avant tout par la variété d'activités disponibles sur le site telles que les sports de pleine nature comme le VVT et le parapente, et surtout l'importante densité de sentiers balisés (chemins de grande et petite randonnée) qu'empruntent les vacanciers. En effet, de nombreux chemins serpentent entre les puys à travers les forêts et les prés. Les aménagements spécifiques comme des parkings, des escaliers ou des panneaux sont très fréquents (exemple du puy de Pariou).

De nombreuses animations et visites sont organisées chaque année par le conseil général du Puy-de-Dôme. Il ne faut pas non plus oublier le parc d'attraction Vulcania dont la fréquentation est en hausse comme le prouvent les 344 000 visiteurs de 2015 contre 322 000 en 2014. Il en va de même pour le site de Volvic, bien connu pour son eau de source.

Enfin, la présence des résidents locaux est aussi importante sur le site tout comme ceux de l'agglomération clermontoise qui en profitent chaque weekend.

L'attractivité d'un paysage naturel grandiose et les nombreuses activités proposées induisent une forte pression touristique sur la Chaîne des Puys.

2.2] Un paysage à préserver

La fréquentation touristique étant forte et la forêt couvrant presque l'intégralité de la Chaîne des Puys, les enjeux paysagers concernant la gestion forestière sont très importants. Ils le sont d'ailleurs d'autant plus que les forêts sont visibles des chemins et routes mais surtout depuis le sommet des puys par une vision par le haut. La gestion des espaces forestiers a donc un impact primordial et visible sur le paysage du site classé.

Traitement régulier et coupes de régénération

La coupe définitive est l'intervention finale dans le traitement régulier qui représente 89 % des forêts publiques hors domaniales dans les montagnes d'Auvergne. Encore une fois, ce chiffre est similaire sur le site classé si on délaisse les zones hors sylviculture qui sont tout de même nombreuses. Après les différentes éclaircies propres à ce système de gestion, de nombreuses coupes de régénération devraient donc intervenir lorsque les peuplements auront atteints leur diamètre d'exploitabilité.

D'après une analyse de l'orthophotographie sous SIG, on peut voir que l'ONF a en gestion approximativement 1050 ha de plantations d'épicéa auxquels le traitement régulier est appliqué (voir Annexe 2, p. 71 et Annexe 3, p. 72). Cela ne prend évidemment pas en compte les nombreux propriétaires privés qui ont plantés de grande surface de résineux (épicéas, mélèzes et douglas) grâce aux subventions FFN. Cela risque donc de poser problème dans les années à venir.

Evolution des friches et fermeture des milieux

En plus des plantations massives FFN s'ajoutent l'évolution en forêt des cultures et zones d'élevage récemment abandonnées par l'exode rural de la fin du XXème siècle. Cela a entraîné logiquement une fermeture de plus en plus marquée des paysages notamment au niveau des puys avec l'abandon des pâtures de pente. Par ailleurs, il faut noter que cette accentuation est récente, faute de troupeaux et de bergers malgré plusieurs tentatives de relances des acteurs locaux.

Sans intervention humaine, une grande partie des milieux aujourd'hui ouverts risquent de se refermer et la Chaîne des Puys de voir disparaître une mosaïque de paysage composée de forêt, prés, cultures, clairières et prairies entourées de haies. C'est pour maintenir les paysages en leur état, ouvrir certains milieux et ne pas renouveler les plantations résineuses que militent entre autres les différents acteurs du territoire dont les demandes et réglementations seront précisées dans la partie suivante.

Le paysage du site classé, déjà impacté par la fermeture naturelle des milieux à cause de l'évolution en forêt des zones agricoles et d'élevage, le sera encore plus dans les années à venir avec la régénération annoncé d'au moins 1050 ha de plantations d'épicéa.

2.3] Attentes des acteurs du territoire et règlementation

Dans le but de protéger le paysage si particulier de la Chaîne des Puys et ce dans la durée, les différents acteurs locaux ont élaboré des documents contenant leurs demandes et revendications auprès des différents organismes façonnant le territoire.

Deux zones de protection et une troisième à l'étude

La Chaîne des Puys a été inscrite en site classé depuis 2000 et fait partie du territoire du PNRVA (*parc naturel régional des Volcans d'Auvergne) (1977) qui est d'ailleurs le plus vaste de France puisqu'il couvre plus de 388 000 hectares (voir Annexe 4, p. 73). Un troisième niveau de protection va potentiellement s'ajouter avec la candidature de la Chaîne des Puys-faille de Limagne pour qu'elle soit inscrite à la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO (*united nations educational, scientific, & cultural organization). Cette nouvelle zone de protection serait calquée sur celle du site classé à ceci près qu'elle se verrait adjoindre une zone tampon dans son contour (voir Annexe 5, p. 73). Celle-ci aura pour but de protéger les abords du site et préserver les principaux points de vue sur l'alignement volcanique. Des restrictions juridiques sont prévues dans l'usage et l'aménagement de cette zone.

Déjà recalée une première fois en 2014 et malgré une seconde réponse négative le 20 juillet 2016, la candidature de la Chaîne des Puys-faille de Limagne sera examinée une nouvelle fois à une date ultérieure. Le point négatif concerne la naturalité du paysage qui pour les juges a été façonné par l'Homme et ne peut donc pas être considéré comme naturel. Des carrières de roches volcaniques ont notamment été mises en cause. Lors de la prochaine session, les porteurs de projet défendront donc la candidature du site sous le seul critère d'originalité géologique et importance scientifique du site.

Chaque zone de protection possède sa charte listant ses demandes et attentes. Celles-ci se recoupent dans l'ensemble car le PNRVA a été nommé intervenant principal sur le site classé et apporte un fort soutien à la candidature UNESCO.

La règlementation en site classé

Seule la charte du site classé a un aspect réglementaire et doit être respectée impérativement par les gestionnaires forestiers, les éleveurs et les communes qui sont les premiers concernés sous peine de contraventions. L'appellation site classé a pour but de protéger le paysage par un contrôle des interventions humaines sur la zone que ce soit de la gestion forestière, de l'agriculture ou de l'urbanisation. La charte explique clairement et avec des indications chiffrées les actions réalisables et celles qui ne le sont pas. Un inspecteur des sites des services de l'État, la DREAL (*direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement), est d'ailleurs chargé de faire respecter la règlementation.

Concernant le volet forestier, certaines opérations comme le boisement, les coupes définitives ou la création de voirie sont soumises à autorisation (voir Annexe 6, p. 74). En forêt, celles-ci sont toujours à caractère ministériel. Une rencontre avec l'inspecteur des sites est alors organisée pour vérifier qu'une demande d'autorisation spéciale est nécessaire et si c'est le cas, pour étudier leur faisabilité. C'est ensuite la commission des sites qui aura le dernier mot. En pratique, l'ONF demande une autorisation globale (application de l'article L122-7 du Code Forestier) pour chaque aménagement qui sera étudiée et pourra valider ses opérations sylvicoles durant sa durée d'application.

Les attentes des deux autres chartes

Ces documents insistent fortement sur la protection du paysage et son lien avec le tourisme. Concernant le site UNESCO, il n'y a pas encore de plan d'actions détaillé disponible actuellement. Néanmoins, trois grands axes concernant la protection du paysage, le développement du tourisme en accord avec celui-ci et la recherche volcanologique, ont déjà été établis.

Source : http://www.chainedespuys-failledelimagne.com

Source : http://www.parcdesvolcans.fr

Les demandes du PNRVA sont plus variées et beaucoup plus exigeantes. Celles-ci recoupent les problématiques du paysage et du tourisme mais aussi de la forêt, de l'eau et de la biodiversité. Ils militent par exemple pour accroître la vitalité des forêts, réduire les boisements par un non renouvellement des plantations et une réouverture de pâturages, revenir à des essences autochtones comme le hêtre et le sapin et concernant le tourisme, déplacer les grandes manifestations sportives ou festives vers des zones moins sensibles. Comme prévu par le SRA (*schéma régional d'aménagement) des montagnes d'Auvergne, ces demandes doivent être connues de l'ONF. Pour plus de précisions, voir Annexe 7, p. 76.

Enfin, la volonté principale des acteurs est de faciliter la lecture et l'interprétation du paysage volcanique par des milieux ouverts et un rôle structurant de la forêt pour maintenir voire même augmenter l'attractivité paysagère de cette zone qui est finalement sa plus grande richesse.

Les pressions touristiques et paysagères se ressentent sur la Chaîne des Puys par une accumulation de déjà deux et potentiellement trois zones de protection dont seule la charte du site classé a un aspect réglementaire, notamment concernant les interventions en forêt.

3) Enjeux sociétaux actuels

Sur le site classé de la Chaîne des Puys comme sur l'ensemble du territoire du PNRVA, il y a de forts contrastes du point de vue des acteurs au niveau des objectifs donnés à la forêt. D'un côté, la plupart des communes et syndicats propriétaires de forêts souhaitent une forêt productive génératrice de revenus tandis que, d'un autre côté, le PNRVA milite pour la biodiversité, la protection des paysages et le tourisme. En tant que gestionnaire des forêts publiques, l'ONF doit prendre en compte tous les enjeux relatifs à la forêt et doit répondre aux demandes des propriétaires ainsi que veiller à l'application des SRA locales. De même, la notion de protection du paysage dans le temps prôné par le PNRVA est somme toute assez relative et allant presqu'à l'encontre de la dynamique naturelle. Figer le paysage dans un état qui nous plaît actuellement signifie-t-il toujours le protéger ?

De là sont nées des difficultés de communication entre le PNRVA et l'ONF, le PNRVA souhaitant que l'ONF réponde plus à leurs demandes en favorisant les enjeux hors production et l'ONF priorisant aussi les intérêts des propriétaires.

Dans ce contexte déjà tendu, l'ONF a en gestion sur le site classé environ 1050 ha de plantations d'épicéa de même âge classées en amélioration et dont les aménagements précisent que l'intégralité de cette surface soit renouvelée dans les trente prochaines années. L'ONF est investi dans sa mission et pense déjà à étaler le plus possible le renouvellement des plantations dans l'espace et dans le temps pour minimiser les impacts sur le paysage.

Cependant, la dégradation de ces plantations notamment due au fomès fait que l'ONF doit prendre des décisions rapidement et dispose de moins de possibilités que si celles-ci avaient été en bon état. Par-là, certaines attentes du PNRVA comme le choix des essences sont contraignantes pour l'ONF, qui, du fait de l'état sanitaire des plantations, ne pourra pas toujours proposer des solutions en adéquation avec les attentes du PNRVA. Qui plus est, les techniques paysagères habituelles limitant l'impact des coupes fonctionnent mal avec l'épicéa surtout en mauvais état sanitaire et une faible durée de survie.

L'ONF souhaite en effet donner la priorité au renouvellement par régénération naturelle et ainsi faire de son mieux pour éviter les plantations. Celles-ci constituent un surcoût important pour le propriétaire, génèrent les impacts paysagers les plus néfastes et mènent à une augmentation certaine de la virulence du fomès.

Dans une situation déjà délicate où l'ONF doit renouveler environ 1050 ha de plantations d'épicéa dans une durée limitée, ce dernier doit faire face aux attentes souvent contraignantes du PNRVA concernant sa gestion. Ces demandes pourraient limiter les techniques de renouvellement à l'étude, déjà complexes du fait de l'état sanitaire des plantations et de l'impact paysager à prendre en compte au cas par cas.

4) Dégradation sanitaire des pessières et virulence du fomès

En Auvergne, l'épicéa commun (*Picea abies*) est la première essence de reboisement tant en quantité qu'en surface. Il a été planté massivement du fait de sa plasticité stationnelle, de ses faibles besoins trophique et hydrique ainsi que de sa croissance rapide en milieu montagnard. Cependant, cette essence idéale au premier abord a révélé un certain nombre de problèmes phytosanitaires sur ses aires d'implantation.

4.1] Quelques données autécologiques de l'épicéa

L'épicéa commun est une espèce boréalo-montagnarde originaire de Scandinavie, Russie et des Pays Baltes entre autres. Il est également présent naturellement en France dans les Alpes et le Jura.

Il est adapté à des climats océanique, semi-océanique et montagnard et est présent naturellement de 700 à 2000 mètres d'altitude. Il est donc résistant au froid et peu sensible aux gelées tardives.

Il s'agit d'une essence très plastique au niveau stationnelle qui se développe dans des conditions écologiques variées. Bien qu'il soit plutôt calcifuge, il se développe aussi bien sur sols riches ou pauvres et supporte l'hydromorphie. De plus il est bien adapté sur sols acides. Il supporte cependant mal la sécheresse et doit être bien alimenté en eau toute l'année.

Enfin, il est exigeant en lumière mais tolère bien l'ombre dans le jeune âge (on estime à 10 ans la durée de survie des semis sous couvert). Sa croissance est régulière et à titre de comparaison, il pousse plus vite que le sapin pectiné dans des conditions idéales pour les deux essences.

L'épicéa commun, planté massivement sur la Chaîne des Puys, est une essence très plastique, supportant l'altitude et les climats rugueux. De plus, il a une bonne productivité.

4.2] Description du fomès et impact économique

Heterobasidium annosum, couramment appelé fomès est un champignon lignivore se développant dans le bois des résineux. Il infecte de nombreuses essences comme le pin sylvestre, le douglas et même le sapin pectiné mais c'est bien l'épicéa qui est le plus concerné.

Le fomès : un pourridié indifférent et technologique

Le fomès est un pourridié car il génère une pourriture au sein des racines, accompagnée d'une décomposition du bois (dans le cas de l'épicéa) et parfois de l'écorce.

Il s'agit d'un pourridié indifférent car les arbres infectés sont sains lors de la contamination et le fomès provoque leur mort dans la plupart des cas. On parle aussi de pourridié technologique car le fomès se développe préférentiellement dans le bois de cœur des racines puis de la bille de pied mais altère peu les tissus fonctionnels et conducteurs du bois situés en périphérie du tronc. Quand ces tissus de soutien deviennent trop

altérés et ses capacités technologiques insuffisantes pour le soutenir, l'arbre se brise ou devient la cible de ravageurs opportunistes tels que les scolytes.

Au fur et à mesure de son développement, la pourriture a tendance à remonter des racines dans le tronc pour atteindre jusqu'à 5 à 6 mètres dans les cas les plus critiques. Le fomès dégrade donc complétement la partie normalement la plus rentable de la grume comme c'est expliqué ci-dessous.

Aspect économique

L'épicéa est à l'origine de plusieurs produits vendus sur le marché en fonction des qualités mécanique et esthétique du bois. Ces deux aspects de la qualité du bois sont évidemment très lourdement dégradés par la pourriture du fomès. Comme pour chaque essence, le bois d'œuvre est celui qui présente la meilleure qualité et de ce fait la plus-value la plus importante. Dans un arbre sain, on trouve la totalité du bois d'œuvre dans le fût (ou bille de pied).

Par-là, la perte économique due au fomès sur épicéa est considérable. Sur des parcelles infectées, le potentiel de bois d'œuvre présent dans les fûts et apportant la majorité des revenus d'une coupe sera en partie déclassé en bois d'industrie de mauvaise qualité dont la vente sera beaucoup moins rémunératrice que dans le cas de parcelles saines. La perte économique lors d'une coupe dépend cependant du taux d'infestation des arbres par le fomès (pourcentage de pourriture par unité de volume) et de la distribution du fomès dans la parcelle (taux de présence dans la parcelle). Une comparaison des bilans économiques au même stade d'éclaircie est disponible en Annexe 8, p. 78.

De plus, dans une gestion en futaie régulière, la proportion de bois d'œuvre augmente au fur et à mesure des éclaircies pour une quantité maximale lors des coupes de renouvellement. Le fomès induit donc une perte d'autant plus grande pour les propriétaires forestiers que les plantations arrivent bientôt à maturité. Cela est en effet le cas sur la Chaîne des Puys avec des plantations datant de 1959 à 1979 pour un âge d'exploitabilité d'environ 80 ans mais qui sera surement revu à la baisse dû à l'état sanitaire des peuplements.

Le fomès, de par la pourriture qu'il engendre dans la bille de pied et les racines de l'épicéa, est un véritable handicap pour la production de bois d'œuvre. Il déstabilise les peuplements et induit une grande perte économique pour les propriétaires.

4.3] Cycle de développement et traitement

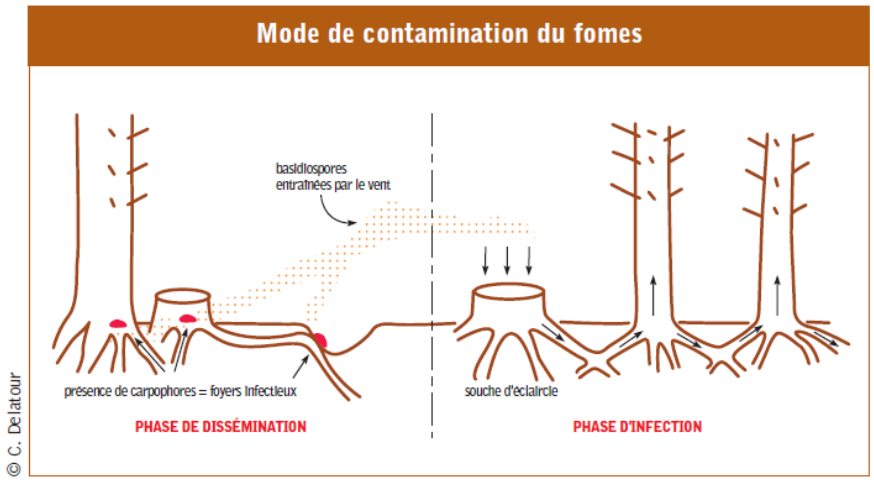
L'infestation par le fomès se fait de proche en proche et les coupes constituent le premier vecteur de propagation du champignon. Différents traitements ont été mis au point pour la limiter sans pouvoir l'éradiquer complètement.

Cycle de développement du fomès

Les carpophores sont les fructifications du fomès, elles peuvent être visibles au niveau du collet d'un arbre contaminé. Ces carpophores libèrent continuellement des basidiospores qui, entraînées par le vent, vont se déposer aléatoirement sur des souches fraîches au moment d'une coupe. Leurs enzymes sont capables de dégrader la lignine et la cellulose et d'ainsi contaminer les souches en formant un nouveau mycélium qui se développe jusqu'aux racines. Le champignon est alors transmis d'arbre en arbre par contact racinaire, ce qui forme souvent des ronds d'arbres infectés.

Le fomès a donc deux modes de propagation : de proche en proche par contact racinaire entre un arbre atteint et un arbre sain et sur des distances plus longues avec les basidiospores qui sont à l'origine de nouveaux foyers. Ces foyers sont ensuite agrandis de proche en proche de nouveau par contact racinaire. Enfin, les souches ne sont pas les seules portes d'entrée du champignon puisque les blessures d'exploitation au niveau des racines et à l'empattement des arbres contribuent également à sa propagation.

Figure 4. Mode de contamination des résineux par le fomès



Source : Le fomès des résineux : du diagnostic au traitement, Legrand et al. (2008)

Traitement contre le fomès

L'objectif du traitement est d'empêcher la création de nouveaux foyers infectieux lors des coupes en appliquant un produit à la surface des souches fraîches faisant écran aux basidiospores. Jusqu'en 2013, des solutions de bore et d'urée étaient utilisées.

Celles-ci ont été remplacées par le ROTSTOP®, un produit basé sur le principe de lutte biologique : il est constitué de spores d'un champignon antagoniste, *Phlebiopsis gigantea*, appliqué en forte concentration, bloquant l'infestation de la souche par le fomès. Il s'agit d'une poudre dissoute dans l'eau et appliqué sur les souches à partir de la tête d'abattage des machines.

Cependant, des contraintes subsistent concernant son application (solidification de la solution à appliquer par temps froid) et le contrôle de son application par les gestionnaires (colorant alimentaire prouvant son application n'est plus visible deux jours après la coupe).

Enfin, le traitement est beaucoup plus efficace lorsqu'il est de l'ordre de la prévention (importance d'une application efficace lors des premières éclaircies). En effet, dans les peuplements déjà contaminés par le fomès, le traitement permet seulement d'empêcher l'installation de nouveaux foyers qui augmenteraient l'importance de la maladie. Les arbres contaminés le resteront de toute façon.

La transmission du fomès se fait par contact racinaire continuellement et par émission de spores lors des coupes, en infestant les souches qui sont des portes d'entrée pour le champignon. Le traitement le plus efficace à l'heure actuelle est le ROTSTOP®, un champignon antagoniste à appliquer sur les souches fraîches lors des coupes.

4.4] Origine potentielle et facteurs aggravants

Il est important de rappeler que les plantations d'épicéa dans la Chaîne des Puys ont le plus souvent été réalisées en lieu et place d'anciennes pâtures et cultures laissées à l'abandon suite à la déprise agricole post 2ème guerre mondiale. Ce sont donc des plantations monospécifiques de première génération.

4.4.1] Les pins sylvestres : premier vecteur de la contamination ?

D'après le responsable du DSF en poste sur le Massif Central et Rhône-Alpes, il est probable que les pins sylvestres très sensibles au fomès et disséminés dans les anciennes pâtures aient transmis le champignon aux épicéas plantés de manière très dense et englobant souvent des bosquets de pins. La faible diversité fongique des sols aurait alors favorisé le développement et la propagation du fomès dans le sol qui avait dans un premier temps contaminé les pins sylvestres. Dans un second temps et d'après les mécanismes développés précédemment, il aurait été transmis à l'épicéa commun.

Le fomès, bien aidé par la faible diversité fongique des sols agricoles, aurait infesté les pins sylvestres qui seraient potentiellement un vecteur de contamination des épicéas.

4.4.2] Les facteurs aggravants de sa propagation

Le contexte était donc prédisposant à l'installation du fomès et les interventions humaines qui ont suivi ont même contribué à son expansion.

Les peuplements purs plus touchés

D'après Pautasso et al. (2005), les peuplements purs seraient beaucoup plus affectés par le fomès que les peuplements en mélange qu'ils soient composés de différents résineux ou de feuillus-résineux. Thor et al. (2005) a lui démontré que l'incidence du fomès sur l'épicéa commun dans les forêts mélangées diminuait significativement avec la proportion d'épicéa.

En plus du manque de diversité en essences et de diversité intra-spécifique dans les plantations qui favorisent la transmission de proche en proche du fomès ainsi que l'artificialisation du sol qui favorise l'installation des pourridiés, plusieurs autres raisons pourraient expliquer la propagation et la virulence du fomès.

Les sols volcaniques, un facteur prédisposant ?

D'après le même Bénizry et al. (1988) qui a testé l'influence de différents facteurs sur la virulence et la propagation du fomès, il apparait que les sols volcaniques profonds et frais sont ceux où la dynamique du fomès est la plus forte. Il se pourrait aussi que l'épicéa soit peu adapté sur certaines stations et donc plus sensibles aux bio-agresseurs, ce qui expliquerait une contamination plus rapide.

Il y a donc un certain nombre de facteurs favorisant l'installation du fomès et la complexité des interactions entre ces facteurs ne permet pas de trouver des solutions simples et efficaces à ce problème.

La sylviculture en cause ?

D'après Bénizry et al. (1988), l'extension de la pourriture du fomès suit l'âge des plantations d'épicéa et le nombre d'éclaircies (facteurs difficilement dissociables sur la Chaîne des Puys). Ces constations font sens d'après le mode de dissémination du fomès. Des éclaircies trop nombreuses et trop rapprochées seraient donc préjudiciables. Les éclaircies sont donc sans doute un facteur aggravant mais pas forcément l'origine du problème : des premières éclaircies révèlent parfois des premiers signes de contamination alors qu'aucune intervention n'avait encore été effectuée.

Les sols volcaniques pourraient conférer aux plantations d'épicéa une faiblesse particulière au fomès tandis que la monospécificité des peuplements et une sylviculture trop dynamique seraient des facteurs aggravants de sa propagation.

4.5] Fomès et autres facteurs de déstabilisation

Les enjeux liés au fomès sont aussi écologiques. En effet, le champignon ne tue pas directement l'arbre mais il l'affaiblit au cours du temps, ce qui le rend vulnérable à des facteurs biotiques et abiotiques.

Vent et déstabilisation des peuplements

D'après Colin et Riou-Nivert (2009), les éclaircies fragilisent fortement le peuplement par rapport au vent et ce d'autant plus dans les plantations résineuses. Les peuplements contaminés par le fomès le sont d'autant plus du fait de la pourriture se développant dans les racines et le tronc des arbres. C'est pourquoi de nombreux chablis et volis sont observables dans ces peuplements. De plus, le martelage ciblé des arbres affaiblis crée le plus souvent des trouées qui, par effet de lisière, contribuent à renforcer la déstabilisation par le vent. Certaines plantations de la Chaîne des Puys sont situées dans des couloirs où le vent peut être très violent et les gestionnaires sont confrontés à ces problèmes.

Affaiblissement généralisé et scolytes

Actuellement, les scolytes génèrent les plus gros dégâts sur la Chaîne des Puys. Le scolyte (*Ips typographus*) est un ravageur secondaire xylophage dont la femelle creuse une galerie verticale entre le bois et l'écorce et y dépose régulièrement un œuf de chaque côté. Les larves en se développant vont creuser des galeries horizontales pour consommer le cambium afin de se nourrir. L'arbre étant en général hôte de nombreuses larves meurt en quelques semaines. Le scolyte s'attaque prioritairement à des arbres vivants abattus ou affaiblis, ce qui le rend par-là complémentaire du fomès. Celui-ci affaiblit les épicéas qui sont alors plus vulnérables aux scolytes qui finissent par les tuer.

Les attaques sont réparties en taches ou foyers. Au sein de ces taches, l'écorce des arbres chute de la base du houppier jusqu'à la souche généralement après l'envol des jeunes scolytes. Le martelage est aussi ciblé sur ces foyers afin de stopper l'infestation le plus rapidement possible Cela crée des trouées plus ou moins larges qui déstabilisent encore plus le peuplement.

Le fomès ne tue pas systématiquement l'arbre qu'il a infecté mais est souvent à l'origine de sa mort. En effet, il l'affaiblit et le rend plus sensible au vent et à des opportunistes comme le scolyte. Cela renforce alors la déstabilisation des peuplements.

5) Principaux résultats du stage de Nicolas Fayet et perspectives

Mon stage prend la suite d'une première étude réalisée l'été dernier par Nicolas Fayet, étudiant en IUT à Clermont-Ferrand et comme moi stagiaire à l'ONF à l'agence de Lempdes. Celle-ci est axée sur la contamination des épicéas par le fomès à une échelle plus large : celle des montagnes d'Auvergne. Je me suis appuyé sur certains résultats de cette étude pour mettre au point mon protocole et ainsi arriver à des conclusions et des propositions. Les voici.

5.1] Objectif de l'étude et méthode

Le fomès est la cause principale de l'état sanitaire préoccupant des pessières en montagnes d'Auvergne. Cependant et comme expliqué précédemment, il est très difficile de déceler sa présence (avant la phase critique, voir paragraphe précédent) car il n'altère pas la croissance de l'hôte. Un des objectifs du stage de Nicolas Fayet était donc de trouver des caractères extérieurs sur les épicéas témoignant de la présence de fomès.

Pour mesurer la présence de fomès au sein d'un arbre au niveau du bas du tronc, il a utilisé un résistographe, instrument qui permet de mesurer la résistance du bois. Une mèche va perforer l'arbre et la résistance du bois à l'avancement de la mèche va être tracée sur du papier gradué. Le principe est ensuite le suivant : plus le bois est attaqué par le fomès, plus celui-ci est mou (pourriture de cœur) et moins la courbe est haute. En utilisant comme référence des piles de bois saines et atteintes du fomès, on peut étalonner l'état de contamination des tiges sondées qui ont été réparties en trois classes selon leur altération.

Un des buts du stage de N. Fayet était d'établir des références entre caractères extérieurs et présence de fomès sur épicéas via une technique de résistographie permettant de déceler une pourriture et son intensité au sein de la bille de pied.

5.2] Présence de fomès et dépérissement

Le premier caractère extérieur à être testé est le dépérissement des houppiers. En effet, même si en théorie, le fomès ne touche que les tissus de soutien, il est probable qu'il affecte aussi les tissus conducteurs de l'arbre, ce qui se répercuterait sur la vitalité des houppiers. Ce caractère a donc été testé sur 24 placettes à travers l'Auvergne en prenant en compte deux facteurs : le déficit foliaire et le jaunissement des aiguilles. Ceux-ci ont ensuite été répartis en trois classes en fonction de la note attribuée à leur houppier.

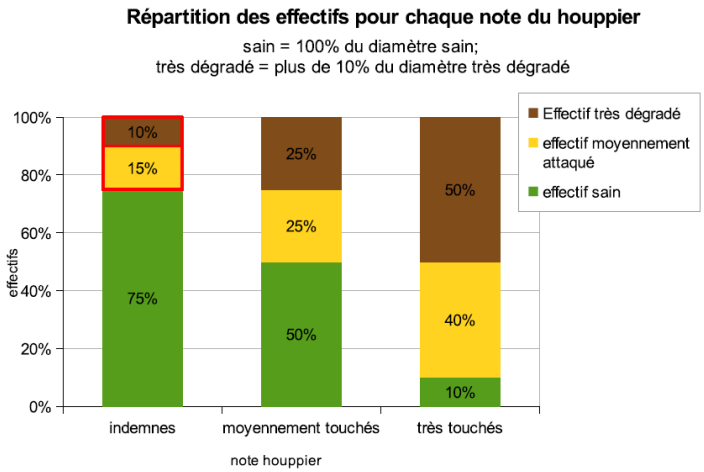


Figure 5. Répartition des effectifs des différentes classes de houppiers selon le diagnostic au résistographe

Source : « Étude de la contamination des épicéas par Heterobasidium annosum *en montagnes d'Auvergne, N. Fayet (2015)*

Deux résultats sont ici importants. On remarque que les arbres aux houppiers très touchés sont quasiment toujours altérés par le fomès : seulement 10 % de l'effectif reste indemne avec des houppiers très touchés. Cependant, la réciproque n'est pas vraie car dans l'ensemble des arbres aux houppiers indemnes, 25 % d'entre eux sont dégradés. Cependant, il n'est pas exclu qu'il y ait ici plusieurs phénomènes explicatifs comme des infestations plus récentes ou des adaptations génétiques. Néanmoins, la tendance reste marquée et significative.

Ces résultats pourront donc être utilisés dans mon protocole pour diagnostiquer l'état sanitaire des pessières. Des arbres aux houppiers très touchés seront révélateurs de présence de fomès tandis qu'un doute persistera toujours sur la présence du champignon dans le cas où les houppiers sont indemnes. Ce facteur de dépérissement des houppiers sera pris en compte avec d'autres pour traduire l'état de santé des peuplements.

La dépendance entre dépérissements des houppiers des épicéas et contamination par le fomès a été testée. Des arbres présentant jaunissement des aiguilles et déficit foliaire révèlent la présence de fomès, la réciproque est cependant fausse.

6) Problématique de stage et objectif

La demande de ma maître de stage a été modifiée et reprécisée mais a gardé le même objectif. D'une demande exhaustive et coûteuse en temps, le sujet a été recentré vers la création d'une méthode fonctionnelle, reproductible et répondant aux mêmes questions que le sujet original.

6.1] Evolution de la démarche

La demande initiale était de diagnostiquer l'état sanitaire de l'ensemble des peuplements à dominance épicéa sur la Chaîne des Puys sur la base de leur durée de survie et de proposer les parcelles à renouveler d'urgence en fonction de leur degré de dégradation. À chaque parcelle serait alors proposé un itinéraire de régénération prenant en compte ses enjeux sanitaires, économiques et paysagers.

Evolution de la démarche

Après un long travail d'homogénéisation des bases de données sous SIG (*système d'information géographique) entre les couches de parcelles, peuplements et unités de gestion à partir des données d'aménagement, j'ai pu calculer la surface des peuplements où l'épicéa était présent en tant qu'essence dominante. Sur environ 4700 ha de forêts bénéficiant du régime forestier sur le site classé de la Chaîne des Puys, 1500 ha sont composés de pessières dont environ 1050 ha sont des plantations pures (voir Annexe 2, p. 71 et Annexe 3, p. 72). Les pessières ont été identifiées à partir des couches de peuplements et des unités de gestion tandis que les plantations d'épicéa ont été repérées par orthophotographie. Il se peut d'ailleurs que celles-ci aient été légèrement sous-estimées. Les aménagements papiers ont aussi été utilisés lorsque les informations numériques n'étaient pas disponibles.

Tout d'abord, ces données nous ont donc fait prendre conscience de l'impossibilité de traiter au cas par cas l'intégralité des pessières de la zone. On s'est donc ensuite focalisé sur les plantations pures d'épicéa au sein de ces pessières, diminuant ainsi la surface et la complexité de la zone d'étude. Ces dernières présentent de par

leur monospécificité des problèmes sanitaires souvent plus importants et induisent des impacts paysagers plus forts. Cependant, les 1050 ha minimaux concernés nous ont poussés à adopter une technique d'approche différente.

Diagnostiquer l'état sanitaire de 1500 ha de pessières ou même de 1050 ha de plantations d'épicéa et proposer des itinéraires de régénération au cas par cas n'étaient pas un travail réalisable en six mois.

6.2] Elaboration d'une méthode de diagnostic et d'un plan d'action

La zone d'étude étant de toute manière trop vaste et ce malgré ses redéfinitions successives, nous avons décidé de mettre au point une méthode plutôt que de traiter une zone dans son intégralité.

Nouvel objectif du stage

L'objectif du stage, une fois redéfini, était donc d'élaborer une méthode allant de l'inventaire jusqu'à la clef de décision intégrant santé des forêts, économie et paysage qui permettrait le renouvellement des pessières à l'échelle du site classé de la Chaîne des Puys, dans les trente prochaines années. Des itinéraires de renouvellement seront aussi proposés en concertation avec les acteurs du territoire.

Concrètement, il s'agit de donner des outils simples d'utilisation pour un rendement optimal qui permettront à l'ONF :

- de savoir pour chaque plantation pure d'épicéa comment diagnostiquer son état sanitaire,
- comment anticiper sa dégradation,
- quel est le degré relatif d'urgence de l'intervention dans ces peuplements,
- à partir de quand intervenir et de quelle façon.

Des itinéraires de régénération plutôt globaux du fait de l'homogénéité de la zone seront ensuite proposés tandis qu'une analyse paysagère devra être faite au cas par cas.

Caractéristiques de la méthode

Elle se doit d'être reproductible et adaptable :

- reproductible par le personnel de l'ONF après mon départ,
- adaptable à toutes les plantations pures d'épicéa appartenant au site classé de la Chaîne des Puys.

Le but est que tout agent de l'ONF puisse comprendre la démarche pour être ensuite capable de la reproduire sur le restant des pessières de la Chaîne des Puys voire à d'autres zones qui auraient le même domaine de validité.

Une méthode fonctionnelle et reproductible intégrant tous les enjeux du site classé et proposant des itinéraires de renouvellement modulables nous a semblé plus appropriée.

Partie II : Diagnostic et anticipation des problèmes sanitaires sur la Chaîne des Puys

Cette partie explique la démarche utilisée, les analyses menées après une phase de terrain et les conclusions tirées qui permettront d'aiguiller l'ONF quant à ses choix de gestion dans les plantations pures d'épicéa dont l'état sanitaire pose question.

En résumé, une appréciation sanitaire est donnée par unité de gestion. Celle-ci est alors confrontée à ses données dendrométriques pour tenter d'établir des corrélations pertinentes. L'idéal serait que l'on puisse diagnostiquer l'état de santé d'une pessière et anticiper son évolution grâce à la conjonction de différents facteurs dendrométriques variant avec son état sanitaire. Cela se ferait de plus à l'aide de données très simples relevées communément dans les inventaires d'aménagement. On pourrait alors très rapidement faire un état des lieux et prescrire une gestion adaptée en conséquence, ce qui est indispensable au vu de l'état de santé préoccupant des épicéas à l'heure actuelle.

1) Mise en place d'un protocole test

Un protocole dit « test » a été élaboré dans le but de recueillir un maximum d'informations sur le terrain pour pouvoir ensuite les confronter entre elles. Il a été nommé ainsi car c'est lui qui va mener à un protocole définitif aboutissant à des choix de gestion. Le protocole test est disponible en Annexe 9, p. 79.

1.1] Explication générale

1.1.1] Les informations à prendre en compte et leurs utilisations

Au niveau sanitaire

Ce protocole a été établi en concertation avec le responsable du pôle Massif Central-Rhône-Alpes du DSF. La prise de données est très large ce qui permettra dans un premier temps de vérifier l'indépendance des données relevées pour ensuite les combiner et obtenir une note sanitaire. Celle-ci pourra être ensuite croisée avec les données dendrométriques. Les données relevées et la méthode seront détaillées plus bas. L'analyse sanitaire permettra de hiérarchiser les peuplements à régénérer selon leur degré d'urgence.

Au niveau dendrométrique

Un maximum d'informations sera de même relevé sur le terrain pour maximiser la probabilité de trouver des corrélations pertinentes avec le côté sanitaire. Ces données nous renseigneront sur l'état du peuplement (capital, mélange et fertilité entre autres) mais seront aussi de la matière en vue des itinéraires à mettre en place par la suite qui utiliseront au maximum l'existant (régénération, essences et pression du gibier principalement). Elles seront détaillées plus bas. Si des corrélations significatives et fortes sont observées avec l'aspect sanitaire, les facteurs dendrométriques concernés seront des indicateurs fiables pour diagnostiquer la santé des peuplements et même leur dégradation.

Au niveau paysager

On relèvera des aspects paysagers locaux pour lesquels on pense qu'ils auront une importance à l'échelle de la parcelle, la forêt ou plus globalement. Cela peut être par exemple un arbre remarquable ou un bloc de rochers. Il est important de les prendre en compte car ils pourraient constituer une contrainte supplémentaire pour la gestion au vu des enjeux du site classé. Cette partie du protocole a été élaborée avec Élise Magnien, experte paysagiste à l'agence ONF du Limousin.

