



Office National des Forêts

**Cadre d'application de la
réglementation sur les espèces
végétales protégées :**

***Buxbaumia viridis* et les projets de
desserte forestière.**

Novembre
2017



Document validé par le Conseil scientifique régional du Patrimoine naturel
Auvergne-Rhône-Alpes en date du 30 novembre 2017

Rédaction :

Coordonné par Fabrice Coq, référent environnement ONF Auvergne-Rhône-Alpes

Encadrement de deux stages de fin d'études :

Mathieu Vottier – master 2 sciences des environnements continentaux et côtiers,
université de Rouen 2017

Marine Vallée – Ingénieure AgroParisTech 2016

Comité de pilotage de l'étude : DREAL Aura, Conservatoire Botanique Alpin, ONF

AVIS CSRPN Auvergne-Rhône-Alpes N°AURA-2017-E-049

séance du 30 novembre 2017

Concernant le cadre fixant à l'amont les attentes en termes de protocoles d'inventaires, de démarche « éviter, réduire, compenser » et de suivis des dossiers de demande de dérogation de destruction de l'espèce *Buxbaumia viridis*, Buxbaumie verte, dans le cadre de création de desserte forestière

Lors de sa séance du 30 novembre 2017, le CSRPN a examiné le cadre fixant à l'amont les attentes en termes de protocoles d'inventaires, de démarche « éviter, réduire, compenser » et de suivis des dossiers de demande de dérogation de destruction de l'espèce *Buxbaumia viridis*, Buxbaumie verte, dans le cadre de création de desserte forestière.

Le CSRPN insiste sur l'importance des mesures suivantes :

- choix de la méthode de débardage la moins impactante pour le milieu ;
- maintien des houppiers au sol.

le CSRPN recommande la mise en œuvre de suivis proportionnels à l'ampleur des travaux réalisés et propose pour l'état initial comme le suivi des mesures compensatoires :

- un minimum de 5 placettes à suivre pour les projets de piste ou de route forestière inférieures au kilomètre ;
- pour les pistes ou routes de longueurs supérieures au kilomètre, 5 placettes/km seront ajoutées en supplément de manière proportionnelle.

Le CSRPN est **favorable** à la validation de ce cadre qui s'appliquera aux projets de desserte forestière situés dans les parties montagneuses de la région Auvergne Rhône-Alpes à l'est de l'axe Saône-Rhône.

Le CSRPN souhaite avoir un retour des suivis mis en place sur les dossiers mettant en œuvre ce cadre.

le Président du CSRPN
Auvergne-Rhône-Alpes

Claude AMOROS



Table des matières

1	POURQUOI CREER DES DESSERTES ?	8
1.1	LA DESSERTE, UN EQUIPEMENT NECESSAIRE POUR PERMETTRE L'EXPLOITATION DES FORETS	8
1.1.1.	Le débardage par tracteur débusqueur	8
1.1.2.	Le débardage par routes et câbles longs	9
1.1.3	Le débardage par routes et câble-mât	10
1.1.4	Le débardage par cheval[7]	10
1.1.5	Le débardage par hélicoptère	11
1.1.6	Le débardage par lancement des bois	11
1.1.7	Le débardage par ballon-captif	11
1.2	DEVELOPPER LES RESEAUX DE DESSERTE POUR ENRAYER LA DIMINUTION DES SURFACES EXPLOITABLES EN RHONE-ALPES.	12
1.3	POURQUOI VOULOIR STOPPER L'EROSION DES SURFACES EXPLOITEES EN RHONE-ALPES ?	14
1.4	CONCLUSION SUR L'INTERET DE DEVELOPPER LE RESEAU DE DESSERTE DANS LA REGION RHONE-ALPES	15
1.5	ARTICULATION ENTRE CADRE GENERAL ET DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION :	15
2	PRESENTATION DES ENJEUX DE CONSERVATION LIES A BUXBAUMIA VIRIDIS.	16
2.1	CHOROLOGIE ET PROTECTION REGLEMENTAIRE :	16
2.2	ECOLOGIE ET HABITATS :	17
2.3	MENACES ET CONSEILS DE GESTION :	17
2.4	ETAT DE CONSERVATION LOCAL	18
2.5	ARTICULATION ENTRE CADRE GENERAL ET DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION	18
3	IMPACTS DES PROJETS DE DESSERTE FORESTIERE SUR L'ETAT DE CONSERVATION DE BUXBAUMIA VIRIDIS	19
3.1	SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE : IMPACT DE LA DESSERTE SUR LA FLORE	19
3.2	ETUDE DE L'IMPACT DE LA DESSERTE SUR BUXBAUMIA VIRIDIS	20
3.3	ARTICULATION ENTRE CADRE GENERAL ET DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION	21
4	MESURES D'EVITEMENT, DE REDUCTION, DE COMPENSATION ET D'ACCOMPAGNEMENT POUVANT BENEFICIER A BUXBAUMIA VIRIDIS.	22
4.1	EVITEMENT	22
4.2	REDUCTION	24
4.3	MESURES DE COMPENSATION POUVANT BENEFICIER A BUXBAUMIA VIRIDIS	24
4.4	SUIVI DE L'EFFICACITE DES MESURES COMPENSATOIRES	25
4.5	PRECAUTIONS PRISES DANS LA PHASE CHANTIER	26
4.6	ARTICULATION ENTRE CADRE GENERAL ET DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION	26
5	CONTENU DES DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION :	26

Table des annexes

Annexe 1	Protocole de prise de données sur <i>B.viridis</i> et de suivi des mesures de réduction, et compensatoires dans le cadre d'un projet de desserte	28
Annexe 2	Description des travaux de réalisation d'une piste en présence de la Buxbaumie verte	30
Annexe 3	Contenu des dossiers de demande de dérogation à la destruction de <i>Buxbaumia viridis</i>	32
Annexe 4	Protocole de relevé terrain mis en place dans le cadre de l'étude menée sur <i>Buxbaumia viridis</i>	35
Annexe 5	Quelques analyses descriptives des données relevées lors de l'étude	38
Annexe 6	Analyse statistique – Quel impact de la desserte sur <i>Buxbaumia viridis</i> ?	41
Annexe 7	Justification du nombre de placettes nécessaires à la quantification du nombre de Buxbaumie sur un site donné	54
Annexe 8	Présentation de l'étude menée sur la surface terrière cible à partir des données Lidar du massif du Bugey	56

Introduction

Rappel sur le contexte réglementaire :

En France, une espèce est protégée si elle bénéficie du régime de protection stricte défini par l'article L.411-1 du code de l'environnement. Cet article interdit la destruction, le prélèvement, la capture de spécimens d'espèces protégées, y compris la destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier à ces espèces animales ou végétales. La liste des espèces bénéficiant de ce régime de protection est définie par arrêtés ministériels. Ainsi, l'arrêté du 20 janvier 1982 fixe la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national (438 taxons cités, dont 154 présents en Rhône-Alpes). Il est complété par des arrêtés propres à chaque région administrative dont celui du 4 décembre 1990 pour Rhône-Alpes [1]. Les premiers paragraphes de ces deux arrêtés précisent toutefois que « les interdictions de destruction, de coupe, de mutilation et d'arrachage, ne sont pas applicables aux opérations d'exploitation courante des fonds ruraux sur les parcelles habituellement cultivées. »

Il est admis que la sylviculture est concernée par cette exonération au titre de la gestion courante des fonds ruraux et une note de la DRAAF (Direction régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la forêt) précise en Rhône-Alpes ce qui relève ou non de la gestion sylvicole courante [2]. Pour les dessertes forestières en particulier, cette note précise que les pistes forestières nécessitant des terrassements légers sont à considérer comme des opérations de gestion courante (affouillement et exhaussements du sol de moins de 2 m ou d'une superficie inférieure ou égale à 100 m²), de même que toutes les opérations d'entretien de la desserte existante. Les projets de création de pistes ne respectant pas ces seuils et les projets de création de routes forestières sortent quant à eux du domaine de la gestion courante. Lorsque ces projets impactent une espèce végétale protégée, ils doivent donc faire l'objet d'une demande de dérogation à la destruction d'espèces végétales protégées.

L'article L. 411-2 du code de l'environnement prévoit que l'on puisse déroger aux dispositions définies à l'article L.411-1 dans un nombre de cas limité dont celui de l'intérêt public majeur y compris de nature sociale ou économique, et ce à condition qu'il n'existe pas d'autre solution satisfaisante et que la dérogation ne nuise pas au maintien dans un état de conservation favorable des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle. Les autorisations relèvent d'une décision préfectorale, après instruction de la demande par la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL) et avis du CSRPN (Comité Scientifique Régional du Patrimoine Naturel), ou du CNPN (Conseil National de la Protection de la Nature) lorsqu'une étude d'impact est nécessaire.

Les enjeux liés à cette problématique au sein de la région Auvergne-Rhône-Alpes :

La région Auvergne-Rhône-Alpes regroupe 12 départements, pour une superficie de 69 711 km². La forêt, principalement de montagne, couvre environ 35 % du territoire, répartie à 79 % en forêt privée, et 21 % en forêt publique [3].

Ces forêts abritent de nombreuses espèces végétales protégées dont la Buxbaumie verte. En l'état actuel des connaissances, il est difficile d'avoir une idée précise des populations présentes sur la région. En effet, la Buxbaumie verte est une espèce difficilement détectable, ses prospections sont donc limitées. Toutefois, les résultats des premières prospections semblent montrer que l'espèce est localement bien représentée sur le territoire. Cette espèce protégée se retrouve sur le tracé de nombreux projets de desserte en forêt publique. Pour autant, aucun dossier de demande de dérogation à la destruction de *Buxbaumia viridis* n'a été déposé à l'heure actuelle dans la région : les projets de desserte sont abandonnés lorsque l'espèce est présente. Plusieurs raisons peuvent expliquer l'abandon des projets : le coût élevé de la procédure pour un dossier de demande de dérogation, les délais importants liés à l'instruction et au traitement des demandes ainsi que l'incertitude quant au résultat d'une telle procédure, par manque d'exemple concrets. Ainsi, pour des projets de faible ampleur, le montant des études à réaliser lors d'une demande de dérogation peut facilement être supérieur au montant des travaux. D'autre part, le coût de la mise en place et du suivi de mesures compensatoires ou d'accompagnement constitue un frein pour les communes, d'autant que l'importance et la nature de ces mesures est une source importante d'incertitude lors du dépôt du dossier de demande de dérogation.

Pour faire face à cette situation, l'ONF en partenariat avec la DREAL et le CBNA a initié l'élaboration d'un document cadre d'application de la réglementation sur les espèces végétales protégées pour la Buxbaumie verte et concernant la desserte forestière. Ce document comprend deux parties :

- une analyse territoriale de l'espèce et de ses interactions avec la création de desserte et la gestion forestière,
- le contenu attendu des dossiers de demande de dérogation de destruction de cette espèce dans le cadre de création de desserte.

Il vise à obtenir les mêmes résultats que ceux déjà obtenus via une démarche similaire concernant la Tulipe sauvage à Die : bien que rare en France, la Tulipe sauvage est toutefois très abondante dans le département de la Drôme avec près de 2 millions de pieds dans le seul bassin Diois. Suite à la multiplication des dossiers de demande de dérogation, le CNPN a demandé à ce que soit développé un plan de conservation permettant de mener une réflexion de fond sur les conditions de préservation de l'espèce et de développement économique parallèle. Ce plan précise notamment le cadre réglementaire des demandes de dérogation à la destruction d'espèces protégées. Il fixe un protocole de traitement des demandes de dérogation et détermine les mesures compensatoires relatives à chaque situation. Le maintien de l'état de conservation de la Tulipe sauvage est assuré par le respect des seuils et la mise en œuvre des mesures compensatoires définies dans le protocole de traitement des demandes.