Dans ce protocole test, la prise de données est très large pour deux raisons : maximiser les chances de trouver des corrélations pertinentes entre les côtés sanitaire et dendrométrique mais aussi récupérer les données nécessaires aux consignes de gestion associées aux zones inventoriées.

1.1.2] Le choix du maillage

Le zonage : objectif initial

L'objectif initial de cet inventaire était d'individualiser des zones d'état sanitaire homogène au moins à l'échelle de la parcelle qui est l'unité de gestion à l'ONF. Une même gestion spécifique pourrait alors être appliquée à ces zones homogènes. Par le passé, cette méthode a été utilisée sur la forêt domaniale du Guéry par le DSF suite à la tempête de 1999. Comme dans notre cas, le protocole avait été mis en place pour des problèmes liés aux pathogènes, aux lisières mais aussi au vent. Cette méthode d'inventaire avait pour avantage de donner directement une appréciation sur des zones entières plutôt que sur des placettes qui doivent être révélatrices de ces zones.

Cependant, il s'est avéré très délicat d'individualiser des zones homogènes les unes des autres. Cela s'explique parce que les zones en question sont des plantations d'épicéa en ligne et qu'il est quasiment impossible de repérer des zones homogènes et de surface réduite par orthophotographie dans ces plantations monospécifiques. Nous avons donc dû en revenir à un maillage de points.

La zone homogène sera ici assimilée à la parcelle forestière qui est l'unité de gestion à l'ONF. Chaque parcelle sera gérée de la même manière pour plus de simplicité excepté dans le cas de plusieurs zones d'état sanitaire très différent observées sur une même parcelle.

Choix du maillage et explications

Un maillage systématique à un point par hectare a été décidé exclusivement du fait du côté sanitaire de l'inventaire. Nous l'avons choisi en concertation avec le DSF car il nous permet de rester assez précis statistiquement pour des informations dont on ne sait que peu de choses de leur homogénéité en début d'inventaire. En effet, au vu du nombre de caractères sanitaires à relever dont c'est la variance qui définit le nombre de placettes de notre inventaire, on a décidé de fixer l'intensité de points à un par hectare. En effet, un point par hectare est le seuil maximal en termes d'intensité pour qu'un inventaire au taux d'échantillonnage d'au moins 10 % soit réalisable dans le temps du stage.

En effet, pour ce qui est des relevés dendrométriques, il est aisé de calculer un nombre de placettes suffisantes pour avoir une erreur relative faible car on connaît à peu près le coefficient de variation des variables dendrométriques que l'on cherche à inventorier (surface terrière par exemple). Dans notre cas de plantations d'épicéa, nous n'aurions eu besoin que de très peu de placettes pour décrire ces peuplements au niveau dendrométrique et un maillage aussi dense aurait été une perte de temps. À l'inverse, nous ne savons rien de l'homogénéité des facteurs sanitaires tels que le déficit foliaire, le jaunissement des houppiers et des autres facteurs influençant l'état de santé des peuplements.

De plus, un certain nombre d'informations qualitatives seront à prendre en compte dans notre champ de vision que l'on estime à environ 50 mètres, ce qui nous permettra de couvrir une zone presque exhaustivement. Cette potentielle couverture intégrale de la zone d'étude nous a confortés dans le choix de ce maillage. De plus, avant que ne débute la phase de terrain, on pensait ajouter cet inventaire sanitaire aux inventaires types de l'ONF utilisant ce même maillage.

En effet, les facteurs dendrométriques seront comparés à la note sanitaire sur la base d'un point par hectare. Si cette intensité reste la même lors des inventaires d'aménagement à venir et qu'une corrélation est mise en évidence, on pourra de cette manière avoir un bon indicateur sur l'état de santé des pessières.

L'alternative par transects

On avait aussi pensé à effectuer différents transects en choisissant des zones avec de fortes variations topographiques mais le fait que certains problèmes sanitaires (comme par exemple les foyers de scolytes et les trouées qui déstabilisent le peuplement) soient potentiellement des phénomènes très locaux nous ont contraints à renoncer à cette technique.

L'individualisation de zones de santé homogène n'étant pas possible visuellement, un maillage de points a été choisi. L'intensité retenue est celle d'un point par hectare car elle permet une bonne précision et est adaptée à la conjonction entre le taux d'échantillonnage voulu et le temps d'inventaire souhaité.

1.1.3] Explication des relevés généraux et conclusion

Pour chaque placette, il avait été demandé de relever la topographie et l'orientation au niveau de la placette. La topographie, l'orientation ou même les deux combinées pourraient potentiellement expliquer des différences de l'état de santé local d'un peuplement.

Cependant, seulement une parcelle inventoriée comportait des points hors zones de plateaux. Nous avons dû l'éliminer de nos analyses car cela aurait constitué un biais. Le domaine de validité de l'étude a donc été recentré sur les pessières pures de la Chaîne des Puys en zone plate, correspondant ici à une pente de moins de 20 %.

Les raisons d'un seuil fixé à 20 %

D'un côté, cet ordre de grandeur de pente n'a que peu d'effet sur l'exposition. Mais d'un autre côté, cette pente pourrait quand même influer le drainage du sol qui est un caractère pouvant être corrélé avec le développement et la virulence d'un pourridié. Néanmoins, des relevés sur souches après coupe par les correspondants observateurs du DSF n'ont pas montré de tendance significative entre distribution du fomès et humidité du sol. Au-delà de 20 %, on estime qu'il y a une possibilité d'effet sur l'exposition, ce qui explique ce seuil.

La grande majorité des plantations pures en forêts soumises a été effectuée sur ce type de topographie, cela ne restreint donc que très peu la zone d'étude et augmente la fiabilité statistique de nos résultats.

Les parcelles inventoriées étaient toutes situées en zone plane, ce qui restreint la zone d'étude et écarte ce paramètre qui aurait pu être explicatif.

1.2] Explication de la partie sanitaire du protocole

Chaque facteur sera relevé par placette. Pour faciliter la prise de données sur le terrain, à chaque relevé correspond un indice. Cet indice traduit une classe de pourcentage ou un seuil numérique du caractère observé. Par exemple, à un foyer de scolytes de moins de dix arbres sera attribuée une note de 1 tandis que s'il dépasse les dix arbres, il aura la note de 2. Plus un facteur est néfaste pour la santé d'un peuplement, plus l'indice qui lui sera attribué sera élevé. Cette technique sera utilisée pour l'ensemble des caractères sanitaires.

On calculera les moyennes par placette de ces indices qui seront ensuite pondérés selon leur importance relative pour calculer une note globale attribuée par placette. Le raisonnement détaillé sera expliqué en 2.1.1, p. 33.

J'ai réalisé moi-même l'intégralité des relevés sanitaires. Les erreurs que j'ai pu commettre sont donc de l'ordre systématique et non aléatoire. La conséquence est que je suis plus ou moins optimiste sur l'état de santé des peuplements par rapport au DSF qui m'a formé à ses prises de données qualitatives.

1.2.1] Des données prises à différentes échelles

La partie sanitaire du protocole est divisée en deux types de mesure par placette à prendre selon des échelles différentes.

1.2.1.1] À l'échelle de la placette

Les données « placettes » seront à prendre au niveau de la placette, ce qui signifie à l'œil dans le champ de vision de l'opérateur que l'on estime à 50 mètres environ. Les différentes catégories sont les phénomènes affectant la santé globale d'un peuplement. Ils ont été retenus après des échanges avec le DSF et confirmés plusieurs fois par la bibliographie. Il s'agit des dégâts de scolytes, des perturbations du peuplement ou trouées ainsi que des traces évidentes de fomès.

Un tableau récapitulatif des correspondances observation-indice est disponible à la fin dans le protocole en Annexe 9, p. 79.

Les attaques de scolytes

Au sein de cette catégorie, on a défini deux classes sur lesquelles il a semblé important de récupérer de l'information. En effet, les attaques de scolytes sont caractérisées par le nombre d'arbres touchés par foyer et par leur caractère récent. Les seuils d'arbres concernant la taille des foyers est une donnée du DSF qui se base sur l'historique des épisodes scolytes en Auvergne pour avancer ces chiffres. La correspondance des indices est donnée dans le Tableau 3, p. 36.

Sur la photo ci-contre, on observe une tache de scolyte de trois arbres (note de 1 pour la taille du foyer). De plus, celle-ci est ancienne car les arbres sont morts et leur écorce est décollée (note de 1 pour la nature de la tache). Ayant fait ma phase de terrain de mi-avril à mi-mai, toutes les taches de scolytes rencontrées étaient anciennes, les attaques se faisant le plus souvent en septembre.

Foyer de scolytes *(Antérioux)*
Photo : Guillaume LABARRE, 2016

Perturbations dans le peuplement ou trouées

Trouée déstabilisant le peuplement *(Saint-Genès Champanelle, parcelle 15)*
Photo : Guillaume LABARRE, 2016

Cette catégorie évalue la potentialité d'une dégradation des peuplements suite à des vents violents. Avec notre inventaire par placette, nous n'avons pris en compte comme facteur de déstabilisation que les ouvertures dans les peuplements. Les phénomènes de lisières fragiles et de stabilité de peuplements ont bien été évoqués mais ceux-ci ne pouvaient être évalués précisément à l'échelle de la placette.

La photo ci-contre met en évidence une ouverture dans le peuplement due à une coupe d'arbres scolytés. Cette trouée de moins de 30 % du peuplement, par rapport au peuplement plein (note de 1), déstabilise celui-ci et le rend plus sensible aux vents violents notamment par effet de lisières.

Présence évidente de fomès

Lorsqu'une coupe a eu lieu il y a moins de six mois, il est aisé de repérer la présence de fomès qui se matérialise par des purges laissées sur place par les exploitants et des pourritures caractéristiques au cœur des souches.

Les dix souches les plus proches de la placette (des purges peuvent aussi être prises en compte au même titre que les souches si elles proviennent d'épicéas distincts) sont choisies et pour chacune d'elle on note la présence de fomès par la méthode présence/absence.

Purges infestées de fomès laissées sur place par l'exploitant *(Saint-Genès Champanelle, parcelle 15)*
Photo : Guillaume LABARRE, 2016

Pourriture de cœur d'une souche infestée de fomès *(Saint-Genès Champanelle, parcelle 14)*
Photo : Guillaume LABARRE, 2016

Il faut bien être conscient que cette mesure des souches infectées nous fait surestimer la proportion de fomès dans le peuplement. En effet, d'après l'étude de N. Fayet, des signes de dépérissements sont indicateurs de fomès dans 90 % des cas. Or les martelages sont axés sur ces arbres dépérissants dans le but de revitaliser le peuplement. La proportion de souches observées infectées par le fomès est donc supérieure à la moyenne du peuplement.

Ce biais n'est cependant pas gênant dans notre étude car celui-ci va justement être compensé par ce même facteur de dépérissement. En conséquence, cela ne modifiera pas significativement la note globale de la placette. En effet, les arbres dépérissants dégradent la note sanitaire de la placette au même titre que les souches infectées. L'explication réside dans le fait qu'*a priori*, les arbres sont dépérissants avant la coupe tandis qu'après la coupe les arbres restants sont sains mais les souches plus ou moins infectées.

En absence de coupes récentes (moins de six mois) dans le peuplement, le fomès est très difficile à repérer. On peut tout de même parfois apercevoir des fructifications, appelées carpophores, au pied des arbres ou sur des chablis. On pourra alors appliquer la note maximale car on est sûr de sa présence. Il y aura toutefois un biais dans la prise en compte de cette mesure car les arbres atteints par le fomès ne présentent pas toujours de carpophores. Ceux-ci se verront attribuer la note minimale alors qu'il est possible qu'ils soient contaminés. Aucun carpophore n'a cependant été observé.

Trois types de données sanitaires sont à relever sur chaque placette et dans le champ de vision circulaire de l'opérateur :

- les attaques de scolytes (taille et ancienneté des taches),
- les ouvertures dans le peuplement,
- la présence de fomès évidente repérée à l'aide des carpophores ou à l'aide des souches après coupe.

1.2.1.2] À l'échelle de l'arbre

Les seules mesures à effectuer arbre par arbre sont les signes d'affaiblissement.

Cette catégorie englobe les deux types de dépérissements que l'on observe le plus souvent sur les résineux : le déficit foliaire des houppiers et le jaunissement des aiguilles. Pour ces deux caractères, il nous a semblé que donner une appréciation arbre par arbre génèrerait moins d'erreurs que de noter des zones dans leur ensemble. De plus, le fait de noter des arbres permet de faire ressortir le caractère local d'un phénomène qui serait sans doute passé inaperçu dans une zone. Nous avons choisi arbitrairement de noter dix arbres de la placette dans un rayon de 10 mètres pour rester cohérent avec la partie dendrométrique.

Ces arbres doivent bien entendu être dominants dans le peuplement car la perte foliaire et la décoloration des aiguilles peuvent aussi être dues à la compétition inter-tiges. Comme on souhaite se focaliser sur les dépérissements dus uniquement aux pathogènes, il faudra noter uniquement la partie fonctionnelle du houppier des arbres dominants c'est-à-dire la partie qui n'est pas en concurrence avec les autres. Cela correspond généralement au tiers supérieur du houppier.

Épicéa présentant peu de perte foliaire
Photo : Guillaume LABARRE, 2016

La correspondance entre notes et proportion de perte foliaire et jaunissement est disponible dans le protocole en Annexe 9, p. 79.

Les signes d'affaiblissement des épicéas que sont le déficit foliaire et le jaunissement des aiguilles seront à relever sur dix arbres dominants de chaque placette.

1.2.2] Constitution de références sanitaires

L'objectif de la partie sanitaire de l'inventaire est de donner une note à chaque parcelle. Cependant, cette note sera forcément relative et pour étalonner le barème de notes décrivant l'état sanitaire de chaque parcelle, nous avons besoin de zones de référence dans un état de santé différent. L'idéal serait d'avoir des zones d'états sanitaires extrêmes : en très bonne et très mauvaise santé.

Nous avons donc choisi délibérément trois zones d'une surface environ équivalente sur la Chaîne des Puys. D'une part sont choisies des zones dont on estime que l'état sanitaire est surement le plus problématique sur le site classé et cumulant dépérissement, scolytes, ouvertures dans les peuplements et présence prouvée de fomès (parcelles 13, 14 et 15 sur Saint-Genès Champanelle, 65 ha). D'autre part, nous avons sélectionné des zones qui n'ont extérieurement pas de problèmes sanitaires et qui constitueront la référence en tant que zones en bon état (parcelles 1, 2, 3, 4 et 5 sur Antérioux, 50 ha). Ces zones ont été repérées avec un travail sous SIG et grâce à la vision des agents de terrain.

Enfin, une dernière zone dont l'état de santé serait *a priori* intermédiaire a été choisie pour pouvoir tester le protocole en se basant sur ces références c'est-à-dire vérifier après analyses que la note de cette zone est bien intermédiaire (parcelles 22 et 23 sur Saint-Genès Champanelle, 41 ha).

En outre, la zone en très mauvais état apparent est située en contrebas du puy de Dôme et présente par-là des enjeux paysagers majeurs. Elle fera donc l'objet d'une étude paysagère lorsque nous aborderons la question des itinéraires de régénération dans la dernière partie du rapport.

Deux zones d'états sanitaires extrêmes ainsi qu'une troisième intermédiaire ont été choisies volontairement dans le but d'étalonner le barème de notes. Elles seront des références qui serviront à donner des notes sanitaires aux zones inventoriées par la suite.

1.2.3] Choix des surfaces d'inventaire

Nous avons choisi pour étalonner notre protocole une surface statistiquement fiable de 154 ha représentant environ 15 % des 1050 ha de plantations pures du site classé. Nous avons aussi essayé d'obtenir des surfaces équivalentes pour définir les références des états sanitaires dans l'optique d'avoir approximativement la même précision.

Dans un second temps, l'inventaire sera complété par de nouvelles zones d'âge différent et ayant donc subi un nombre d'éclaircies différent dans le but d'alimenter la base de données et établir des corrélations statistiquement fiables. 46 ha supplémentaires ont alors été inventoriés pour atteindre un total de 200 ha soit 19 % sur la Chaîne des Puys, ce qui constitue un échantillon fiable. La carte des zones inventoriées est disponible en Annexe 10, p. 90.

Il est important de noter ici que les zones de référence citées dans la partie 1.2.2, p. 28 constituent un biais de notre échantillon car elles n'ont pas été choisies au hasard mais bien spécifiquement pour le caractère que nous cherchons à mesurer : la santé. Il se peut donc que certaines de ces zones ne soient pas prises en compte dans l'établissement de corrélations entre facteurs sanitaires et dendrométriques. Notamment l'état de santé de la zone en mauvais état n'est pas représentatif de celui des plantations d'épicéa de la Chaîne des Puys.

Le taux d'échantillonnage correspondant à l'étalonnage du protocole est de 15 % augmenté par la suite à 19 % avec de nouvelles zones inventoriées. Cet échantillon est donc représentatif bien que biaisé par le choix délibéré des zones de référence.

1.3] Explication de la partie dendrométrique

Les données dendrométriques relevées dans cet inventaire sont les données types utilisées pour les aménagements hormis la densité de tiges par hectare qu'on a pu recueillir en raisonnant par surface fixe.

1.3.1] Un inventaire à surface fixe

Ce type d'inventaire, bien que plus long, permet de prendre un maximum de données sur le terrain. Il permet notamment d'avoir des informations sur la surface terrière mais aussi sur la densité de tiges à l'hectare, ce que ne permet pas un inventaire à angle constant. Le nombre de tiges par hectare nous intéresse particulièrement car on le pense potentiellement lié à l'état de santé des peuplements.

Un inventaire à surface fixe permet d'avoir la densité de tiges par hectare en plus de toutes les autres informations obtenues par un inventaire à angle constant.

1.3.2] Double objectif des données dendrométriques

Les données dendrométriques ne sont pas prises uniquement pour être comparées aux notes sanitaires sur chaque parcelle bien que ce soit l'objectif principal de ce protocole. Il s'agit aussi de récupérer un maximum d'informations sur le terrain en vue de proposer des itinéraires de régénération se basant en priorité sur l'existant.

➔ **Inventaire des tiges**

Tout d'abord, concernant l'inventaire des tiges, il est très important de noter les différentes essences présentes autres que l'épicéa car nous voulons diversifier au maximum les peuplements, les rendant ainsi moins sensibles aux pathogènes.

Les perches seront inventoriées au même titre que les tiges. Nous ne recenserons cependant que les perches viables de résineux car elles pourront passer à la futaie. Les forêts sont ici des forêts de production résineuses, il n'y pas d'intérêt à prendre en compte des perches résineuses qui n'ont aucune valeur économique d'avenir. Au contraire, nous prendrons en compte toutes les perches de feuillus : leur présence en mélange est un objectif à terme et elles n'ont pas de rôle premier de production.

Cet inventaire des tiges nous permettra de se faire une idée du capital sur pied et de la santé des parcelles en croisant avec les données sanitaires.

➔ **Qualité commerciale**

Ici, nous ne prendrons pas en compte de critère de qualité commerciale. On sait déjà très bien que l'état sanitaire influence la qualité des tiges, qui plus est en présence virulente de fomès. De plus, la qualité serait jugée extérieurement, ce qui perd tout sens en présence de fomès invisible extérieurement.

D'autre part, les proportions des différentes qualités sont fonction des éclaircies et à peu près homogènes dans des plantations gérées en futaie régulière (la proportion des meilleures qualités augmente avec l'âge du peuplement et donc le nombre d'éclaircies). De plus, la qualité est dégradée par le fomès, tant par son taux de contamination que par sa distribution dans l'espace.

Si des calculs économiques devraient être réalisés, nous nous réfèrerons aux commerciaux bois qui pourront estimer la proportion de différents produits lors des différentes coupes ainsi qu'une idée de la perte engendrée par le fomès.

➔ **Hauteur dominante**

Nous prendrons trois hauteurs sur chaque placette pour avoir la hauteur dominante du peuplement dans le but de connaître la fertilité des différentes parcelles inventoriées. Cette donnée est importante car c'est une donnée d'entrée dans les guides de sylviculture pour prévoir le moment des coupes. Cela sera à ajuster avec l'état sanitaire des peuplements.

➔ **Régénération**

La régénération sera évaluée en recouvrement par classe de pourcentage et par essence au-delà d'une hauteur de semis de 30 cm. La classe de pourcentage est suffisante pour le traitement des données et beaucoup plus rapide à relever sur le terrain.

Les informations sur la régénération seront recueillies avec deux objectifs principaux : savoir s'il y a une régénération déjà en place permettant un renouvellement immédiat du peuplement et connaitre les potentialités de régénération de la station qui seront évidemment à mettre en relation avec la surface terrière de la placette.

S'il n'y a pas de semis dans une zone, cela ne signifie pas d'emblée que les potentialités du milieu sont mauvaises et qu'il n'y aura jamais de semis. Il faut toujours confronter cette régénération à la surface terrière locale pour pouvoir ensuite juger des potentialités d'un milieu. La simple présence de semis d'une essence autre que l'épicéa montrera qu'elle peut s'implanter et qu'un apport de lumière suffirait sûrement à augmenter le nombre de semis de cette essence. C'est ce que l'on souhaite par exemple obtenir pour le sapin et le hêtre.

Les données concernant la régénération et les tiges prises sur 10 mètres de rayon seront comparées aux données sanitaires dans l'optique de trouver des tendances pertinentes mais aussi pour anticiper la réflexion sur les itinéraires techniques à mettre en place par la suite. La hauteur nous renseignera en plus sur la fertilité du milieu. Enfin, la qualité extérieure ne sera pas relevée car peu conclusive en présence de fomès.

1.4] Données de cheminement

Concernant la partie sanitaire, nous avons décidé de reprendre succinctement les données dites « placettes » ci-dessus pour vérifier l'homogénéité des phénomènes et valider l'intensité de points du maillage choisi. En effet, si on observe des phénomènes bien différents sur les placettes et sur nos cheminements, il faudra alors

peut-être resserrer le maillage de points. Cela signifiera aussi potentiellement que l'on a surestimé notre champ de vision et qu'on ne peut déceler des phénomènes à 50 mètres de distance.

Concernant les données dendrométriques, la régénération est elle aussi prise pour vérifier l'homogénéité spatiale des semis. Concernant les tiges, les essences porte-graines potentielles autres que l'épicéa seront relevées car elles seront surement rares au sein de placettes de 10 mètres de rayon dans des plantations denses d'épicéa. Elles donneront une indication quant aux potentialités du milieu à fournir un peuplement mélangé sur le long terme.

Enfin, les aspects paysagers locaux comme des blocs de rochers seront à prendre en compte car ils pourraient constituer des contraintes supplémentaires au vu des enjeux du site classé.

La pertinence du maillage, l'homogénéité des semis, la détection de potentiels porte-graines ainsi que des aspects paysagers qui pourront nous servir à diminuer l'impact des coupes sont tout l'intérêt de ces relevés de cheminements.

1.5] Améliorations du protocole à l'issue de la première phase de terrain (156 ha)

Dans le but de faciliter la seconde phase de terrain, on a profité du traitement des données ainsi que du retour de la première phase de terrain pour apporter quelques améliorations au protocole au niveau de la partie sanitaire. En effet, on ne voulait par exemple pas continuer à relever des informations sensiblement liées entre elles, dans un souci de rendement.

1.5.1] Informations sur les placettes

On a donc croisé une par une les informations sanitaires prises au niveau de la placette et on a testé leur indépendance. Sur les 156 ha de ma première phase de terrain, aucune donnée n'était significativement liée**.** En effet, les coefficients de corrélation observés sont faibles lors des croisements et il n'y a pas de distribution homogène dans l'espace de ces facteurs comparés deux à deux. On continuera donc à relever toutes ces informations sur chacune des placettes.

Concernant les données de dépérissement prises au niveau de l'arbre, on a continué à les relever par la suite bien qu'on ait mis en évidence qu'il pouvait y avoir une relation entre jaunissement des aiguilles et perte foliaire selon la manière de comparaison de ces données.

En effet, à l'échelle de l'arbre, il n'y a pas de corrélation frappante entre ces deux facteurs tandis qu'à celle de la placette (indice créé à partir des notes des dix arbres), on en observe une. Ne connaissant pas encore à ce stade comment on allait ramener ces informations à la placette, on a décidé de maintenir cette prise de données.

L'indépendance des données sanitaires entre elles a été vérifiée dans un souci de rendement. Ces prises de données sont donc maintenues pour la suite de l'inventaire.

1.5.2] Informations pendant les cheminements

Une vérification a aussi été menée pour savoir si les prises de données sur les cheminements devaient être maintenues. Les relevés sanitaires de cheminement identiques aux données sanitaires des placettes pourront être supprimés dans le protocole définitif.

J'ai donc vérifié en tout point l'identité des relevés pour ces paramètres en les confrontant aux relevés de cheminement précédant et suivant la placette. Seulement la présence du phénomène a été relevée mais pas son intensité, sachant que celle-ci est très homogène par unité de gestion. Voici les résultats obtenus :

Tableau 1. Pourcentages d'identité des relevés sanitaires des placettes et des cheminements

Phénomène	Ouvertures du peuplement		Taille des foyers de scolytes		Présence de fomès	
Cheminement par rapport à la placette	*Avant*	*Après*	*Avant*	*Après*	*Avant*	*Après*
Pourcentage d'identité avec la placette	58 %	56 %	78 %	80 %	88 %	89 %

Les pourcentages d'identité au niveau de la taille des foyers de scolytes et de la présence de fomès sont tels que l'on peut supprimer ces deux relevés au niveau des cheminements. La nature des taches n'a pas été vérifiée ici car elle va de paire avec la taille des foyers : toutes les taches de scolytes étaient anciennes du fait de la période des relevés. Elle sera donc aussi supprimée des relevés de cheminements. Quant à l'ouverture des peuplements, le relevé inter-placette sera maintenu car l'identité se vérifie environ une fois sur deux, ce qui n'est pas suffisant.

Mis à part les ouvertures de peuplements, les phénomènes observés dans les autres catégories sont identiques sur les placettes et sur les cheminements pré et post placette. Leurs relevés sur les cheminements sont donc annulés pour la suite de l'inventaire.

1.5.3] Réflexion sur une dégradation du maillage de points

À ce stade, on a essayé de déterminer si on pouvait alléger le maillage de points afin que ce protocole sanitaire soit réutilisé par l'ONF sur les surfaces non diagnostiquées pendant le stage. Pour cela, on voulait savoir statistiquement combien de points à l'hectare garder pour avoir la même précision d'analyse, ce qui nous permettrait de diviser par deux voire trois le nombre de placettes.

Cependant, le fait de relever des données qualitatives représentées par des codes fait que nous ne pourrons probablement pas avoir un retour statistique fiable du terrain. En effet, pour calculer un nombre de placettes suffisant, on utilise le plus souvent des variables dendrométriques qui sont des variables continues.

Pour l'aspect sanitaire du protocole, on se base sur des indices qui représentent de simples observations ou des tranches de pourcentages d'un phénomène. Ces codes ne peuvent donc pas nous permettre de calculer une erreur relative viable sans passer par de longs calculs et analyses statistiques et ce pour chacun des caractères sanitaires relevés.

On pourrait toujours utiliser les moyennes des tranches de pourcentages pour rendre ces codes quantitatifs mais cela n'est pas possible pour toutes les observations et l'information perdue serait déjà importante. De plus, avec ces moyennes, on cumulerait les erreurs et les erreurs relatives obtenues finalement ne seraient plus très fiables. Et quand bien même, la distribution spatiale des données n'étant pas homogène, on ne peut pas diminuer le nombre de points du maillage.

La dégradation du maillage de points aurait pu permettre de gagner en efficacité. Cependant, la nature qualitative des données ainsi que leur distribution non homogène dans l'espace ne nous permettent pas de répondre à cette question. Le maillage à un point par hectare est donc maintenu.

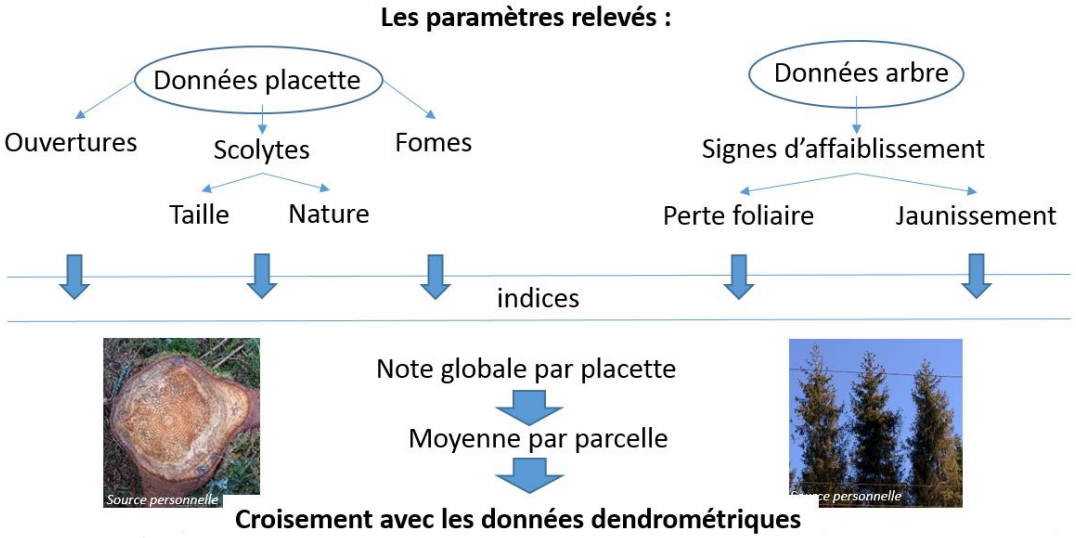
2) Traitement et analyses des données sanitaires

Une fois la base de données constituée, le premier travail a été de concevoir une grille sanitaire permettant de fournir une note par placette témoignant de son état de santé à partir des différents relevés. Dans un second temps, on croisera ces notes avec les facteurs dendrométriques dans le but de trouver des corrélations.

2.1] Barème sanitaire et note par placette

La démarche consiste à calculer une note sanitaire par placette puis par unité de gestion à partir des relevés effectués sur le terrain. Cette méthode de calcul a été élaborée à partir des 156 ha des zones de référence inventoriées lors de la première phase terrain et n'a finalement pas été modifié par la suite.

Ce schéma très simplifié explique brièvement la méthode.



Dans un premier temps, les données prises à l'échelle de l'arbre seront reportées à celle de la placette par des calculs expliqués par la suite. Dans un second temps, des notes par catégories sanitaires seront calculées. Enfin, ces notes seront pondérées en fonction de leur importance respective pour donner la note de la placette. La dernière étape consiste à faire la moyenne des notes des placettes d'une même unité de gestion et ainsi d'obtenir son appréciation sanitaire.

2.1.1] Création d'un code d'affaiblissement à l'échelle de la placette

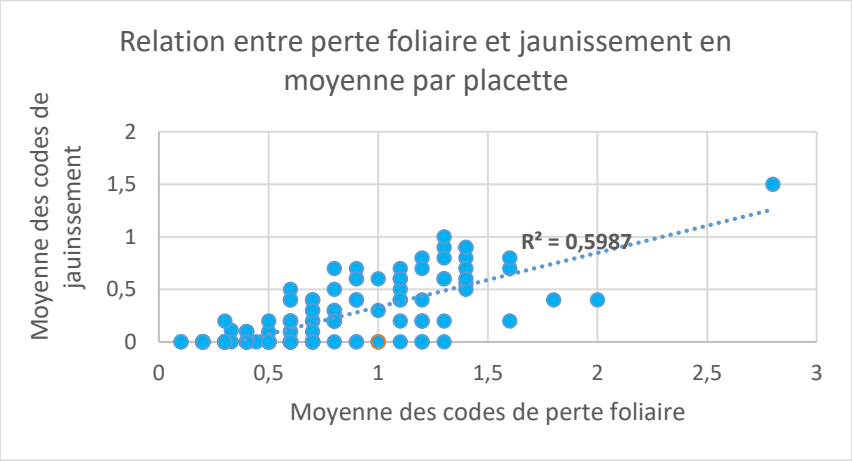
Sur chaque placette, le déficit foliaire et le jaunissement des aiguilles ont été notés pour dix arbres. Pour pouvoir les comparer avec les autres relevés sanitaires, il faut ramener ces notes à l'échelle de la placette.

Pour cela, on a calculé pour chaque arbre la moyenne des codes pour le jaunissement et la perte foliaire. Cette moyenne de codes a l'avantage de prendre en compte le nombre d'arbres dépérissants et l'intensité de ce dépérissement pour chaque placette. Une vérification quant à l'indépendance des caractères jaunissement des aiguilles et déficit foliaire a alors été réalisée sur l'ensemble de la phase de terrain soit 197 placettes contenant de l'épicéa.

Seul le caractère de déficit foliaire utilisé pour déterminer le code d'affaiblissement des arbres

Bien que la corrélation de ces deux paramètres ne soit que d'environ 37 % si on prend les tiges individuellement, elle est nettement plus élevée lorsqu'on prend en compte la même donnée au niveau de la placette. Pour ce faire, nous avons confronté les moyennes des notes des dix arbres pour ces deux paramètres sur chaque placette.

Figure 6. Mise en évidence d'une relation entre déficit foliaire et jaunissement



Un coefficient de corrélation d'environ 77 % témoigne de l'absence d'indépendance au niveau de la placette.

Dans le protocole définitif, on pourra donc supprimer un de ces deux facteurs. Deux raisons nous poussent à supprimer le relevé de jaunissement plus que celui de perte foliaire. D'une part de nombreuses placettes présentent de la perte foliaire sans aucun jaunissement (127 placettes sur 197) et d'autre part le jaunissement n'a jamais été observé en absence de perte foliaire. Si on prenait uniquement le jaunissement dans nos relevés, la perte d'informations serait alors considérable. Enfin, en pratique, la prise de donnée du jaunissement est plus complexe et est relativement une plus grande source d'erreurs (voir le protocole en Annexe 9, p. 79).

Au vu de la corrélation mise en évidence, seul le déficit foliaire sera utilisé par la suite pour l'attribution des notes d'affaiblissement à l'échelle de la placette.

De nouveaux codes à l'échelle de la placette cette fois-ci seront alors attribués en fonction des classes de moyenne de perte foliaire. Un autre paramètre a aussi été pris en compte pour augmenter la précision de ces nouveaux codes. Il s'agit de la présence d'au moins un arbre ayant une note égale ou supérieure à 2. En effet, des arbres en bon état de santé sont généralement caractérisés par des notes de 0 ou 1 tandis qu'un arbre ayant une note de 2 ou plus constitue un signal d'alerte.

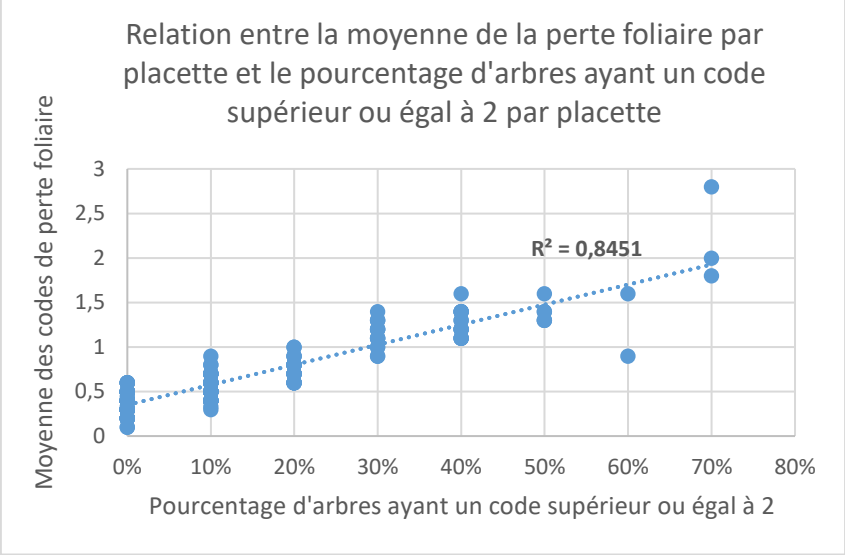
Voici donc la grille récapitulative permettant de transformer les codes attribués aux arbres en indice d'affaiblissement de la placette. Le choix des limites sera expliqué plus bas.

Tableau 2. Grille de transformation des codes attribués aux arbres en indice d'affaiblissement par placette

		Code	0	1	2	3	4
Données arbres	**Signes d'affaiblissement**	**Arbres avec perte foliaire**	Moyenne de la placette inférieure ou égale à 0,7 et sans arbre classé 2 ou plus	Moyenne de la placette inférieure ou égale à 0,7 et avec au moins un arbre classé 2 ou plus	Moyenne de la placette comprise entre strictement plus que 0,7 et 1 avec au moins un arbre classé 2 ou plus	Moyenne de la placette comprise entre strictement plus que 1 et 1,5	Moyenne de la placette strictement supérieure à 1,5

Méthode alternative

Figure 7. Vérification d'une corrélation pertinente entre les deux méthodes de notation



Une méthode alternative qui se basait sur le pourcentage d'arbres de note 2 ou plus avait aussi été imaginée. Elle aurait aussi bien reflété le dépérissement au niveau de la placette pour la même explication que précédemment. Cependant, la première méthode a été retenue car elle est plus explicative : le pourcentage d'arbres avec des notes élevées ressort finalement dans la moyenne et la présence d'arbres notés 2 ou plus n'est pas laissée de côté. Une vérification quant à la corrélation entre ces deux méthodes a tout de même été effectuée et elle s'est révélée fructueuse comme le montre le graphique ci-dessus.

Cette corrélation nous conforte donc dans le choix de notre méthode de calcul.

Choix des seuils

Dans le tableau récapitulatif, les valeurs seuils ont été réfléchies en fonction des zones de référence : bon et mauvais état sanitaire. Il a été fait en sorte que la zone en bon état ait plus de placettes classées 0 ou 1 et que les placettes de la zone en mauvais état tendent vers des notes de 3 ou 4. On voit ici l'intérêt de zones de référence dans l'étalonnage de notre barème sanitaire.

Le code d'affaiblissement est obtenu à l'échelle de la placette grâce aux notes de déficit foliaire de chacun des dix arbres. La moyenne de ces notes accompagnée d'un autre facteur déterminant (la présence d'arbres notés 2 ou plus) va permettre de leur attribuer un nouveau code : le code d'affaiblissement.

2.1.2] Création d'indices par placette pour chaque type de relevés sanitaires

Maintenant que l'ensemble des données sont à l'échelle de la placette, une comparaison va pouvoir être effectuée. Chaque type de relevé va en effet recevoir une note par placette. Celle-ci va être comprise entre 0 et 100. Plus la note augmente, plus l'état sanitaire se dégrade.

Le raisonnement se fait à partir de la grille sanitaire finale que voici.

Tableau 3. Grille de correspondance entre les observations et les codes attribués aux placettes par catégorie sanitaire

	Code	0	1	2	3	4	Coefficient
Perturbations affectant les peuplements	**Ouvertures dans le peuplement**	Non	Quelques trouées (-30 % de la surface)	Trouées fortes (30 à 60 % de la surface)	Parcelle mitée (+60 % de trouées)		1
Attaques de scolytes	**Tache de scolytes**	Non	Ancienne	Récente			1
	Taille des foyers	Aucun	Moins de 10 arbres	De 10 à 30 arbres	Plus de 30 arbres		1
Fomès	**Souches, carpophores, chablis**	Aucun visible	Moins d'un tiers observable	Plus d'un tiers observable			1
Signes d'affaiblissement	**Arbres avec perte foliaire**	Moyenne de la placette inférieure ou égale à 0,7 et sans arbre classé 2 ou plus	Moyenne de la placette inférieure ou égale à 0,7 et avec au moins un arbre classé 2 ou plus	Moyenne de la placette comprise entre strictement plus que 0,7 et 1 avec au moins un arbre classé 2 ou plus	Moyenne de la placette comprise entre strictement plus que 1 et 1,5	Moyenne de la placette strictement supérieure à 1,5	1

Le coefficient permet de donner un poids relatif à tel ou tel type de relevé au sein d'une même catégorie. Au final, ce n'est pas très utile dans notre analyse car seules les attaques de scolytes ont deux composantes que l'on a jugées de poids équivalent en concertation avec le DSF.

La note (ou indice) par catégorie est ramenée de 0 à 100 par la formule suivante :

$$Indice(catégorie) = \frac{[Code(comp1) \times coefficient(comp1) + code(comp2) \times coefficient(comp2)]}{[\max(Codecomp1) \times coefficient(comp1) + \max(Codecomp2) \times coefficient(comp2)]} \times 100$$

Par exemple, la formule pour calculer la note sanitaire de la catégorie « attaques de scolytes » est la suivante :

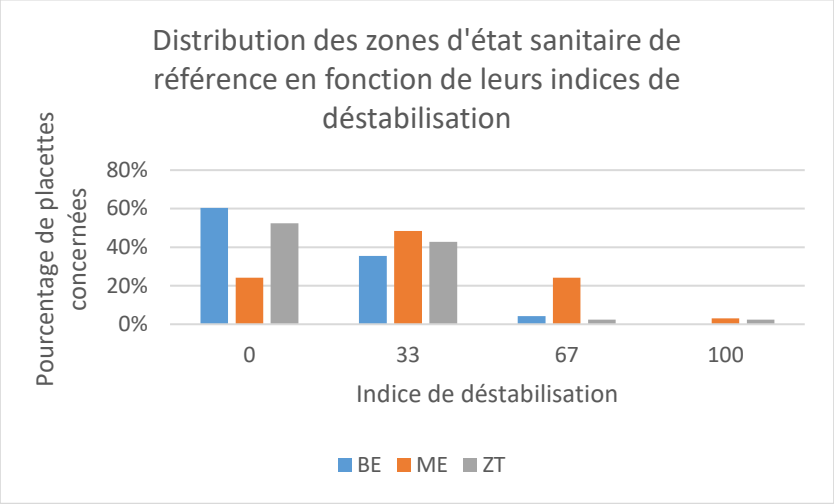
$$Indice\ de\ sensibilité\ aux\ scolytes = \frac{Code(tâche\ de\ scolytes) \times 1 + Code(taille\ des\ foyers) \times 1}{(2 \times 1 + 3 \times 1)} \times 100$$

Soit

$$Indice\ de\ sensibilité\ aux\ scolytes = \frac{Code(tâche\ de\ scolytes) + Code(taille\ des\ foyers)}{5} \times 100$$

Après calcul de l'ensemble des indices sanitaires par catégorie et par placette, une vérification a été effectuée une nouvelle fois à partir des zones de référence. On a regardé la distribution des notes sanitaires en fonction des zones des références pour ainsi avoir un regard critique sur notre grille de notation. Par exemple, en ce qui concerne la catégorie « perturbations affectant les peuplements », on obtient le graphique suivant :

Figure 8. Répartition des zones d'états sanitaires de référence selon la perturbation des peuplements



On remarque que la déstabilisation est la plus forte pour la zone en mauvais état (ME) avec une majorité de placettes concernées pour des notes allant de 33 à 100. Inversement, la déstabilisation est très peu marquée pour la zone semblant en bon état (BE) avec un gradient diminuant de notes allant de 0 à 67. La zone de santé à déterminer s'intercale entre les deux zones de référence.

On obtient approximativement les mêmes résultats avec les autres catégories sanitaires (voir Annexe 11, p. 91**)**, cela signifie que la grille sanitaire est fiable.

À partir des codes sanitaires donnés aux différents types de relevés, ou calculés (cas du code d'affaiblissement), on attribue une note allant de 0 à 100 par catégorie sanitaire et par placette. Pour cela, il suffit juste de faire la moyenne des codes attribués aux différentes observations d'une même catégorie pondérée par les poids respectifs donnés à ces indices.

2.1.3] Passage à la note sanitaire globale par parcelle

De la même manière que précédemment, la note sanitaire globale par placette va être obtenue cette fois en faisant la moyenne des indices sanitaires des différentes catégories pondérée par le poids qu'on leur a attribué en fonction de leur importance respective. La note sanitaire par parcelle est obtenue par une simple moyenne des notes par placette.

La note sanitaire globale est d'abord donnée par placette. Il s'agit de la moyenne pondérée des notes sanitaires de chacune des catégories de relevés. En effet, à chaque catégorie est attribué un poids qui est fonction de l'importance relative des types de relevés les uns par rapport aux autres. Ces poids ont été attribués avec l'aval du DSF.

Les coefficients de pondération attribués aux différentes catégories sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 4. Poids relatifs des différentes catégories sanitaires dans la note finale attribuée par placette

	Indices correspondants	**Coefficients de pondération**
Perturbations affectant les peuplements	Indice de déstabilisation (ID)	**2**
Attaques de scolytes	Indice de sensibilité aux scolytes (IS)	**1**
Fomès	Indice de présence de fomès (IF)	**2**
Signes d'affaiblissement	Indice d'affaiblissement (IA)	**2**

La seule difficulté ici réside dans la prise en compte du fomès car l'absence de signes extérieurs de sa présence ne prouve en aucun cas qu'il ne soit pas présent au sein des tiges. Notamment, le fait de prendre en compte son absence extérieurement (note de 0) aurait l'effet néfaste d'améliorer la note globale de la placette. Dans le calcul de la note par placette, le fomès observé sur le terrain a donc été uniquement pris comme facteur aggravant la note sanitaire c'est-à-dire qu'il a été pris en compte pour son calcul uniquement en cas de présence.

En absence de fomès visible, la note sanitaire est donnée par la formule suivante :

$$Note(placette) = \frac{ID \times 2 + IS \times 1 + IA \times 2}{\sum(Coefficients\ de\ pondération)} = \frac{ID \times 2 + IS + IA \times 2}{5}$$

En présence de fomès visible, la note sanitaire est donnée par la formule suivante :

$$Note(placette) = \frac{ID \times 2 + IS \times 1 + IA \times 2 + IF \times 2}{\sum(Coefficients\ de\ pondération)} = \frac{ID \times 2 + IS + IA \times 2 + IF \times 2}{7}$$

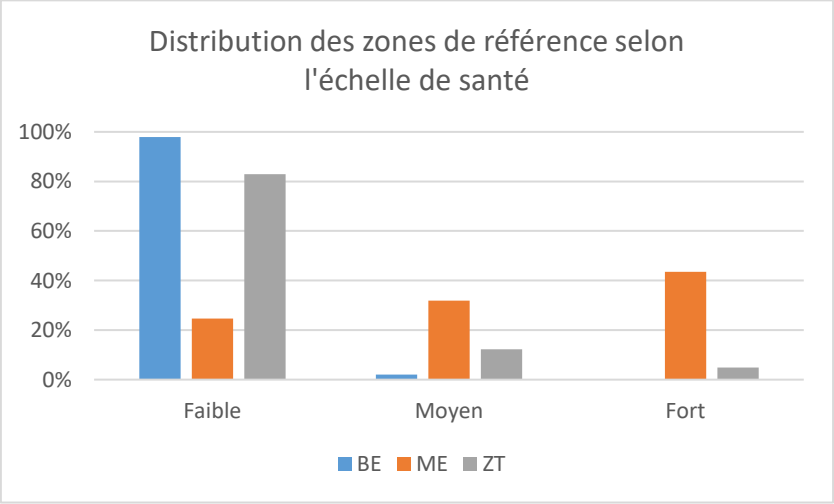
De la même façon que pour les indices sanitaires par catégorie, une vérification a été effectuée selon les zones de référence. Pour cela, on a regroupé les placettes dans trois classes de notes suivant leur état de dégradation (les seuils choisis entre les différentes classes résultent d'une différence d'état sanitaire ressentie que j'ai observée sur le terrain) :

- ✓ faible : de 0 à 30
- ✓ intermédiaire : de 30 à 50
- ✓ fort : de 50 à 100

Les qualitatifs utilisés ici sont tout de même relatifs à l'état sanitaire des pessières de la Chaîne des Puys. Un état de dégradation jugé faible ici pourra être jugé intermédiaire voir fort ailleurs.

On obtient alors les proportions suivantes :

Figure 9. Répartition des zones d'états sanitaires de référence selon le barème sanitaire définitif



Ce graphique permet encore ici de confirmer la fiabilité de notre barème sanitaire, les placettes de la zone en bon état ayant presqu'exclusivement des notes révélatrices d'une faible dégradation tandis qu'un gradient croissant de dégradation est observé pour la zone en mauvais état.

Enfin, le calcul de la note sanitaire par parcelle se fait simplement en faisant la moyenne de l'ensemble des notes des placettes se trouvant à l'intérieur de celle-ci.

Critique statistique de la méthode

La méthode de notation de l'état sanitaire se base ici sur des prises de données qualitatives dont on a calculé des moyennes et pondéré pour donner des indices, eux-mêmes subissant les mêmes opérations. Ces calculs n'ont donc pas de valeur statistique mais sont tout de même révélateurs de la dégradation de la santé des peuplements. Il faudra donc par la suite être prudent surtout en ce qui concerne les seuils qualifiant les différents états sanitaires.

Cependant, cette étude n'est pas de nature scientifique et n'impose pas une exactitude statistique. On recherche ici des outils techniques pratiques à mettre en œuvre rapidement qui permettraient de faire des choix de gestion adaptés.

De la même manière que précédemment, la note sanitaire globale par placette va être obtenue cette fois en faisant la moyenne des indices sanitaires des différentes catégories pondérée par le poids qu'on leur a attribué en fonction de leur importance respective. La note sanitaire par parcelle est obtenue par une simple moyenne des notes par placette.

2.2] Zonage par état sanitaire

Une idée initiale était de construire des zones d'état sanitaire homogène à partir des notes attribuées à chaque placette. Des consignes de gestion pourraient alors être établies pour chacune de ces zones. Des cartes ont été réalisées selon la dégradation de l'état sanitaire de chaque placette à partir des zones de référence (voir Annexe 12, p. 92, Annexe 13, p. 93 et Annexe 14 p. 94). Les classes d'états sanitaires sont les mêmes que celles décrites dans la partie précédente. À partir de ces cartes, il paraît en effet aisé de construire des zones de santé homogène.

Les raisons du délaissement de cette méthode

Plusieurs points nous ont fait renoncer à cette méthode.

Tout d'abord, les seuils utilisés ici (voir partie 2.1.3, p. 37) sont critiquables car la limite entre deux classes d'état sanitaire est très fine, et des doutes subsisteraient quand bien même on créerait de nouvelles classes. Une critique en liaison avec les seuils des classes de santé est que la taille des zones homogènes couvrirait de petites surfaces et qui plus est avec un plus grand nombre de classes. Il serait alors difficile d'appliquer une gestion spécifique à ces zones et des regroupements seront à envisager, ce qui serait contre-productif. L'unité de gestion restera donc la parcelle mais on pourra tout de même traiter certaines zones individuellement du reste de la parcelle si un fort contraste sanitaire le nécessite.

Ensuite, cette méthode permet certes de faire un diagnostic de l'état sanitaire, mais elle ne nous renseigne pas sur la dynamique de dégradation de la pessière. Le gestionnaire ne pourra pas anticiper l'évolution du peuplement et il sera donc incapable de prévoir des interventions à l'avance.

Enfin, la démarche utilisée ici implique que l'on renouvelle ce protocole à chaque plantation d'épicéa du site classé, ce qui correspond à encore 850 ha environ. Comme dit précédemment, la prise de données sanitaires qualitatives est d'une part très dépendante de l'opérateur (biais important) et d'autre part demande une formation spécifique. Enfin, une prise de données qualitatives nécessite une observation et donc une attention particulière, ce qui sous-entend plus de temps. Reproduire cette méthode serait donc coûteux en temps pour des résultats qui ont de fortes chances d'être biaisés.

Une nouvelle méthode a donc été recherchée et une technique basée sur le croisement avec les données dendrométriques a été mise au point.

Une méthode de zonage sanitaire des plantations d'épicéa basée sur les notes attribuées aux placettes avait été imaginée. Cependant, celle-ci a été rapidement abandonnée pour trois raisons : des seuils difficilement identifiables, une méthode de diagnostic mais pas d'anticipation et enfin une démarche trop coûteuse en temps pour qu'on la reproduise sur le reste des plantations d'épicéa de la Chaîne des Puys.

2.3] Les corrélations observées au niveau de la parcelle

Dans le but de trouver une méthode efficace permettant de prendre des décisions rapides quant aux interventions à prévoir dans les pessières dégradées, on a croisé les notes sanitaires avec les facteurs dendrométriques. Comme prévu, toutes ces données sont ramenées à l'échelle de la parcelle.

2.3.1] Relation entre état sanitaire et facteurs du peuplement

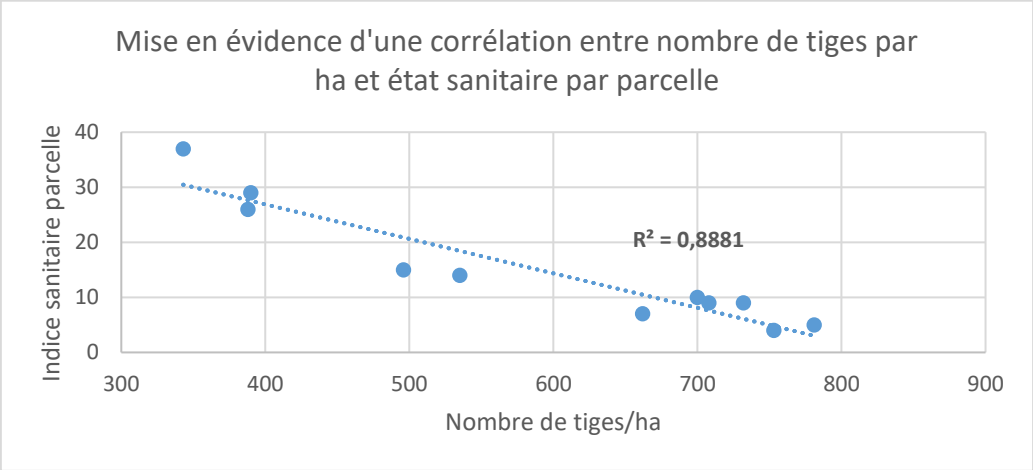
Pour chaque parcelle inventoriée, on a ramené les données dendrométriques par placette à la parcelle et on les a alors comparées aux notes sanitaires. Les facteurs testés lors des croisements sont les suivants : surface terrière, nombre de tiges par hectare, hauteur dominante et diamètre dominant. D'autres facteurs descriptifs trouvés dans les aménagements ont aussi été mis en parallèle : il s'agit de l'âge des peuplements (vérifiés sur le terrain en cas de coupes) et le nombre d'éclaircies. Enfin, des facteurs composés des données du peuplement ont aussi été croisés avec l'état sanitaire afin de maximiser la probabilité de résultats concluants. Ainsi, les facteurs d'élancement et d'espacement ont été testés mais n'ont pas donné satisfaction.

Des résultats concluants…

Les tests ont été à chaque fois menés sur les quatorze parcelles inventoriées (dont les zones de référence font partie). Les résultats ont été très concluants pour le nombre de tiges par hectare, la hauteur dominante, le diamètre dominant et l'âge (dans l'ordre décroissant de dépendance) avec à chaque fois des coefficients de corrélation de plus de 0,92. Les tableaux donnant l'ensemble des caractéristiques de chacune des parcelles est disponible en Annexe 15, p. 95.

Voici la corrélation la plus pertinente :

Figure 10. Relation entre la densité de tiges par hectare et l'état sanitaire par parcelle



…qui confirment ceux des études scientifiques

Les principales tendances fiables sont les suivantes (voir Annexe 16, p. 97**)**, l'état sanitaire se dégrade lorsque :

- ✓ le nombre de tiges diminue,
- ✓ la hauteur dominante augmente,
- ✓ le diamètre dominant augmente,
- ✓ l'âge augmente.

Ces corrélations confirment les résultats scientifiques ciblés sur le fomès et cités dans la première partie du rapport, à savoir que des pessières contaminées par le fomès se dégradent avec l'âge et le nombre d'éclaircies. Le coefficient de détermination avec le nombre d'éclaircies n'est ici que de R^2=0,60 mais certaines données ne sont pas fiables. En effet, le sommier de la forêt où sont référencées les coupes étant incomplet, on peut penser que ce coefficient serait plus élevé.

Ces tendances étaient cependant attendues. Leur véritable apport pour la gestion forestière réside dans le fait qu'une correspondance entre données dendrométriques et état sanitaire du peuplement est maintenant avérée pour toutes valeurs comprises dans le domaine de validité de l'étude. En effet, on a établi qu'un stade sylvicole donné correspond à un état de dégradation sanitaire.

Pour ce qui est des autres caractères, il existe aussi des corrélations mais qui ne dépassent jamais les R^2=0,61, relativement faibles par rapport aux résultats ci-dessus.

Cependant, ces corrélations n'ont pas été effectuées sur l'intégralité des parcelles.

Un échantillonnage modifié pour ces croisements

Certaines parcelles n'ont cependant volontairement pas été prises en compte dans l'établissement des corrélations car elles apparaissaient en tant que points aberrants. Ces résultats étaient cependant attendus.

Tout d'abord, deux des trois parcelles (les 14 et 15 de la commune de Saint-Genès Champanelle) constituant la zone de référence « mauvais état » ont été repérées : leur note sanitaire est beaucoup trop élevée pour permettre toute corrélation. Ces parcelles sont mitées, touchées de façon importante par tous les types de facteurs sanitaires cités précédemment. En effet, elles ont été choisies spécifiquement pour constituer une référence d'état sanitaire extrêmement dégradé et ne sont pas révélatrices du reste des plantations de la Chaîne des Puys. Il n'en existe pas d'autres dans un tel état sanitaire en relation avec les caractéristiques du peuplement sur le site classé. Par-là on ne peut pas les inclure dans les croisements opérés. Ne pas les prendre en compte fait aussi en sorte de rendre l'échantillon moins biaisé en ce qui concerne les croisements. La parcelle 13 intégrée dans la zone « mauvais état » ne présente finalement pas un état sanitaire extrêmement préoccupant et peut par-là être maintenue dans la zone de croisement.

Une autre parcelle (la 37 sur la commune d'Orcines) présente une note sanitaire extrêmement élevée. De même, elle constitue une valeur aberrante car celle-ci a été fortement touchée par la tempête de 1999. Ce facteur a une incidence trop importante sur la note sanitaire finale et fait qu'on ne peut pas prendre cette parcelle en compte dans nos relevés. Il s'agit ici d'un mauvais choix d'échantillonnage.

Les corrélations ont donc été établies sur une surface totale de 148 ha pour 11 parcelles soit 10 % de la zone d'intérêt.

Les implications de telles corrélations

Ces corrélations mises ici en évidence permettent de raisonner différemment. À présent, on ne va plus chercher à déterminer l'état sanitaire des plantations, celui-ci sera directement déduit à partir des facteurs dendrométriques du peuplement. Cela permet avec un simple diagnostic sylvicole d'obtenir une estimation sanitaire de la parcelle en question.

Plus important, les tendances permettent aussi de prévoir l'évolution de la santé d'une plantation et donne donc les moyens au gestionnaire d'anticiper ses interventions. Cependant, les tendances observées sont contenues dans un certain intervalle de notes sanitaires par parcelle dans lequel ces corrélations sont validées.

Le domaine de validité des corrélations est-il un obstacle ?

Ces corrélations ont été obtenues pour des parcelles dont l'état sanitaire va de 4 à 37 sur une échelle de 0 à 100. D'une part, on peut affirmer sans prendre trop de risques que la corrélation sera identique sur l'intervalle 0-37 que sur l'intervalle 4-37. D'autre part, il est important de préciser qu'à partir de la note sanitaire de 37 sur 100, aucune donnée de terrain ne nous prouve ni que le peuplement va continuer à se dégrader ni avec quelle intensité cela va se faire.

Il paraît cependant justifié et de bon sens de penser que la dégradation à partir de cette note va, ou garder la même intensité, ou empirer. En effet, il y a des causes à effets directs entre les différents paramètres sanitaires relevés sur le terrain où chacun va favoriser un ou plusieurs autres, menant à dégrader de plus en plus le peuplement. Par exemple, le fomès affaiblit les arbres qui seront par-là plus sensibles aux scolytes. Les foyers de scolytes seront exploités, ce qui mènera à des trouées qui déstabiliseront à leur tour le peuplement.

On peut même dire qu'avec une corrélation de type linéaire telle qu'elle est établie aujourd'hui, nous sommes optimistes par rapport à l'évolution de santé des plantations qui pourraient se dégrader de manière beaucoup plus intense et plus rapide voir exponentielle.

Les données dendrométriques par parcelle ont été croisées avec les notes sanitaires. Les corrélations entre ces notes et le nombre de tiges à l'hectare, la hauteur dominante, le diamètre dominant et l'âge des peuplements sont très significatives. Ces facteurs sont donc des indicateurs fiables de la santé des plantations d'épicéa dont on se servira pour diagnostiquer et anticiper leur dégradation.

2.3.2] Un domaine de validité bien cadré pour ces tendances

Les relevés ont été effectués dans des zones assez homogènes dont les caractéristiques sont listées ci-dessous. Les corrélations mises en évidence ne sont évidemment qu'applicables au sein de ce domaine de validité et ne peuvent être utilisées en dehors.

Les parcelles inventoriées sont situées exclusivement dans le périmètre de la Chaîne des Puys et donc sur des sols dont le substrat est d'origine volcanique. Au niveau topographique, elles sont situées en zones de plateaux (pas de pente ou pente à moins de 20 %), les plantations sont en effet les plus courantes dans ces zones (cf. étude des relations milieu-production pour l'épicéa commun en moyenne montagne volcanique auvergnate).

De plus, les historiques de ces parcelles sont identiques. Ce sont des plantations monospécifiques d'épicéa de 1ère génération forestière. Ces plantations ont été réalisées la plupart du temps sur des anciennes pâtures et parfois sur des champs où la culture a été abandonnée.

La sylviculture réalisée dans ces peuplements a été la même partout : des plantations très denses, le plus souvent à 2500 tiges/ha. Ont suivi très peu voire pas de dépressage, une longue phase de compression et donc une première éclaircie assez tardive.

Les fertilités sont toujours moyennes pour l'ensemble des parcelles inventoriées à l'exception d'une parcelle de fertilité faible. Elles ont été déterminées en prenant en compte l'âge et la hauteur dominante de chaque parcelle et à l'aide du référentiel sylvicole « Pessières de l'Ardenne primaire » utilisé en montagnes d'Auvergne en l'absence d'un guide local spécifique.

Ces tendances sont valables uniquement dans un domaine de validité bien déterminé. Les sols sont tous d'origine volcanique, les parcelles sont situées en zones de plateaux, les historiques de celles-ci sont identiques de même que la sylviculture qui y a été pratiquée et elles présentent toutes une fertilité moyenne.

2.3.3] Retour sur la phase de terrain : mise en évidence d'une dégradation corrélée à la densité de tiges

Les corrélations ont mis en évidence une dégradation des peuplements notamment avec l'âge et avec la densité de tiges, confirmant ainsi des résultats scientifiques. Mais ces corrélations ont été établies à un instant donné et à l'aide de parcelles différentes. On a voulu vérifier que cette dynamique de dégradation était bien la même en suivant l'évolution d'une parcelle dans le temps.

En réalité, en six mois, il n'est pas possible de rendre compte d'une quelconque dégradation sanitaire. Cependant, notre grille sanitaire telle qu'elle est construite le permet à partir des coupes. La coupe joue en effet sur toutes les composantes sanitaires relevées et en particulier ici sur l'affaiblissement des arbres et la présence de fomès sur les souches.

Le constat initial

La parcelle 5 sur la commune d'Antérioux est passée en coupe fin mai, quelques semaines après la fin de mon inventaire. Elle paraissait visuellement en bonne santé et avait obtenu la note de 14, confirmant ce fait. On a donc voulu vérifier après la coupe si la note sanitaire allait rester stable ou augmenter radicalement.

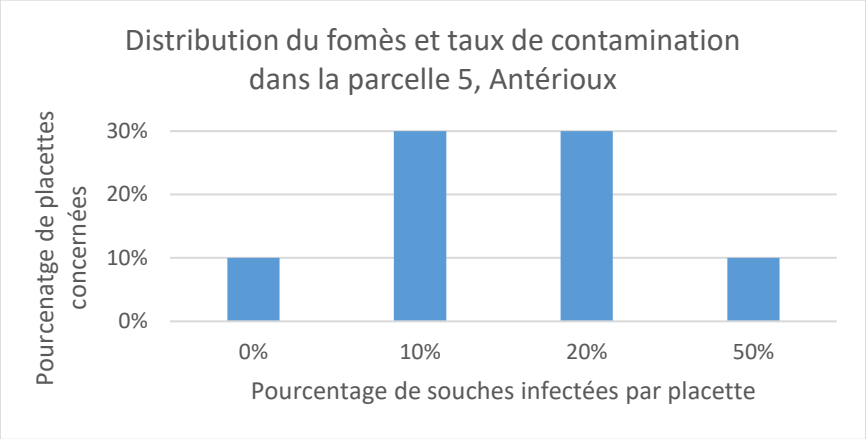
La méthode

Un dénombrement des souches atteintes du fomès a donc été effectué sur les placettes du premier inventaire. Ce comptage est comparable à celui réalisé lors de la phase de terrain à l'exception qu'il est plus précis. Ont été relevés le nombre exact de souches infectées sur les dix souches les plus proches du centre de la placette ainsi que l'intensité des taches.

Le résultat

La carte mettant en évidence la distribution du fomès et son taux de contamination sur la parcelle est disponible en Annexe 17 p. 98. Le graphique suivant rend compte de l'importance de la contamination et ce, même dans un peuplement n'ayant subi que deux éclaircies.

Figure 11. Répartition et taux de contamination du fomès dans une parcelle saine extérieurement après la deuxième éclaircie



Ce qu'on peut retenir de cette observation est que le fomès est déjà réparti de façon homogène dans la parcelle avec 90 % des placettes touchées. À ce stade, le champignon est présent dans le sol et ce n'est qu'une question de temps avant que le reste du peuplement soit infecté même en appliquant un traitement préventif. De plus, 30 % des placettes sont contaminées à plus de 30 %, ce qui est déjà considérable quand on sait qu'il ne s'agit que d'une deuxième éclaircie. Enfin, l'agent en charge du triage m'a bien confirmé que le traitement au ROTSTOP® avait bien été appliqué lors des deux éclaircies.

Les traces de fomès sur les souches étaient le plus souvent légères témoignant d'une pourriture naissante mais qui s'amplifiera et mettra à mal la stabilité du peuplement dans les années à venir.

La conclusion

Sans recalculer les notes sanitaires par placette après cette coupe, on sait pertinemment que la présence de fomès dans ces proportions a fortement augmenté la note de la parcelle. En effet, il n'y avait que très peu d'arbres dépérissants avant l'éclaircie et leur prélèvement ne suffirait pas à équilibrer la note.

On a ainsi confirmé de manière dynamique que l'état sanitaire d'une parcelle se dégradait en fonction de son âge et de son nombre d'éclaircie ainsi que des autres facteurs liés à l'âge et à la sylviculture.

À propos du stage de Nicolas Fayet…

Enfin, on peut aussi revenir sur les conclusions de Nicolas Fayet concernant la relation entre fomès et dépérissement des arbres. En effet, sur la parcelle 5, aucune placette ne présentait d'arbres jaunissants et seulement quatre placettes sur les dix présentaient un arbre avec un taux de déficit foliaire compris entre 5 et 25 %.

Il concluait qu'environ 25 % des arbres aux houppiers indemnes étaient en fait dégradés. En moyenne, la contamination par le fomès est de l'ordre de 20 % sans savoir précisément si les arbres présentant de la perte foliaire correspondaient à certaines des souches infectées. Ces conclusions sont par-là confirmées par les résultats obtenus ici bien que la méthode de relevés ne soit pas la même.

Un retour sur le terrain a permis de confirmer les tendances de manière dynamique (sur une même unité de gestion). Une présence accrue de fomès sur les souches suite à une éclaircie augmente fortement la note sanitaire tandis que l'âge, le diamètre dominant et la hauteur dominante ont augmenté et que la densité de tiges a diminué.

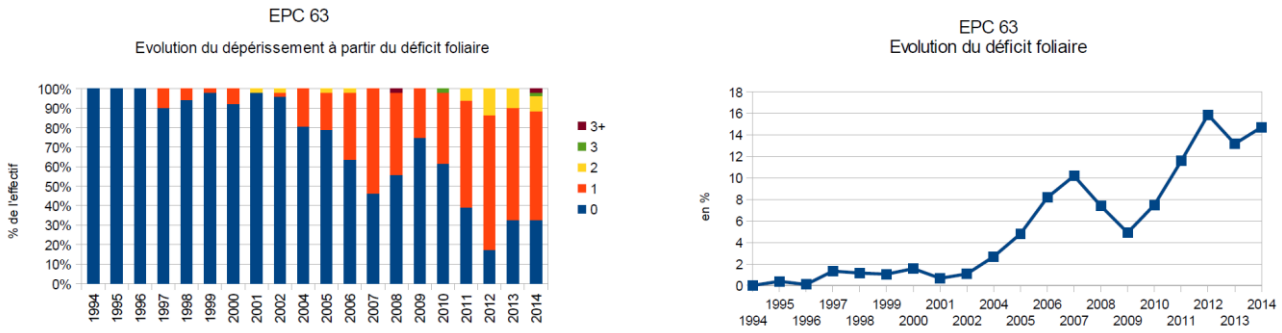
2.4] Mise en évidence d'une dégradation des pessières sur la Chaîne des Puys : exemple des parcelles 13, 14 et 15 sur la commune de Saint-Genès Champanelle

Grâce au site Géoportail, j'ai pu retrouver les photographies aériennes d'une zone que j'ai par la suite inventoriée de 1946 jusqu'à nos jours. Cela m'a permis de confirmer visuellement l'historique des parcelles, à savoir des cultures ainsi que leur date de plantation.

Mais cela m'a surtout permis d'observer au cours du temps la dégradation évidente de celles-ci. En effet, bien que les photos ne soient pas toujours très nettes, on distingue cependant une augmentation du jaunissement et du déficit foliaire des houppiers ainsi que de la proportion de trouées. Cette dégradation est notamment bien identifiable sur une partie de la parcelle 15 située entre la route et la ligne électrique depuis l'année 1991 jusqu'à 2016 (voir Annexe 18, p. 99).

Par ailleurs, la parcelle 13 dispose d'un dispositif de suivi RENECOFOR (*réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers) nommé « EPC 63 ». Il s'agit d'un enclos de quelques dizaines d'arbres (dont une très grande majorité d'épicéas) où sont mesurés différents facteurs du milieu et du peuplement de manière régulière. Y sont estimés entre autres le dépérissement des épicéas via le déficit foliaire. Les résultats qui suivent témoignent d'une dégradation des houppiers avec le temps.

Figure 12. Mise en évidence d'une dégradation des houppiers des épicéas du dispositif RENECOFOR



Source : DSF, 2014

Les codes du graphique de gauche correspondent à des pourcentages de perte foliaire. Ils sont identiques à ceux utilisés dans mon protocole (voir Annexe 9, p. 79) à la différence que la notation 3+ équivaut à 4 dans celui-ci. Le graphique de droite montre l'évolution du déficit foliaire global (moyenne sur l'ensemble des arbres du dispositif).

L'analyse des orthophotographies de certaines plantations d'épicéa de la Chaîne des Puys met en évidence de manière frappante leur dégradation rapide au cours du temps.

2.5] Perspectives d'amélioration des connaissances

Les corrélations ont été établies sur un domaine de validité particulier (voir partie 2.3.2, p. 42). Il faudrait tester l'influence de chacune de ses composantes pour mettre en avant celle qui est le plus liée à l'état sanitaire des pessières. On pourrait alors réaliser un zonage de la Chaîne des Puys avec les plantations dont l'état sanitaire est susceptible de se dégrader rapidement et d'autres où le gestionnaire aurait plus de temps pour intervenir. Cela reviendrait à rechercher des facteurs prédisposants ou aggravants à la dégradation des pessières. Il est en effet difficile de faire la différence entre ces deux types à un instant donné.

2.5.1] Questionnement sur une influence différenciée du fomès et de la sylviculture

Après la première phase de terrain, on voulait séparer influence du fomès et influence de la sylviculture pour mettre en évidence un impact plus ou moins marqué relativement à l'un ou l'autre de ces facteurs. L'objectif était de savoir si le fomès était un facteur aggravant d'une sylviculture peu dynamique menée sur les pessières de cette zone et dégradant leur état de santé. Cette hypothèse va tout de même à l'encontre de la bibliographie et de nos résultats car une sylviculture peu dynamique sous-entend moins d'interventions et des rotations plus grandes, diminuant *a priori* la contamination par le fomès. Pour contrer ce constat, on avait formulé une nouvelle hypothèse selon laquelle l'absence de sylviculture pendant les jeunes années affaiblirait le peuplement qui se déstabiliserait alors complètement après les premières éclaircies. La plantation affaiblie serait alors plus sensible aux attaques de pathogènes dont le fomès fait partie.

Cependant, les plantations en forêts soumises sur le site classé de la Chaîne des Puys ont toutes reçu la même sylviculture, ce qui ne permet pas de mettre en évidence l'influence relative d'un des deux facteurs. On pourrait toujours utiliser en comparaison des plantations situées en dehors de la Chaîne des Puys mais ce serait d'autres paramètres comme l'historique des parcelles ou le type de sol qui se verraient modifiés. Cela n'aurait alors pas d'utilité pour notre étude. La sylviculture en vigueur dans le privé se résumant dans la majorité des cas sur la Chaîne des Puys à des coupes rases suivies de plantations, appliquer ce protocole en forêt privée ne nous aurait pas beaucoup plus renseignés.

En tant que gestionnaire, l'ONF voulait connaître l'influence respective du fomès et de la sylviculture dans la dégradation des plantations pour adapter sa gestion en conséquence. Cependant, on ne peut pas séparer les deux critères car les plantations ont toutes subi la même sylviculture.

2.5.2] Les sols volcaniques : un potentiel facteur prédisposant de la dégradation des pessières

L'étude des sols n'a pas été intégrée dans le protocole test car les sols volcaniques sont de nature très complexe. D'une part, cela requiert des connaissances géologiques et pédologiques poussées et d'autre part, cela aurait rendu le protocole de terrain trop lourd. Cependant, il est bien possible que le type de sols ait une influence sur la dégradation des pessières et peut être même sur la contamination par le fomès. Bénizry et al avait déjà montré que le fomès était très virulent sur sols volcaniques.

Des sols aux propriétés andiques

La publication de Legrand et al. (2007) intitulée *Spécificités des sols volcaniques du Massif Central : bénéfices et contraintes pour la gestion forestière* nous renseigne un peu plus concernant la problématique des sols volcaniques. Tout d'abord, la grande majorité des sols volcaniques sont des andosols. Une teneur élevée en carbone organique des horizons de surface, une forte rétention du phosphore, une faible densité apparente et une forte capacité de rétention d'eau sont ses caractéristiques principales. Ils sont formés sous l'action d'un climat pluvieux et humide permanent ainsi qu'une percolation rapide de l'eau.

Des sols exceptionnels mais vulnérables

La fertilité des andosols est expliquée principalement par leur exceptionnelle capacité de rétention d'eau. Cependant, ils sont très sensibles au tassement et au dessèchement et peuvent perdre par-là une partie de leur capacité de rétention. La réhumectation des sols peut être parfois très lente après une sécheresse estivale. Ces contraintes hydriques pourraient expliquer la dégradation de l'état des pessières au même titre qu'un autre facteur ayant aussi retenu notre attention.