De la même façon, l'ONF a construit un cadre équivalent pour la prise en compte de l'Aspérule de Turin dans le sud de l'Isère lors de la création de desserte forestière : ce cadre a été validé en CNPN le 1^{er} décembre 2016.

Compte tenu de la répartition actuellement connue de la Buxbaumie verte, plus fréquente dans l'est de la région, et du déficit de dessertes forestières plus marqué

également dans l'est de la région, le cadre pour la Buxbaumie développé dans ce qui suit concernera les parties montagneuses de la région à l'est de l'axe Saône-Rhône.

1 Pourquoi créer des dessertes ?

La majorité des forêts publiques de la région sont traitées en futaie irrégulière, traitement qui cherche à faire cohabiter durablement sur l'unité de gestion des arbres de diverses dimensions, d'essences et d'âges variés, où la pérennité est assurée par un renouvellement constant dans un écosystème stable[4]. L'opération de base du traitement en futaie irrégulière est la coupe jardinatoire. Cette opération cherche à combiner à la fois les objectifs d'amélioration des bois en croissance, de récolte des gros bois et de régénération[5]. L'idéal est de réaliser des coupes fréquentes, avec des taux de prélèvement modérés : pour les feuillus, les rotations sont ainsi espacées de 8 à 12 ans pour un prélèvement de 15 à 20 % du volume sur pied. Pour les résineux, les rotations sont espacées de 7 à 12 ans avec un prélèvement compris entre 20 et 25% du volume sur pied [4].

1.1 La desserte, un équipement nécessaire pour permettre l'exploitation des forêts

En montagne plusieurs techniques peuvent être utilisées pour débarder les bois issus de ces coupes. Les grands principes de ces différentes techniques sont rappelés succinctement dans les paragraphes ci-dessous :

1.1.1. Le débardage par tracteur débusqueur



Figure 1 : Débardage par tracteur débusqueur. Source : ONF

Le débardage par tracteur forestier s'est énormément développé à partir des années 1970 du fait de sa très grande maniabilité. Lorsque la pente est inférieure à 30%, le tracteur peut circuler dans le peuplement ce qui réduit le treuillage. Toutefois, il est important de minimiser ses déplacements au sein du peuplement afin de limiter les dégâts au sol et aux arbres.

Entre 30 et 75 % de pente en travers, des chemins de vidange, appelées plus généralement pistes forestières, doivent être ouverts à la pelle mécanique, sur 4 m de largeur. Leur pente en long peut varier de 15 à 30 % en moyenne. Les distances de débusquages sont limitées entre 150 et 120 m à l'aval (capacité de treuil de la plupart des tracteurs forestiers) et 50 m à l'amont (difficulté de tirer manuellement le câble à la montée et danger de la gravité non maîtrisée au moment du treuillage) de la piste.

Les charges, comprises entre 5 et 10 m³, sont ensuite traînées jusqu'à la place de dépôt accessible aux grumiers, sur des distances comprises entre 500 et 1500 m, exceptionnellement jusqu'à 3000 m. Plus cette distance est importante, plus le coût d'exploitation augmente.

Beaucoup d'entreprises sont disponibles pour réaliser ce mode de débardage et le système est maîtrisé par les acheteurs de bois sur pied[6].

Le prix d'une exploitation par tracteur varie entre 7 et 20 euros/m³. Attention, ce prix ne tient toutefois pas compte, entre autre, des coûts de création et d'entretien de la desserte. Il est donné à titre indicatif et la simple comparaison des prix pratiqués par les exploitants forestiers pour les différentes techniques de débardage ne saurait suffire pour juger de leur pertinence.



Figure 2 : Ligne de câble long.
Source : ONF

1.1.2. Le débardage par routes et câbles longs

Le câble long permet de débarder des bois jusqu'à 2000 m en amont de la route. Son installation est toutefois longue et nécessite de poser plusieurs supports dans les cas où le relief est convexe. Trois câblistes sont nécessaires pour faire fonctionner le câble. Un fort volume de coupe est donc indispensable pour rentabiliser l'exploitation : il faut ainsi réaliser des prélèvements supérieurs à 80 m³/ha. L'exploitation se fait par bouquets ou fentes mais n'est pas possible en pied à pied. Le réseau de desserte du massif doit être réfléchi de façon à permettre l'exploitation par câble. En particulier, il faut prévoir de vastes places de dépôts pour permettre le déchargement du câble et le chargement/retournement des grumiers.

Le coût de cette technique avoisine 30 à 40 euros/m³. Peu d'entreprises sont disponibles pour réaliser ce type de débardage et la technique est mal maîtrisée par la plupart des acheteurs de bois sur pied.

1.1.3 Le débardage par routes et câble-mât



Figure 3 : Débardage par câble-mât. Source : Müller-Câble-Mât

Le câble mât permet de vidanger les bois jusqu'à 800, voire 1000 m de la route. La mise en œuvre est rapide, plus souple et moins pénible que pour le câble long. L'idéal est d'utiliser cette technique pour sortir des bois situés à l'aval de la route. Lorsque les bois sont à l'amont, il faut en effet les billonner pour qu'ils ne traînent pas au sol et installer un câble retour. Pour chaque ligne de câble, il faut débarder au moins 150 m³ soit au minimum 0.5 m³ par mètre linéaire de câble. Là encore, l'exploitation se fait par bouquets ou fentes et pas en pied à pied, et des places de dépôts doivent être prévues. Le coût de cette technique avoisine 20 à 35 euros/m³.

1.1.4 Le débardage par cheval[7]



Figure 4 : Débardage par cheval. Source : JL Dugast.

Le cheval occasionne peu, et dans la majorité des cas aucun dégât lors de son passage. Cette technique de débardage est donc particulièrement intéressante dans les milieux sensibles. De plus le débardage par cheval est socialement beaucoup

mieux perçu et accepté par le public que les autres techniques de débardage. Toutefois les bois ne peuvent être tirés que sur des distances relativement faibles (100 à 200 m) et les volumes des arbres ne doivent pas être trop importants (<1m³). La pente descendante doit par ailleurs être inférieure à 50% tandis que la pente montante ne doit pas excéder 20%.

Le coût de cette technique avoisine 10 à 15 euros/m³. Les tarifs sont toutefois le plus souvent raisonnés en forfait journalier, à hauteur de 300 et 450 euros/jour.



1.1.5 Le débardage par hélicoptère

Du fait de son prix de revient prohibitif (40 à 60 euros par m³), cette technique est uniquement utilisée pour les coupes spécifiques comme les emprises de remontées mécaniques. L'exploitation se fait par trouée et les bois sont transportés au maximum sur une distance de 1500 m.

1.1.6 Le débardage par lançage des bois

Ce mode d'exploitation est quasiment abandonné du fait de sa dangerosité et des importants dégâts occasionnés aux peuplements.

Figure 5 : Débardage par hélicoptère. Source : Hélicoptère Luchon 2

1.1.7 Le débardage par ballon-captif

Cette méthode est actuellement en cours de développement par le FCBA (Institut technologique Forêt, Cellulose bois, Construction, Ameublement) mais n'est pas encore opérationnelle.



Figure 6 : Ballon captif développé par le FCBA

En conclusion, le débardage par hélicoptère restant exceptionnel, les bois en forêt de montagne peuvent être débardés par tracteur débusqueur, câble long, câble mat ou éventuellement par cheval, plusieurs de ces techniques pouvant être combinées sur une même coupe. Quelle que soit la méthode de débardage retenue, la présence de desserte est indispensable pour permettre l'accès aux parcelles, même si la densité d'équipements nécessaires n'est pas la même selon les techniques.

La technique de débardage retenue va par ailleurs influencer sur le type de coupe : lorsque le débardage se fait par câble long ou câble mat, l'exploitation se fera par trouée ou par fente, avec des volumes de prélèvements importants, localisés autour des lignes

de câble, et des durées de rotation assez longues (au moins 20 ans avec les modalités actuelles). Lorsque le débardage se fait par tracteur forestier, l'exploitation peut se faire par trouée, ou par pied à pied, les volumes de prélèvement et les durées de rotation pouvant être modulés selon les objectifs sylvicoles. Le développement de pistes et de routes pour permettre l'exploitation par tracteur rend donc possible la réalisation de coupes jardinatoires fréquentes et légères, caractéristiques d'un traitement en futaie irrégulière.

Le développement d'un réseau de desserte structuré permet de plus :

- De faciliter les travaux forestiers tout en limitant les coûts d'intervention grâce à une meilleure accessibilité des parcelles.
- D'assurer une meilleure mobilisation des bois (opportunité de vente et prix), en particulier pour les bois de faible valeur marchande.
- D'améliorer la sécurité des exploitants forestiers et de diminuer la pénibilité de leur travail.
- Dans certains contextes, la desserte forestière peut également assurer une meilleure sécurité d'accès en cas d'incendie, rendre accessible certains alpages, ou permettre de développer le tourisme et les activités de loisir sur un territoire [8].

1.2 Développer les réseaux de desserte pour enrayer la diminution des surfaces exploitables en Rhône-Alpes.

Depuis la fin du 20^{ème} siècle, les surfaces des forêts publiques exploitées en Rhône-Alpes ne cessent de diminuer. La figure 7 montre ainsi une régression des surfaces martelées en Savoie [9]. De façon similaire, l'étude de l'évolution des surfaces passées en coupe dans la forêt domaniale de la Grande Chartreuse montre que les surfaces exploitées sont passées de 5100 ha en 1999 à 4087 ha en 2009 [10].

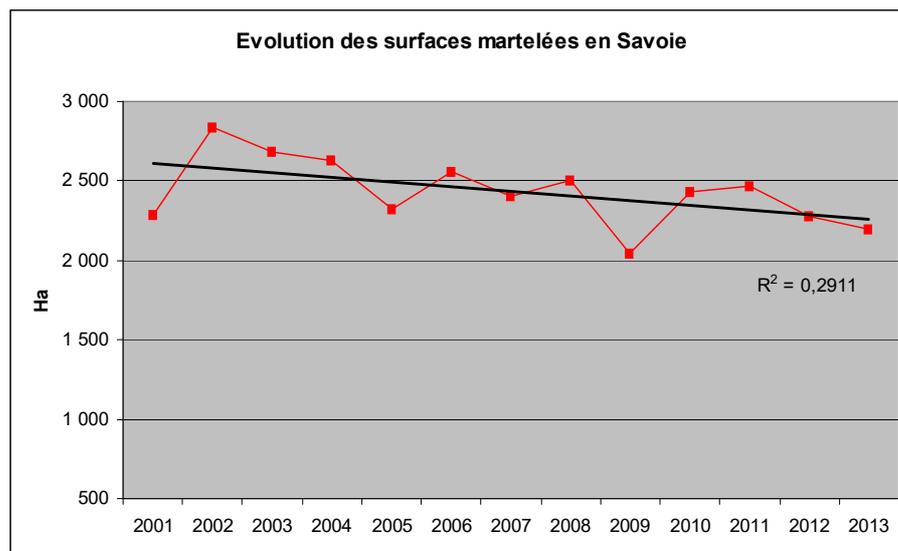


Figure 7 : Evolution des surfaces martelées en Savoie

Cette diminution des surfaces exploitées entraîne une réduction des volumes récoltés dans les forêts publiques de Rhône-Alpes, comme l'illustre la figure 8, et ce alors que le capital sur pied dans ces forêts augmente continuellement. D'après l'IFN, en Rhône-Alpes, le volume à l'hectare augmente ainsi chaque année de 1%[11].