Les sols volcaniques sont le plus souvent très riches en éléments minéraux présents abondamment dans le sol depuis la roche mère. Cependant, ces éléments minéraux nécessaires au développement optimal des plantes ne sont pas toujours disponibles. En effet, sur sols volcaniques, un phénomène fréquent de toxicité aluminique perturberait la nutrition des arbres en plusieurs minéraux et seraient à l'origine de carences.

La toxicité aluminique en question

À partir d'un seuil de 2 cmol/kg de sol, le taux d'aluminium échangeable dans le sol devient toxique pour les plantes d'après Legrand. Cette toxicité est étroitement liée aux sols acides. En effet, pour un pH inférieur à environ 5,5-5,8, une réaction se produit entre l'aluminium non échangeable et les ions H^+ qui libèrent alors de l'aluminium échangeable. Celui-ci est néfaste car il se fixe aux racines des plantes plus facilement que les autres minéraux et induit des carences quand bien même les autres minéraux sont disponibles dans le sol (cas des sols volcaniques très riches). Cela aboutit à des flétrissements et des dépérissements chez les arbres.

Un dispositif de suivi RENECOFOR étant en place sur une parcelle de la zone d'étude, les données concernant la chimie du sol ont été récupérées. La concentration en différents minéraux y est mesurée dans différentes couches du sol et à intervalle de temps régulier. Les relevés les plus récents (2009) montrent une abondance de la plupart des minéraux. Concernant l'aluminium échangeable, sa concentration est en moyenne de 0,32 cmol/kg entre 20 et 40 cm de profondeur et n'aurait donc pas d'effet néfaste sur les racines des épicéas. Au contraire, dans les 10 premiers centimètres de sol, sa concentration est de 5,62 cmol/kg ce qui induirait à coup sûr une toxicité aluminique d'après Legrand.

Des contacts ont été pris avec le service Recherche et Développement de l'ONF ainsi qu'avec une équipe formée de pédologues et de géologues de l'école VetAgroSup chargée de confectionner un guide des sols pour le Massif Central suite à une commande nationale. La cartographie des sols est en cours et pourra sans doute apporter des éléments de réponses. L'ONF pourrait potentiellement se joindre à ce projet d'envergure en trouvant des points d'intérêt communs. L'hypothèse de toxicité aluminique pourrait possiblement être confirmée et s'ajouter à d'autres résultats permettant de savoir si l'épicéa est bien en station sur sols volcaniques. Cela permettrait de plus de connaître précisément les caractéristiques exactes conférant à ces sols leur virulence pour le fomès. De la même manière que pour la sylviculture dans le 4.4.2, p. 19, la nature des sols (phénomène de toxicité aluminique par exemple) pourraient affaiblir les épicéas qui deviendraient alors plus sensibles aux pathogènes et par-là plus touchés par le fomès.

Les amendements comme possibles solutions

D'après Legrand et al (2007), les connaissances en termes d'amendements sur andosols seraient très limitées car il y a peu de références forestières dans le Massif Central volcanique. Des fertilisations en potassium ont déjà été réalisées sur une plantation d'épicéa commun au lac du Guéry au Sud du site classé. Ce test en absence de carence avait mené à des gains d'accroissement. Les fertilisations sont aujourd'hui interdites en forêt au contraire des amendements.

Si une toxicité aluminique est mise en évidence sur les andosols de la Chaîne des Puys, des amendements calco-magnésiens pourraient être testés sur certaines plantations d'épicéa de communes volontaires. En effet, un simple chaulage devrait diminuer significativement le taux d'aluminium complexé à la matière organique mais aussi celui d'aluminium échangeable du sol. La toxicité aluminique serait donc fortement limitée et le dépérissement des épicéas pourrait diminuer en conséquence. Encore faut-il ici faire le lien entre toxicité aluminique, dépérissement des épicéas et peut être même fomès. Ce sont les résultats qu'on souhaiterait obtenir si une étude est réalisée.

Finalement, l'épicéa reste à ce jour une essence adaptée sur la Chaîne des Puys, aucune étude scientifique ne prouve le contraire et les relevés d'acidité réalisés par l'école VetAgroSup ne prédisposeraient pas au phénomène de toxicité aluminique. Il faudra néanmoins rester prudent et attentif sur cette question. En effet, l'ONF compte sur la régénération naturelle pour renouveler les plantations d'épicéa, évitant ainsi les plantations massives. En cas de réussite, les peuplements suivants seront malgré tout à dominance épicéa, ce qui explique la complexité de la situation.

Les sols volcaniques sont très riches en éléments minéraux nécessaires au bon développement et à la production optimale des épicéas. Néanmoins, ceux-ci ne sont pas toujours disponibles à partir d'une certaine acidité des sols, un possible phénomène de toxicité aluminique empêchant l'absorption des minéraux par les racines. Cela pourrait être un facteur prédisposant de la dégradation des pessières.

Partie III : Propositions d'itinéraires de régénération respectueux du paysage de la Chaîne des Puys

Après les avoir mises en évidence, on se basera sur les corrélations entre la dégradation des pessières et des facteurs dendrométriques pour discuter et préconiser des choix de gestion. On pourra notamment en déduire quand et comment renouveler les plantations d'épicéa en proposant toujours plusieurs scénarios accompagnés de leur chiffrage financier. On expliquera de plus comment l'aspect paysager sera pris en compte à différentes échelles et un exemple concret sera détaillé pour illustrer la complexité de cette tâche. Enfin, le choix de mettre en place un comité de massif dans une zone où des pressions diverses et plus ou moins intenses s'exercent sur la forêt sera justifié et ses potentiels bienfaits exposés.

1) Critères de déclenchement des renouvellements selon l'état sanitaire

Cette partie est consacrée aux choix de gestion directement liés aux corrélations trouvées dans la partie précédente. Grâce à celle-ci, on pourra déterminer à partir de quand il faut régénérer les plantations de la Chaîne des Puys. Plusieurs scénarios seront proposés et détaillés, laissant ainsi le choix aux propriétaires. On recommandera bien sûr les scénarios nous paraissant les plus fiables et on proposera des actions à effectuer de suite et sur le court terme.

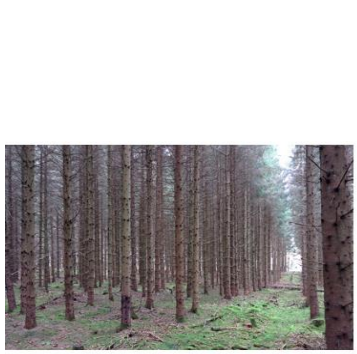
1.1] Détermination temporelle du renouvellement des plantations

1.1.1] Constat d'une dégradation marquée après un certain seuil et méthode

Un ressenti visuel de dégradation comme seuil d'intervention

J'ai estimé par observation des parcelles et par mon expérience du terrain qu'une dégradation visuelle significative des peuplements apparaissait pour une note sanitaire de la parcelle d'environ 30 sur 100. Il s'agit d'un ressenti né de la confrontation entre l'observation des peuplements et la note sanitaire obtenue à partir du protocole. Celui-ci est confirmé par mon expérience du terrain acquise au cours des deux mois d'inventaire. Il s'appuie sur les différents symptômes sanitaires listés dans la partie précédente. Il est cependant question ici d'un ordre de grandeur, la notion de seuil étant difficile à analyser du fait du caractère qualitatif de la note sanitaire. De plus, une même note peut être attribuée à deux parcelles dont les symptômes peuvent être finalement assez différents.

Ce constat de dégradation est illustré ci-dessous par des photos prises dans les parcelles de l'inventaire. Les premières photos correspondent à une plantation avec une note sanitaire d'environ 10 sur 100. Le second groupe de photos présente les caractéristiques d'une plantation d'une note approximativement de 40 sur 100.



Peuplement dense et encore sain
Note sanitaire ≈ 10

Fomès

Chablis

Peuplements plusieurs fois éclaircis
Note sanitaire ≈ 40

Trouées importantes

Perte foliaire et jaunissement

Photos : Guillaume LABARRE, 2016

Méthode utilisée

En résumé, le raisonnement mené se base sur le fait qu'au moment où la note sanitaire atteint environ 40, l'état de dégradation est déjà bien avancé et il est trop tard pour agir, c'est-à-dire entamer le renouvellement pour 15 ans environ. La perte économique due à l'infestation par le fomès est déjà considérable et la durée de survie des arbres dans cet état ne permet pas d'avoir des certitudes quant à la fourniture de semis par les arbres en place. On veut en effet utiliser au maximum l'existant et donc la régénération naturelle qui limite fortement investissements et impact paysager (voir partie 2, p. 53). À partir de ce seuil de ressenti de dégradation, on a donc décidé d'intervenir dans les peuplements, ce qui permettra la régénération des plantations avant que leur état ne soit trop préoccupant. Le but est ici de maximiser le revenu des coupes et d'assurer la régénération naturelle.

À partir de cette note sanitaire de 30, j'ai utilisé les corrélations avec les facteurs dendrométriques du peuplement pour connaître chacune de leur valeur correspondant à cet état sanitaire. J'ai choisi de me baser prioritairement sur le nombre de tiges et le diamètre dominant pour les deux motifs suivants. Le diamètre dominant est simple à relever sur le terrain et est un paramètre caractéristique des guides de sylviculture quand il s'agit de déclencher les différentes coupes. Quant au nombre de tiges par hectare, il nous donne une idée du capital restant sur pied. Lorsqu'il est relié avec l'état sanitaire, il nous informe sur la quantité de bois restant sur pied et de son état de santé, ce qui est plus parlant que le diamètre dominant. Utiliser deux paramètres même si ces deux-là sont liés (R^2=0,87) nous permet d'apporter une précision supplémentaire.

J'ai donc utilisé l'équation de chaque droite reliant le facteur dendrométrique d'intérêt et l'état sanitaire pour connaître chacune des valeurs des facteurs dendrométriques correspondant à cette note sanitaire de 30 sur 100.

Les valeurs des facteurs dendrométriques correspondant à une note sanitaire de 30 ainsi que leur sens de variation de ces facteurs avec l'état sanitaire sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 5. Récapitulatif des facteurs du peuplement correspondant à une note sanitaire de 30 sur 100 et sens de dégradation

Facteur du peuplement	Âge	Diamètre dominant	Hauteur dominante	Nombre de tiges par ha
Valeur pour un état sanitaire de 30 sur 100	**59 ans**	**45,4 cm**	**27,4 m**	**350 tiges/ha**
Sens de variation avec la dégradation	↗	↗	↗	↘

Comme évoqué précédemment, il s'agit ici d'ordre de grandeur et il ne faut pas prendre ces chiffres à l'unité près.

Le moment d'intervenir dans une pessière sera directement lié à son état sanitaire. L'état sanitaire critique, où l'intervention doit commencer, a été défini par la confrontation entre un ressenti de dégradation sur le terrain et la note sanitaire de l'unité de gestion. On pourra alors utiliser les indicateurs fiables de diamètre dominant et de nombre de tiges pour déterminer rapidement ce seuil d'intervention en utilisant les corrélations entre ces critères et l'indice sanitaire.

1.1.2] Point sur les coupes de renouvellement

Dans une gestion en futaie régulière, le renouvellement débute quand le diamètre d'exploitabilité est atteint. D'après le référentiel sylvicole « pessières des Ardennes » (aussi utilisé dans le Massif Central), celui-ci correspond à un diamètre dominant de 50-55 cm. C'est à ce diamètre que l'accroissement moyen en volume du peuplement atteint son maximum et commence à diminuer. Finalement, c'est le diamètre qui optimise les revenus des coupes de bois, fondamentalement liés au volume de bois sorti à qualité constante et en s'affranchissant des fluctuations des prix du marché.

Le déroulement du renouvellement

Lorsque le diamètre d'exploitabilité est atteint, le renouvellement est lancé pour une durée d'environ 10 à 15 ans. Cette durée laisse le temps aux semis de s'installer et de réaliser les trois phases du renouvellement. Le guide de sylviculture donne un ensemble de facteurs dendrométriques indicateurs du début de la régénération.

Selon le référentiel sylvicole des pessières des Ardennes, l'intervalle entre les coupes lors du renouvellement d'un peuplement est de 3 à 4 ans selon sa fertilité. Sur la Chaîne des Puys, les fertilités sont presque exclusivement moyennes. On penchera tout de même pour des rotations de 3 ans au vu de l'urgence globale des régénérations à mener. Cela nous permettra d'anticiper les aléas naturels (climat entre autres) et les autres comme par exemple les prises de décision des propriétaires qui peuvent être longues.

Les trois phases du renouvellement pour les futaies régulières d'épicéa sont détaillées ci-dessous selon les critères du référentiel sylvicole des pessières des Ardennes, guide suivi dans le Massif Central.

- La coupe d'ensemencement.
  Il s'agit de la première coupe dans le processus de renouvellement du peuplement. Le prélèvement doit être d'un tiers du capital sur pied en volume sans toutefois dépasser les 150 m^3/ha correspondant à environ 12-13 m^2/ha. Cette première coupe est forte car elle doit amener un apport de lumière significatif dans le peuplement pour permettre l'installation des semis. En effet, l'épicéa nécessite de la lumière et de la chaleur au sol lorsqu'il est à l'état de semis.

- Les coupes secondaires.
  Elles sont plus ou moins nombreuses selon le capital restant sur pied à l'issue de la coupe d'ensemencement. De plus, leur intensité diffère en fonction de la présence (9 m^2/ha) ou l'absence (7 m^2/ha) de semis. En plus du paramètre de fertilité, plus il y a d'arbres au diamètre d'exploitabilité, plus le prélèvement pourra être important lors de ces coupes.

- La coupe définitive.
  Lors de cette coupe, on prélève ce qu'il reste du capital sur pied. Si le capital sur pied est supérieur à 150 m^3/ha, il faut recourir à une nouvelle coupe secondaire avant d'entamer la définitive. Si la densité de semis n'est pas suffisante avant cette dernière coupe, il faudra recourir obligatoirement à une plantation dans un objectif de production.

Lorsque le diamètre d'exploitabilité défini dans l'aménagement est atteint, le renouvellement du peuplement peut être amorcé. Il se fractionne en trois phases : la coupe d'ensemencement, la ou les coupes secondaires et enfin la coupe définitive.

1.2] Rythme et intensité des coupes

Dans le cadre de notre étude, les prélèvements indiqués pour chaque coupe ainsi que les rotations entre les coupes devront être respectés. Certes, l'état sanitaire des peuplements nous inciterait à régénérer rapidement mais nous devons respecter cette conduite de renouvellement pour deux raisons.

La première solution serait de prélever plus à chaque coupe et donc de diminuer le nombre de coupes. En intervenant de cette façon, on risquerait de déstabiliser fortement des peuplements déjà déstabilisés par leur état sanitaire et par le biais de ladite coupe quand bien même elle serait d'intensité moyenne. Cela pourrait mener à des chablis mais aussi à des conditions de lumière qui ne conviendraient pas aux itinéraires prévus. Par exemple, les semis de sapins ne pourront être favorisés en pleine lumière. Cette façon de procéder compromettrait les itinéraires de renouvellement préconisés par la suite.

La seconde solution consisterait à raccourcir les rotations entre les coupes de renouvellement. D'un point de vue sylvicole, des rotations inférieures à 3 ans ne permettraient pas une véritable « réaction » des peuplements à la coupe concernant l'implantation et le développement des semis en particulier. De plus, chaque coupe a l'effet néfaste d'instaurer une période de déstabilisation forte d'environ 2 à 3 ans, ce qui mènerait dans ce cas à un risque d'instabilité permanente. Du point de vue décisionnel, ce sont les communes qui vont conditionner

la réalisation des coupes et il est de toute façon peu probable que celles-ci donnent leur aval pour des rotations si courtes à l'échelle de la forêt.

Malgré un état sanitaire préoccupant, le rythme et l'intensité des coupes habituels seront respectés. Les augmenter ne serait pas viables dans la pratique et surement défavorables économiquement et écologiquement.

1.3] Les raisons d'une anticipation des coupes de régénération

Avec les problèmes sanitaires rencontrés sur la Chaîne des Puys, il est délicat de rechercher les objectifs sylvicoles habituels : maximiser les revenus du peuplement et assurer son renouvellement. Avec un état sanitaire dégradé, il faut envisager de réduire le diamètre à partir duquel on lance le renouvellement (et étroitement lié à une densité de tiges) tout en étant assuré d'obtenir une régénération complète.

D'un point de vue économique, le fomès induit une pourriture dans la bille de pied des épicéas qui remonte avec leur âge (jusqu'à 6 m de purge dans de vieux peuplements), ce qui mène à une perte de revenus conséquente quand on sait que la plus-value se fait majoritairement sur cette bille de pied. L'état sanitaire se dégradant rapidement avec l'âge du peuplement, les coupes définitives seront donc anticipées. Deux scénarios seront préconisés en ce sens.

Pour ces mêmes raisons économique et écologique, il paraît évident qu'il faut avancer la phase de renouvellement.

1.4] Les deux scénarios préconisés

Deux scénarios différant par leur moment d'entrée en renouvellement seront successivement présentés : le scénario découlant des corrélations et le scénario précautionneux.

1.4.1] Le scénario découlant directement de l'analyse des corrélations

Dans ce scénario, l'idée est de commencer la phase de régénération lorsque l'état sanitaire du peuplement atteint le seuil critique de 30 sur 100. Le diamètre dominant correspondant est de 45 cm pour un nombre approximatif de tiges de 350 par ha et un peuplement d'environ 59 ans. On rappelle que cela est basé sur les corrélations mises en évidence sur un échantillon de 148 ha soit un peu plus de 15 % des plantations d'épicéa de notre domaine de validité.

Pour acquérir une régénération naturelle viable, on estime qu'on a besoin de 10 à 15 ans en fonction du respect des rotations indiquées ci-dessus.

En effet, par l'intermédiaire des corrélations, on peut calculer l'état sanitaire qu'auront ces pessières 10 ans et 15 ans après cette date qui sont respectivement de 44 et de 51. Si on compare ces notes sanitaires à des parcelles que j'ai pu inventorier, cela correspond déjà à des parcelles infestées de fomès avec de larges trouées, des arbres jaunissants et des foyers de scolytes fréquents (exemple de la parcelle 14 et 15 de Saint-Genès Champanelle).

Cela insiste sur le fait de démarrer le renouvellement au plus tard à ce moment. Cela permettra d'optimiser le volume et par là même les revenus malgré une relative infestation par le fomès et de se laisser un peu de temps pour l'installation de semis.

En commençant le renouvellement plus tard, on gagnera en volume par tige car on se rapprochera du diamètre d'exploitabilité (50-55 cm) mais on perdra assurément en revenus du fait de l'infestation des tiges par le fomès. En effet, il faudra déduire de ce volume les purges de billes de pied infestées de fomès (augmentant avec l'âge du peuplement) et la décote économique des tiges potentiellement atteintes. En fonction de la distribution géographique et du taux d'infestation par le fomès dans la parcelle, les pertes économiques peuvent être considérables. Enfin, 10 à 15 ans plus tard, l'état sanitaire des arbres sera dégradé et il n'est pas certain que dans cet état de santé, les épicéas soient d'aussi bons semenciers que 10 à 15 ans auparavant bien qu'un état de stress soit *a priori* à l'origine d'une augmentation de la production de semences.

D’après le référentiel sylvicole « Pessières des Ardennes » pour une fertilité moyenne, cela reviendrait à débuter les coupes de régénération après quatre éclaircies seulement sur les sept théoriques.

1.4.2] Le scénario précautionneux

Dans ce scénario, l’idée est de commencer la phase de régénération un peu plus tôt, quand l’état sanitaire n’a pas encore atteint ce seuil critique de 30 sur 100. Concrètement, on lancerait la phase de régénération quand le diamètre dominant serait environ de 40 cm équivalent à un état sanitaire d’environ 20 sur 100 pour un âge approximatif de 52 ans.

Les valeurs des facteurs dendrométriques correspondant à une note sanitaire de 20 ainsi que leur sens de variation de ces facteurs avec l’état sanitaire sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 6. Récapitulatif des facteurs du peuplement correspondant à une note sanitaire de 20 sur 100 et sens de dégradation

Facteur du peuplement	Âge	Diamètre dominant	Hauteur dominante	Nombre de tiges par ha
Valeur pour un état sanitaire de 20 sur 100	**52 ans**	**40,7 cm**	**24,8 m**	**510 tiges/ha**
Sens de variation avec la dégradation	↗	↗	↗	↘

Par rapport au premier scénario, celui-ci nous donnerait 7 ans de plus pour terminer de renouveler le peuplement. Ce laps de temps supplémentaire permettrait de faire face aux aléas typiques comme la diversité des propriétaires et l’inertie variable dans leurs prises de décision. Il permettrait aussi d’anticiper les aléas climatiques qui retarderaient les coupes et les aménagements paysagers spécifiques à mettre en place qui pourraient être chronophages.

Bien que le diamètre de déclenchement des coupes de régénération soit inférieur à celui du premier scénario, ce scénario n’en est pas pour autant moins avantageux économiquement et en ce qui concerne le renouvellement. Si on admet que les coupes seront bien réalisées dans les 10-15 ans prévus, les revenus de ce scénario ne seront pas forcément inférieurs à ceux du premier scénario. En effet, les arbres abattus dans ce deuxième scénario seront plus jeunes donc très probablement plus sains. La perte économique liée aux purges ainsi que la décote liée aux tiges infectées seront *a priori* plus faibles et auront un impact moindre sur les recettes des coupes.

Il faudrait une étude économique plus poussée s’appuyant sur la distribution du fomès et son taux d’infestation dans chaque peuplement pour connaître l’âge du peuplement qui maximiserait les revenus. On pourrait alors savoir si la perte de volume engendrée par un renouvellement anticipé (scénario précautionneux) est compensée par une perte de valeur sur le volume total lié au fomès (premier scénario). Il faudrait d’abord connaître le rapport de prix entre le volume de bois infesté par le fomès et le volume de bois sain. Dans le même temps, il faudrait savoir pour chaque unité de gestion si l’accroissement en volume entre les deux scénarios comblerait l’écart en valeur entre bois infesté de fomès et bois sain. Cela dépendrait de plus de la distribution du fomès dans la parcelle et de son taux d’infestation, ce qui rend la réponse encore plus complexe. Cependant, l’aspect financier ne paraît pas être ici l’argument primordial dans une décision faite de différents compromis.

D’après le référentiel sylvicole « Pessières des Ardennes » pour une fertilité moyenne, cela reviendrait à débuter les coupes de régénération après trois éclaircies seulement sur les sept théoriques.

Enfin, il est important de relever que les diamètres dominants de déclenchement des coupes dans le cas des deux scénarii sont en accord avec les recommandations du SRA des montagnes d’Auvergne préconisant une exploitation des épicéas entre 40 et 60 cm. En outre, l’abaissement des diamètres d’exploitabilité n’aura pas d’impact sur la filière bois localement, le volume de bois mis en vente sur la Chaîne des Puys étant faible comparé à celui mis en vente dans les montagnes d’Auvergne.

Deux scénarios sont préconisés : un scénario découlant des corrélations où on commencerait la phase de renouvellement quand l'état sanitaire des plantations devient critique et un autre scénario, précautionneux, où le renouvellement serait enclenché 7 ans plus tôt. Dans ce dernier cas, cette durée permettrait de faire face aux aléas propres au milieu forestier.

1.4.3] Critères de choix entre ces deux scénarios

Il serait sans doute toujours préférable de choisir le scénario précautionneux car les gestionnaires forestiers ne sont jamais vraiment à l'abri des aléas. Ceux-ci sont finalement assez courants dans la gestion des espaces naturels. De plus, les prises de décisions en concertation avec différents acteurs peuvent parfois mettre du temps pour se concrétiser. Le site classé en est l'exemple même puisque chaque intervention risquant de modifier le paysage sera soumise à la commission des sites après une rencontre préalable avec l'inspecteur, ce qui engendre des délais supplémentaires et retardera forcément les coupes.

Le choix ne pourra par contre pas se faire pour les plantations dont les descripteurs diamètre dominant et nombre de tiges par hectare seront au-delà des seuils critiques. Elles devront être régénérées plus immédiatement.

Si le choix est possible, le scénario précautionneux est préférable car il laisse plus de temps au gestionnaire de faire face aux aléas des coupes de régénération.

1.5] Actions sylvicoles à mettre en place dans les années à venir

Dans l'immédiat

Le point principal serait de s'appuyer sur la vision des agents patrimoniaux pour identifier les peuplements les plus clairs et qui ont souvent déjà reçu trois ou quatre éclaircies. Cette étape d'identification a été complétée par une recherche dans les bases de données SIG concernant le remboursement des propriétaires quant aux plantations FFN d'épicéa. Cette base est cependant incomplète sur le site classé de la Chaîne des Puys : elle ne contient que 819 ha des 1050 ha de plantations d'épicéa recensées au début de mon étude.

L'âge de ces plantations nous permet néanmoins d'estimer en partie l'importance du renouvellement à effectuer dès maintenant et les plantations pouvant encore attendre comme l'illustre le tableau suivant :

Tableau 7. Estimation de la surface des plantations à renouveler immédiatement à partir de leur âge

Date de plantation	Âge (ans)	Note sanitaire correspondante	Surface (ha)		
1959	61	33	210	410 ha	entamer le renouvellement
1964	56	26	44		
1968	52	20	156		
1974	46	12	14	409 ha	continuer les améliorations une fois
1975	45	11	143		
1976	44	9	164		
1977	43	8	49		
1979	41	5	39		

Il est important de préciser que pour calculer l'âge d'une plantation, on utilise la date de plantation à laquelle on rajoute quatre ans correspond à l'âge des plants lors de leur mise en terre.

Grâce aux corrélations, l'âge des plantations nous donne une estimation de leur état sanitaire. Cela nous permet donc d'estimer les surfaces à régénérer des surfaces à laisser en amélioration. Ici, la phase de régénération serait à commencer dès maintenant sur 210 ha selon le premier scénario (à partir d'une note sanitaire de 30), un chiffre qui monte à 410 ha selon le scénario précautionneux (à partir d'une note sanitaire

de 20). Cette base étant incomplète d'environ 230 ha, il est probable que ces chiffres sous-estiment les surfaces à renouveler.

Les inventaires (de type sylvicole ou surface fixe) relevant au minimum le diamètre dominant et le nombre de tiges à l'hectare seront nécessaires pour valider l'urgence du renouvellement. Avec ces données disponibles, on pourra alors prendre la décision d'un renouvellement immédiat ou non en fonction de ces facteurs et du scénario choisi.

Sur le court terme (10 ans)

L'idéal serait de pouvoir inventorier les plantations restantes de moins de 50 ans en récupérant au minimum le diamètre dominant et le nombre de tiges par hectare. Ainsi, on pourra hiérarchiser les parcelles en fonction de leur urgence de renouvellement.

Les aménagements concernés devront être modifiés lors de leur renouvellement pour les plus anciens sinon le plus rapidement possible pour les plus récents n'ayant pas pris en compte ces aspects sanitaires.

Dans l'immédiat, il faudra identifier les plantations où il y a une véritable urgence d'intervenir c'est-à-dire les plus matures et les plus claires. L'inventaire des plantations restantes devra être effectué sur le court terme.

1.6] Proposition d'autres scénarios envisagés

De nombreux scénarios de renouvellement sont envisageables. On pourrait très bien laisser les plantations courir jusqu'à leur diamètre d'exploitabilité tel qu'il est défini dans les aménagements actuels. Prenons le cas de la commune de Saint-Genès Champanelle dont les diamètres d'exploitabilité des plantations d'épicéa sont de 50-55 cm. Des diamètres dominants de 50 et 55 cm correspondent à un état sanitaire de respectivement à des notes sanitaires de 40 et de 50 ainsi qu'à une densité de tiges par hectare de 190 et 30. Quand on relie le nombre de tiges par hectare avec l'état sanitaire des peuplements, on se rend bien compte que ces itinéraires ne sont pas viables aussi bien économiquement que paysagèrement mais aussi par rapport au renouvellement.

Les deux scénarios proposés ici sont néanmoins ceux qui permettent d'optimiser les recettes des communes pour des peuplements qui sont très probablement infestés de fomès. De plus, ils maximisent les chances d'acquérir une régénération naturelle sans avoir recours à des plantations en plein dont le surcoût n'est pas à négliger.

Enfin, ces deux scénarios ont l'avantage de ne pas laisser des peuplements dépérir trop longtemps, ce qui est un plus au niveau paysager au même titre que l'absence de plantations en plein.

Par ailleurs, les plantations résineuses en plein sont fortement déconseillées par le DSF et ce quelle que soit l'essence. En effet, cela aurait pour impact de « simplifier » de nouveau les sols volcaniques dont la diversité fongique apportée par un mélange d'essences est la piste principale pour combattre la virulence du fomès.

D'autres scénarios incluant les plantations sont bien entendu possibles. Elles ont cependant de gros inconvénients comme le surcoût pour le propriétaire, la « simplification » fongique des sols bénéfique pour le fomès et leur impact paysager.

2) Prise en compte et anticipation de l'impact paysager des interventions

L'impact paysager et le choix des essences sont à prendre en compte dans une zone aussi sensible que l'est le site classé de la Chaîne des Puys. On précisera ici les grands principes paysagers à mettre en œuvre pour limiter l'impact visuel des interventions. De plus, la démarche sera exposée dans un exemple concret de parcelles très sensibles paysagèrement et à renouveler immédiatement. Cette démarche est celle des paysagistes de l'ONF et qu'il faudra réitérer autant de fois qu'il y a de plantations à fort enjeu paysager à renouveler.

2.1] Consignes paysagères générales

Tout d'abord et pour expliquer la complexité de la prise en compte du paysage dans le domaine forestier, on peut faire l'analogie avec la gestion du risque. On précise néanmoins que le risque est un fait qui est absolu

tandis que le paysage est un ressenti propre à chacun. Cela signifie que les impacts paysagers ne seront pas ressentis de façon universelle mais bien individuelle. Les aménagements prévus pour diminuer ces impacts sont mis en place pour satisfaire la majorité de la population. Penser faire l'unanimité serait utopique au vu du côté subjectif du paysage.

On rappelle la formule caractérisant d'habitude la gestion du risque :

$$Risque = Aléa \times Vulnérabilité\ de\ l'enjeu$$

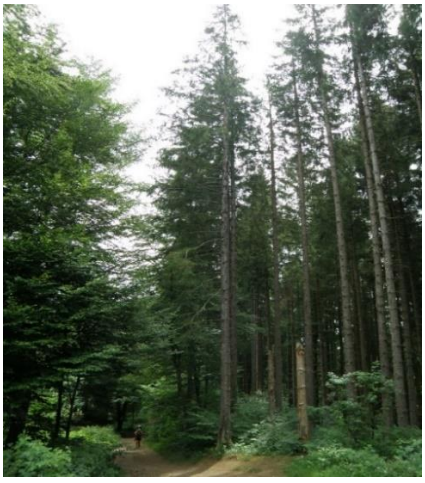
Dans notre cas, l'enjeu serait le peuplement forestier. L'aléa serait la fréquentation par le public des endroits où il peut distinguer très distinctement l'enjeu. La vulnérabilité est la sensibilité de l'enjeu à l'aléa. Dans notre exemple, la vulnérabilité du peuplement forestier est d'autant plus forte que les coupes sont visibles par le public. Par exemple, une coupe rase aurait une vulnérabilité maximale. Enfin, le risque est la conjonction entre l'aléa et la vulnérabilité de l'enjeu. Dans notre exemple, le risque est le fait que le public puisse apercevoir des peuplements forestiers ayant subi des interventions (coupe rase par exemple) pouvant provoquer des réactions d'incompréhension ou de dégoût chez le public. Ceux-ci peuvent par la suite engager des actions ou des procédures à l'encontre du gestionnaire ou du propriétaire dont les retombées négatives seraient pénalisantes.

La sensibilité du public dépend de nombreux paramètres dont son âge et la fréquentation de la zone contenant l'enjeu. Par définition, on ne peut pas agir sur l'aléa (ici, on le pourrait théoriquement en fermant l'accès au public à la Chaîne des Puys, ce qui supprimerait l'aléa). La seule possibilité du gestionnaire est donc de limiter au plus la vulnérabilité de l'enjeu. Dans notre cas, il doit faire en sorte que les interventions dans les peuplements forestiers soient les moins sensibles possibles au vu du public. Dans les zones sensibles, l'impact paysager de chaque intervention doit être estimé à court comme à moyen terme. Différents scénarios d'interventions seront proposés et on pourra ainsi choisir celui dont l'effet sur le paysage est le plus réduit.

Méthode d'analyse paysagère

Cette méthode permet de réaliser les interventions prévues dans les peuplements tout en réduisant au maximum leur impact sur le paysage. Elle est basée sur une analyse paysagère avant coupe. L'objectif principal est de mesurer les sensibilités de la coupe à différents niveaux. La sensibilité peut être interne avec les routes et les sentiers mais aussi externe avec la vue à partir des points hauts (sommets de puys par exemple) ou des villes. Sur la photo ci-contre, la sensibilité interne est maximale.

À partir de cette analyse, des zones sensibles dans lesquelles on devra mettre en place des aménagements spécifiques seront identifiées. On pourra alors faire différentes propositions illustrées par des photomontages montrant l'évolution du paysage dans le temps. L'analyse préalable permet aussi de repérer des caractéristiques du milieu qui pourront être valorisées et capter l'œil des visiteurs.



Plantation d'épicéa dense et en mauvais état au bord d'un sentier fréquenté dont le renouvellement pourrait avoir un fort impact paysager *(Orcines, parcelle 37)*
Photo : Élise Magnien, 2016

Action au niveau du site classé

Pour minimiser l'impact paysager et ce aux différentes échelles, les zones d'intervention devront être prises par blocs de superficie suffisante. Le renouvellement doit en effet s'opérer dans le temps mais aussi dans l'espace. C'est pourquoi il ne sera pas envisagé de traiter des forêts soumises incluses dans un même ensemble paysager séparément. Dans ce dernier cas, on ne contrôlerait pas l'étalement spatio-temporel des coupes. Cela pourrait mener à des impacts paysagers désastreux et qui plus est, sur des périodes importantes. En effet, bien qu'il soit probable que certaines forêts soient traitées séparément (aménagements à renouveler différés), il ne faut pas qu'elles soient gérées indépendamment les unes des autres.

Sur le site classé, l'analyse paysagère avant intervention devra se faire unité de gestion par unité de gestion en prenant bien en compte la parcelle dans le massif forestier dont elle fait partie. Cela sous-entend que pour chaque intervention dans une zone jugée sensible, un expert paysagiste devra faire une étude complète pour limiter les impacts paysagers sur cette zone.

Le gestionnaire forestier doit faire en sorte que les interventions qu'il prévoit aient le moins d'impact possible sur le paysage et donc ne pas produire chez le public un ressenti négatif pouvant être à l'origine de conflits. C'est pourquoi les zones sensibles font l'objet d'expertises commanditées par l'ONF et menées par des professionnels.

2.2] Quelques exemples de techniques limitant l'impact paysager des interventions

Différentes méthodes sont utilisées lors des coupes de manière à atténuer leur impact visuel et à limiter au maximum les réactions problématiques du public. Voici les principales méthodes suivies en forêt aujourd'hui et qu'on pourra mettre en place sur les parcelles sensibles de notre étude qui serviront d'exemple.

Orientation et forme des unités de gestion

Les premières concernent l'orientation et la forme des unités de gestion. Globalement, leurs limites rectilignes font qu'on les distingue le plus souvent très bien les unes des autres, ce qui ne les intègre pas bien dans le paysage. La pratique actuelle consiste à atténuer cette rigidité en reproduisant des formes retrouvées dans le milieu « naturel ». Lors d'une coupe, les îlots paysagers permettent d'une part de l'atténuer mais aussi d'irrégulariser ses contours.

Dans notre cas, le problème principal vient conjointement de l'essence en place : l'épicéa et de son état sanitaire. Ces techniques d'îlots paysagers ou de bouquets d'arbres à maintenir fonctionnent bien en général. Cependant ici, cela s'y prête mal car les épicéas ont une faible durée de survie et ont subi une sylviculture très peu dynamique (les plantations sont restées très denses). Ainsi, les îlots risquent d'être très instables et leur durée de survie trop faible pour assurer un renouvellement limitant les impacts paysagers. Les possibilités permettant de réduire ces impacts sont donc dans notre cas très restreintes.

Une méthode qui pourra être pratiquée dans notre cas est la prise en compte du relief dans la forme des coupes. En orientant les coupes parallèlement aux courbes de niveaux, elles sont cachées au premier plan par le peuplement en aval. Le bas de la parcelle conservé à l'état boisé atténue la visibilité de l'ouverture.

Lorsqu'une coupe est perceptible le long d'un axe routier, le fait de privilégier au maximum une ouverture plus profonde que large fera en sorte que la séquence soit perçue rapidement et n'aura par conséquence que peu d'impacts sur le public. Des ouvertures de chaque côté de la route sont envisageables mais il faut éviter au maximum les formes symétriques.

Choix et répartition des essences

Le peuplement mélangé sera bien sûr privilégié de par son aspect plus « naturel » qui peut se matérialiser de différentes manières : pied à pied, par bouquets dispersés et par bouquets distincts. Aucune possibilité n'est exclue, la priorité étant d'obtenir ce mélange.

Le travail des lisières et notamment au niveau de leur sous-étage peut atténuer les impacts des coupes situées juste derrière. Les lisières permettent de faire la transition entre deux générations forestières. Elles sont maintenues jusqu'à ce que les semis atteignent environ 10 mètres. On peut aussi moduler leur forme pour éviter l'effet « mur » qui est souvent reproché.

***Impacts des coupes sanitaires sur la lisière Sud** de la parcelle 15, Saint-Genès Champanelle*
Photo : Élise Magnien, 2016

Une disposition réfléchie des cloisonnements permet de même d'atténuer des impacts sur le paysage qui peuvent être importants. Dans notre cas, toutes les plantations ont déjà subi au moins une éclaircie ce qui signifie que les cloisonnements sont en place dans les plantations d'épicéa publiques du site classé.

Il sera plus facile de limiter les impacts paysagers causés par les interventions de renouvellement dans une plantation d'épicéa isolée au milieu d'un massif forestier constitué de peuplements hétérogènes que dans un massif de plus de 100 ha composé uniquement de plantations d'épicéa. Dans le premier cas, on pourra s'aider des peuplements attenants pour créer des îlots paysagers ou des bouquets d'arbres et s'en servir pour « casser » la rectitude des lignes des parcelles. Dans le second cas finalement commun sur la Chaîne des Puys, très peu d'options certaines s'offrent au gestionnaire comme le montre l'expertise paysagère d'Élise Magnien dans la partie suivante.

Des techniques portant sur l'orientation et la forme des unités de gestion ainsi que sur le choix et la répartition des essences seront mises en accord avec les choix sylvicoles pour limiter au maximum l'impact des interventions.

2.3] Exemple de parcelles sensibles situées en contrebas du puy de Dôme

Les méthodes présentées en 2.1, p. 53 et 2.2, p. 55 sont illustrées au moyen d'un exemple concret de diagnostic et de préconisations paysagères. Cinq parcelles de mon inventaire dont trois constituant la zone en mauvais état sanitaire ont été choisies pour expliquer la démarche à suivre. Elles ont été spécifiquement sélectionnées du fait de la conjonction préoccupante entre leur santé et leur positionnement géographique. Elles sont en effet situées en contrebas du puy de Dôme et les interventions à venir auront un fort impact sur ces parcelles au niveau paysager.

Le compte-rendu disponible en Annexe 19, p. 100 a été rédigé par Élise Magnien, chef de projet paysagiste à l'ONF. Un travail préparatoire de ma part contenant des analyses cartographiques, des discussions à propos des potentiels itinéraires de régénération et une journée de terrain ensemble lui ont permis de mettre en forme cette synthèse. Elle contient d'une part un diagnostic avec une analyse des sensibilités paysagères à différents niveaux pour ensuite proposer différents scénarios selon les itinéraires de régénération proposés. Ceux-ci seront accompagnés de photomontages qui permettront d'évaluer l'impact paysager relatif des différents scénarios. On choisira alors le scénario qui minimisera cet impact.

Un exemple concret d'expertise paysagère contenant un diagnostic et des propositions avec différents scénarios permet de se faire une idée de la nature du travail à réaliser pour chaque zone sensible et du temps dédié par l'ONF aux problématiques paysagères.

3) Choix techniques envisagés

Après avoir proposé différents scénarios selon le moment du renouvellement et en étant conscients de l'impact paysager des interventions, les questions de la manière de les réaliser se posent alors. Quels sont les itinéraires de régénération les plus adaptés à mettre en place en fonction de l'état sanitaire et donc de la durée de survie des peuplements ? À chaque fois, plusieurs itinéraires de gestion seront proposés et détaillés afin de laisser le choix aux propriétaires. On recommandera bien sûr ceux qui maximisent les revenus de vente de bois et qui minimisent les investissements bien que ceux-ci soient toujours envisageables. Un chiffrage financier simplifié sera donné pour se faire une idée du coût des différents itinéraires proposés et constituer une aide à la décision pour les propriétaires.

3.1] Interventions dans les zones très dégradées

Les zones très dégradées correspondent aux plantations où le renouvellement doit se faire immédiatement. Ce sont les zones dont les valeurs des facteurs dendrométriques sont au-delà de celles du Tableau 5, p. 48. Ce sont au mieux des pessières concernées par le premier scénario ou encore le scénario précautionneux dans lesquelles on aura plus de temps pour agir et mettre en place les itinéraires de régénération développés ci-après. Les itinéraires présentés dans cette partie s'adressent néanmoins à des parcelles en mauvais état sanitaire où la phase de régénération doit être entamée le plus vite possible. Voici les itinéraires proposés pour ces plantations. Chaque proposition sera détaillée et justifiée avec un regard critique. Certaines d'entre elles seront chiffrées dans la partie 3.3, p. 65.

On ne donnera qu'ici des axes de gestion globaux accompagnés et des itinéraires de renouvellement non chiffrés en ce qui concerne la régénération. En effet, une étude sur les méthodes de régénération à mettre en place sur la Chaîne des Puys est en cours et fait directement suite à mon stage. Un renouvellement par trouées est envisagé à cause de l'impact paysager du renouvellement. Gaël Chapuis, le stagiaire en charge de cette étude cherche à mettre en évidence quelle forme et quelle taille de trouées permettraient de maximiser l'installation des semis et leur développement. Ses observations ont permis de montrer qu'on pouvait obtenir des semis (plus de 30 cm) au niveau de trouées avec une surface terrière inférieure à 28-30 m²/ha. Les itinéraires proposés ci-dessous intégreront par la suite les données de cette étude.

3.1.1] Privilégier la régénération naturelle

Dans tous les cas, la régénération naturelle sera privilégiée. Cela s'explique par trois raisons principales.

Tout d'abord économique, en futaie régulière et dans un objectif premier de production, la seule alternative à la régénération naturelle est la plantation. Celle-ci implique des coûts très importants : coûts de dégagement, travail du sol, achat des plants et mise en terre. À ceux-ci peuvent encore s'additionner l'achat et la mise en place de dispositifs de protection contre le gibier en fonction de l'essence et de la pression du gibier. Les propriétaires forestiers du site classé sont majoritairement des communes et des syndicats dont les moyens financiers sont raisonnables et qui se permettent des plantations dans des cas exceptionnels le plus souvent.

D'autre part, la régénération naturelle apportera plusieurs essences en mélange en plus de l'épicéa telles que les autochtones : sapin pectiné et hêtre. Dans un objectif d'obtenir un mélange sur le long terme pour des raisons sanitaires, la régénération naturelle parait par-là plus appropriée et sera préconisée de notre part. Lors des coupes de renouvellement, on laissera un maximum de semenciers autres que l'épicéa dans le but d'amorcer un mélange en essences des semis.

Enfin, elle permet d'éviter la plantation dont les impacts sur le paysage sont plus forts et plus longs que ceux générés par une régénération naturelle. Les plantations en ligne sont notamment très visibles d'un point de vue aussi bien externe qu'interne.

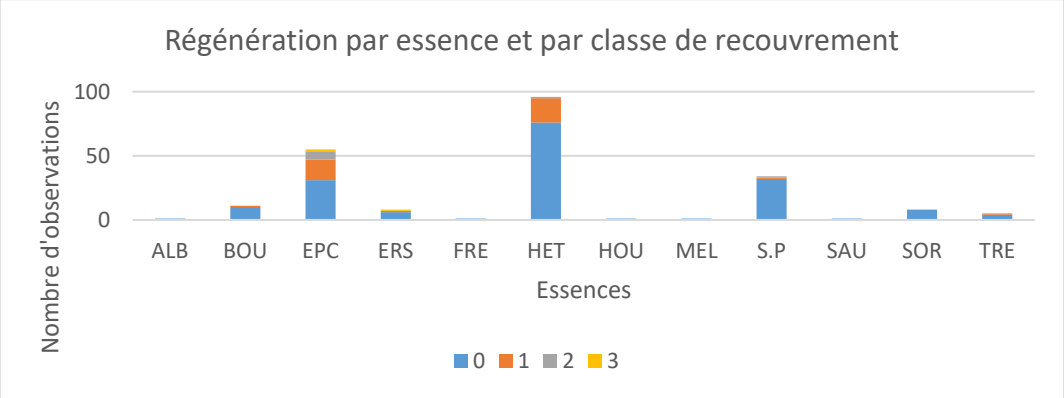
La régénération naturelle est la solution la plus rentable économiquement. De plus, elle permet la diversification en essences des peuplements indispensables pour limiter la virulence du fomès. Enfin, elle est nettement moins préjudiciable pour le paysage que ne le serait une plantation.

3.1.2] Mise en évidence des semis

La proposition de régénération naturelle se fonde sur le bon sens mais aussi la certitude qu'elle n'est pas vouée à l'échec. En effet, on peut se baser sur les analyses des données de régénération récupérées lors des inventaires des 202 ha de plantations.

Les trois essences qu'on retrouve de manière significative et sur une grande partie des parcelles inventoriées sont l'épicéa, le sapin pectiné et le hêtre. Au niveau des placettes où des semis ont été observés (voir Tableau 8, p. 58), ce sont les trois essences les plus représentées bien qu'elles ne recouvrent dans la plupart des cas pas plus de 5 % du cercle de 10 mètres de rayon sondé. Le graphique suivant montre la répartition des essences en fonction de leur recouvrement sur les 202 ha inventoriés.

Figure 13. Présence de semis par essence et selon leur recouvrement



On rappelle qu'il y a autant d'observations par placette qu'il y a d'essences. Celles-ci sont associées à leur recouvrement dont la description des codes est disponible dans le protocole se trouvant en annexe.

Tableau 8. Nombre de placettes concernées par la présence de semis

	Régénération présente	Régénération absente
Nombre de placettes	**124**	**76**
Proportion	**62 %**	**38 %**

Cela s'explique surement par une surface terrière moyenne entre parcelles de 41,2 m²/ha (allant de 30,4 à 56,9 m²/ha) calculée sur l'intégralité de la zone d'étude. Cela implique qu'une très faible dose de lumière atteint le sol et que celle-ci n'est pas suffisante au développement des semis. Cependant, des semis de hêtre et de sapin pectiné, essences d'ombre, ont été retrouvés de manière éparse dans ces conditions, ce qui signifie que les potentialités du milieu permettent leur implantation. *Les semis ont tout de même été comptabilisés dans un recouvrement allant de 0 à 5% lorsque leur simple présence a été notée, ce qui explique le fort taux de placettes présentant des semis et peut être trompeur.* Concernant l'épicéa, il nécessite plus de lumière et de chaleur, on le retrouve majoritairement dans des zones ouvertes beaucoup plus exposées au soleil.

Enfin, la mesure de la pression du gibier a permis de mettre en évidence un quasi systématique abroutissement des semis de sapin pectiné comme le montre le graphique ci-dessous :

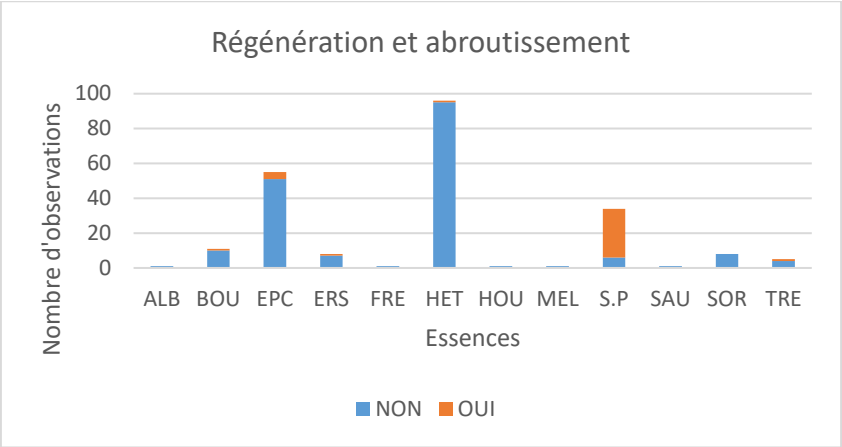


Figure 14. Présence de semis par essence et selon leur abroutissement

Les notations « OUI » et « NON » correspondent respectivement à la présence et à l'absence d'abroutissement sur les semis des essences concernées.

Leur présence en faible quantité explique certainement cet acharnement. Cette donnée sera à prendre en compte sérieusement lors des régénérations mélangées.

Les analyses de la régénération post-terrain montrent donc une présence de semis somme toute significative au vu de la surface terrière très importante, de l'état sanitaire des plantations ainsi que d'une épaisse couche de mousse au sol qui pourrait constituer un problème pour l'implantation des semis. Leur présence est de bon augure concernant la potentielle composition des peuplements à venir, cela faciliterait notamment leur gestion paysagère sur le long terme.

Peu de semis ont été observés sur l'ensemble des parcelles inventoriées mais cela n'est pas inquiétant au vu des surfaces terrières mesurées. Les potentialités sont bien là, notamment pour le hêtre et le sapin. Seuls points négatifs la couche de mousse recouvrant l'intégralité du sol sous les pessières et l'abroutissement quasi-systématique du sapin.

3.1.3] Les consignes de gestion après une régénération naturelle

Si elle a lieu, la régénération naturelle sera composée en grande majorité d'épicéa due à la composition monospécifique de la strate arborée. Dans le but de complexifier le sol et diminuer la virulence du fomès, on souhaite installer un mélange d'essences sur le long terme. L'objectif est continu et il consiste à diminuer la proportion d'épicéa dans le mélange au fur et à mesure des générations. L'épicéa très sensible au fomès laisserait peu à peu sa place à des essences autochtones telles que le sapin pectiné moins sensible et le hêtre.

Le hêtre et le sapin venant naturellement dans la régénération grâce aux peuplements alentours, une importance particulière sera donnée aux travaux sylvicoles. En effet, il faudra libérer un maximum de semis de hêtre et de sapin lors de la phase de renouvellement et travailler par-là aux dépends des semis d'épicéa dont on sait leur avenir en danger du point de vue sanitaire.

D'autres essences sont susceptibles de se développer lors d'une régénération naturelle. Les essences telles que l'érable sycomore observé naturellement au stade semis sera à conserver pour plus de diversité. On pourra aussi conserver des essences de lumière en mélange telles que le saule, le bouleau et le tremble sans toutefois travailler spécifiquement à leur profit. Ces essences se développent bien seules et dépenser de l'argent au profit de ces essences peu rémunératrices ne serait pas rentable.

Dans une régénération composée très majoritairement de semis d'épicéa, il faudra travailler au profit des quelques sapins et hêtres dans le but qu'à long terme, on obtienne un mélange de ces deux essences autochtones.

3.1.4] Un travail du sol envisagé

Une épaisse couche de mousse a été observée sur le sol de toutes les plantations d'épicéa inventoriées. Il est possible que celle-ci soit intimement liée à l'ombre persistante régnant sous les épicéas dont la surface terrière dépasse les 41 m²/ha dans la plupart des cas. En effet, les zones de trouées ainsi que les plantations de mélèzes dont les aiguilles laissent beaucoup plus passer la lumière ne présentent pas cette couche de mousse. Dans les zones où une coupe n'a pas eu lieu récemment, on y trouve même des semis de manière plus ou moins abondante. On a donc des raisons de penser que cette couche ne constituera pas un problème pour l'installation de la régénération.

Épaisse couche de mousse *(Saint-Genès Champanelle, parcelle 14)*
Photo : Guillaume LABARRE, 2016

Néanmoins si des blocages sont mis en évidence, un travail superficiel du sol type scarification est envisagé dans le but de « gratter » cette couche de mousse. Ces essais pourront être réalisés dans des parcelles de communes volontaires lors des coupes de renouvellement sans que cela n'ait une quelconque incidence sur le paysage.

Si le problème persiste à moyen terme, il est aussi envisageable de débarder les bois en long à l'aide d'un débusqueur lors des coupes de la phase de renouvellement (ensemencement, secondaires et définitive). Contrairement à un débardage par porteur, le skidder tire les grumes à même le sol ce qui pourrait avoir un effet scarificateur sur le sol. Les semis pourraient alors s'installer dans les stries créées par la traîne des grumes. Ainsi, le surcoût lié à la scarification du sol serait économisé. En estimant que les coûts d'un porteur et d'un débusqueur sont approximativement les mêmes par unité de volume, cette technique permettrait de réaliser des économies intéressantes tout en assurant le renouvellement.

La couche de mousse couvrant le sol des pessières pourrait constituer un problème d'envergure. Une scarification du sol pourrait être une solution à court terme comme un changement des habitudes de débardage à plus long terme.

3.1.5] La plantation comme seule alternative

En cas d'échec de la régénération naturelle, la plantation sera proposée aux propriétaires. On conseillera plutôt des plantations mélangées feuillu avec résineux ou deux essences résineuses en mélange. Les essences autochtones qu'il serait intéressant d'obtenir en mélange sur le long terme ne se prêtent cependant pas très bien à une plantation en plein. En effet, le sapin et le hêtre sont plutôt des essences d'ombre supportant moins la chaleur et la forte exposition au soleil au contraire de l'épicéa.

On proposera donc des plantations en plein de douglas, très peu touché par le fomès dans le Puy-de-Dôme et de même que le mélèze dont on analysera les intérêts à la fin de cette partie. On pourra de même mélanger ces deux essences. Tout comme l'épicéa, le pin sylvestre ne sera pas conseillé du fait de sa forte sensibilité au fomès. Ces essences résineuses de production sont en accord avec le SRA des montagnes d'Auvergne et l'ONF peut donc tout à fait les proposer en plantations aux propriétaires. Comme dit ci-avant, les plantations sont déconseillées du fait de leur impact paysager. Des parquets d'essences différentes de petite taille pourraient néanmoins être intéressants à moyen terme dans la mesure où ils pourraient former une mosaïque paysagère.

On pourra aussi proposer la plantation en plein de feuillus comme le hêtre ou l'érable sycomore en précisant bien que les revenus ne seront pas à la hauteur des revenus de résineux.

Après les premières éclaircies, on estime intéressant de planter du hêtre et du sapin par parquets sous couvert dans le but de complexifier les sols par le mélange en essences, c'est-à-dire de diversifier la flore fongique du sol. La plantation a le mauvais effet de simplifier les sols au niveau fongique, ce qui maintiendrait une virulence importante du fomès.

Le mélèze comme précurseur de mélange

À la différence des autres essences utilisées en plantation, le mélèze semble avoir des propriétés qui pourraient être très profitables. Cette réflexion a été établie sur la parcelle 13 de Saint-Genès Champanelle qui est une plantation d'épicéa contenant plusieurs carrés de mélèzes plantés eux aussi.

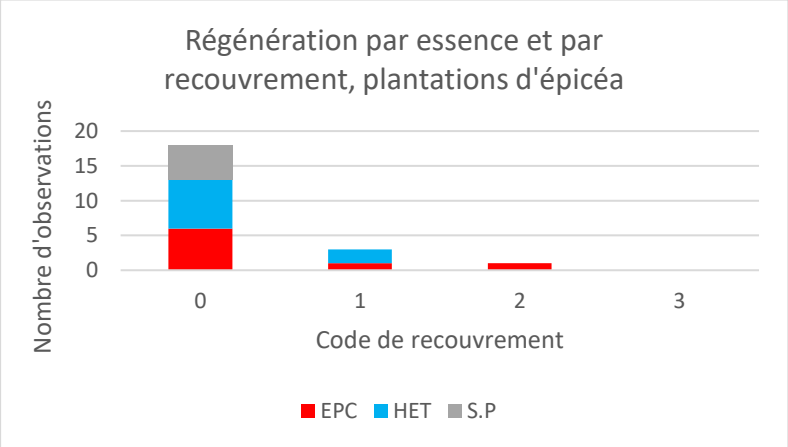
Au niveau de la régénération, le contraste entre plantation d'épicéa et de mélèze dans cette parcelle est frappant. Tout d'abord, les semis ont toujours été observés sous les mélèzes contrairement au reste de la parcelle plantée en épicéa. Voici les résultats obtenus sur les 21 placettes de la parcelle 13 :

Tableau 9. Présence de semis différenciée selon la présence significative du mélèze dans la strate arborée

	Régénération présente	Régénération absente
Général	**17 ; 81 %**	**4 ; 19 %**
Placettes avec présence significative de mélèzes (au moins 27 % des tiges)	**7 ; 100 %**	**0 ; 0 %**
Placettes sans présence significative de mélèzes (au moins 27 % des tiges)	**6 ; 60 %**	**4 ; 40 %**

Comme évoqué précédemment, la régénération est très faible sous les épicéas. Au contraire, elle est très abondante sous les mélèzes. Des graphiques comparés du recouvrement par essence entre les deux zones ont été établis sur les placettes où la régénération a été observée.

Figure 15. Présence de semis par essence et selon leur recouvrement dans les plantations d'épicéa de la parcelle 13, Saint-Genès Champanelle



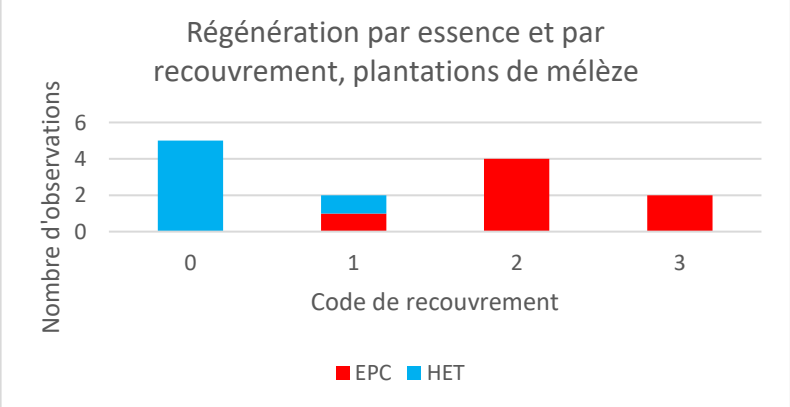


Figure 16. Présence de semis par essence et selon leur recouvrement dans les plantations de mélèze de la parcelle 13, Saint-Genès Champanelle

À nombre de placettes presque équivalent (6 sous épicéas contre 7 sous mélèzes), on observe des recouvrements plus forts sous les mélèzes malgré une diversité en essences plus faible.

Ce recouvrement plus fort sous les mélèzes s'explique du fait de leur houppier laissant passer la lumière et donc favorable à au développement des semis (lumière et plus de chaleur au sol). De plus, une bonne diversité de semis a été observée sous ces carrés de mélèzes. Malgré l'aspect contradictoire des résultats des sept placettes, j'ai observé une forte diversité de semis en sillonnant plusieurs fois les carrés de mélèzes. Les épicéas sont très largement majoritaires mais le sapin et le hêtre sont tout de même bien représentés. On remarque aussi qu'ils se détachent par leur taille supérieure par rapport aux épicéas. Enfin et contrairement aux plantations d'épicéa, aucun semis de sapin abrouti n'a été observé sous les mélèzes (dans la parcelle 13, aucun abroutissement du sapin observé sous les mélèzes contre 90 % dans les plantations d'épicéa). La densité importante de semis pourrait être à l'origine de cette protection naturelle face au gibier.

Au vu de ces observations et si la régénération naturelle ne fonctionne pas, on a pensé qu'une plantation de mélèze pourrait constituer une génération forestière de transition entre les plantations d'épicéa et un futur mélange épicéa-sapin-hêtre. Le mélèze aurait en effet cette qualité de permettre l'installation rapide et en abondance des semis sans avoir à prévoir de travaux potentiellement coûteux. Exactement comme lors d'une régénération naturelle, il suffirait alors de travailler au profit du sapin et du hêtre pour essayer de faire sortir un maximum de semis.

Au niveau sanitaire, le mélèze n'est cependant pas exempt de pathogènes. Le DSF nous a mis en garde concernant la variété de plants à choisir. Il faut impérativement commander des plants de mélèze d'origine *Sudètes* car les autres sont exposés à de gros problèmes de chancre (journées DSF, visite de parcelles très touchées). De plus, il est déconseillé de planter le mélèze en plein sur de grandes surfaces pour éviter la contamination par le champignon *Phytophthora ramorum* auquel le mélèze est très sensible et pouvant infester d'autres résineux.

Au même titre que les peuplements obtenus par régénération naturelle, les plantations seront gérées selon les guides de sylviculture en vigueur dans les montagnes d'Auvergne. Dans tous les cas et lors des différentes coupes (éclaircies et renouvellement), le mélange en essences sera toujours favorisé aux dépends de l'épicéa.

Contraste entre la présence de semis sous les mélèzes (en haut) et leur absence sous les épicéas (en bas) *sur la parcelle 13 de Saint-Genès Champanelle.*
Photos : Gaël Chapuis, 2016

On peut noter qu'il n'y aura pas d'impact sur la filière localement sur le court comme sur le long terme. En cas de régénération naturelle, une majorité d'épicéa sera mis sur le marché à moyen terme, ce qui est la tendance actuelle. En cas de plantations résineuses, les produits fournis par les autres essences résineuses (mélèze et douglas par exemple) ne sont finalement pas si différents de ceux fournis par l'épicéa. Au contraire, un renouvellement des plantations d'épicéa par des plantations en plein de hêtre, destiné le plus souvent au bois de chauffage, aurait un impact local sur la filière très important.

La plantation sera l'unique recours dans un objectif de production si la régénération naturelle échoue. Une plantation mélangée est conseillée pour maintenir un minimum de diversité fongique dans le sol. Le mélèze, par son houppier filtrant favorisant les semis, est aussi une essence à considérer comme intermédiaire intergénérationnel.

3.1.6] Une conversion vers l'irrégulier non conseillée

Changer de système de gestion est une possibilité qu'on a imaginée. Une conversion en futaie irrégulière s'avérerait très intéressante surtout au vu de la sensibilité paysagère de la Chaîne des Puys. En effet, la question du renouvellement en futaie régulière est amenée à se poser à chaque génération. La question de l'impact paysager des coupes de renouvellement se reposeront donc à la prochaine génération ainsi qu'aux suivantes. En se focalisant sur l'aspect paysager et en mettant de côté les débats sur les autres caractéristiques entre ces deux systèmes de gestion, convertir immédiatement les parcelles très sensibles en futaie irrégulière semble donc être une solution idéale. Elle permettrait de se passer des aménagements paysagers à mettre en œuvre à chaque renouvellement de plantations.

Cependant, l'état sanitaire des plantations mis en relation avec leur durée de survie ne nous permet pas d'être confiants concernant cette conversion. La conversion se fera par le maintien prolongé de semenciers fournisseurs de graines et donc de semis dans le but d'avoir une répartition homogène des classes de diamètre. Mais dans notre cas, les potentiels semenciers sont déjà en très mauvais état avec une faible durée de survie. Or au vu de la surface terrière, de nombreuses coupes sont à prévoir avant d'obtenir des semis. En conséquence, ces potentiels semenciers risquent de mourir avant de fournir des semis et d'enclencher la conversion vers la futaie irrégulière. Par-là, il ne nous semble pas raisonnable de promouvoir ici ce type de gestion.

Dans le cas de pessières à faible durée de survie, la futaie irrégulière ne semble pas adaptée. En effet, il n'y a pas de certitudes qu'une conversion soit possible car le maintien de semenciers viables parait ambitieux.

3.2] Interventions dans les zones encore saines

Les zones encore saines correspondent aux plantations où on peut envisager une voire plusieurs interventions avant de débuter la phase de renouvellement. Il s'agirait des peuplements dont la note sanitaire est comprise entre 0 et 15 et dont les facteurs dendrométriques sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 10. Récapitulatif des facteurs du peuplement correspondant à une note sanitaire de 15 sur 100 et sens de dégradation

Facteur du peuplement	Âge	Diamètre dominant	Hauteur dominante	Nombre de tiges par ha
Valeur pour un état sanitaire de 15 sur 100	**48 ans**	**38,3 cm**	**23,5 m**	**590 tiges/ha**
Sens de variation avec la dégradation	↗	↗	↗	↘

Le seuil sanitaire de 15 a été choisi car il nous laisse environ 4 ans avant de devoir débuter la régénération selon le scénario précautionneux et 11 ans avant le scénario découlant directement des corrélations. On verra que cela à de l'importance au vu des propositions de gestion.

Dans ces pessières encore saines, l'objectif est de mettre en place des techniques permettant d'enclencher le mélange avant même le renouvellement. Elles seront présentées avec un regard critique comme dans la partie

précédente. Enfin, un calcul économique dans la partie suivante permettra de comparer les coûts des interventions entre zones déjà dégradées et encore saines.

3.2.1] La plantation de sapin et de hêtre sous couvert

Comme déjà cité dans la partie 3.1.5, p. 60, la plantation de hêtre et de sapin sous couvert aurait l'effet positif d'apporter le mélange avec des essences que l'on sait bien adaptées car autochtones. Enrichir les plantations avec ces essences permettra de fournir rapidement des semenciers et un mélange plus équitable. De plus, ils pourront être maintenus lors du renouvellement sous forme d'îlots qui seront de vrais supports pour la gestion de l'impact paysager. Le sapin pectiné est néanmoins sensible au fomès mais plus faiblement que l'épicéa. On pense qu'à long terme, le mélange diminue la virulence du fomès et donc son impact sur les résineux.

Techniquement, ces plantations se feraient par parquets de quelques plants seuls ou mélangés. Ils seraient répartis dans les plantations de façon homogène le plus possible et surtout opportuniste (trouées avec des conditions de lumière adéquate par exemple). Une attention particulière sera apportée au niveau de la protection des plants de sapin contre le gibier au vu des abroutissements rencontrés sur cette essence. Un surcoût est donc à prévoir mais cela semble être un gage de réussite.

Socialement, ces deux essences autochtones sont très bien acceptées par le PNRVA qui milite pour leur réintroduction en lieu et place des plantations d'épicéa qu'ils veulent voir disparaître sur le long terme.

Lors des interventions en éclaircies dans ces parcelles encore saines, il sera demandé de laisser un maximum de feuillus qui se trouvent notamment au niveau d'anciens rémanents de coupes disposés en andains.

Développement de feuillus en lieu et place des andains *(Antérioux, parcelle 4).*
Photo : Guillaume LABARRE, 2016

Le maintien d'un maximum de feuillus associé à l'enrichissement des plantations d'épicéa avec du hêtre et du sapin plantés sous couvert est un itinéraire envisagé pour les plantations dont le renouvellement n'est pas urgent.

3.2.2] Une conversion vers l'irrégulier possible mais risquée

La futaie irrégulière est ici envisageable. L'argument consistant à dire que l'état sanitaire trop dégradé et la durée de survie des plantations d'épicéa trop faible ne permettraient pas de mener à bien la conversion n'est plus valable dans le cas où les parcelles sont encore saines.

Cependant, en se focalisant sur l'enjeu de production, le traitement irrégulier a pour but de fournir des grumes de qualité qui rapporteront la majorité des revenus aux propriétaires. Dans notre cas où les parcelles sont infestées de fomès, il est légitime de se demander si une telle gestion sera plus rentable à moyen terme.

Une conversion pourrait être accompagnée d'un enrichissement sous couvert de sapin et de hêtre. Cela pourrait constituer une solution sur le long terme au niveau paysager. La rentabilité économique comparée des

deux systèmes incluant la conversion pourrait alors être le levier pouvant faire pencher la décision d'un côté ou de l'autre.

Une conversion en futaie irrégulière couplée avec un enrichissement en hêtre et sapin est tout à fait possible, les plantations étant ici encore en bonne santé.

Finalement, il serait judicieux de multiplier les itinéraires techniques de régénération sur les différentes plantations de la Chaîne des Puys en faisant attention à ne pas répéter les mêmes dans une zone restreinte. Cela aura l'effet positif de créer une sorte de mosaïque recherchée dans le contexte paysager auvergnat.

3.3] Chiffrage financier des interventions

Les parties précédentes ont insisté sur le surcoût considérable lié aux plantations relativement à la régénération naturelle. On va ici chiffrer la rentabilité économique de deux types de plantations en plein se distinguant par leur essence de boisement : le hêtre et le pin sylvestre et relativement à une régénération naturelle d'épicéa. Ces deux essences ne sont pas choisies au hasard, il s'agit de d'essences qui seront à coup sûr proposées par le PNRVA comme alternative aux résineux de forte production comme l'épicéa ou le douglas. Ce chiffrage permettra de donner des arguments aux communes comme au PNRVA quant à la viabilité économique de telles plantations.

Tableau 11. Intérêts économiques comparés du pin sylvestre, du hêtre et de l'épicéa

	Revenus au m^3				
Essence/Type d'intervention	**Éclaircie 1**	**Éclaircie 2**	**Éclaircie 3**	**Éclaircie 4**	**Régénération**
Pin sylvestre	5-8 €	5-8 €	20-25 €	20-25 €	35 €
Hêtre	5 €	5 €	5 €	15 €	20 €
Épicéa	10 €	20 €	30-35 €	30-35 €	40-45 €

Essence/ type d'intervention	Âge d'exploitabilité	Volume produit à l'hectare comparé à l'épicéa	Type de renouvellement	Surcoût de plantation
Pin sylvestre	90-100 ans	-25%	plantation en plein	OUI (1900 €)
Hêtre	100-120 ans	-25%	plantation en plein	OUI
Épicéa	60 ans	/	régénération naturelle	NON

Malgré une faible rentabilité économique, le hêtre présente l'intérêt de ne pas être sensible au fomès. Planté en plein, il présente moins d'intérêt car il ne sera pas à l'origine de la même diversité fongique du sol qu'il pourrait l'être en mélange.

Concernant le pin sylvestre, sa croissance lente et sa faible valeur économique font de lui une essence résineuse très peu rémunératrice. Il est de plus très sensible au fomès et fortement déconseillé par le DSF. Quitte à planter un résineux en plein, mieux vaut choisir une essence comme le douglas, très rémunératrice (revenus équivalents à ceux de l'épicéa mais plus de volume à l'hectare et en moins de temps) et encore peu sensible au fomès sur la Chaîne des Puys ou le mélèze (revenus, volume par hectare et âge d'exploitabilité équivalents à ceux de l'épicéa).

Des plantations en plein, que ce soit de hêtre ou de pin sylvestre, s'avèrent nettement moins rentables qu'une régénération naturelle d'épicéa. Des plantations de douglas ou de mélèzes seraient de même plus rémunératrices que les deux premières essences citées.

4) Concertation des acteurs et comité de massif

Le site classé de la Chaîne des Puys dispose d'un nombre d'interlocuteurs élevé provenant de milieux différents et dont les intérêts sont parfois divergents. De manière à mener à bien le renouvellement de l'intégralité des plantations d'épicéa du massif, le but de l'ONF est de parvenir à des méthodes partagées et acceptées de tous. Au-delà du raisonnement technique, il est essentiel que les problèmes d'un territoire soient partagés par tous, et que les méthodes choisies, adaptées à chaque situation, soient ensuite portées par tous.

Depuis début 2016, la direction territoriale Centre Ouest Auvergne Limousin a justement démarré un groupe de travail intitulé « Acceptabilité sociale des coupes » auquel j'ai pu participer dès la première journée. Parmi les pistes de travail validées, l'une d'elles parait très pertinente dans le contexte du site classé de la Chaîne des Puys : instaurer une concertation régulière des acteurs du territoire dans le cadre d'un comité de massif.

4.1] Le comité de massif, un espace de dialogue

Un comité de massif est une instance consultative. Elle peut être instaurée au niveau d'une ville, d'une forêt, d'un département, d'une région comme d'une zone de protection. Il s'agit d'un espace de dialogue et de concertation se réunissant selon les besoins (généralement deux à trois fois par an) et rassemblant les acteurs d'une même zone géographique donnée. Y participent les élus, les institutions et les acteurs de la société civile sur des sujets qui les concernent tous. Le principal objectif d'un comité de massif est d'amorcer un échange entre les acteurs. Expliquer les choix de gestion, agir en concertation avec les acteurs du territoire et ainsi faciliter les prises de décision sont les objectifs de cette démarche dans des zones où de nombreuses pressions s'exercent sur la forêt. Ainsi, les personnes concernées seront informées et on évitera par-là les conflits.

Un comité de massif est une instance informelle, il n'a pas de pouvoir décisionnel. Les débats s'y déroulant influenceront néanmoins grandement les décisions finales. Par ailleurs, ce comité peut aussi être le l'opportunité de réfléchir à des projets à l'échelle du massif en question.

Un comité de massif est un espace de dialogue permettant à tous les acteurs impliqués dans un territoire d'expliquer leur démarche respective et ainsi d'éviter les conflits.

4.2] Les motivations de sa mise en place

La mise en place d'un comité de massif fait souvent suite à une période de crise où des particuliers ne sont pas d'accord avec une intervention ou une décision. Ils le font savoir et vont jusqu'à se regrouper en tant qu'associations pour avoir plus de poids. Cela nuit alors au travail des acteurs du territoire. Par exemple si on considère le milieu forestier, des individus bloquant une coupe nuisent aussi bien au gestionnaire qu'au bucheron ainsi qu'à la scierie et qu'au propriétaire concerné.

Ces réactions disproportionnées résultent généralement de l'incompréhension de certaines interventions comme les coupes de bois perçues comme trop fortes. Le dialogue entre les acteurs du territoire, les usagers et le grand public associé à la recherche de compromis est indispensable pour résoudre ce genre de problèmes.

Sur le site classé de la Chaîne des Puys

Concernant le site classé de la Chaîne des Puys, l'ONF envisage donc cette piste de création d'un comité de massif qui serait porté par des élus locaux impliqués et motivés par la gestion forestière. Cette volonté s'explique par la possible contestation du renouvellement massif des pessières dans le contexte du site classé avec des enjeux touristiques et paysagers très forts. La conjonction de ces éléments ajoutés aux divergences entre l'ONF et le PNRVA sur l'objectif de production ligneuse font qu'un comité de massif parait le meilleur moyen de mieux partager les constats et les solutions possibles.

Ce comité mettrait entre autres en relation tous les acteurs de la filière : les gestionnaires forestiers que ce soit du domaine public ou privé, les entreprises de travaux forestiers, les scieurs et les autres entreprises de transformation. Mais il permettrait surtout d'instaurer le dialogue avec le PNRVA et les associations se sentant concernées par la gestion durable des forêts. Chaque intervenant pourra alors expliciter ses besoins, ses

contraintes et ses attentes. Des compromis pourront alors être trouvés qui permettraient d'éviter ou de limiter les situations de crises qui pourraient voir le jour au vu du contexte de la zone.