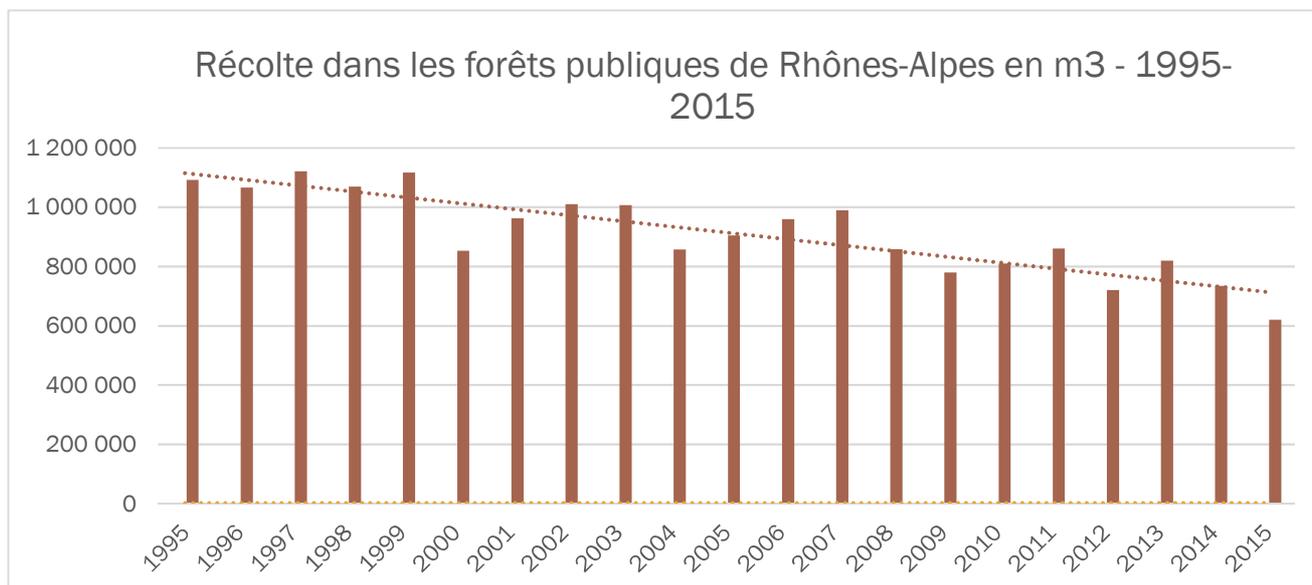


Figure 8 : Evolution des volumes de bois récoltés dans les forêts publiques de Rhône-Alpes entre 1995 et 2015

Cette diminution des surfaces exploitées est notamment liée à la diminution du prix du bois. Du fait des prix actuels, certaines exploitations qui pouvaient être rentables par le passé ne le sont plus actuellement. C'est le cas par exemple des exploitations avec des distances de débardages importantes (> 2000 m) : le temps passé pour réaliser l'exploitation est trop important par rapport aux prix des bois. Ce phénomène est illustré par la figure 9 qui représente l'évolution comparée du prix du m3 de bois façonné et du coût des heures de travail d'un ouvrier forestier en Alsace. En 1980, 1 m3 de bois façonné couvrait le coût de 4.7 h d'ouvrier. En 1999, ce chiffre n'était plus que de 1.7 h et il atteignait en 2011 0.9 h.

Ce processus est amplifié par l'évolution des techniques de débardage dont la disparition du lançage ou encore la diminution des distances de treuillage dans les pentes pour des raisons notamment de sécurité et de pénibilité du travail.

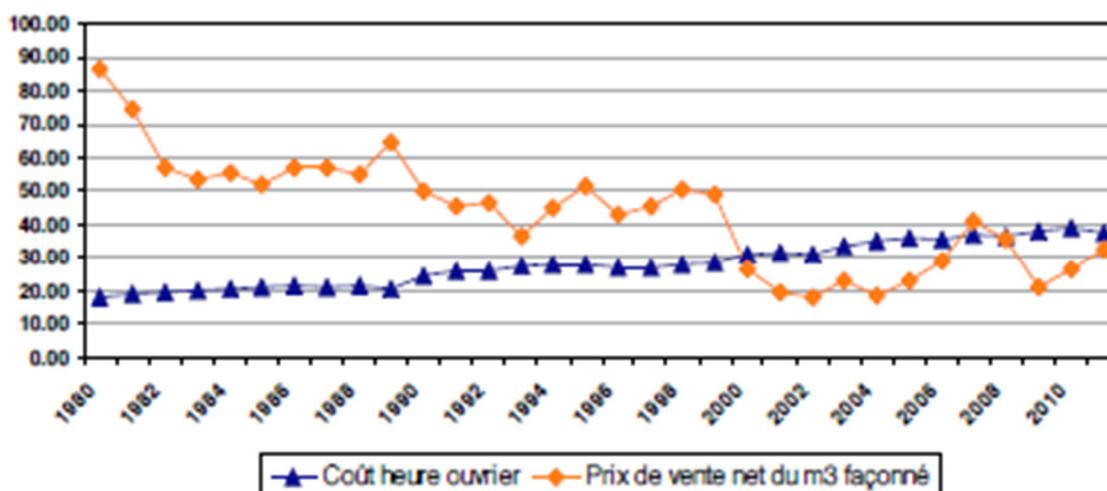


Figure 9 : Vente de bois façonnés en Alsace. Prix net au m3 et coûts de l'heure productive.

L'érosion des surfaces exploitées en Rhône-Alpes ne peut être contrebalancée qu'en créant les conditions propices à des exploitations par tracteur avec de faibles distances de débardage ou à des exploitations par câble. Ceci implique de créer de nouvelles dessertes forestières ou de restructurer de façon importante les réseaux existants.

1.3 Pourquoi vouloir stopper l'érosion des surfaces exploitées en Rhône-Alpes ?

Les parties précédentes ont permis de montrer en quoi la desserte était essentielle à la gestion sylvicole, et pourquoi améliorer l'accessibilité des parcelles forestières était la seule façon de freiner l'érosion des surfaces exploitées en Rhône-Alpes. Ce paragraphe s'attache désormais à présenter, en quelques lignes, pourquoi il est nécessaire de stopper ce processus de diminution des surfaces exploitées.

En Rhône-Alpes, seul 57% de la ressource forestière est mobilisé, propriétés privées et publiques confondues. D'après le plan de mobilisation pour la forêt de Rhône-Alpes[12], si l'ensemble de cette ressource était mobilisé, près de 4000 emplois dans la récolte et la première transformation pourrait être créés (exploitation, sciages, pâtes à papier, panneaux, bois-énergie) et près d'un million de tonnes équivalent-pétrole serait économisé chaque année. Dans cette optique, les propriétaires et gestionnaires forestiers de Rhône-Alpes s'étaient fixés comme objectif de mobiliser dans les forêts publiques 100 000 m³ de bois d'œuvre supplémentaires entre 2006 et 2013 ainsi que 50 000 m³ de bois d'industrie et 30 000 m³ de bois énergie (Le volume prélevé en forêt publique étant sur cette période en moyenne de 849 340 m³/an). Cette volonté de mobiliser de façon plus importante la ressource bois est toujours d'actualité puisque cet axe de travail fait partie des thématiques développées dans la stratégie nationale relative à la transition énergétique[13].

Les peuplements les plus accessibles sont aussi les plus exploités. Ainsi entre 2005 et 2011, 25% de la surface des forêts classée comme « facilement exploitable » par l'IGN ont fait l'objet d'une coupe contre 11% des surfaces où l'exploitation est jugée

difficile à très difficile [14]. Ce critère d'exploitabilité dépend de la pente mais aussi de l'accessibilité et des distances de débardage. La demande croissante en bois pourrait donc entraîner une exploitation plus soutenue des zones actuellement accessibles. Une telle évolution n'est pas constatée aujourd'hui, la gestion forestière étant encadrée par les documents d'aménagement qui assurent la durabilité de la gestion forestière.

Prélever plus sur des surfaces de plus en plus réduites n'est pas une solution envisageable et c'est pourquoi stabiliser les surfaces exploitées en Rhône-Alpes est essentiel.

1.4 Conclusion sur l'intérêt de développer le réseau de desserte dans la région Rhône-Alpes

Dans les forêts publiques de Rhône-Alpes, les réseaux de desserte existants n'ont pas toujours été pensés pour permettre des exploitations par câble, d'autant que, dans certaines forêts, le volume et la qualité des grumes ne permettraient pas de rentabiliser une telle technique d'exploitation. Par ailleurs, beaucoup de forêts sont trop pentues pour permettre un débardage par cheval. Le débardage par hélicoptère n'est quant à lui pas envisageable car trop coûteux.

Il n'existe donc pas d'alternatives au débardage par routes et pistes dans certaines forêts publiques de Rhône-Alpes. Certaines parcelles sont actuellement peu ou pas desservies, ce qui ne permet pas leur exploitation. Il est donc nécessaire de développer les réseaux de desserte dans ces forêts.

Le choix de ne pas développer plus en avant les réseaux de desserte existant conduirait nécessairement à l'abandon de l'exploitation des parcelles actuellement peu ou pas desservies. Cette diminution des surfaces exploitées serait dommageable non seulement pour les communes, propriétaires des forêts mais aussi pour les exploitants et les différentes entreprises de transformation se trouvant déjà actuellement dans une situation précaire.

Les projets de desserte dans les forêts publiques de la région Rhône-Alpes sont donc bien des projets d'intérêt public majeur de nature économique, et peuvent donc, d'après l'article L. 411-2 du code de l'environnement faire l'objet d'une dérogation à la réglementation concernant les espèces végétales protégées.

1.5 Articulation entre cadre général et dossiers de demande de dérogation :

Les arguments présentés ci-dessus permettent de justifier l'intérêt des projets de desserte dans les forêts publiques de la région.

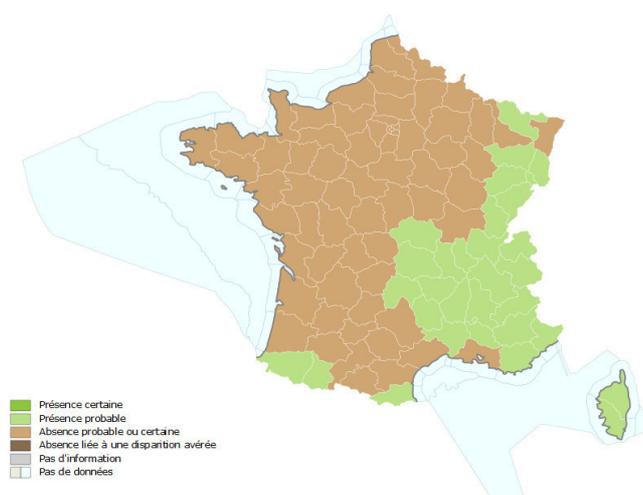
Cette argumentation n'aura donc pas à être redéveloppée dans le contenu des dossiers de demande de dérogation (Paragraphe 1.2 dans le plan type d'un dossier de dérogation présenté en annexe 1).