Les divergences de point de vue avec le PNRVA ainsi que le contexte de renouvellement massif des plantations dans une zone à enjeux incitent l'ONF à prendre les devants et à proposer ce comité.

4.3] Les actions à mettre en place

L'objectif de l'ONF à travers cette action est d'améliorer la communication avec le PNRVA sur la gestion sylvicole. Avec le renouvellement massif à venir et les problèmes sanitaires subis par les pessières, des discussions et des explications entre l'ONF et le PNRVA seront nécessaires pour éviter les situations de crise.

Lors du renouvellement des plantations d'épicéa, l'ONF est susceptible de faire des propositions de gestion allant à l'encontre des demandes du PNRVA. Par exemple, l'ONF pourrait faire le choix de renouveler en épicéa et non directement en hêtre et en sapin comme le PNRVA le souhaiterait, ce qui constituerait un sujet de discorde. Le comité de massif pourra alors prévenir une potentielle polémique. En expliquant ses choix au PNRVA et en ayant le soutien des acteurs de la filière, l'ONF pourra plus facilement définir des compromis avec le PNRVA de telle sorte qu'on pourra assurer le renouvellement des pessières.

Pour exprimer cette idée de concertation entre les acteurs, prenons un exemple concret. Le PNRVA ne souhaite plus de plantations de résineux indigènes comme le douglas, le mélèze et surtout l'épicéa car ils dénaturent le paysage tout en étant une option possible dans le SRA des montagnes d'Auvergne. Cependant, en absence de semis naturels, quels choix restent-ils au gestionnaire si ce n'est la plantation ? Le PNRVA pourra alors envisager la plantation de hêtre et de sapin qui sont des essences autochtones. Cependant, les communes seront-elles d'accord avec le PNRVA au vu de l'aspect économique défavorable ? Qu'en penseront les entreprises de travaux forestiers et notamment les conducteurs d'abatteuses très présents sur le massif ?

Le comité de massif permettra de débattre des choix possibles et de les affiner en fonction des interventions de différents acteurs. L'objectif de ce comité de massif est en effet de faire les meilleurs compromis possibles, dans l'intérêt de tous. Ce comité sera de plus très utile à l'avenir dans une zone avec des enjeux nombreux et variés et où la concertation entre les différents acteurs est à chaque fois requise.

Trouver des compromis avec l'ensemble des acteurs de la filière, les élus et le parc pour chaque action de gestion qui pourrait s'avérer problématique est l'objectif de l'ONF dans ce contexte inédit d'une zone où les enjeux s'accumulent.

CONCLUSION

Le site classé de la Chaîne des Puys constitue une zone très sensible par son attractivité touristique en relation notamment avec la vision par le haut privilégiée et offerte depuis le sommet des puys. Les zones boisées y sont très abondantes et les interventions en forêt réglementées de manière à ne pas perturber le paysage.

De plus, deux contraintes majeures se distinguent dans cette zone où la sensibilité paysagère limite déjà le champ d'action des gestionnaires forestiers. D'une part, les plantations d'épicéa ont été massives et réalisées dans un intervalle de temps réduit, ce qui sous-entend que le renouvellement aura les mêmes caractéristiques. D'autre part, le fomès, un champignon lignivore, affaiblit et déstabilise fortement les plantations dans lesquelles les dommages écologiques et économiques sont déjà considérables.

Voulant réagir face à la gravité de la situation et conjuguée à une zone si sensible, l'ONF a engagé une étude pour se donner les moyens pratiques de renouveler ces peuplements à moyen terme en prenant en compte tous ces enjeux.

Devant l'impossibilité de diagnostiquer les 1050 hectares plantés en épicéa en 6 mois seulement, une méthode fonctionnelle a été mise au point. Dans un premier temps, un protocole de terrain a été élaboré avec le DSF permettant de relever un maximum de données sanitaires et d'attribuer une appréciation chiffrée à chaque unité de gestion. Parallèlement, des facteurs dendrométriques ont été mesurés puis confrontés aux notes sanitaires. Des corrélations pertinentes ont été mises en évidence justifiant l'utilisation de certains facteurs du peuplement comme indicateurs fiables de leurs états sanitaires. Ces indicateurs ont l'intérêt de faire gagner un temps précieux et ont été recherchés dans un but de rendement. Ces tendances ne sont bien entendu pas valables partout et ont un domaine de validité particulier qu'il faudra respecter.

À partir des notes sanitaires et d'un ressenti visuel frappant, deux scénarios de renouvellement ont été proposés selon l'entame de la phase de régénération. Avec le scénario découlant directement des corrélations, cette phase débute lorsqu'une dégradation marquée est observée au contraire du scénario précautionneux qui démarre quelques années avant, laissant du temps au gestionnaire pour faire face aux aléas.

En complément de ces outils déterminant le début du renouvellement, on a préconisé des itinéraires de régénération. Pour les zones très dégradées et dont l'intervention s'impose, on militera pour la régénération naturelle, écologiquement et économiquement plus intéressante et dans laquelle on favorisera le mélange. Sur le long terme, le but serait d'obtenir un mélange de sapin pectiné et de hêtre, espèces autochtones, tout en diminuant progressivement la part d'épicéa sensible au fomès. Pour les zones encore saines, on pourra amorcer le mélange par des plantations de sapin pectiné et de hêtre sous couvert. On maintiendra en parallèle le maximum de feuillus permettant de diversifier les sols au niveau fongique et limitant ainsi la virulence du fomès.

En plus des grands principes de la prise en compte de l'impact paysager, un exemple concret de la méthode à appliquer au niveau des zones très sensibles a été développé. Il permet de voir la complexité des expertises paysagères à réaliser au cas par cas mais aussi le fait que malgré tous les moyens mis en œuvre, les interventions en forêt ne seront jamais invisibles. Les divergences de points de vue entre les acteurs du territoire étant une hypothèse à ne pas négliger, l'ONF souhaite maintenant prendre les devants et mettre en place un comité de massif. Cet espace de dialogue permettra de se concerter en amont des actions et de trouver des compromis.

Enfin, pour compléter ce travail, une étude des sols volcaniques approfondie permettrait de mettre en évidence une potentielle relation avec la virulence du fomès. Une gestion plus appropriée selon les types de sols pourra alors être mise en place.

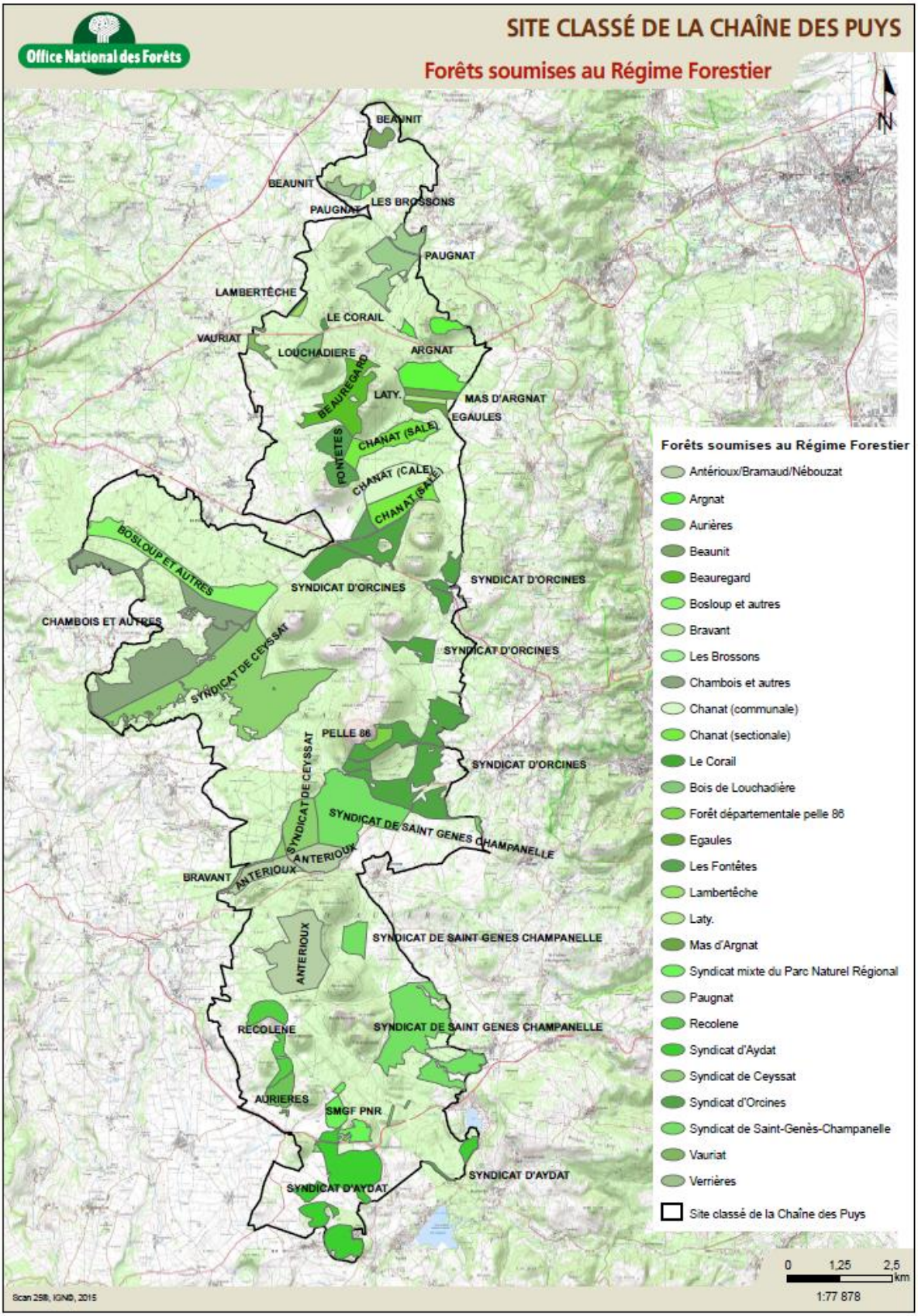
Dans l'intérêt paysager de la Chaîne des Puys mais aussi dans leur intérêt économique, il serait judicieux que les propriétaires privés (représentant plus de la moitié de la surface boisée) suivent les consignes de gestion de cette étude en cas de dégradation sanitaire avérée.

LISTE DES ANNEXES

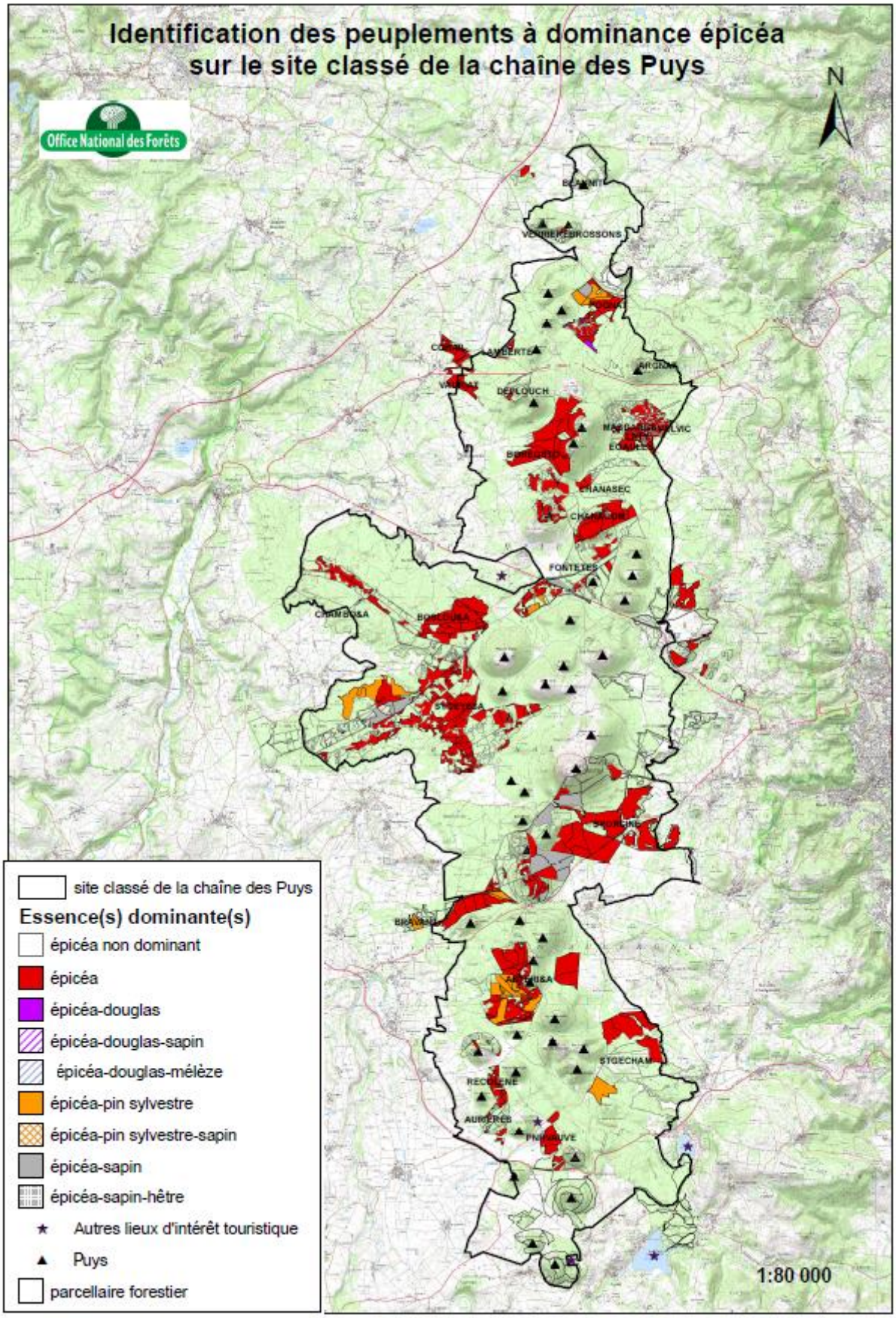
Annexe 1. Les forêts soumises dans le site classé de la Chaîne des Puys _____ 70
Annexe 2. Carte des peuplements à dominance épicéa obtenue à partir des couches SIG peuplements et unités de gestion _____ 71
Annexe 3. Carte des pessières issues de plantations ou non, pures ou en mélange obtenue à partir d'une analyse SIG des orthophotographies _____ 72
Annexe 4. Délimitation du périmètre du Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne _____ 73
Annexe 5. Délimitation du périmètre du site UNESCO Chaîne des Puys-faille de Limagne lors de sa 2ème candidature en 2016 _____ 73
Annexe 6. Précisions concernant la charte du site classé de la Chaîne des Puys _____ 74
Annexe 7. Précisions concernant la charte du PNRVA _____ 76
Annexe 8. Mise en évidence de la dévaluation économique du bois dû au fomès _____ 78
Annexe 9. Protocole test _____ 79
Annexe 10. Carte des zones inventoriées _____ 90
Annexe 11. Distribution des zones d'états sanitaires de référence selon les notes des différentes catégories sanitaires _____ 91
Annexe 12. Carte représentant l'état sanitaire par placette de la zone en bon état apparent _____ 92
Annexe 13. Carte représentant l'état sanitaire par placette de la zone en mauvais état _____ 93
Annexe 14. Carte représentant l'état sanitaire par placette de la zone test _____ 94
Annexe 15. Tableaux récapitulatifs des caractéristiques de l'ensemble des parcelles inventoriées _____ 95
Annexe 16. Principales tendances fiables entre état sanitaire et facteurs du peuplement _____ 97
Annexe 17. Carte mettant en évidence la contamination par le fomès d'une parcelle saine extérieurement après deux éclaircies _____ 98
Annexe 18. Mise en évidence d'une dégradation sanitaire des parcelles 14 et 15 de Saint-Genès Champanelle _____ 99
Annexe 19. Diagnostic et préconisations paysagères sur 5 parcelles sensibles en contrebas du puy de Dôme par l'expert paysagiste Élise Magnien _____ 100

ANNEXES

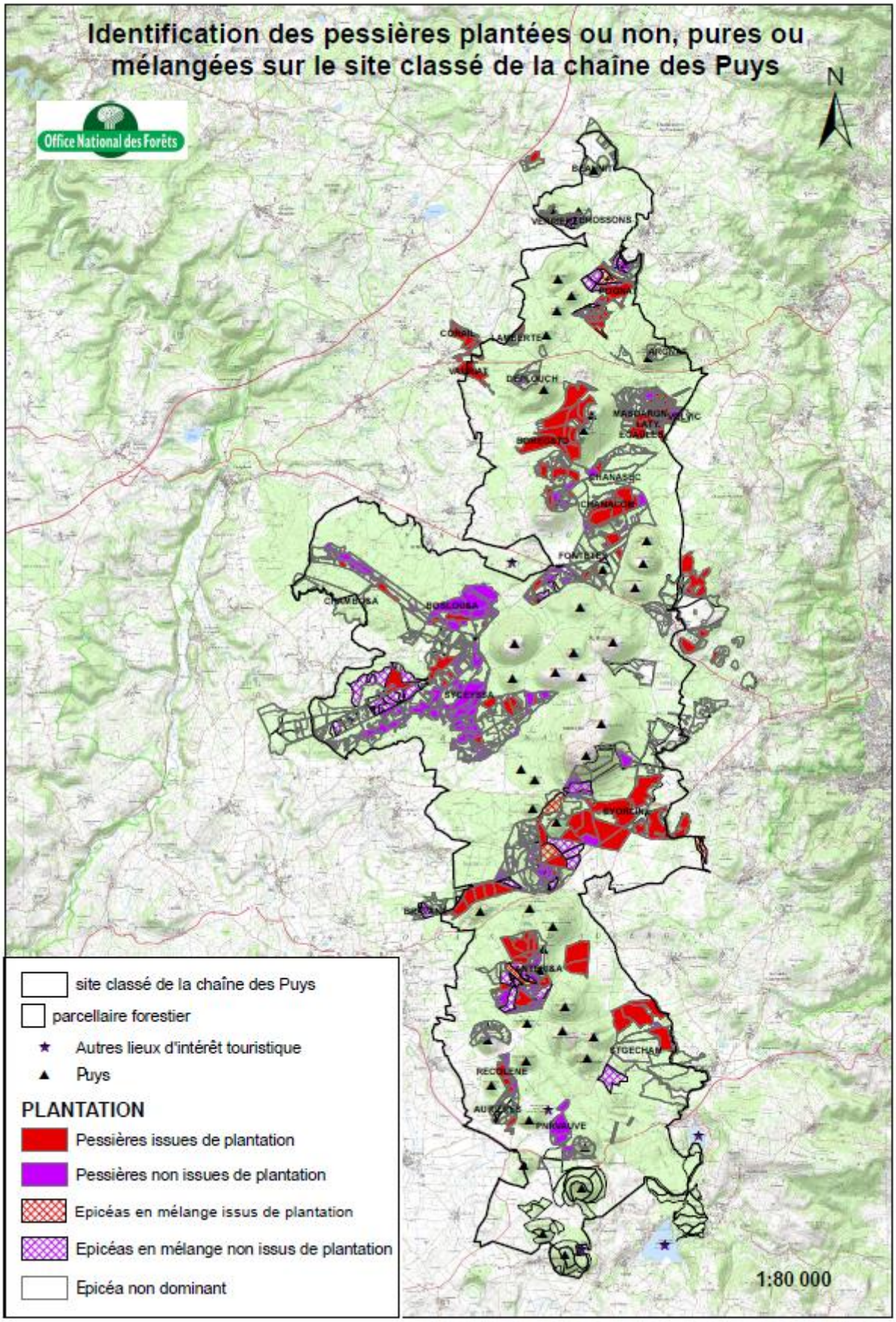
Annexe 1. ***Les forêts soumises dans le site classé de la Chaîne des Puys***



Annexe 2. ***Carte des peuplements à dominance épicéa obtenue à partir des couches SIG peuplements et unités de gestion***



Annexe 3. ***Carte des pessières issues de plantations ou non, pures ou en mélange obtenue à partir d'une analyse SIG des orthophotographies***

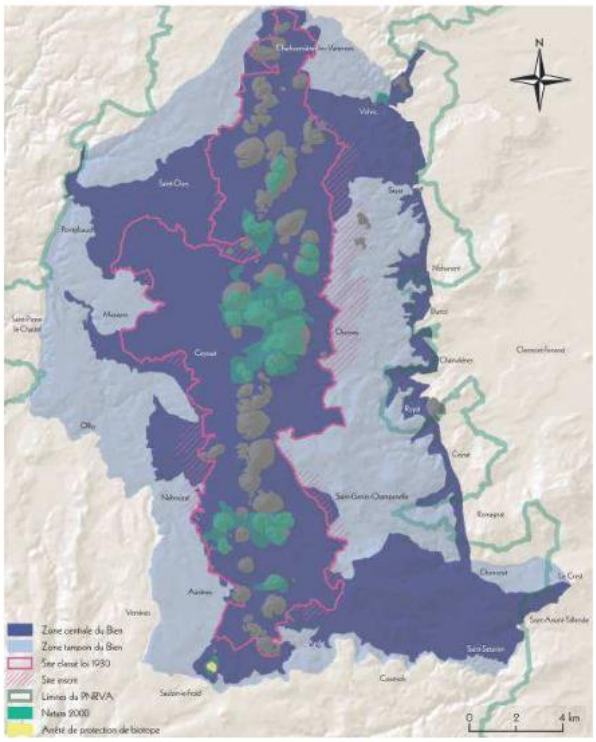


Annexe 4. ***Délimitation du périmètre du Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne***

Source : charte du PNRVA, plan du parc

Annexe 5. ***Délimitation du périmètre du site UNESCO Chaîne des Puys-faille de Limagne lors de sa 2ème candidature en 2016***

Source : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2015-10-09_-_CP_Puys_de_Dome.pdf



Annexe 6. ***Précisions concernant la charte du site classé de la Chaîne des Puys***

Points importants de la charte du classé de la Chaîne des Puys

Généralités

L'appellation site classé vise à protéger ce site non dans un but de le figer mais de préserver la qualité et la richesse de ses paysages et de réaliser des opérations en accord avec cela.

Les travaux en site classé :

Les entités d'un site classé ne peuvent être ni détruites, ni modifiées **sauf avec une autorisation spéciale** (cela est vrai pour ce qui a un impact fort et direct sur le paysage. L'entretien des constructions du site, l'exploitation raisonnée du bois (intervention de type amélioration) et l'agriculture ne sont par exemple pas concernées.

Pour ce qui est spécifiquement de la forêt, les actions soumises à arrêtés sont stipulées dans la charte.

Il existe deux niveaux pour ce qui est de ces autorisations : **préfectorale** et **ministérielle**. Ces autorisations concernent tous les enjeux du site classé comprenant entre autres la gestion forestière, l'agriculture et l'urbanisation.

Exemple de ces différents niveaux d'autorisation :
- rénovation d'un chemin rural = sans autorisation
- ouvrages techniques pour le maintien de la sécurité = autorisation préfectorale (par le préfet de département)
- construction d'une route = autorisation ministérielle (par le ministre chargé des sites)

Autorisation ministérielle :

Elle fait l'objet d'une demande et de la constitution d'un dossier.
Celui-ci devra être adressé au préfet qui sera ensuite envoyé à la commission départementale des sites. Il devra contenir au minimum un plan de localisation et un plan cadastral, l'objectif de l'intervention, un descriptif des travaux (avec l'impact paysager potentiel provoqué par l'intervention) et des photographies des lieux.
La décision sera ensuite prise par le ministre chargé des sites après avoir reçu l'avis de la **commission supérieure des sites**.

L'autorisation ministérielle concerne **tout ce qui est soumis au permis de construire**, les démolitions, les voies de communications mais aussi **tout ce qui concerne la forêt**. En forêt, les interventions pouvant avoir un impact paysager fort (coupes rases, défrichements, etc.) sont soumises à autorisation ministérielle au contraire des interventions plus douces types amélioration ou coupe jardinée. Les opérations restent cependant soumises aux règlementations en vigueur. Par-là, les forêts des collectivités faisant partie du site classé sont toujours soumises au régime forestier.

Charte de gestion forestière du site classé

Vocabulaire :

Arbre : végétal ligneux pouvant atteindre jusqu'à 7m à l'âge adulte.
Bois : formation végétale où les arbres représentent au moins 40% du couvert.
Forêt : bois de plus de 4 ha.
Friche : terre non cultivée, végétation arbustive avec des arbres représentant moins de 10% du couvert.
Lande : même définition que la friche avec de la végétation basse.
Pré-bois : formation végétale où les arbres représentent entre 10 et 40% du couvert.

Pour ce qui est des autorisations, la charte fait une distinction entre travaux d'exploitation forestière et documents de gestion (aménagement et plan simple de gestion).

Travaux d'exploitation forestière :

Sans autorisation :

- coupes d'amélioration, de jardinage, de régénération naturelle si on laisse plus **de 50 % du volume sur pied,**
- coupe définitive si et seulement **si régénération assurée,**
- entretien et amélioration de la voirie **sans augmentation de l'emprise,**
- travaux sylvicoles,
- enrichissement et régénération artificielle **sans changement d'essence,**
- coupe sanitaire et récolte des chablis.

Avec autorisation : tout le reste comme par exemple :

- **défrichement,**
- **boisement sur terrain nu** tel que lande, friche ou pré-bois,
- coupes de taillis et de régénération artificielle sur **édifices volcaniques et versant des puys,**
- coupe et travaux de régénération artificielle **s'il y a plantation d'autres essences,**
- création, modification d'emprise de voiries,
- création de places de dépôts.

Documents de gestion :

Une autorisation peut aussi bien être fournie au cas par cas que pour toutes les interventions contenues dans un document de gestion, que ce soient des coupes ou des travaux. Dans ce cas, il faut bien le définir et l'autorisation pourra alors être donnée pour **l'ensemble** des coupes et travaux **de l'aménagement** nécessitant des autorisations. Cette possibilité peut faire gagner un temps précieux.

Pour les projets de **desserte**, **aménagement** d'une aire d'accueil pour le public et **coupes rares et spéciales**, il vaut mieux le traiter au **cas par cas** en contactant toujours au préalable l'inspecteur des sites.

<u>Ce que l'ONF préconise dans ses aménagements :</u>
Ils doivent contenir dans la partie « Analyses » :

- une carte de statuts réglementaires à caractère touristique ou paysager,
- une carte des sensibilités paysagères,
- une description des éléments paysagers caractéristiques fondant l'esprit des lieux.

Ils doivent contenir dans la partie « Programme d'actions » :

- un programme d'action en faveur de l'accueil et du paysage,
- les principes paysagers et clauses techniques applicables aux actions forestières (coupes et travaux),
- les documents techniques de référence,
- une description technique suffisamment étayée des interventions projetées et des mesures paysagères retenues pour en minorer l'impact.

Points importants de la charte du parc naturel régional des Volcans d'Auvergne

Les attentes du parc sont variées et concernent entre autres l'économie du territoire, l'environnement, la gestion de l'eau et la gestion forestière. Ici sont énumérées les demandes en rapport avec la forêt qui pourraient concerner l'ONF.

Problématique forêt et paysage

Ils militent pour :

- des essences naturelles : hêtre et sapin,
- exploiter les boisements résineux homogènes à maturité (pour ouvrir le paysage),
- des essences variées et de la biodiversité,
- favoriser des forêts multifonctionnelles (meilleure gestion de l'accueil du public et conciliation des usages entre autres),
- une ouverture du paysage,
- améliorer la perception des sites forestiers qui mettent en valeur le relief,
- diversifier les peuplements,
- réduire les boisements par un non renouvellement des plantations,
- lutter contre la colonisation par la forêt et le taillis sur les zones sensibles comme les cônes volcaniques,
- conserver et restaurer les ripisylves,
- des zones tampons enherbées entre les plantations résineuses et les ressources en eau,
- établissement d'un contrat de gestion paysagère avec l'ONF (avec de potentiels projets expérimentaux type réouverture de paysage),
- accroître la vitalité des forêts (ouvrir des pâturages en lieu et place de plantations résineuses après exploitation ou renouvellement avec de nouvelles essences qui prennent en compte tous les enjeux),
- le maintien de milieux ouverts comme les sommets, les crêtes et les cols avec l'activité agricole et les vallées et vallons, rebords de plateau, bassins, cirques, piémonts et rebords de cheire avec l'activité agricole et la reconquête des espaces en friches,
- valoriser des sites paysagers d'intérêt et l'attractivité paysagère,
- faciliter la lecture et l'interprétation du paysage (milieux ouverts et rôle structurant de la forêt entre autres).

Ils sont défavorables à :

- une fermeture du milieu avec de la forêt,
- des boisements dans les friches et dans les zones de déprises agricoles tout comme le bois énergie au détriment des terres agricoles faciles d'accès
- des peuplements ravagés (fomès et cervidés entre autres).

Problématique biodiversité et paysage

Ils militent pour :

- la conservation des milieux naturels variés et rares (danger dû à la pression urbaine),
- la mise en valeur de la diversité du paysage,
- la prise en compte des milieux aquatiques,
- la favorisation de la migration des poissons (diminuer les obstacles),
- l'adaptation des pratiques forestières sur le bassin d'alimentation des lacs (risque d'eutrophisation).

Problématique tourisme et paysage

Ils militent pour :

- désengorger les sites phares,
- augmenter les offres de tourismes de nature,
- mieux entretenir les sites,
- déplacer les grandes manifestations sportives vers des zones moins sensibles,
- restaurer les sites.

Problématique forêt et filière :

Ils militent pour :

- une amélioration de la desserte et du stockage des bois,
- la labellisation PEFC gage de gestion durable,
- la mécanisation de l'exploitation et la favorisation du câble,
- une limitation de l'impact de l'exploitation sur les ressources en eau avec du matériel innovant comme les huiles biologiques pour la pollution et le câble pour diminuer les dégâts au sol,
- un regroupement des propriétaires (en ce qui concerne l'ONF, cela passe par un regroupement des sections en syndicats mixtes de gestion forestière,
- motiver des propriétaires à vendre leur bois et les sensibiliser à l'intérêt de soutenir la filière.

Ils veulent résoudre les problèmes de :

- morcellement des propriétés et des enclaves,
- valorisation des coupes d'entretiens qui ne poussent pas les propriétaires à effectuer les coupes et ainsi alimenter la filière.

Annexe 8. ***Mise en évidence de la dévaluation économique du bois dû au fomès***

Source : Étude de la contamination des épicéas par Heterobasidium annosum *en montagnes d'Auvergne, Fayet N.*

Bilan d'une coupe d'éclaircie dans une plantation d'épicéa saine

Utilisation	Proportition du volume	Prix (en €/m³ en bord de route)	Porportion dans 1m³ (en €)
Trituration	**30%**	**23**	6,90
Palette	**35%**	29	10,15
Charpente	35%	41	14,35
		Prix total d'un m³	**31,40**

Bilan d'une coupe d'éclaircie dans une plantation d'épicéa contaminée par le fomès

Utilisation	Proportition du volume	Prix (en €/m³ en bord de route)	Proportion dans 1m³ (en €)
Trituration	**50%**	**19**	9,50
Palette	40%	29	11,60
Charpente	10%	41	4,10
		Prix total d'un m³	**25,20**

D'après les chiffres d'un commercial bois de l'agence ONF de Lempdes, 2015.

Annexe 9. ***Protocole test***

Protocole test

Diagnostics sanitaire et dendrométrique sur peuplements à dominance épicéas

Zone étudiée : site classé de la **Chaîne des Puys**

Caractéristiques de la zone étudiée : environ **1580 ha** de peuplements à dominance **épicéa** dont environ **1040 ha** de **plantations** (on ne prendra pas en compte les mélanges dans notre étude, c'est-à-dire les zones où il y a deux essences dominantes ou plus, épicéa compris).

Zones de test du protocole : **Antérioux** (parcelles 1, 2, 3, 4 et 5 pour 50 ha) et **Saint-Gênes Champanelle** (parcelles 13, 14 et 15 pour 65 ha et 22 et 23 pour 41 ha) soit un total de 156 ha.

Caractéristiques de la zone étudiée : **plantations** d'épicéa dont l'état sanitaire est **correct** (Antérioux), dont l'état sanitaire est **mauvais** (parcelles 13, 14 et 15 à Saint-Gênes Champanelle) et zone test dont l'état sanitaire est *a priori* **intermédiaire** (parcelles 22 et 23 à Saint-Gênes Champanelle).

Densité de placettes : **1 placette/ha**

Type d'inventaire : inventaire **systématique à surface fixe**

Matériel nécessaire :

- ✓ compas
- ✓ TDS (avec GPS)
- ✓ vertex
- ✓ télémètre
- ✓ piles
- ✓ spencer (pour l'étalonnage du vertex)
- ✓ chevillère
- ✓ boussole
- ✓ compteur
- ✓ appareil photo

Instructions de cheminement :

Se diriger en utilisant le guidage GPS (application Géorelevé disponible sur votre TDS) entre chaque placette. Pendant le cheminement :

- vous devez prendre en note sur la fiche prévue à cet effet (pas sur le TDS) des informations visuelles concernant les tiges et la régénération. Ne sortez pas de votre ligne de cheminement. Ces informations doivent être dans le champ de vision de l'opérateur et repérables d'un simple coup d'œil. Ne pas chercher à repérer l'information coûte que coûte.
  Pour les tiges (diamètre de plus de 17,5 cm), notez les essences hors épicéa observées sur votre cheminement, ne pas noter leur nombre. Pour ce qui est de la régénération, repérez les semis et suivez le protocole de prise de notes tel qu'indiqué ci-après (voir partie régénération du protocole).

- vous devez prendre en note sur la fiche prévue à cet effet des informations visuelles concernant l'état sanitaire des peuplements à savoir la présence de trouées, de foyers de scolytes et la présence évidente de Fomes. Repérez uniquement la présence ou absence du phénomène sans entrer dans la classification spécifique que l'on fera au niveau des placettes. Ne sortez pas de votre ligne de cheminement. Ces

informations doivent être dans le champ de vision de l'opérateur et repérables d'un simple coup d'œil. Ne pas chercher à repérer l'information coûte que coûte.

- vous devez faire une acquisition GPS de zones qui vous semblent d'un intérêt paysager fort (arbres remarquables, blocs de rochers, etc…). Relever son centre et noter sa taille approximative en description sur le TDS.

Au niveau de la placette, suivre les instructions ci-dessous et saisir les données dans le classeur Excel de saisie prévu à cet effet à l'aide du TDS.

Renseignements généraux :

1) Forêt
2) Commune
3) Parcelle
4) Placette
5) Opérateurs
6) Date
7) **Topographie** (HV=haut de versant ou crête, V=versant, BV= bas de versant, C=cuvette, Va=vallée et P=plateau)
8) **Orientation** en zone de versant (N=Nord, S=Sud, E=Est et O=Ouest, puis SO, SE, etc.), sinon plat (P)

Inventaire :

Dans un **rayon de 10 m**, prendre **la classe de diamètre** de chacune **des tiges et par essence** à partir de 17,5 cm.

Voici les codes des essences que l'on pense rencontrer le plus souvent. Ils sont à utiliser lors de la saisie des données sur votre TDS :

Code	Essence
EPC	Epicéa
S.P	Sapin
DOU	Douglas
P.S	Pin sylvestre
MEL	Mélèze
HET	Hêtre
BOU	Bouleau
TRE	Tremble
SAU	Saule
SOR	Sorbier des oiseleurs
ERS	Erable sycomore

Les peuplements seront identifiés selon la typologie « Auvergne et Limousin » concernant les peuplements de moyenne et haute montagnes et disponible *en annexe 1.* Pour cela sont utilisées les catégories de bois suivantes : les petits bois (PB) comportent les classes 20 et 25, les bois moyens (BM) comportent les classes 30, 35 et 40, les gros bois (GB) comportent les classes 45, 50, 55 et 60 et enfin les très gros bois (TGB) comportent les classes 65 et plus.

Perches :

On comptabilisera les perches (diamètre de 7,5 cm compris à 17,5 cm non compris) **par essence** dans le même **rayon de 10 m**. Ce relevé de **la classe de diamètre** se fait en même temps que l'inventaire des tiges.

En ce qui concerne les feuillus, toutes les perches seront recensées et ce, quel que soit leur état sanitaire. Pour ce qui est des résineux, nous ne recenserons que les perches visiblement viables c'est-à-dire celles qui ne devraient pas subir de mortalité à court terme et donc passer à la futaie.
Une perche qui n'est visiblement pas viable est une perche qui présente un ou plusieurs gros défauts sanitaires (casse, fourche, chancre, etc…). Les frottis de gibier ne sont pas à considérer ici comme défaut sanitaire.
/!\ Il ne s'agit pas de s'interroger longuement devant chaque tige, il s'agit d'éliminer des relevés les tiges qui ne pourront pas à coup sûr passer à la futaie.

Régénération :

La régénération sera estimée dans **un rayon de 10 m** à partir du centre de la placette.

Sera estimé :

- le pourcentage de **recouvrement par essence** selon les classes ci-après

R0 : 0 à 5% très peu de semis

R1 : 6 à 20% densité de semis moyenne

R2 : 21 à 50% régénération acquise

R3 : 51 à 100% brosse de semis

Notez aussi le pourcentage de régénération **abrouti par le gibier par essence**.

Hauteur :

La hauteur dominante correspond à la hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare. Au niveau de la placette, cela revient à calculer la moyenne des hauteurs des trois plus gros arbres sur un rayon de 10 m.

La **classe de diamètre et la hauteur** de ces arbres seront donc à mesurer.

La hauteur des 3 plus gros arbres sur un rayon de 10 m sera mesurée au vertex.

Description de l'état sanitaire :

Les observations suivantes seront données après un calage nécessaire avec le DSF. Des photos illustrant les différents types de relevés seront prises sur le terrain pour avoir des notions d'arbres « référence » en fonction des différents thèmes de relevés.

1) <u>Attaques de scolytes :</u>

Les informations suivantes sont à récupérer de manière circulaire dans le **champ de vision** de l'opérateur (estimé à 50 mètres de rayon) à partir du centre de la placette et peu importe les essences concernées.

- **nature de la tache** de scolytes (Absente, ancienne ou récente)
- **taille des foyers** (aucun, moins de 10 arbres, de 10 à 30 arbres ou plus de 30 arbres)

2) <u>Perturbations affectant le peuplement :</u>

Les informations suivantes sont à récupérer sur la placette dans le **champ de vision** de l'opérateur à partir du centre de la placette.

- **ouvertures dans le peuplement (ou trouées)** : aucune, quelques trouées (30% de la surface), trouées fortes (30 à 60% de la surface), parcelle mitée (plus de 60% de la surface). La surface représente ici un rayon d'environ 50m correspondant au champ de vision de l'opérateur.

Pour ces données « placettes », les valeurs de chaque critère telles que définies ci-dessus sont codifiées pour des raisons de traitement de données ultérieures. Le tableau des codifications est disponible ci-dessous.

	Code	0	1	2	3
Perturbations affectant les peuplements	**Ouvertures dans le peuplement**	Non	Quelques trouées (-30% de la surface)	Trouées fortes (30 à 60% de la surface)	Parcelle mitée (+60% de trouées)
Attaques de scolytes	**Tache de scolytes**	Non	Ancienne	Récente	
	Taille des foyers	Aucun	Moins de 10 arbres	De 10 à 30 arbres	Plus de 30 arbres
Fomès	**Pourritures sur souches, sur chablis, carpophores**	Aucun visible	Moins d'un tiers observable	Plus d'un tiers observable	

3) Signes d'affaiblissement :

Les informations sont à récupérer dans un **rayon de 10 m** à partir du centre de la placette et uniquement sur les **épicéas** qui ont une **situation dominante** dans le peuplement. On notera l'état de santé de 10 épicéas au maximum. S'il n'y en a pas 10 dans un rayon de 10 m, on choisira les **plus proches du centre de la placette** (à plus de 10 m) ayant toujours une situation dominante dans le peuplement pour compléter le relevé. A l'inverse, s'il y a plus de 10 arbres dominants dans la placette, on essaiera de noter **2 ou 3 arbres par quart de cercle sur la placette.**

Les informations à récupérer sont les suivantes :

- pourcentage de **perte foliaire** de chacun des dix arbres (on se donnera au début de la phase terrain un arbre « référence » avec un houppier complet).
- **décoloration des houppiers** ou jaunissement de chacun des dix arbres.

Pour chaque épicéa, on donnera la perte foliaire et le caractère jaunissant en classe de pourcentage selon les critères du Département Santé des Forêts. Les voici :

0 : classe 0-5 %

1 : classe 6-25 %

2 : classe 26-50 %

3 : classe 51-75 %

4 : classe 76-95 %

5 : arbre mort sur pied

Ces observations seront à donner sur le houppier fonctionnel c'est-à-dire la partie du houppier qui n'entre pas en concurrence avec les arbres environnants. En pratique, il s'agit le plus souvent du tiers supérieur du houppier. Par mauvais temps, ne pas prendre la donnée « jaunissement » au risque de faire des erreurs.

4) Informations complémentaires : présence évidente de Fomes :

Les informations sont à récupérer dans un **rayon de 10 m** à partir du centre de la placette et peu importe l'essence concernée. Si au moins un de ces critères est observé sur la placette, cochez la case « Fomes » :

- la présence de **fructifications (carpophores)** observés au pied des arbres ou plus rarement sur la partie supérieure des racines
- la présence de **chablis infectés** par le Fomes (pourriture caractéristique au cœur de la bille de pied)
- si une coupe a été réalisée récemment (moins de 6 mois) au niveau de la placette, la présence de **souches infectées** par le Fomes **et de purges** laissées sur place par les exploitants (pourriture caractéristique au cœur de la bille de pied)

On donnera une note à cette présence de Fomes en fonction des observations :

0 : aucun symptôme visible

1 : symptômes observés sur moins d'un tiers des souches ou purges (pourriture de cœur), des tiges (carpophores) ou des chablis

2 : symptômes observés sur plus d'un tiers des souches ou purges (pourriture de cœur), des tiges (carpophores) ou des chablis

Toutes ces observations seront affectées de notes qui permettront de donner une note globale à la placette puis à des zones que l'on pourra ensuite délimiter en s'affranchissant des limites de parcelles. Un poids relatif est attribué à chaque type de relevé en fonction de son importance. La note sanitaire finale de la placette sera donnée après une série de pondération en fonction des types d'observations et de leur importance.

Observations :

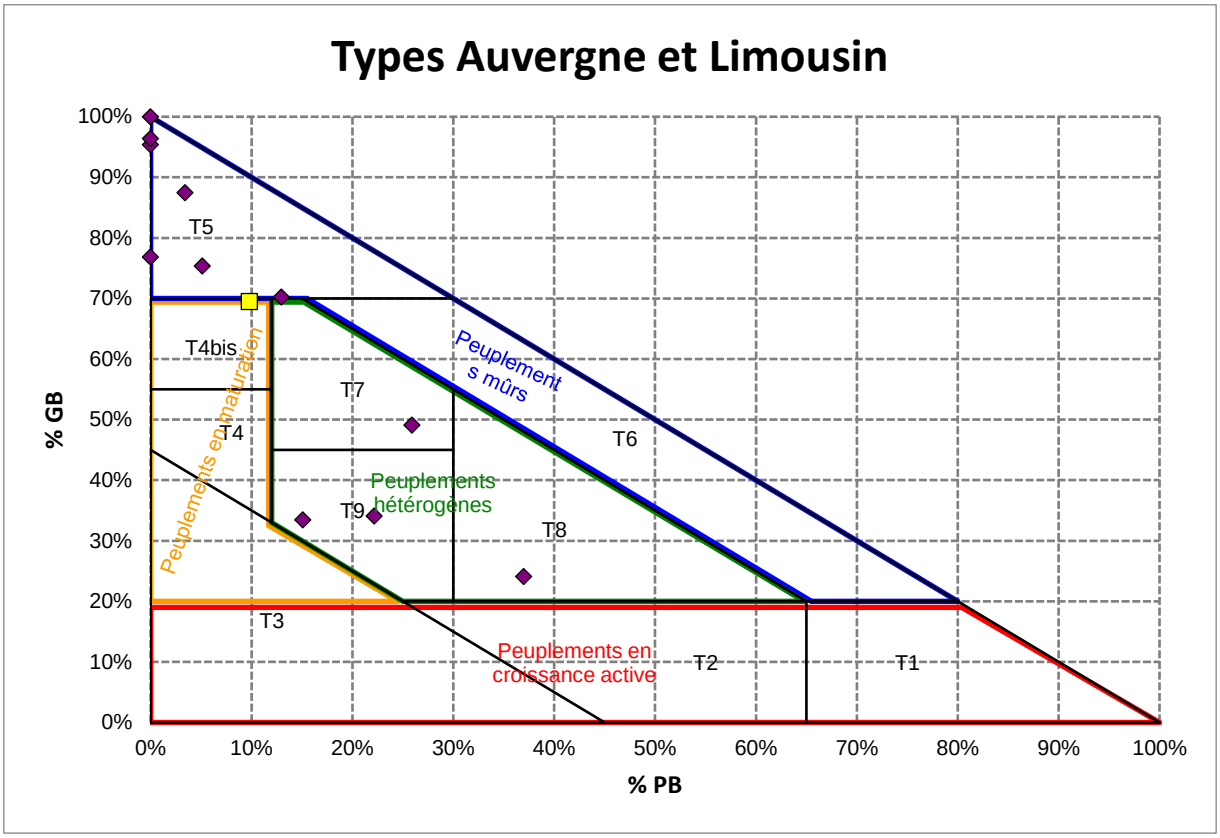
Mettez en observations dans votre TDS (et dans la case prévue à cet effet) tout ce qui vous semble important concernant l'état sanitaire, l'urgence des coupes à réaliser ainsi que des données indispensables pour de potentiels itinéraires alternatifs de renouvellement. Soyez précis et concis. Utilisez les codes pour les essences.

Annexes :

- typologie de peuplements « Auvergne et Limousin »
- fiche de saisie de terrain
- fiche de saisie concernant les cheminements
- photos d'arbres « références » révélateurs d'un état sanitaire mauvais, moyen et bon concernant les critères « perte foliaire » et « jaunissement »

Annexe 1 du protocole : types de peuplements « Auvergne et Limousin »

(Les losanges correspondent à des placettes qui sont des exemples extérieurs à notre étude)



1- Dans la famille des peuplements à croissance active

T1 ➔ PB
T2 ➔ PB-BM
T3 ➔ BM (partie inférieure)

2- Dans la famille des peuplements en maturation

T3 ➔ PB (partie supérieure)
T4 ➔ BM-GB
T4bis ➔ bm-GB

3- Dans la famille des peuplements mûrs

T5 ➔ GB
T5bis ➔ TGB
T6 ➔ GB + PB

4- Dans la famille des peuplements hétérogènes

T7 ➔ Riche en GB
T8 ➔ Riche en PB
T9 ➔ GB + BM + PB

Annexe 2 du protocole : fiche de saisie

Renseignements généraux			
Forêt (FRT)		Date	
Parcelle		Opérateur	
Code Groupe		R.Plac.Arbres (m)	10
Placette		R.Plac.Régé (m)	10

Inventaire Arbres			
Essences	Classe Diam	Hauteur	Obs Arbre

Perte foliaire	Jaunissement
moyenne	moyenne

0 : classe 0-5 %

1 : classe 6-25 %

2 : classe 26-50 %

3 : classe 51-75 %

4 : classe 76-95 %

5 : arbre mort

Potentiel Régénération			
Essences	Régé Basse	Régé Haute	Abroutissement
		X	
		X	
		X	
		X	
		X	

Ne pas remplir les cases "Régé Haute"

0 : classe 0-5%

1 : classe 6-20%

2 : classe 21-50%

3 : classe 51-100%

Zone considérée			Prise de données		Localisation	
Forêt	Parcelle	Placette	Date	Opérateur	Situation topo	orientation (N; SO…)

Perturbations affectant les peuplements	Attaques de scolytes		Signes extérieurs du fomès	Observations
Ouvertures dans le peuplement	Tache de scolytes	Taille des foyers	Carpophores, pourriture de souches, chablis…	Observations

Annexe 3 du protocole : fiche de saisie de cheminement

1) Cheminement entre les placettes

____➔____.

2) Essences observées

3) Régénération

Potentiel Régénération			
Essences	Régé Basse	Régé Haute	Abroutissement
		X	
		X	
		X	
		X	
		X	

Ne pas remplir les cases "Régé Haute"

0 : classe 0-5%

1 : classe 6-20%

2 : classe 21-50%

3 : classe 51-100%

4) Etat sanitaire des peuplements

Perturbations affectant les peuplements	**Attaques de scolytes**		**Signes extérieurs du fomès**	**Observations**
Ouvertures dans le peuplement	Tache de scolytes	Taille des foyers	Carpophores, pourriture de souches, chablis…	Observations

Annexe 4 du protocole : références photographiques de notation

Perte foliaire :

Source personnelle, parcelle 15, Saint-Genès Champanelle

Cette photo met en évidence un gradient de perte foliaire des arbres de droite à gauche. Dans un ordre de dépérissement croissant, l'arbre le plus à droite pourrait être noté 2, puis de droite à gauche successivement 3 et enfin 4.

Perte foliaire :

Source personnelle, parcelle 13, Saint-Genès Champanelle

La perte foliaire comme le jaunissement doit être pris en compte uniquement sur le **tiers supérieur du houppier**. Cette photo en est l'exemple concret : au niveau du tiers supérieur, on n'identifie pas ou peu de perte foliaire (note de 1). Par contre, si on regarde le houppier dans son ensemble, on aurait tendance à penser que l'arbre est dépérissant et la note n'en serait que plus élevée. En effet, on observe de larges et nombreuses fenêtres sur le côté droit de l'arbre dues à la compétition pour la lumière avec un autre épicéa situé plus à droite. Lors des notations, il faut donc bien faire attention à noter **la partie du houppier hors compétition** pour ne pas biaiser les données.

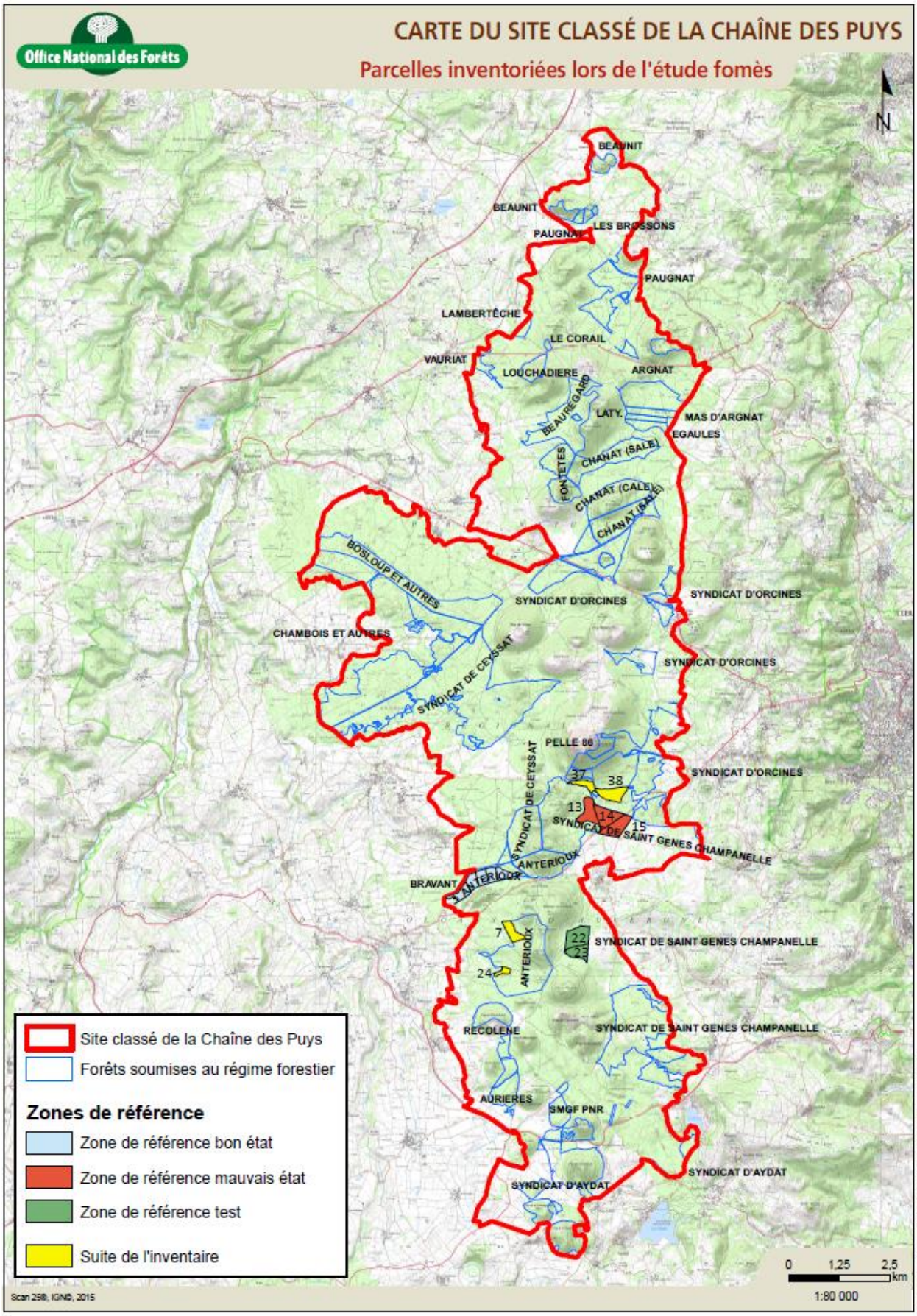
Jaunissement :

Source personnelle, parcelle 14, Saint-Genès Champanelle

Cette photo met en évidence le **jaunissement des aiguilles du houppier** d'un épicéa. On observe aussi qu'il a subi de la perte foliaire. Ces **deux facteurs** sont d'ailleurs **souvent très liés** dans les stades avancés de dépérissement.

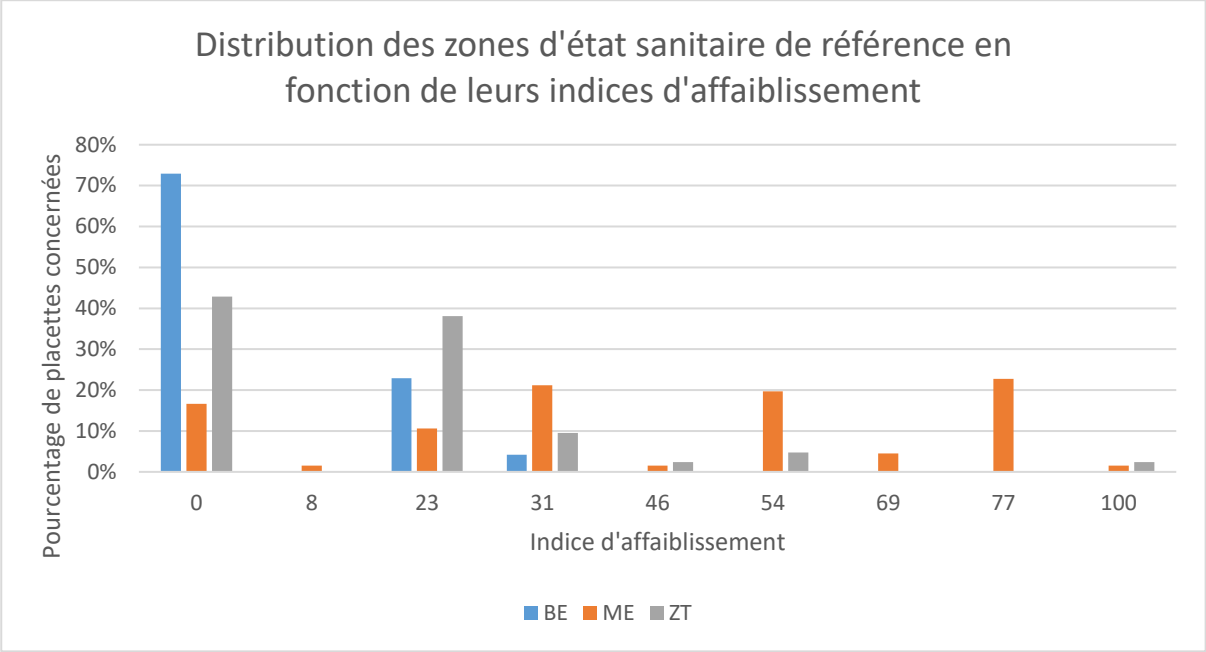
Pour déceler le jaunissement des aiguilles, il faut faire très attention aux conditions d'éclairement du houppier par le soleil. Cela diffère rapidement au cours de l'avancée de la journée et même au cours de l'année. Les observations peuvent rapidement être biaisées.

Annexe 10. ***Carte des zones inventoriées***

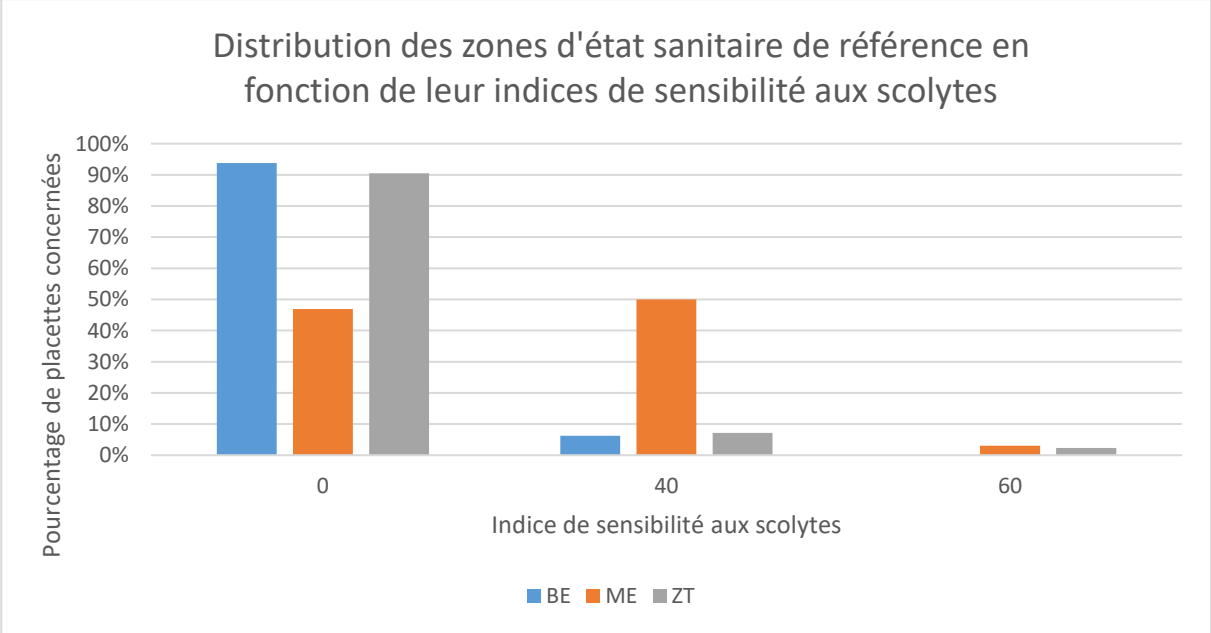


Annexe 11. ***Distribution des zones d'états sanitaires de référence selon les notes des différentes catégories sanitaires***

✓ Selon leurs indices d'affaiblissement :



✓ Selon leurs indices de sensibilité aux scolytes :

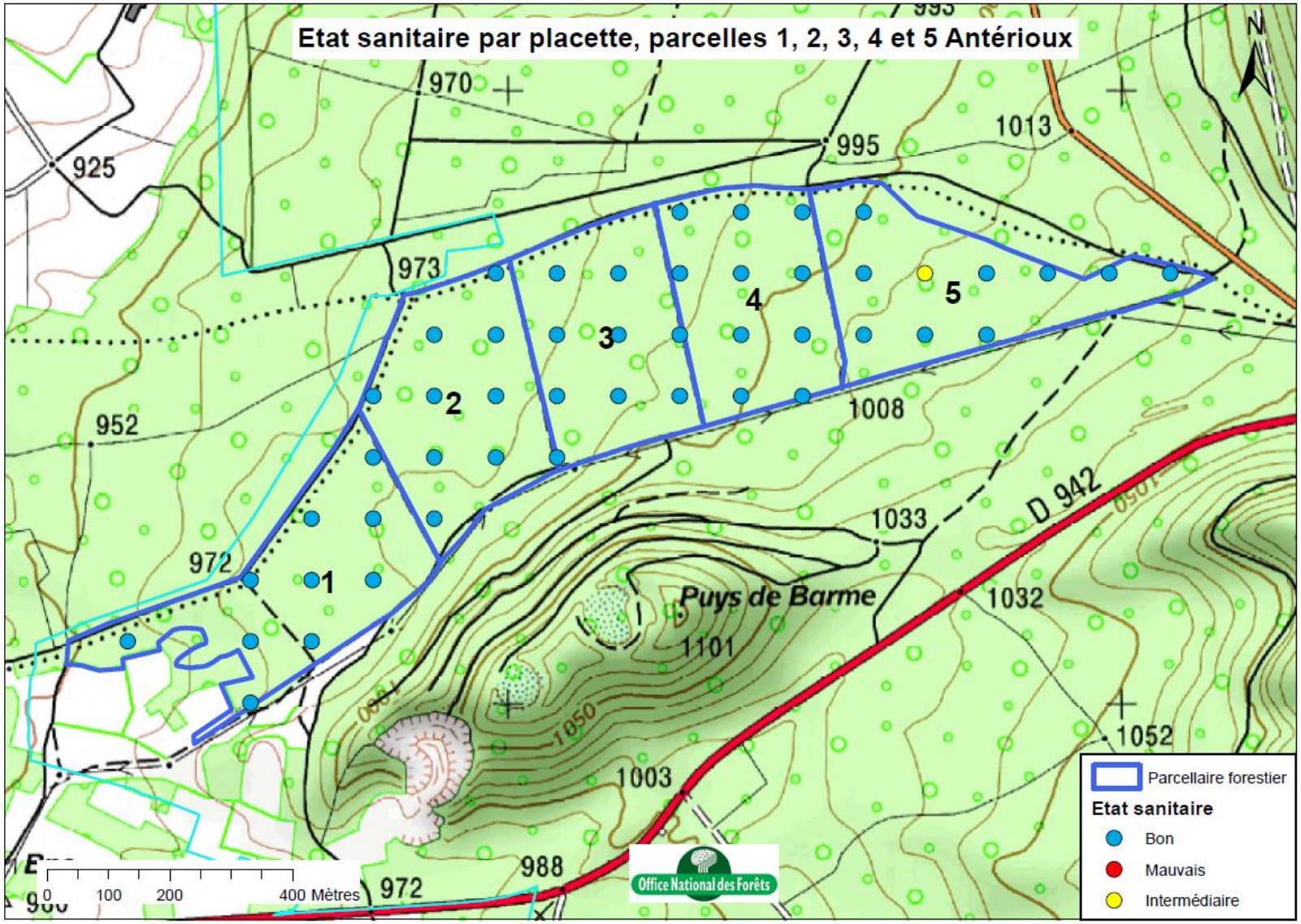


BE = zone qui semble en bon état sanitaire

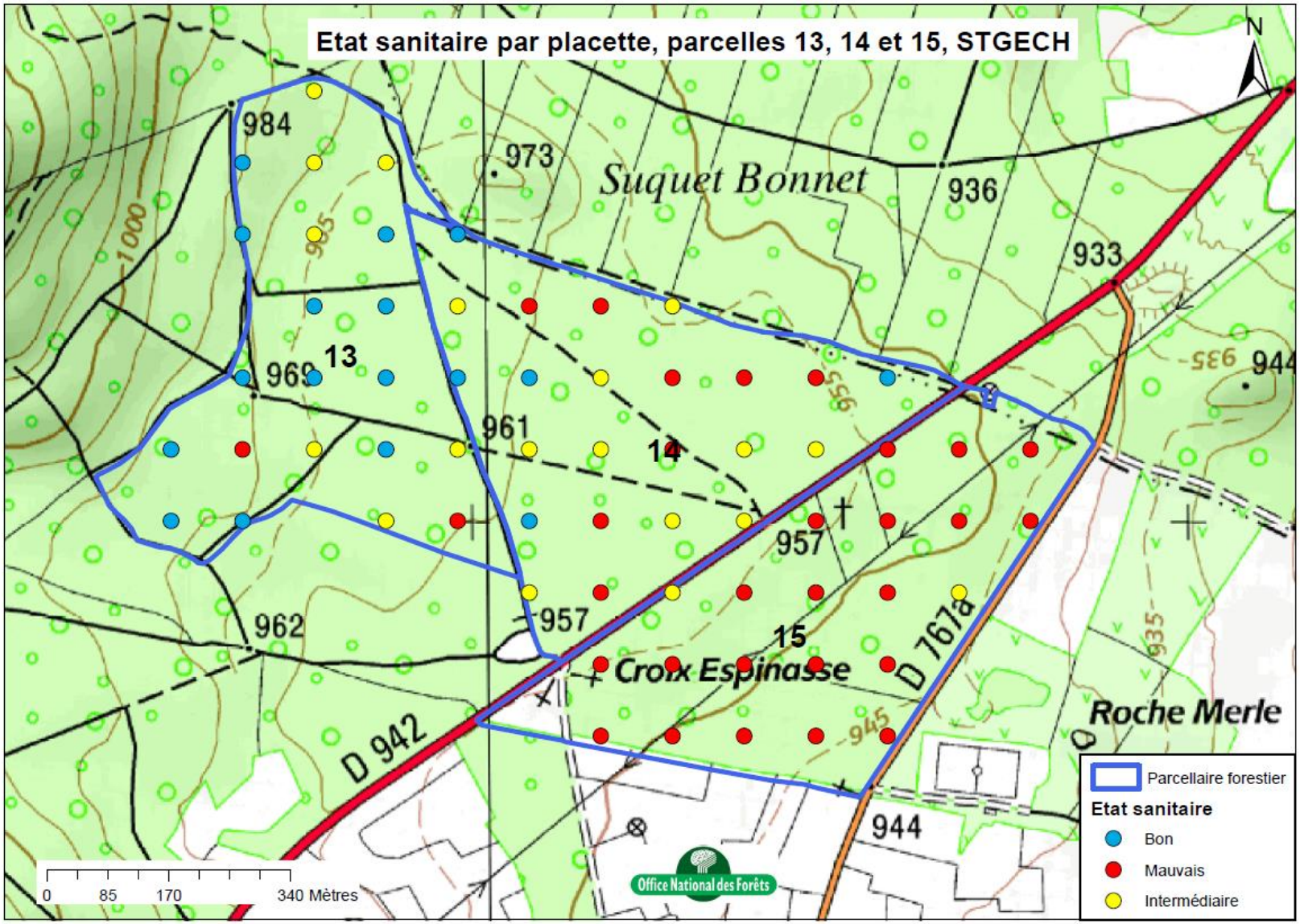
ME = zone en mauvais état sanitaire extérieur

ZT = zone test, dont on ne connaît pas l'état sanitaire (on suppose que ce dernier est intermédiaire)

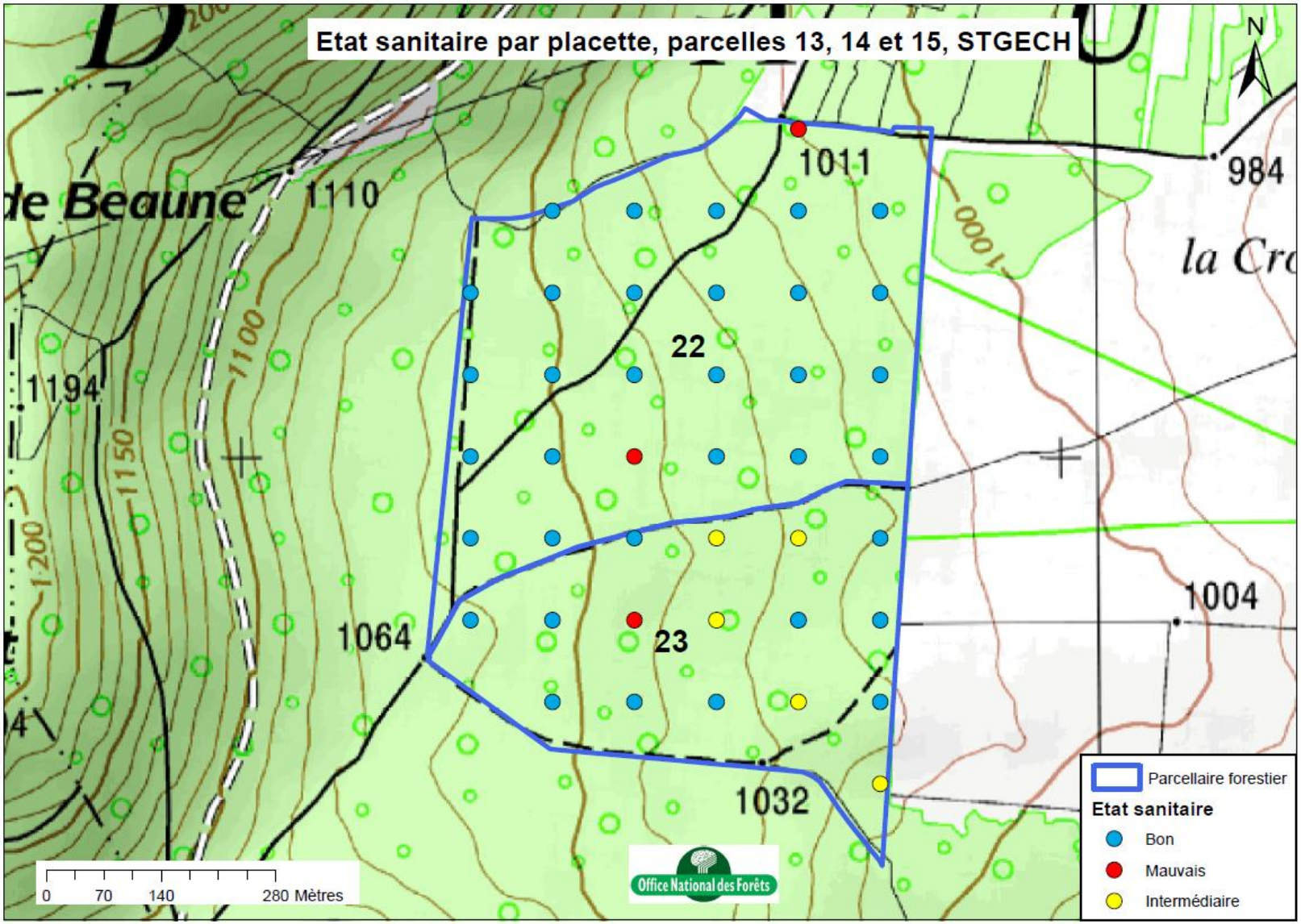
Annexe 12. ***Carte représentant l'état sanitaire par placette de la zone en bon état apparent***



Annexe 13. ***Carte représentant l'état sanitaire par placette de la zone en mauvais état***



Annexe 14. ***Carte représentant l'état sanitaire par placette de la zone test***



Annexe 15. ***Tableaux récapitulatifs des caractéristiques de l'ensemble des parcelles inventoriées***

Forêt	Parcelle	Surface (ha)	Zone de référence ?	Surface terrière (m²/ha)	Date de plantation	Age (ans)	Hauteur dominante (m)	Classe de fertilité	Nombre d'éclaircies subies	Note sanitaire
ANTERIA	1	10,6	BE	41,2	1977	43	21,2	3	1	7
ANTERIA	2	9,7	BE	43,6	1977	43	21,9	3	1	4
ANTERIA	3	9	BE	41,3	1977	43	22	3	1	10
ANTERIA	4	8,9	BE	47,7	1977	43	22,5	3	1	9
ANTERIA	5	9,9	BE	38,7	1977	43	23,3	2	1	14
STGECH	13	20,6	ME	41,9	1959	61	27,6	2	4	29
STGECH	14	22,4	ME	30,4	1968	52	23,3	2	4	42
STGECH	15	22,2	ME	32	1968	52	22,5	3	3+ 1 sanitaire	63
STGECH	22	25,6	ZT	42	1968	52	23,9	3	4	15
STGECH	23	15,5	ZT	38,3	1968	52	24	3	4	26
SYORCINE	37	9,2	SI	56,9	1959	61	31,6	1	3	55
SYORCINE	38	19,2	SI	42,9	1959	61	28,8	2	3	37
ANTERIA	7	13,2	SI	37,3	1976	44	20,2	3	1	5
ANTERIA	24	4,6	SI	41,4	1976	44	23,5	2	1	9

Les classes de fertilité sont celles des guides ONF pour l'épicéa. Elles vont de 1 à 5. Les classes les plus faibles sont révélatrices des milieux les plus fertiles.

En ce qui concerne les zones de référence : **BE** = zone qui semble en bon état sanitaire, **ME** = zone en mauvais état sanitaire extérieur, **ZT** = zone test, dont on ne connaît pas l'état sanitaire (on suppose que ce dernier est intermédiaire), **SI** = parcelles inventoriées par la suite après le calage du barème sanitaire.

Les trois parcelles surlignées sont celles qui n'ont pas été prises en compte dans l'établissement des corrélations.

Forêt	Parcelle	Surface (ha)	Zone de référence ?	Age (ans)	Nombre de tiges par ha	Diamètre dominant (cm)	Facteur d'espacement	Facteur d'élancement	Nombre d'éclaircies subies	Note sanitaire
ANTERIA	1	10,6	BE	43	662	35,2	20%	75,3	1	7
ANTERIA	2	9,7	BE	43	753	34,3	18%	80,7	1	4
ANTERIA	3	9	BE	43	700	34,6	18%	80,3	1	10
ANTERIA	4	8,9	BE	43	732	37,7	18%	78,1	1	9
ANTERIA	5	9,9	BE	43	535	38,5	20%	76,8	1	14
STGECH	13	20,6	ME	61	390	46,5	20%	74,6	4	29
STGECH	14	22,4	ME	52	323	41,7	26%	67,3	4	42
STGECH	15	22,2	ME	52	420	37,7	23%	72,2	3+ sanitaire	63
STGECH	22	25,6	ZT	52	496	40,8	20%	72,8	4	15
STGECH	23	15,5	ZT	52	388	41,6	23%	67,7	4	26
SYORCINE	37	9,2	ZT	61	350	53,1	18%	69,5	3	55
SYORCINE	38	19,2	ZT	61	343	45,4	20%	72,2	3	37
ANTERIA	7	13,2	ZT	44	781	31,5	19%	81,9	1	5
ANTERIA	24	4,6	ZT	44	708	35,4	17%	86,1	1	9

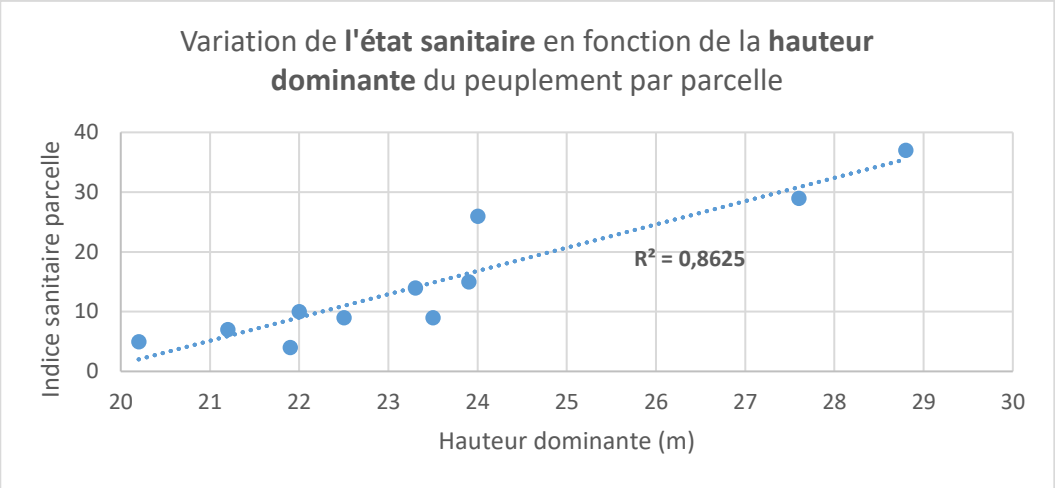
$Facteur\ d'espacement = \frac{1{,}075 \times 10\,000}{H0 \times \sqrt{N}}$ et $Facteur\ d'élancement = \frac{H0}{Dg}$ soit $Facteur\ d'élancement = \frac{H0 \times \sqrt{(\pi \times \frac{N}{G})}}{2}$

Avec H0 = hauteur dominante (en m), N = nombres de tiges par hectare, Dg = diamètre de l'arbre moyen (en m) et G = surface terrière (en m²/ha).