2 Présentation des enjeux de conservation liés à *Buxbaumia viridis*. [15][16][17][18], [30] à [40]

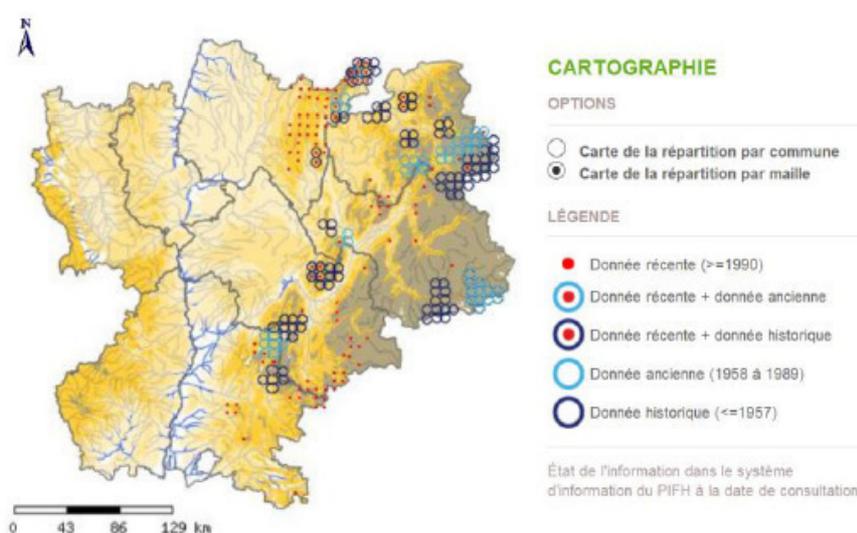
2.1 Chorologie et protection réglementaire :

La Buxbaumie verte est une Bryophyte appartenant à la famille des Buxbaumiacées dont l'aire de répartition s'étend sur l'ensemble du centre de l'Europe, mais également en Chine Centrale et dans l'Est de l'Amérique du nord. En France, cette espèce est présente dans les Alpes, le Massif Central, le Jura, les Vosges, les Pyrénées et la Corse.

1 CHOROLOGIE FRANCAISE - INPN



2 CHOROLOGIE RHONE-ALPES - PIFH



A noter que dans cette carte du PIFH, les données des départements du Rhône, de la Loire et de l'Ardèche ne sont pas intégrées

Elle est classée à l'annexe 1 des espèces végétales protégées au niveau national. La liste rouge européenne des bryophytes considère cette espèce comme vulnérable, avec des populations en régression au niveau européen [29].

2.2 Ecologie et habitats :

Buxbaumia viridis est une espèce qui se développe en situation ombragée à très ombragée, associée à une forte humidité atmosphérique. C'est pourquoi on la trouve essentiellement en situation d'ubac dans des stations fraîches à des altitudes comprises en 900 et 1800 m (parfois à partir de 600 m).

Cette tendance se confirme d'après les résultats obtenus lors de l'étude. En effet, 75% des supports colonisés par l'espèce recevaient moins de 1h30 de rayonnement solaire chaque jour au moins de juin (voir annexe 5).

Elle se développe sur des bois pourrissants de conifères, plus rarement de feuillus, ayant un stade de décomposition avancé. On la retrouve principalement dans des stations où le couvert forestier est dense, avec un volume de bois mort au sol important.

La Buxbaumie verte est une espèce dioïque, on retrouve donc un gamétophyte mâle et un gamétophyte femelle. En fin d'été, on peut noter l'émergence d'une grande capsule au niveau du gamétophyte femelle. Cette dernière poursuit son développement durant l'hiver et atteint sa maturité au printemps suivant. La sporose a lieu durant l'été, après déhiscence de la capsule. La libération des spores s'effectue plus ou moins sous l'effet de chocs ou de fortes pluies.

La Buxbaumie verte se rencontre principalement dans des sapinières, pessières et mélézins, moins souvent dans des hêtraies-sapinières, encore plus rarement dans des hêtraies ou des pinèdes de Pin laricio.

Toutefois, 134 des 222 placettes inventoriées lors de l'étude se situaient dans des hêtraies-sapinières et 44 d'entre-elles étaient colonisées par l'espèce. Sa présence semble donc fréquente dans les hêtraies-sapinières contrairement à ce qu'indique la bibliographie.

2.3 Menaces et conseils de gestion :

La principale menace qui pèse sur cette espèce est liée à la perte de son habitat, c'est-à-dire à la quantité de bois mort disponible au sol. En effet, le développement de la Buxbaumie verte nécessite la présence de bois mort présentant une taille suffisante et un état de décomposition déjà bien avancé [17]. L'absence de bois mort pourrissant, en volume trop faible ou de taille trop réduite, peuvent être des facteurs limitants. Ceci implique donc d'éviter l'exportation massive de bois morts disponibles au sol, le brûlage sur place, ainsi que l'enlèvement des souches lors de l'exploitation [18].

Toutefois, d'après les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude, nous avons pu constater que la Buxbaumie verte se développe également sur des branches de petite taille, la taille des supports ne semblant pas prépondérante. En effet, comme on peut le constater dans l'annexe 5, 39% des supports colonisés sont des banches et la quasi-totalité d'entre-elles présentent un diamètre compris entre 2 et 5 cm. De même, plus de la moitié des troncs colonisés ont un diamètre inférieur à 12 cm.

Le couvert forestier est également un facteur prépondérant. En effet, l'espèce privilégie une couverture forestière dense, elle est très sensible aux trop fortes éclaircies et a beaucoup de mal à se développer dans les peuplements trop jeunes. Il est donc nécessaire d'éviter au maximum les éclaircies trop fortes pour maintenir une certaine obscurité et conserver un taux d'humidité suffisant dans le peuplement [17].

Cette tendance se confirme au vu des résultats obtenus sur la surface terrière au cours de l'étude (voir annexe 5). En effet, sur les placettes où la Buxbaumie verte a été retrouvée, la surface terrière était quasiment toujours supérieure à 30 m²/ha, ce qui confirme qu'elle privilégie une couverture forestière dense.

2.4 Etat de conservation local

Actuellement, à partir des données extraites en 2017 de la base de données naturaliste de l'ONF et du pôle d'information Flore et Habitats de Rhône-Alpes, on dispose de 484 points de présence de la Buxbaumie verte au sein de la partie est de Rhône-Alpes. Parmi ces 484 points, 340 sont localisés dans des forêts publiques. La répartition de ces 340 données en fonction des départements se fait de la manière suivante : 161 sont localisées en Savoie, 60 dans la Drôme, 59 en Isère, 54 dans l'Ain et 6 en Haute Savoie.

L'espèce est délicate à inventorier de par sa petite taille, et même si l'intérêt qui lui est porté a nettement augmenté ces dernières années, elle reste encore insuffisamment connue. Il est donc difficile, en l'état actuel des prospections et des connaissances, d'avoir une idée précise de l'état de conservation de la Buxbaumie verte à l'échelle de la région. Toutefois, elle semble assez présente dès lors qu'on la cherche dans un milieu réunissant les conditions favorables à son développement.

Au cours de l'étude, 22 dessertes ont été prospectées dans des secteurs de présence connue de l'espèce, ce qui fait un total de 222 placettes inventoriées. *B. viridis* s'est avérée présente sur 79 de ces 222 placettes, soit un total de 660 sporophytes répertoriés. Une prospection ciblée permet donc de mettre facilement en évidence de nouvelles stations de l'espèce.

Toutefois, il semblerait que l'année ne soit pas propice à l'espèce, notamment par le manque de précipitations et des chaleurs importantes au printemps. En effet, une grande partie des sporophytes observés entamaient leur phase de sporose, il s'agit donc d'individus en fin de cycle qui ont entamés leur développement l'an passé. Les sporophytes de l'année en cours étaient comparativement plus disséminés.

2.5 Articulation entre cadre général et dossiers de demande de dérogation

Les différents éléments présentés ci-dessus permettent de mieux appréhender les enjeux floristiques liés à *Buxbaumia viridis*.

Ces différents éléments n'auront pas à être redéveloppés dans le contenu des dossiers de demande de dérogation (Partie 3 dans le plan type d'un dossier de dérogation présenté en annexe 3).

3 Impacts des projets de desserte forestière sur l'état de conservation de *Buxbaumia viridis*

3.1 Synthèse bibliographique : impact de la desserte sur la flore

La desserte forestière, en entraînant une modification des conditions hydriques, de luminosité ainsi qu'une perturbation du sol [19] peut modifier les cortèges floristiques présents à proximité. Ainsi, dans une étude menée sur des routes forestières dans des forêts feuillues de Belgique, le nombre d'espèces rudérales et nitrophiles est plus important à proximité de la route. Ce phénomène est perceptible jusqu'à 10 m de la desserte [20]. De façon similaire aux USA, la richesse spécifique des espèces forestières est plus faible le long de la desserte mais atteint le même niveau qu'à l'intérieur des peuplements dès 5 m de distance. Les espèces exotiques observées dans cette même étude étaient uniquement présentes dans les 15 premiers mètres du peuplement adjacent à la desserte [21]. Dans le Michigan la richesse spécifique est également plus importante le long des routes prospectées suite à la présence d'espèces exotiques et de milieux humides. Concernant les pistes, les auteurs ont observé une proportion d'espèces de milieux humides plus importante le long des pistes que dans les peuplements sans qu'il y ait toutefois de différences significatives de richesse spécifique. Par ailleurs, la compaction et l'humidité du sol était plus importante le long des routes forestières que le long des pistes et qu'au sein des peuplements [22].

Sur une route fréquentée du Royaume Uni, les auteurs observent une croissance des plantes plus importantes le long de la route, sans doute du fait des émissions de nitrogène par les véhicules [23]. Le nombre de lichens et leur vigueur est par contre moindre le long des routes prospectées. Par ailleurs, l'impact de la route était d'autant plus étendu que le trafic routier était élevé : le long d'une 2*2 voies, cet impact était perceptible jusqu'à 200m de la route.

En France, trois études ont été conduites par l'IRSTEA dans des forêts feuillues de plaine. Là encore, les auteurs ont observé une richesse spécifique plus importante le long des routes forestières liée à la présence d'espèces forestières et péri-forestières. En général ces espèces ont une stratégie compétitrice rudérale, sont héliophiles, nitrophiles et adaptées aux perturbations fréquentes par la fauche ou le tassement du

sol. A l'inverse les peuplements forestiers hébergent des espèces forestières tolérantes au stress, sciaphiles, à plus faible capacité de dispersion et de nombreuses bryophytes. Les routes forestières peuvent héberger des espèces patrimoniales mais aussi des espèces potentiellement invasives. Par ailleurs, ces études ont montré que les matériaux utilisés pour stabiliser la route jouaient un rôle dans la modification du cortège floristique. En contexte acide, l'utilisation de matériaux calcaires entraîne ainsi une modification importante du cortège floristique, ce qui avait également été observé sur les vestiges d'une voie romaine [24]. Ces études montrent que la portée de l'effet lisière s'arrête à 5 m de la desserte à Montargis (étude 1), mais va au moins jusqu'à 20 m à Orléans (étude 2). De plus, plusieurs espèces non forestières parviennent à pénétrer bien au-delà et peuvent aller jusqu'à 60 ou 100 m. Certaines herbacées forestières et des bryophytes ont un profil de réponse opposé indiquant un évitement de la route pouvant aller jusqu'à 30 m [25].

Toutefois, une étude réalisée en Iran sur les cortèges floristiques le long de routes forestières n'a pas permis de mettre en évidence un quelconque impact de la desserte sur les espèces présentes. Pour les auteurs, ceci est dû à l'étroitesse des routes étudiées, à leur faible fréquentation, ainsi qu'à l'utilisation de techniques environnementales performantes lors de la construction [19].

Enfin, une étude portant sur la recolonisation d'un talus de piste au sein d'une pinède de Pins sylvestres en Maurienne montre que cette recolonisation par les espèces caractéristiques du milieu peut être longue. Ainsi en Aussois, 8 années après l'ouverture de la piste, le taux de recouvrement du talus par *Erica carnea* était encore inférieur à ce qui était observé sur une zone témoins, bien qu'il n'y ait pas de différence de richesse spécifique entre les deux zones [26].

Ainsi, il semble globalement y avoir un consensus sur le fait que les dessertes forestières peuvent entraîner une modification des cortèges floristiques dans les peuplements adjacents. Toutefois, cette modification semble dépendre des matériaux utilisés pour la construction de la desserte, de sa largeur tout comme de la dynamique de recolonisation des espèces initialement présentes.

Si ces études permettent de mieux cerner l'impact des routes et des pistes forestières sur la flore, aucune ne ciblent précisément l'impact de ces dessertes sur *Buxbaumia viridis*. C'est pourquoi une étude a été réalisée par l'ONF avec l'appui du CBNA afin de déterminer l'impact des dessertes forestières sur la Buxbaumie verte.

3.2 Etude de l'impact de la desserte sur *Buxbaumia viridis*

Lors de cette étude, 22 dessertes et leurs peuplements forestiers environnants ont été prospectées au sein de 4 grands massifs, où d'une part les données de présence de la Buxbaumie sont nombreuses, et d'autre part les enjeux sylvicoles et les projets de dessertes sont importants. Les massifs qui ont été prospectés sont donc les suivants : le Bugey, la Chartreuse, le Beaufortain et la Haute Tarentaise, le but étant d'effectuer les prospections dans différentes conditions stationnelles.

Deux transects de 150 m de long ont été réalisés parallèlement à chaque desserte prospectée : l'un à 10 m pour constater d'éventuels impacts de la desserte, l'autre à

50 m servant de témoin. Ces transects ont été disposés indifféremment à l'amont ou à l'aval des dessertes. Le long de ces transects, des placettes circulaires de 10 m de rayon ont été réalisées tous les 30 m. Sur chacune de ces placettes, les paramètres suivants ont été relevés : le nombre de bois mort au sol, le nombre de bois mort au sol favorable au développement de *B.viridis*, le nombre de bois mort au sol colonisé par *B.viridis*, la surface terrière par essence et classes de diamètre, la station forestière ainsi que l'exposition. Par ailleurs, pour chaque support colonisé par *B.viridis*, la nature, les dimensions du support ainsi que son état de décomposition et le nombre d'heures d'ensoleillement mesurées via un horizontoscope étaient relevés (Protocole complet en annexe 4). A noter que l'ensemble des peuplements inventoriés présentaient des traces d'exploitation forestière. Des traces anciennes étant visibles même à une distance importante des dessertes, aucun témoin n'a pu être placé en dehors des zones exploitées.

Différentes analyses statistiques ont été conduites afin de tester l'impact des différentes variables relevées sur la présence de la Buxbaumie verte (analyses complètes présentées en annexe 5 et 6).

Ces analyses ne mettent pas en évidence un impact de la desserte sur la présence de la Buxbaumie verte. On trouve ainsi autant de sporophytes de Buxbaumie verte à proximité immédiate de la desserte qu'à l'intérieur des peuplements.

Les principaux facteurs permettant d'expliquer la présence de la Buxbaumie verte sont la quantité de bois mort disponible au sol, la proportion de supports favorables ainsi que la surface terrière. La Buxbaumie verte semble donc inféodée à des peuplements dont la surface terrière est élevée, avec des quantités de bois mort au sol importantes. La proportion de petits bois ressort quant à elle comme ayant un impact négatif sur la probabilité de présence de l'espèce.

3.3 Articulation entre cadre général et dossiers de demande de dérogation

Les éléments présentés ci-dessus permettent de mieux appréhender l'impact des dessertes forestières sur *Buxbaumia viridis*.

Ce développement n'aura pas à figurer dans le contenu des dossiers de demande de dérogation. (Partie 3 dans le plan type d'un dossier de dérogation présenté en annexe 3).

4 Mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement pouvant bénéficier à *Buxbaumia viridis*.

4.1 Evitement

Pour les projets de desserte dont on sait qu'ils vont impacter la Buxbaumie verte, le montage du projet doit être organisé selon les étapes décrites dans ce qui suit.

En fonction des objectifs sylvicoles, des contraintes topographiques et des données disponibles sur la présence d'espèces végétales protégées (consultation du Pôle d'information flore-habitat, www.pifh.fr), un premier tracé du projet est défini par le technicien forestier. Ce tracé est alors parcouru par un expert botaniste afin de vérifier s'il n'impacte pas d'espèce végétale protégée.

Les sporophytes de Buxbaumie sont visibles tout au long de l'année : il n'y a pas au titre de cette espèce de préconisations particulières sur la période de prospection.

D'autres espèces végétales étant susceptibles d'être impactées par le projet, les prospections seront organisées en deux temps :

- Au début de la saison de végétation de façon à détecter les espèces protégées à floraison précoce, (floraison de mars à mai),
- A partir du milieu de la saison de végétation de façon à pouvoir identifier les espèces protégées à floraison plus tardive (floraison de mai à juillet).

Si la présence de la Buxbaumie verte est avérée lors de cette prospection, deux solutions sont envisageables :

- Lorsque la densité est faible, avec seulement quelques sporophytes présents sur la zone, l'évitement est envisageable : on cherche un nouveau tracé en évitant les supports colonisés, si les conditions du milieu le permettent (pente, obstacles...).
- Dans le cas contraire, lorsque la Buxbaumie est abondante, son évitement s'avère impossible. Dans ce cas, il est nécessaire de suivre les étapes suivantes.

Tout d'abord, un fuseau de 100 m de large comprenant le tracé du projet est défini. Etant donné que nous ne sommes pas en capacité d'effectuer une prospection intégrale de l'espèce sur le fuseau, une cartographie des zones favorables est effectuée. Ces zones favorables correspondent aux zones présentant un couvert forestier et une quantité de bois mort au sol équivalents aux secteurs où l'espèce a été retrouvée sur le tracé du projet. Il faut alors prospecter des placettes au sein de ces zones favorables (voir annexe 7) :

- Un minimum de 5 placettes pour les projets de piste ou de route forestière inférieurs au kilomètre,
- Pour les pistes ou routes de longueurs supérieures au kilomètre, 5 placettes/km seront ajoutées en supplément de manière proportionnelle.

Ces placettes, qui comprennent deux placettes emboîtées avec deux protocoles complémentaires, doivent être disposées en amont du tracé afin de pouvoir les suivre dans le temps une fois la desserte créée, comme indiqué sur la figure 10 ci-dessous.

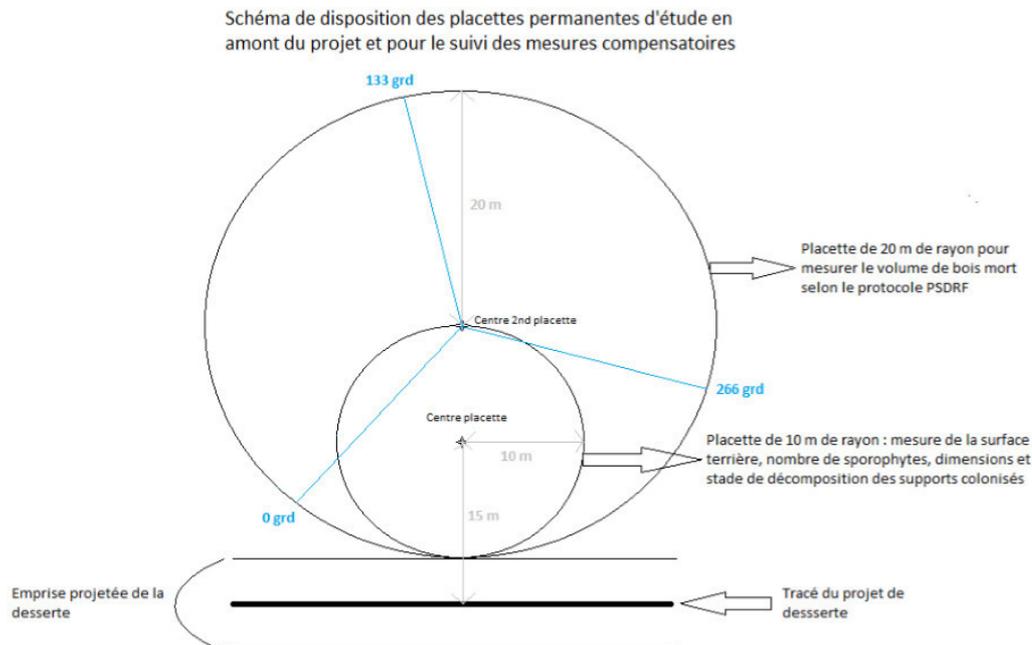


Figure 10 : Schéma de disposition des placettes permanentes d'étude en amont du projet et pour le suivi des mesures compensatoires.

Sur chacune de ces placettes, les paramètres suivants sont relevés :

- Sur la première placette de 10 m de rayon : la surface terrière au centre de la placette, le nombre et le positionnement des sporophytes de Buxbaumie verte présents sur la placette, le stade de décomposition des supports et leurs dimensions.
- Sur la seconde placette de 20 m de rayon : le volume de bois mort présent sur la placette (et la localisation des bois de plus de 30 cm de diamètre), définie en suivant le Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières (PSDRF).

Le protocole complet à suivre pour la prise des données sur le terrain est détaillé en annexe 1.

Ces relevés permettent d'une part de déduire une densité de sporophytes de Buxbaumie à l'hectare, ce qui va permettre d'étayer le fait qu'on ne peut pas éviter l'espèce sur la zone, et d'autre part d'estimer le volume de bois mort présent pour quantifier les mesures compensatoires à mettre en œuvre.

Les placettes mises en place ont un caractère pérenne : elles seront remesurées régulièrement pour suivre l'efficacité des mesures de réduction et compensatoires mises en place.

4.2 Réduction

En l'absence de solution d'évitement, des mesures de réduction sont mises en place afin de réduire au maximum l'impact du projet sur l'espèce. Dans le cas présent, cette réduction d'impact se fera en déplaçant systématiquement tous les supports existants (= bois mort au sol), favorables ou non, situés sur l'emprise du projet. Le déplacement se fera en fonction de la pente en travers :

- Pente en travers < 50 % : possibilité de déplacer les supports indifféremment à l'amont et/ou l'aval de la future desserte.
- Pente en travers > 50 % : supports déplacés uniquement à l'amont de la future desserte. A l'aval, les supports risqueraient d'être recouverts par le remblai lors de la création de la desserte.

Ces supports seront déplacés à une distance comprise entre 5 et 10 m de la desserte, en fonction de l'allongement du bras de la pelle réalisant les travaux. Pour les pentes supérieures à 50%, une pré-piste sera créée pour permettre à l'excavatrice de déplacer les supports présents sur l'emprise au-dessus du talus amont dans le peuplement. Un protocole technique joint en annexe 2 permet d'expliquer la méthode aux pelles pour disposer les supports le plus loin possible de la desserte. Ce protocole sera annexé au cahier des charges du chantier.