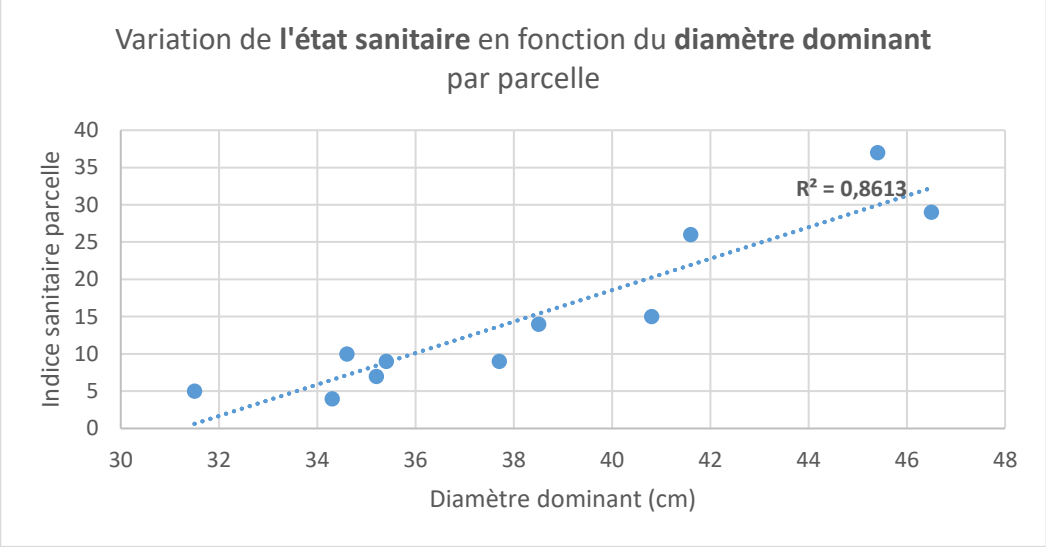
Les trois parcelles surlignées sont celles qui n'ont pas été prises en compte dans l'établissement des corrélations.

Annexe 16. ***Principales tendances fiables entre état sanitaire et facteurs du peuplement***

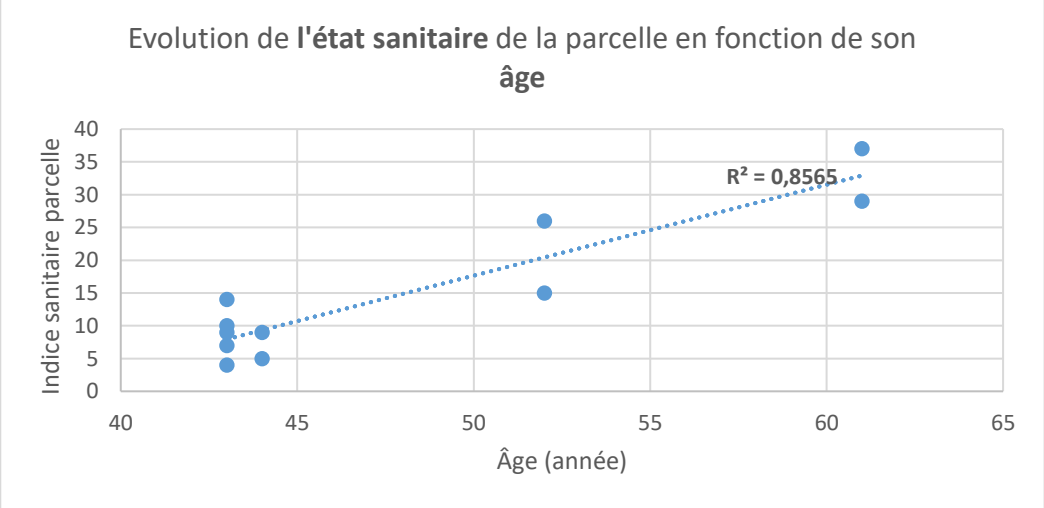
✓ Entre état sanitaire et hauteur dominante



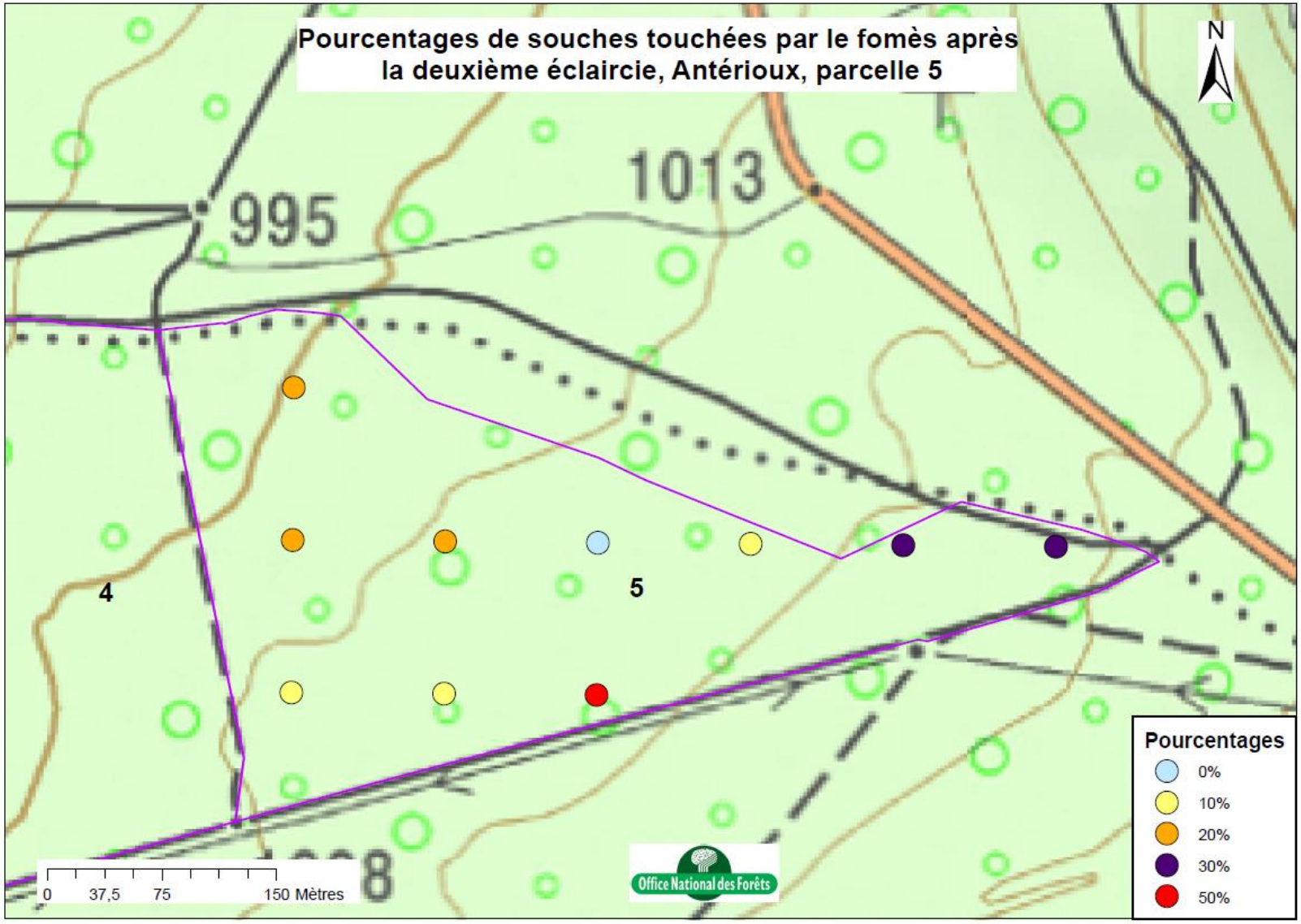
✓ Entre état sanitaire et diamètre dominant



✓ Entre état sanitaire et âge du peuplement

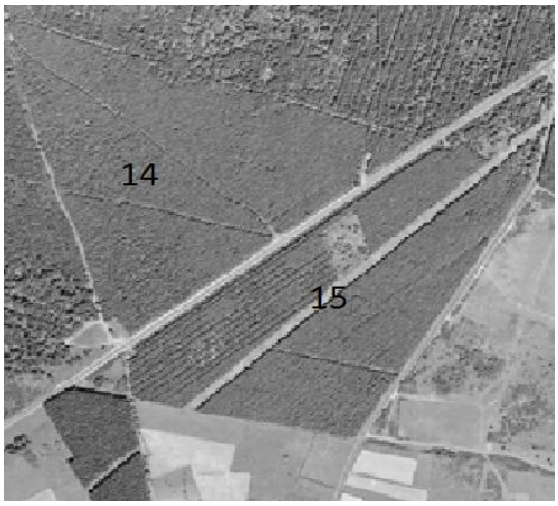


Annexe 17. ***Carte mettant en évidence la contamination par le fomès d'une parcelle saine extérieurement après deux éclaircies***



Annexe 18. ***Mise en évidence d'une dégradation sanitaire des parcelles 14 et 15 de Saint-Genès Champanelle***

1991



1994

1999

2004

2016

Source : Géoportail

Annexe 19. ***Diagnostic et préconisations paysagères sur 5 parcelles sensibles en contrebas du puy de Dôme par l'expert paysagiste Élise Magnien***

DT Centre-Ouest-Auvergne-Limousin Agence Limousin	Office National des Forêts

Type	Titre
Expertise paysagère	**SITE CLASSE DE LA CHAINE DES PUYS : préconisations paysagères relatives à la régénération de pessières sur versants exposés et réflexion sur les ITTS.**

Liste de diffusion	Date de publication	Date d'application	Mode de diffusion	Copies	Rédacteur
A.TESSIER, G. LABARRE	10/08/2016	10/08/2016	Mail	N.LECOEUR, X. BARTET, J-L.RIFFAUD	E.MAGNIEN

Préambule

L'agence ONF Montagnes d'Auvergne a fait intervenir Elise Magnien, paysagiste DPLG-urbaniste de l'agence ONF du Limousin, pour établir une expertise paysagère sur 5 parcelles forestières du site classé de la Chaîne des Puys.
Cette étude est la continuité du travail de Guillaume Labarre sur les ITTS et la régénération de pessières et est le compte-rendu de la tournée terrain du 27 juillet 2016.

Eléments de contexte

Les parcelles 13, 14, et 15 dépendent de la commune et le SMGF de St Genès Champanelle ; les parcelles 37 et 38 sont sur la commune et le SMGF d'Orcines. Toutes cinq se situent en contrebas du Puy de Dôme, à 10 kms environ de la ville d'Orcines, et à 13 kms de la ville de Clermont-Ferrand.
Elles occupent respectivement 20.6 ha, 22.4 ha, 22.2 ha, 9.2 ha, et 19.2 ha et font partie de la Chaîne des Puys pour laquelle a été élaboré en 1993, un plan de paysage (***BRUNET (V), BONNEFAUD (F): plan de paysage de la Chaîne des Puys- P.N.R.V.A. – 1993***). Ce dernier préconise, en particulier, la mise en valeur des puys et du paysage depuis les routes et la maîtrise des lisières forestières.

Enjeux de réflexion / gestion

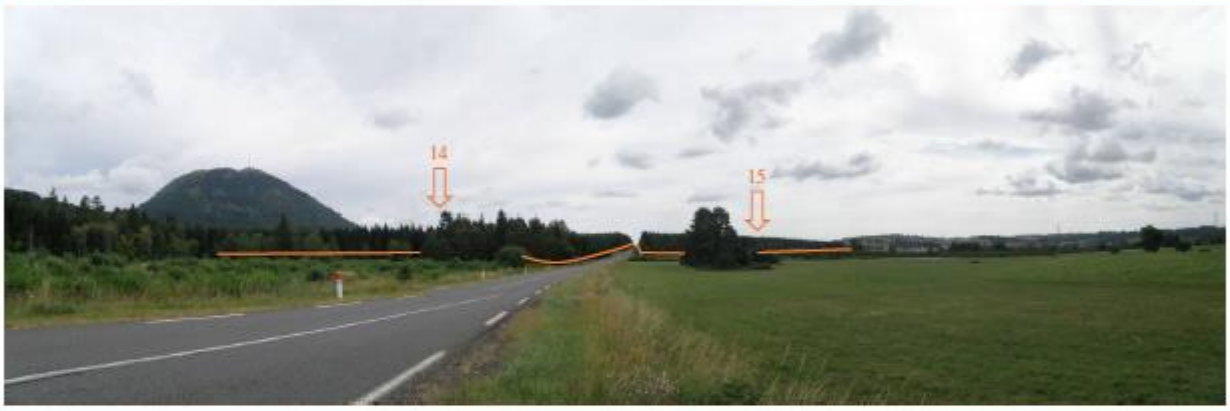
Les peuplements des parcelles étudiées présentent un **état sanitaire très médiocre**, ce qui va engendrer leur régénération anticipée, dans un laps de temps inférieur à 10 ans. De plus, l'épicéa, essence ici majoritaire, est en **limite stationnelle**, ce qui induit **une conversion d'essence par plantations ou à minima une diversification** en hêtre et sapins lors de la régénération naturelle.
Dans ce secteur identitaire fortement fréquenté dont la renommée paysagère n'est plus à faire, les enjeux paysagers liés à un changement brutal de faciès sont forts. L'objectif majeur est donc de trouver la gestion paysagère la moins « traumatisante » au regard des méthodes de régénération envisagées.

Expertise paysagère

- **Analyse des sensibilités paysagères**

Les parcelles 14 et 15 sont localisées sur des replats alors que les parcelles 13, 37 et 38 présentent une configuration de forêt de versant.
Ces parcelles présentent une **sensibilité paysagère externe faible en vue éloignée** avec très peu de co-visibilités depuis les communes et hameaux alentour (Laschamps, Montrodeix, la Font de l'Arbre, Manson, Orcines). Cependant, leur situation leur confère **en vue rapprochée une sensibilité moyenne** depuis la RD767 et la RD942 pour les parcelles 14 et 15, depuis le Col de Ceyssat pour la parcelle 37 et **forte** depuis le Puy de Dôme.

Vue externe sur la parcelle 15 depuis la RD767 → sensibilité moyenne.
Source : E.Magnien

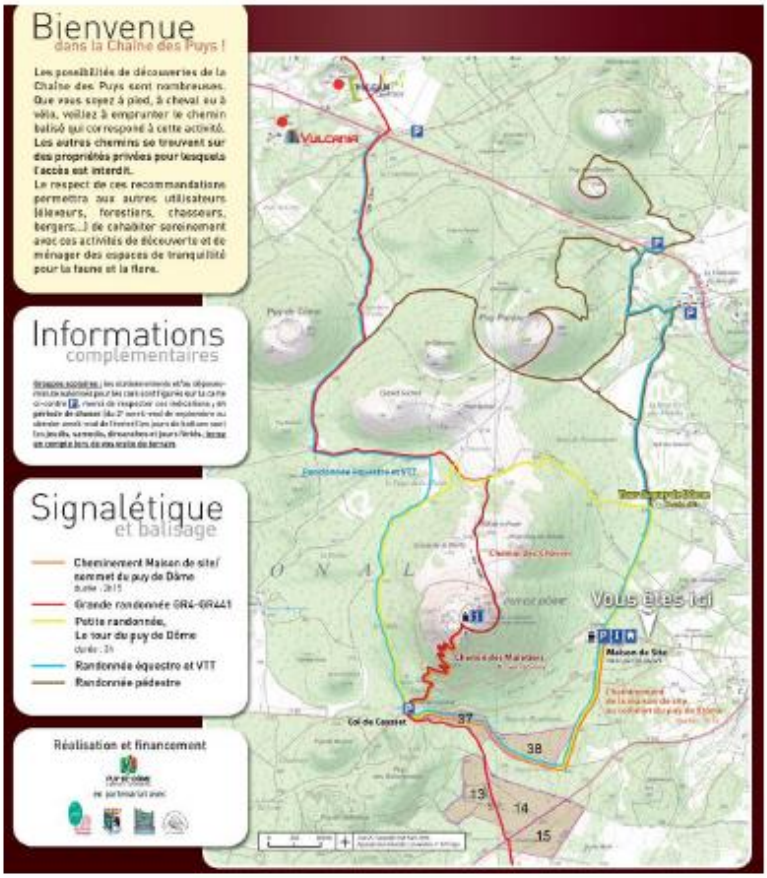


Vue externe sur les parcelles 14 et 15 depuis la RD942 → sensibilité moyenne. Du fait que les parcelles se situent au cœur de zones ouvertes, les coupes seront moins impactantes : pas de différence d'échelles et de rupture de plans. Source : E.Magnien

Vue externe sur la parcelle 37 depuis le stationnement au Col de Ceyssat → sensibilité moyenne en bord de RD68.
Source : E.Magnien

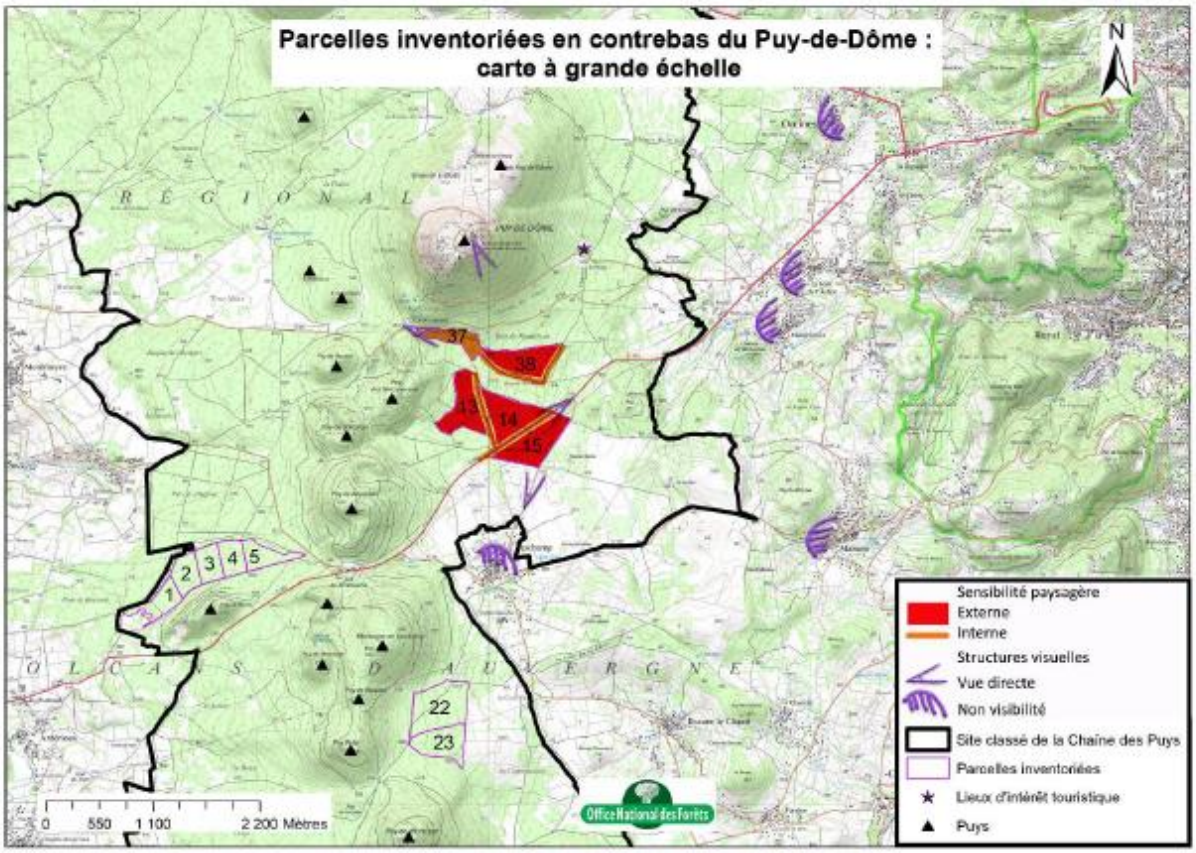
Vue externe sur l'ensemble des parcelles depuis le Puy de Dôme → sensibilité forte
Source : E.Magnien

La sensibilité paysagère interne est faible à moyenne pour les parcelles 13, 14, 15 et 38 ; l'enjeu moyen est localisé en lisière des parcelles 13 et 14, lieu de passage du GR4. Quant à la parcelle 38, ses limites parcellaires forment un « carrefour » entre le PR menant à la maison de site à l'Est et le PR menant au Col de Ceyssat puis au Puy de Dôme au Sud.
La sensibilité paysagère interne est forte pour la parcelle 37 qui jouxte une zone de stationnement au col de Ceyssat, qui est parcourue par le PR menant à la maison de site et dont la limite Sud est longée par le GR4.



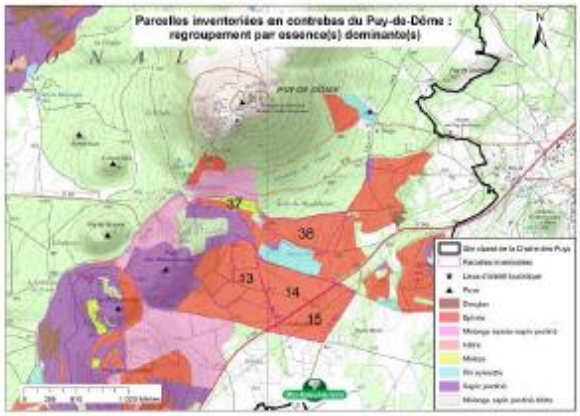
Circuits de randonnées et situation des parcelles autour du Puy de Dôme
Source :
http://www.philauvergne.fr/2012/10/30/panoramique-des-domes-durant-les-investigations-le-chemin-des-chevres-vous-attend-pour-acceder-au-puy-de-dome/, E.Magnien

Carte des sensibilités paysagères.
Source : E.Magnien



- **Essences constitutives et particularités des parcelles**

L'homogénéité des peuplements, leur gestion en futaie régulière et leur densité, tant en vue interne qu'externe ne permet pas de dégager d'éléments paysagers remarquables sur lesquels il serait possible de s'appuyer lors des régénérations et/ou plantations futures.



Nature des peuplements des parcelles : seules les parcelles 13 et 37 présentent un mélange significatif mélèzes/épicéas
Source : G.Labarre

Actuellement, plusieurs modes de régénération sont envisagés, à savoir :

1- Régénération naturelle d'épicéas en favorisant le sapin et le hêtre
2- Coupe puis plantations en mélanges (mélange résineux comme mélèzes/douglas, mélange feuillus/résineux)
3- Coupe puis plantations pures (douglas, mélèzes, épicéas, pins sylvestres)

La superficie d'intervention peut être totale (c'est-à-dire sur l'ensemble de la parcelle) mais est déconseillée vu la vaste surface de chaque parcelle. Au niveau paysager, il est donc conseillé de **fractionner les interventions** de type coupe et **d'éviter de suivre les contours géométriques** des limites parcellaires, accentuées en situation de versant. Enfin, il sera **privilégié les plantations en mélanges d'essences** déjà présentes, favorisant la diversité des vues, textures et couleurs.

- **<u>Scénario 1 : coupes puis plantations sur les 5 parcelles</u>**

→**Avantages :** le problème sanitaire est rapidement résolu par un changement d'essence.

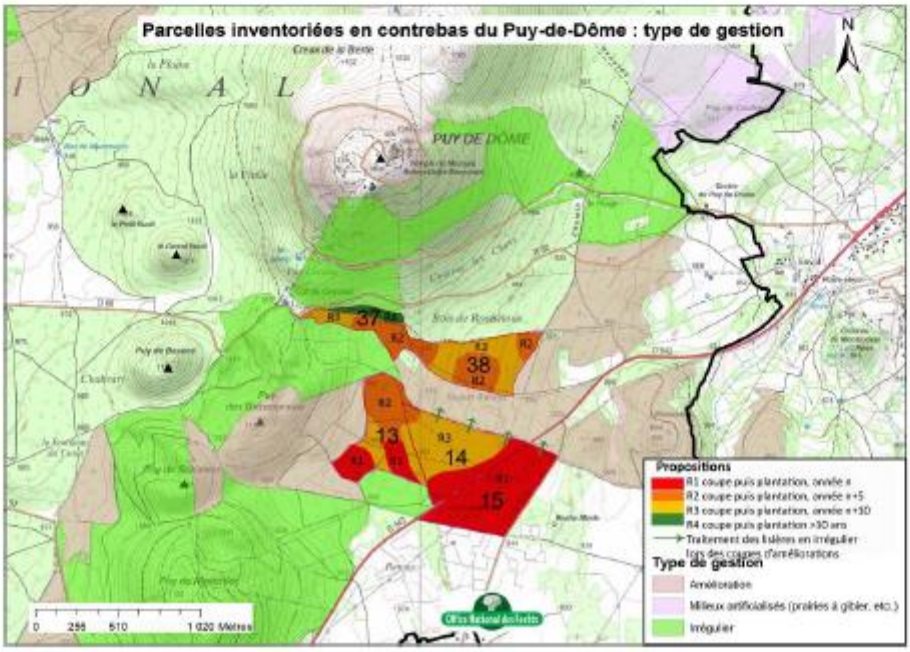
→**Inconvénients :** ouverture brutale très impactante en matière de paysage, vastes surfaces, aucune transition avec l'existant. L'orientation des rémanents (andains) perpendiculaires à la pente renforcent l'impression négative de l'intervention.

- **Scénario 2 : coupes puis plantations par groupes de parcelles**

→**Avantages** : le problème sanitaire est rapidement résolu par un changement d'essence.

→**Inconvénients :** mitage sous forme de « timbre-poste » impactants en matière de paysage, contours géométriques en rupture avec les formes arrondies des puys. L'orientation des rémanents (andains) perpendiculaires à la pente renforcent l'impression négative de l'intervention.

- **Scénario 3 : coupes puis plantations sur de petites surfaces échelonnées dans le temps**



Année n
Parcelle 15
Parcelle 13

Année n+5
Parcelle 38
Parcelle 13
GR4

→**Avantages :** Petites plages plus larges que hautes dans le sens de vision, échelonnement et réduction de l'ampleur des interventions limitant l'impact visuel négatif, lisières courbes.
La pente étant faible, possibilité d'orienter les andains parallèlement aux courbes de niveaux après broyage des rémanents pour réduction de leur volume.

→**Inconvénients :** Impression de mitage toujours présente.

- **Scénario 4 : régénération naturelle progressive et coupes puis plantations par « poches » aux endroits non régénérés**

→ **Avantages :** échelonnement des interventions selon des coupes progressives, couvert forestier jusqu'à la coupe définitive et présence d'un sous-étage (semis) lorsque la coupe définitive intervient, ce qui correspond au scénario le plus favorable en matière de paysage.

→**Inconvénients :** au niveau sylvicole, incertitude quant à la réussite du processus de régénération naturelle, ce qui induirait alors de passer en coupe puis plantations selon les principes du scénario 3.

Eléments de synthèse

Sur ce site classé très fréquenté et emblématique, la contrainte sylvicole liée au dépérissement est forte. Il est donc difficile de trouver un scénario paysager idéal.
Le compromis serait de développer **une gestion opportuniste par petites « poches »**, afin de régénérer progressivement les parcelles par voie naturelle et de s'appuyer sur les peuplements de mélèzes déjà en place. Les endroits où la régénération aura échouée seront régénérés par voie de plantation. L'objectif global sera de **limiter l'ampleur des ouvertures en particulier en bord de GR et PR, d'échelonner les rotations dans le temps, et de travailler des formes aléatoires selon les grandes lignes de force du paysage.**

Limoges, le 10 août 2016
La chef de projet paysagiste
Réseau d'Appui Technique et de Développement

Elise MAGNIEN

LISTE DES PERSONNES RENCONTRÉES

Organisme	Fonction	Nom
DSF	*Responsable du pôle Massif-Central-Rhône-Alpes*	*Olivier BAUBET*
DREAL	*Inspecteur des sites, Auvergne*	*Francis ROME*
ONF	*Agent patrimonial*	*Simon BERTHON* *Grégory CHIGOT* *Florence PERTILE*
	Aménagiste	*Médéric AUBRY* *Frédéric BLIN* *Jean-François DE FALVARD* *Philippe REGAD-PELLAGRU* *Thierry VITTEAU*
	Animatrice SMGF	*Charlotte CHARMETANT*
	Assistant comptable	*Stéphane MAZURIER*
	Commercial Bois	*Lilian FOUCAUD*
	Directeur d'agence	*Jean-Louis RIFFAUD*
	Géomaticien	*Corinne CAMPOIS*
	Paysagiste	*Elise MAGNIEN*
	Pédologue	*Noémie POUSSE*
	Responsable communication	*Sylvie ARCOUTEL*
	Responsable informatique	*Matthieu BUSSEROLLES*
	Responsable SIG	*Eric TIXIER*

ONF	*Responsable de l'unité territoriale Clermont Combrailles*	*Marcel CHAPUIS*
	Spécialiste micro-informatique mobile	*Jean-François CLÉMENT*
	Stagiaire	*Gaël CHAPUIS*
Université de Clermont-Ferrand	*Docteur en géologie et en volcanologie*	*Jean-Marcel MOREL*
VetAgro Sup	*Pédologue cartographe*	*Pierre Baptiste GAIGNARD* *Véronique GENEVOIS*

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES, ETUDES ET ARTICLES

BENIZRY E. et al. « La pourriture du cœur de l'Epicéa, *Picea abies* (L.) Karst. En Auvergne. Etude écologique », *Ann. Sci. For.*, 1988, p. 141-156

COLIN. F RIOU-NIVERT P. « Relations entre résistance au vent, descripteurs du peuplement et sylviculture », *Innovations Agronomiques (2009) 6,* p. 39-49

CURT T. et al. « Etude des relations milieu-production pour l'épicéa commun en moyenne montagne volcanique auvergnate *(Monts Dore, Chaîne des Puys)* », Riom, Cemagref, 1996, 83 p.

DÉPARTEMENT DE LA SANTÉ DES FORÊTS. « Le Fomes des résineux ». [document électronique]. Département de la Santé des Forêts, 2013, 6 p. http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/Plaquette_Fomes_2013-1_cle0d148e.pdf

DÉPARTEMENT DE LA SANTÉ DES FORÊTS. « LE TYPOGRAPHE. Ips typographus L. 1758 ». [document électronique]. Département de la Santé des Forêts, 2004, 2 p. http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/dsf_typographe-2.pdf

DÉPARTEMENT DE LA SANTÉ DES FORÊTS. « *Phytophtora ramorum* sur mélèze, une découverte inquiétante en Angleterre ». [document électronique]. Département de la Santé des Forêts, 2010, 3 p. http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/pdf/phytophtora_ramorum_sur_meleze0810.pdf

DIRECTION RÉGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT AUVERGNE. « Charte de gestion forestière du site classé de la Chaîne des Puys ». Direction régionale de l'environnement Auvergne/Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne, 2001, 14 p.

DODANE, C. « Les nouvelles forêts du Massif Central : enjeux sociétaux et territoriaux. Ces hommes qui plantaient des résineux pour éviter la friche. ». [document électronique]. Lyon, 2009, p. 1-7 https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00466263/document

FAYET N. « Étude de la contamination des épicéas par *Heterobasidium annosum* en montagnes d'Auvergne ». Lempdes, ONF, 2015, 68 p.

FÉLIX-FAURE B. et al. « Prendre en compte tous les indicateurs de l'acidité des sols pour l'interprétation et le conseil ». [document électronique]. Poitiers, Comifer, 2013, 18 p. http://www.comifer.asso.fr/images/pdf/11emes_rencontres/Interventions/Session%203/2%20-%20Bruno%20FELIX-FAURE/Article%20Bruno%20FELIX-FAURE.pdf

GARDANT, J. « LE REBOISEMENT EN AUVERGNE », *REVUE FORESTIÈRE FRANÇAISE.* [en ligne]. No7/8, 1968, p. 449-457 http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/24960/RFF_1968_7-8_449.pdf?sequence=1

JACTEL H. et al. « Biodiversité et gestion des risques biotiques en forêts de plantation », *Innovations Agronomiques 41 (2014),* p. 57-67

JACTEL H. et al. « Le risque sanitaire dans les forêts mélangées », *Revue Forestière Française*, LX, 2-2008, p. 168-180

LA VOIX DU NORD. « Le comité de massif de la forêt de Mormal vient d'être réactivé ». [en ligne]. La Voix du Nord, 2015. http://www.lavoixdunord.fr/region/le-comite-de-massif-de-la-foret-de-mormal-vient-d-etre-ia23b44378n3242449

LE FIGARO. « Unesco : le classement de la Chaîne des Puys sera réétudié ». [en ligne]. Le figaro, 2016. http://www.lefigaro.fr/culture/2016/07/20/03004-20160720ARTFIG00291-unesco-le-classement-de-la-chaine-des-puys-sera-reetudie.php

LEGRAND P. et al. « SPÉCIFICITÉS DES SOLS VOLCANIQUES DU MASSIF CENTRAL : BÉNÉFICES ET CONTRAINTES POUR LA GESTION FORESTIÈRE », *Revue Forestière Française*, LIX, 2007, p. 99-118

LEGRAND P. SOUTRENON A. « Le fomes des résineux : du diagnostic au traitement », *Forêt-entreprise.* No 178, 2008, p. 51-55

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. « *Picea abies (L.) Karst.- Epicéa commun* ». [document électronique]. Ministère de l'Agriculture, 2007, p. 77-82
http://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/documents/epicea_commun_2007.pdf

MOUREY J. et al. « Intervenir en site classé ou inscrit ». Paris, ONF, 2013, 6 p.

NAGELEISEN L. et al. « La santé des forêts. Maladies, insectes, accidents climatiques… Diagnostic et prévention ». Paris, CNPF/IDF, 2010, 608 p.

ONF CENTRE OUEST AUVERGNE LIMOUSIN. « Schéma Régional d'Aménagement des montagnes d'Auvergne ». Boigny-sur-Bionne, ONF, 2009, 185 p.

ONF. « LE PIN SYLVESTRE ET AUTRES PINS », *Guide de sylviculture et itinéraires techniques des travaux sylvicoles »*. ONF Auvergne Limousin, 2006, p. 35-41

ONF. « Les Hêtraies de Moyenne et Haute Montagne du Massif Central », *Guide de sylviculture et itinéraires techniques des travaux sylvicoles »*. ONF Auvergne Limousin, 2005, annexe 8

OUEST FRANCE. « Les premiers pas du comité de massif de la forêt ». [en ligne]. Ouest France, 2016. http://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/longeville-sur-mer-85560/les-premiers-pas-du-comite-de-massif-de-la-foret-4269757

SARDIN T. et al. « Pessières de l'Ardenne primaire », *Référentiels sylvicoles.* Fontainebleau, ONF, 2013, 31 p.

SYNDICAT MIXTE DU PARC NATUREL RÉGIONAL DES VOLCANS D'AUVERGNE. « CHARTE 2013>2025. RAPPORT ET ANNEXES ». [document électronique]. Montlosier, Syndicat mixte du Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne, 236 p. www.parcdesvolcans.fr/content/download/27320/509098/file/rapport-charte-PNRVA-2013-25.pdf

SYNDICAT MIXTE DU PARC NATUREL RÉGIONAL DES VOLCANS D'AUVERGNE. « Exploiter la forêt dans le site classé de la Chaîne des Puys ». [document électronique]. Montlosier, Syndicat mixte du Parc naturel régional des Volcans d'Auvergne, 2012, 10 p.
http://www.parcdesvolcans.fr/content/download/25893/445401/file/exploiter-foret-chainedespuys.pdf

THOR M. « *Heterobasidion* Root Rot in Norway Spruce ». Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, 2005, 50 p.

TRAN HA, VALLANCE M. « Sylvie : Diagnostic sylvicole des peuplements réguliers. Protocole de terrain et logiciel ». Paris, ONF Département des Recherches Techniques, 1997, annexes 3 et 4

SITES INTERNET

ATLAS DES PAYSAGES, outil pratique d'exploration des territoires d'Auvergne : http://www.paysages.auvergne.gouv.fr/1-01-chaine-des-puys-a462.html

Chaîne des Puys : https://fr.wikipedia.org/wiki/Cha%C3%AEne_des_Puys

Chaîne des Puys – faille de Limagne CANDIDATURE UNESCO : http://www.chainedespuys-failledelimagne.com/

Collectivites-locales.gouv.fr, le portail de l'Etat au service des collectivités : http://www.collectivites-locales.gouv.fr/

Espace Presse Vulcania : http://presse.vulcania.com/

Panoramique des Dômes : https://fr.wikipedia.org/wiki/Panoramique_des_D%C3%B4mes