4.3 Mesures de compensation pouvant bénéficier à *Buxbaumia viridis*

La présence et l'abondance de *Buxbaumia viridis* est essentiellement liées au type de peuplement, aux conditions stationnelles et à la présence d'une quantité de bois importante au sol, conformément à l'analyse des résultats des prospections réalisées dans le cadre de cette étude et développée en annexe 6.

La première mesure compensatoire à mettre en place est donc de recréer le volume de bois mort présent au sol à l'état initial, ce dernier ayant été calculé lors des relevés terrain sur les placettes. Cela vient s'ajouter en surplus des mesures de réduction qui prévoient le déplacement systématique des supports hors de l'emprise du projet. Ce volume de bois sera recréé en laissant au sol, à l'amont de la desserte (ou indifféremment à l'aval pour des pentes inférieures à 50 %), des arbres issus de la coupe d'emprise. Ces arbres, des résineux, seront mis en contact direct avec le sol, billonnés ou non et de diamètres différents, afin d'échelonner les stades de décomposition et favoriser l'espèce à l'avenir sur une longue période. Ils pourront être choisis parmi ceux ayant le moins de valeur commerciale et seront identifiés de façon distincte pour que les bûcherons les billonnent et que le débardeur les laisse sur place lors de la récolte de la coupe d'emprise.

Les houppiers des arbres d'emprises seront laissés sur place, selon la pratique habituelle : ce volume de bois mort, potentiellement intéressant pour *B. viridis* capable

de coloniser des branches de faible section, s'ajoutera à celui issu des mesures de réduction et de compensation. Il correspond à environ 10 % du volume récolté sur l'emprise pour les résineux.

Le contrôle du volume de bois mort mis au sol dans le cadre des mesures compensatoire se fera sur la base d'un document produit par le bénéficiaire de la dérogation, qui liste le diamètre et l'essence de chacun des arbres coupés et laissés au sol.

La cartographie d'application de ces mesures compensatoires est représentée par une bande de 20 m de large de part et d'autre de la desserte, dans laquelle seront disposés les bois morts déplacés depuis l'emprise (mesures de réduction), ainsi que les arbres mis au sol et laissés sur place (mesures compensatoires). Un engagement à maintenir tout le bois mort au sol dans le temps dans ce secteur de compensation sera mentionné

En ce qui concerne le mode de sylviculture à adopter, une gestion en futaie irrégulière est à privilégier afin d'éviter les mises en lumière sur de grandes surfaces et maintenir une mosaïque des zones favorables permettant la dissémination de proximité et le maintien de l'espèce sur le long terme. Un équilibre résineux/feuillus est à favoriser, avec le maintien d'une part importante de résineux favorables à l'espèce.

La surface terrière cible à adopter est conforme à celle du guide de sylviculture de montagne des Alpes qui la fixe à 25 m²/ha en contexte de futaie irrégulière de montagne avec des résineux et des feuillus en mélange. Cette surface terrière moyenne permet de disposer en moyenne de 20 à 25 % de zones ayant une surface terrière supérieure à 30 m²/ha, comme le montre l'étude présentée en annexe 8. Elle est favorable au maintien d'un peuplement irrégulier équilibré sur le long terme.

L'engagement à mener une sylviculture en futaie irrégulière favorable à l'espèce portera sur les parcelles desservies par le projet de desserte, qui seront cartographiées dans le projet.

4.4 Suivi de l'efficacité des mesures compensatoires

Afin de suivre l'efficacité des mesures compensatoires mises en place, il est nécessaire de refaire un inventaire régulier sur les placettes définies avant la création de la desserte, selon le même protocole, pour suivre l'évolution de l'espèce, détaillé en annexe 1.

Les recomptages se feront aux années n+1, n+3, n+5 et n+10

Le suivi de ces mesures sera non pas à la charge du maître d'ouvrage, mais à celle de l'ONF dans le cadre de ses missions nationales d'amélioration de la connaissance de la biodiversité forestière (Réseau naturaliste national Habitat/flore).

Evaluer l'efficacité de ces mesures consiste à suivre l'évolution des populations de Buxbaumie verte afin de s'assurer que l'espèce continue à se développer à proximité de la desserte et que la sylviculture menée sur les parcelles concernées par les projets n'impacte pas le développement de l'espèce.

4.5 Précautions prises dans la phase chantier

La circulation des engins se fera uniquement sur l'emprise de la desserte.

Le travail sera réalisé en remblai/déblai, en évitant l'apport de matériaux extérieurs au chantier. Si de tels apports s'avèrent indispensables, les matériaux importés seront issus de la même roche mère que celle présente sur le chantier.

Les engins seront nettoyés avant leur arrivée sur site afin de prévenir d'éventuelles contaminations de la zone de chantier par des espèces invasives.

4.6 Articulation entre cadre général et dossiers de demande de dérogation

La partie 4 du cadre général permet de présenter les mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement à mettre en place dans les projets de desserte impactant *Buxbaumia viridis*.

L'intérêt de ces mesures n'aura donc pas à être redémontré dans le contenu des dossiers de demande de dérogation. (Paragraphe 4.2 et 5.2 dans le plan type d'un dossier de dérogation présenté en annexe 3).

Chaque dossier particulier devra quantifier et localiser ces mesures en fonction de l'impact identifié.

5 Contenu des dossiers de demande de dérogation :

L'annexe 3 présente le plan type des dossiers de demandes de dérogation qui seront déposés pour chaque projet de desserte.

Bibliographie

- [1] DREAL Rhône Alpes, "Note procédure à l'intention des Maîtres d'Ouvrage pour les dérogations aux interdictions visant les espèces protégées au titre de l'article L 411-2 du code de l'environnement," p. 32, 2013.
- [2] DRAAF, "Note d'organisation pour les forêts relevant du régime forestier : Prise en compte des espèces végétales protégées dans la gestion forestière," pp. 3-6, 2014.
- [3] Inventaire Forestier National, "La forêt française : les résultats pour la région Rhône-Alpes", 2010.
- [4] C. Allegrini, M. Bruciamacchie, R. Burrus, and R. Susse, "Le traitement des futaies irrégulières-Valoriser les fonctions multiples de la forêt." Association Futaie Irrégulière, p. 144, 2010.
- [5] Y. Bastien and C. Gauberville, "Vocabulaire Forestier - Ecologie, gestion et conservation des espaces boisés." Institut pour le développement forestier, p. 608, 2011.
- [6] E. Constantin, "Exploitation forestière en forêt de montagne Un « casse-tête » technico-économique !," *RDV techniques - ONF*, pp. 46-50, 2003.
- [7] ONF, "Traction animale et exploitation forestière," 2014.
- [8] A. Enache and K. Stampfer, "Environmental performance of forest roads due to construction, maintenance and use – case study analyses in Romanian mountain forests," in *37th Council on Forest Engineering Annual Meeting*, 2014, pp. 1-10.
- [9] C. Riond, "Données IFN et Données ONF : Comparables ??," Chambéry, 2015.
- [10] J. Sarter, "Communication personnelle," 2009.
- [11] IGN, "Volume de bois sur pied dans les forêts françaises :," *L'IF*, vol. 27, pp. 1-12, 2011.
- [12] Communes forestières; ONF; Forêt Privée Française, "Plan de mobilisation pour la forêt de Rhone-Alpes," 2007.
- [13] "LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte | Legifrance." [Online]. Available: https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=EA7864854DF8DBE0830D5F7A0CC423F8.tpdila10v_3?cidTexte=JORFTEXT000031044385&categorieLien=id.
- [14] IGN, "Quelles sont les ressources exploitables? Analyse spatiale et temporelle.," *L'IF*, vol. 30, 2012.
- [15] J.-C. Rameau, D. Mansion, and G. Dumé, "Flore forestière française - Montagne." 1993.
- [16] Pôle d'information Flore et Habitat de Rhône-Alpes, "Fiche descriptive - *Buxbaumia viridis*," 2017. [Online]. Available: http://www.pifh.fr/pifh/pifh/index.php/fiche_descriptive/OuvrirFicheDescriptive/3885-0.
- [17] Rothero, G. Ecology and management of deadwood for *Buxbaumia viridis* and other bryophytes, 2008.

- [18] Cahiers d'habitats, "Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire: Espèces végétales," Tome 6, pp. 43 – 46, 2000.
- [19] F. B. Tehrani, B. Majnounian, E. Abdi, and G. Z. Amiri, "Impacts of forest road on plant species diversity in a Hyrcanian Forest, Iran," *Croat. J. For. Eng.*, vol. 36, no. 1, pp. 63–72, 2015.
- [20] S. Godefroid and N. Koedam, "The impact of forest paths upon adjacent vegetation: Effects of the path surfacing material on the species composition and soil compaction," *Biol. Conserv.*, vol. 119, no. 3, pp. 405–419, 2004.
- [21] R. Z. Watkins, J. Chen, J. Pickens, and K. D. Brosofske, "Effects of Forest Roads on Understory Plants in a Managed Hardwood Landscape," *Conserv. Biol.*, vol. 17, no. 2, pp. 411–419, Apr. 2003.
- [22] D. S. Buckley, T. R. Crow, E. A. Nauertz, and K. E. Schulz, "Influence of skid trails and haul roads on understory plant richness and composition in managed forest landscapes in Upper Michigan, USA," *For. Ecol. Manage.*, vol. 175, no. 1–3, pp. 509–520, 2003.
- [23] P. G. Angold, "The Impact of a Road Upon Adjacent Heathland Vegetation: Effects on Plant Species Composition," *J. Appl. Ecol.*, vol. 34, no. 2, pp. 409–417, 1997.
- [24] M. BARTOLI, "L'impact floristique d'une voie romaine en forêt domaniale d'Orléans," *Rev. For. Française*, vol. 64, no. 6, pp. 819–821, Jun. 2013.
- [25] L. Bergès, C. Avon, R. Chevalier, and Y. Dumas, "Impact des routes forestières sur la biodiversité floristique: synthèse de 3 études menées en forêt de plaine.," *Rev. For. Fr.*, pp. 447–466, 2012.
- [26] CBNA, "Programme pluriannuel de suivi d'Erica carnea L. en Savoie," 2013.
- [27] R. Z. Watkins, J. Chen, J. Pickens, and K. D. Brosofske, "Effects of Forest Roads on Understory Plants in a Managed Hardwood Landscape," *Conserv. Biol.*, vol. 17, no. 2, pp. 411–419, 2003.
- [28] C. Avon, L. Bergès, Y. Dumas, and J.-L. Dupouey, "Does the effect of forest roads extend a few meters or more into the adjacent forest? A study on understory plant diversity in managed oak stands," *For. Ecol. Manage.*, vol. 259, no. 8, pp. 1546–1555, Mar. 2010.
- [29] Conservatoires botaniques nationaux alpin et du Massif central, 2015, Liste rouge de la flore vasculaire de Rhône-Alpes. UICN France, FCBN & MNHN (2012). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Flore vasculaire de France métropolitaine : premiers résultats pour 1 000 espèces, sous-espèces et variétés. Dossier électronique
- [30] PHILIPPE, Marc, 2007. Actualisation des données sur la distribution de la mousse *Buxbaumia viridis* (Moug. ex Lam & DC.) Brid. ex Moug. & Nestl. (Bryophyta, Bryales, Buxbaumiaceae), *J. Bot. Soc. Bot. Fr.*, 38:3-10
- [31] WIKLUND, K., 09/2002. Substratum preference, spore output and temporal variation in sporophyte production of the epixylic moss *Buxbaumia viridis*, *J. Bryol.*, 24(3):187-195
- [32] Plasek, V. in *Bryological Studies in the Western Carpathians* (eds. Stebel, A. & Ochyra, R.) 37–44 (2004).

- [33] Vadam, J. . Observations phytosociologiques sur *Buxbaumia viridis*. Société d'Histoire Nat. du Pays Montbéliard (1982).
- [34] Philippe, M. Rareté et écologie de *Buxbaumia viridis* en Rhône-Alpes. *Le Monde des Plantes* 482, (2004).
- [35] Spitale, D. & Mair, P. Predicting the distribution of a rare species of moss: The case of *Buxbaumia viridis* (Bryopsida, Buxbaumiaceae). *Plant Biosyst.* 1–11 (2015). doi:10.1080/11263504.2015.1056858
- [36] Laaka, S. The threatened epixylic bryophytes in old primeval forests in Finland. *Biol. Conserv.* 59, 151–154 (1992).
- [37] Management Recommendations for Green bug moss *Buxbaumia viridis*. (1996).
- [38] Schmalholz, M. & Gustafsson, L. Weak response of bryophyte assemblages to second commercial thinning in boreal spruce forest of south-central Sweden. *Scand. J. For. Res.* 31, 19–28 (2016).
- [39] Celle, J. Redécouverte de *Buxbaumia viridis* en Haute-Garonne et gestion des forêts de montagne. *Isatis* 5, 105–110 (2005).
- [40] Louvrier, J. Etude de détectabilité de la Buxbaumie Verte dans le Parc National des Ecrins. (2014).

Annexe 1 : Protocole de prise de données sur *B.viridis*, et de suivi des mesures de réduction et compensatoire dans le cadre d'un projet de desserte

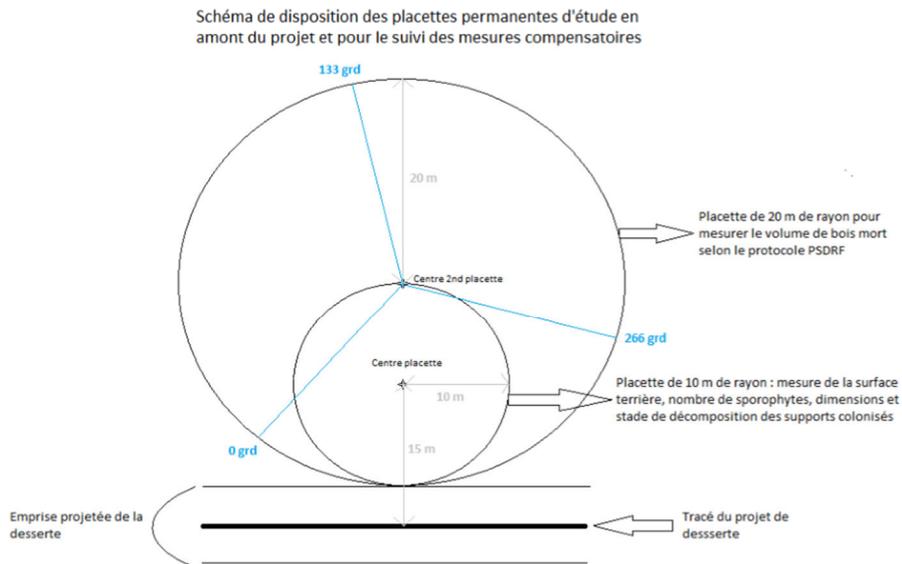
Protocole de prise de données sur la Buxbaumie dans le cadre d'un projet de desserte

Placette

Placettes situées à l'amont du projet de desserte, dans les secteurs favorables à la Buxbaumie

Positionnement GPS et marquage du centre de la placette de façon pérenne : caractère permanent pour recomptage ultérieur

Azimut du centre de la placette bois mort, à 10 m du centre de la placette "buxbaumie", selon schéma ci-dessous



Surface terrière au centre de la placette "buxbaumie" : par essence et par catégorie de diamètre

Recueil des données sur la Buxbaumie

Au sein d'une placette de rayon 10 m (corrigé de la pente)

Emplacement des buxbaumies et nombre : azimuth (en grades) et distance par rapport au centre

Nature des supports colonisés

dimensions : longueur de la pièce de bois et diamètre médian

Etat de décomposition selon codification ci-dessous

Ecorce - DecompoEcorce	Pourriture du bois - DecompoBois
1. Présente sur tout le billon	1. Dur ou non altéré
2. Présente sur plus de 50% de la surface	2. Pourriture <1/4 du diamètre
3. Présente sur moins de 50% de la surface	3. Pourriture entre 1/4 et 1/2 du diamètre
4. Absente du billon	4. Pourriture entre 1/2 et 3/4 du diamètre
	5. Pourriture supérieure à 3/4.

Recueil des données sur le bois mort au sol

Bois mort au sol de diamètre compris entre 5 et 30 cm

Echantillonnage constitué de 3 transects linéaires (distance horizontale corrigée) de 20 m de longueur disposés en étoile.

Azimut des trois transects en grade : 0, 133, 266

Données recueillies

Essence (Ind si non reconnaissable)

Diamètre (mesuré au niveau de l'intersection)

Stade de décomposition (selon codification ci-dessus)

Bois mort au sol de diamètre supérieur à 30 cm

Mesure de tous les bois morts de plus de 30 cm dans la placette de rayon 20 m corrigée de la pente

Les parties de tronc inférieures à 30 cm, et celles qui sont au-delà de la distance de 20 m au centre, ne sont pas comptabilisées

Le centre de la placette "bois mort" est positionné sur le bord extérieur de la placette buxbaumie, à 10 m, et perpendiculairement à l'axe de la desserte.

L'azimut du centre de la placette "bois mort" depuis le centre de la placette "buxbaumie" est noté pour les recomptages.

Essence (Ind si non reconnaissable)

Azimut et distance du centre de la pièce de bois comptabilisée, par rapport au centre de la placette bois mort

Diamètres : initial (le plus gros), final (le plus petit > ou = à 30 cm) et médian.

Diamètre médian pour les pièces de moins de 5 m de long.

Stade de décomposition (selon codification ci-dessus)

Calendrier de recomptage des placettes permanentes de suivi

Réalisation du chantier année n, recomptages :

- année n+1
- année n+3
- année n+5
- année n+10

Pour chaque année de suivi, l'investissement en temps s'élève à 1 jour de terrain pour deux personnes, pour 5 placettes, et 1 jour d'analyse des données et de rédaction d'une courte restitution des résultats observés. Le coût du suivi pour une desserte peut donc être estimé à 6 000 €.

Il sera intéressant avec le recul de plusieurs années sur plusieurs chantiers, de produire une analyse transversale pour tirer globalement les enseignements des mesures mises en place.

Annexe 2 : Description des travaux de réalisation d'une piste en présence de la Buxbaumie verte

Objectif : réaliser une piste en déplaçant les troncs hébergeant la Buxbaumie.

Les travaux seront réalisés avec une excavatrice dont le poids n'excèdera pas les 20 tonnes.

Les supports de la Buxbaumie se présentent sous forme de bois morts plus ou moins décomposés. D'un point de vue général, les supports seront découpés à la tronçonneuse pour les bois longs et solides afin qu'ils n'excèdent pas les 5 mètres de façon à passer entre les arbres du peuplement (facilitation de la manutention). Les bois seront ainsi déplacés soigneusement hors de l'emprise de la route et à l'intérieur du peuplement.

En fonction de la pente en travers les méthodes varieront.

Pour les pentes en travers comprises entre 0 et 50%, les troncs seront déplacés hors de l'emprise de la route à l'avancement de part et d'autre de l'axe. Les terrassements seront ouverts à l'excavatrice en restant sur les piquets de niveau de la piste. On fera toutefois attention à l'aval de ne pas recouvrir les supports de la Buxbaumie avec les déblais.

Au-delà de 50%, les supports propices à la Buxbaumie seront déplacés en dehors de l'emprise uniquement vers l'amont. La plate-forme sera ouverte à l'avancement.

On réalisera dans un premier temps une plateforme avec un talus quasi-vertical située 1,5 à 2,5 mètres au-dessus du niveau de la piste projetée. Cette pré-piste permettra à l'excavatrice de déplacer les supports présents sur l'emprise au-dessus du talus amont dans le peuplement. Une fois le déplacement des supports effectué sur une longueur suffisamment importante, l'excavatrice reviendra sur ses pas et descendra le niveau de la plateforme afin d'atteindre la cote projet.

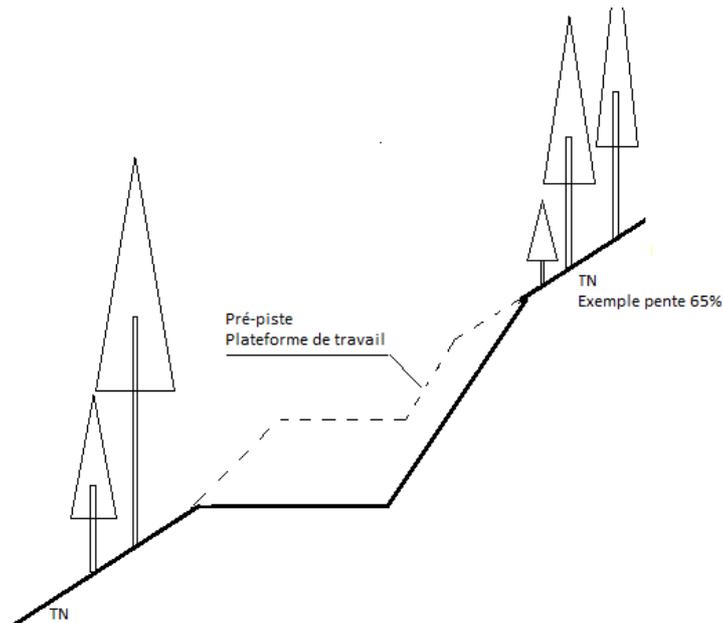


Illustration de la réalisation d'une plateforme (pré-piste)

L'ouverture de cette pré-piste permettra à l'excavatrice de travailler sur toute la largeur de l'emprise et de mettre les supports en amont du talus. En effet sur les fortes pentes, la flèche de l'engin ne permet pas d'accéder au haut du peuplement en restant sur le niveau de la piste projetée.

Limite de zone de travail pour une excavatrice de 15 à 20 tonnes	
Travail horizontal	7 à 9 mètres
Travail vertical	4 à 6 mètres

On veillera à l'aval à éloigner les supports présents dans le peuplement à l'aval et risquant d'être recouverts par les déblais lors de l'ouverture finale de la piste.

Annexe 3 : Contenu des dossiers de demande de dérogation à la destruction de *Buxbaumia viridis*

1 Le projet et sa justification

1.1. Localisation du projet

Carte issue de l'aménagement localisant la forêt.

Carte à l'échelle de la forêt issue de l'aménagement faisant apparaître le tracé du projet.

1.2. Objectifs et intérêt du projet

L'utilité de développer la desserte dans les forêts publiques de Rhône-Alpes a été démontrée dans le cadre d'application de la réglementation sur les espèces végétales protégées intitulé « La Buxbaumie verte et les projets de desserte forestière ».

Il ne s'agit donc pas ici de redémontrer cette utilité mais de préciser les volumes qui pourront être exploités si cette desserte est construite.

1.3. Principales caractéristiques du projet

Cette partie doit permettre de préciser la longueur de la desserte, la largeur de son emprise ainsi que les matériaux et engins utilisés lors de la construction.

1.4. Les solutions alternatives au projet

Le cadre général de traitement des dérogations concernant *B.viridis* a permis d'établir un premier argumentaire concernant les raisons de favoriser le débardage par routes et pistes aux autres techniques de débardage utilisables en montagne.

Il convient toutefois ici de s'interroger à nouveau sur la possibilité d'utiliser une autre technique de débardage que le tracteur forestier.

Par ailleurs, cette partie doit permettre de justifier le choix du tracé précis de la desserte. Pour cela, il faut représenter sur la carte les zones favorables à la Buxbaumie dans le fuseau de 100 m ainsi que les points de passage obligé de la desserte. (Présence de barres rocheuses, point d'accroche à la desserte existante, évitement d'une espèce protégée...). L'argumentation ayant conduit à fixer le tracé définitif doit s'appuyer sur cette carte et justifier que le tracé retenu est bien celui qui minimise l'impact sur *B.viridis* tout en tenant compte des autres contraintes du forestier.

2 Contexte écologique et état initial

2.1. Sensibilités écologiques et périmètres de protection des milieux naturels

Carte des zonages de protection et d'intérêt écologique présente dans l'aménagement de la forêt concernée.

Cette carte doit s'accompagner de la liste des zonages qui recoupent effectivement le périmètre élargi du projet et des conséquences liées à la présence de ces zonages pour la construction de la desserte.

2.2. Habitat et végétation : état initial.

Zone d'étude

Carte représentant les aires de présence de *Buxbaumia viridis* sur l'emprise élargie du projet (Il s'agit de la même carte que celle utilisée au paragraphe 1.4).

Bibliographie : Espèces et habitats potentiels

Carte des données du Pôle Flore Habitat disponibles sur l'emprise élargie du projet. Cette carte doit permettre d'identifier les espèces végétales protégées qui pourront potentiellement se trouver sur le tracé du projet.

Carte des stations présentes dans l'aménagement. Les correspondances entre station et habitats se trouvent dans le catalogue de stations « Synthèse pour les Alpes du Nord et les montagnes de l'Ain ». Cette carte doit donc permettre d'identifier les habitats traversés par le projet.

Méthodologie des inventaires réalisés

La méthodologie des inventaires réalisés a déjà été décrite dans le cadre général.

Flores protégées et habitats prioritaires recensées

Liste des espèces végétales protégées présentes sur le tracé ou dans l'emprise élargie du projet.

Pour les autres espèces protégées, le nombre de pieds concernés par le projet doit également être précisé dans cette partie.

Liste des habitats d'intérêt prioritaire se trouvant sur le tracé ou dans l'emprise élargie du projet.

3 Impacts du projet de desserte sur *Buxbaumia viridis*

3.1. Impacts directs

La construction de la piste va entraîner la destruction de sporophytes de Buxbaumie verte sur la surface de l'emprise. La surface impactée par l'emprise du projet doit ici être précisée, en précisant celle directement concernée par la zone de présence de l'espèce.

3.2. Impacts indirects

Comme démontré dans le cadre d'application de la réglementation sur les espèces végétales protégées intitulé « *B. viridis* et les projets de desserte forestière », la desserte n'a pas d'effets indirects sur les populations de Buxbaumie verte présentes à proximité de la desserte.

3.3. Impacts cumulés des projets concernant *Buxbaumia viridis*.

Cette partie doit permettre de faire le bilan des dérogations déjà accordées à l'interdiction de destruction de *Buxbaumia viridis*.

3.4. Mesures d'évitement et de réduction

Les mesures d'évitement et de réduction consistent d'une part à adapter le tracé de la desserte afin d'impacter le moins de sporophytes possible, et d'autre part à déplacer systématiquement tous les supports existants (= bois mort au sol), favorables ou non, situés sur l'emprise du projet. Cette démarche est déjà présentée dans le cadre d'application.

3.5. Mesures compensatoires

Les mesures compensatoires à mettre en place sont celles présentées au paragraphe 4.2 du cadre général.

Il convient donc ici de préciser les chiffres clés permettant de calculer le volume de bois mort à recréer (volume de bois mort à l'état initial, surface favorable impactée par le projet...).

4 Impact du projet de desserte sur les autres espèces végétales protégées

4.1. Impacts directs

4.2. Impacts indirects

4.3. Mesures d'évitement et de réduction

4.4. Présentation des enjeux floristiques liés aux espèces impactées par le projet après les mesures d'évitement et de réduction.

Statut juridique

Ecologie

Répartition et fréquence

Etat de conservation local.

4.5. Mesures compensatoires

5 Modalités de suivi et contrôle de la mise en œuvre des mesures compensatoires.

5.1. Mesures concernant *Buxbaumia viridis*

Les modalités de suivi et de contrôle des mesures compensatoires concernant *Buxbaumia viridis* sont présentées dans le paragraphe 4.3 du cadre général.

5.2. Mesures concernant les autres espèces végétales protégées impactées par le projet

6 Précautions prises lors de la phase chantier

Annexe 4 : Protocole de relevé terrain mis en place dans le cadre de l'étude menée sur *Buxbaumia viridis*.

1 Comparaison des protocoles déjà réalisés sur l'impact floristique des dessertes forestières :

The Impact of Forest Paths upon Adjacent Vegetation: Effects of the Path Surfacing Material on the Species Composition and Soil Compaction[20]

50 transects choisis dans des zones présentant :

- ✓ Le même type de sol
- ✓ La même topographie
- ✓ Les mêmes peuplements

Des relevés floristiques sont réalisés dans des placettes de 10*1m disposées le long du transect.

The Impact of a Road Upon Adjacent Heathland Vegetation: Effects on Plant Species Composition[23]

5 sites prospectés

Sur ces sites, réalisations de transects de 25m de long, parallèles à la route à 10, 25, 45, 80, 150 et 200m de la route.

Sur chaque transects, les relevés floristiques exhaustifs sont réalisés sur des placettes de 0.5*0.5m placées à 3m les unes des autres.

Impacts of Forest Road on Plant Species Diversity in a Hyrcanian Forest, Iran.[19]

10 transects réalisés le long d'une même route.

Chaque transect mesure 100m de long et comporte :

-10 placettes de 10*10m pour réaliser le relevé exhaustif des arbres et des espèces arbustives

-10 placettes de 2*2m pour réaliser le relevé exhaustif des espèces herbacées.

Influence of Skid Trails and Haul Roads on Understory Plant Richness and Composition in Managed Forest Landscapes in Upper Michigan, USA.[22]

Réalisation de 10 transects dans des peuplements se trouvant sur le même type de substrat.

Les transects de 10*100m sont placés au hasard dans les peuplements. Ils recoupent des routes, des pistes, et des zones non perturbées. 10 placettes de 1*1m sont ensuite placées le long du transect dans chacune des 3 modalités.

Un relevé floristique exhaustif est réalisé dans chacune des placettes. Le pourcentage de recouvrement de la strate arbustive y est également mesuré.

Effects of Forest Roads on Understory Plants in a Managed Hardwood Landscape[27]

6 sites prospectés.

11 transects de 60m de long parallèles à la route sont réalisés à 0, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120 et 150m de la piste.

Sur chacun de ces transects sont placés 10 placettes de 1*1m.

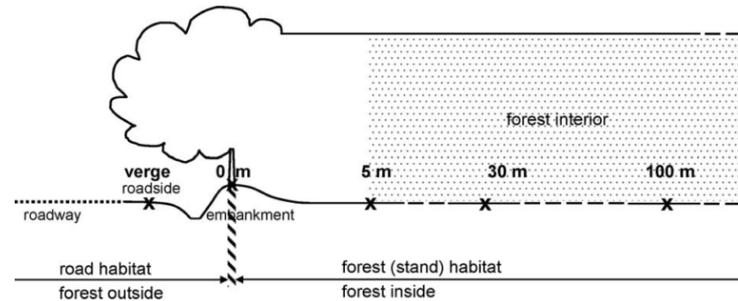
Pour chaque placette, on réalise un relevé floristique avec les coefficients d'abondance/dominance. On détermine également l'épaisseur de la litière, la pente, l'exposition, le pourcentage de couvert arboré, le nombre de souches et de bois mort au sol.

Does the Effect of Forest Roads Extend a Few Meters or More into the Adjacent Forest? A Study on Understory Plant Diversity in Managed Oak Stands[28]

Réalisation de 20 transects

Sur chaque transect, établissement de placettes de 2*50m parallèles à la route à 5 emplacements différents :

Sur chacune de ces placettes, on réalise un relevé floristique complet. Le couvert forestier est estimé visuellement et le type d'humus est déterminé.



2 Protocole retenu :

Choix des sites :

L'objectif est de prospecter 20 sites au total (soit un total de 200 placettes) afin d'avoir un jeu de données assez conséquent pour les analyses statistiques. Il a été décidé de répartir ces sites d'étude au sein de 4 grands massifs (5 sites par massif) : le Bugey, la Chartreuse, le Beaufortain et la Haute Tarentaise, le but étant de les répartir sur le territoire afin de couvrir différentes conditions stationnelles.

Les sites sont sélectionnés au sein de chaque massif en recoupant les exigences suivantes :

- ✓ Le site est dans une parcelle où plusieurs sporophytes de *B. viridis* ont été observés.
- ✓ La parcelle comporte une piste ou une route se trouvant à distance de toute desserte forestière, sentier de randonnée, aménagements pour la chasse.
- ✓ Le peuplement sur la zone prospectée est homogène, tout comme les facteurs stationnels (exposition, pente, substrat...)

Démarche sur chaque site :

Deux transects de 150m de long sont réalisés parallèlement à la desserte : le premier à 10 m et le second à 50m.

Sur chacun de ces deux transects, des placettes circulaires de 10 m de rayon sont installées tous les 30 m.

Sur chacune de ces placettes :

- ✓ Mesurer la **surface terrière** par catégorie (PB, BM, GB, TGB) et par essence
- ✓ Déterminer la **station forestière** à l'aide du catalogue « Stations forestières – Alpes du Nord et montagnes de l'Ain »
- ✓ Déterminer l'**exposition** de la placette.

Sur chaque placette, prospecter l'ensemble du bois mort au sol. Si un support est à cheval sur la limite de la parcelle, on ne prospectera que la partie du support incluse dans la placette.

Pour chaque support comportant de la Buxbaumie :

- ✓ Relever l'**emplacement du support** au GPS
- ✓ Identifier la **nature du support** (tronc, branche, souche) :
 - S'il s'agit d'un tronc ou d'une branche :
 - Mesurer la longueur de la pièce de bois,
 - Mesurer son diamètre médian
- ✓ Déterminer l'**état de décomposition** du support en utilisant le tableau 1 ci-dessous
- ✓ Déterminer le **nombre de pieds de Buxbaumie** présents sur le support.
- ✓ Mesurer le **nombre d'heure d'ensoleillement** du support à l'aide d'un horizontoscope

Relever le **nombre total de supports prospectés** sur la placette, ainsi que le **nombre de supports favorables** et le **nombre de supports comportant de la Buxbaumie**.

<i>Ecorce</i>	<i>Pourriture du bois</i>
1. Présente sur tout le billon	1. Dur ou non altéré
2. Présente sur plus de 50% de la surface	2. Pourriture <1/4 du diamètre
3. Présente sur moins de 50% de la surface	3. Pourriture entre 1/4 et 1/2 du diamètre
4. Absente du billon	4. Pourriture entre 1/2 et 3/4 du diamètre
	5. Pourriture supérieure à 3/4.

Tableau 1 : Notation de l'état de décomposition des supports colonisés par *B. viridis*.

Annexe 5 : Quelques analyses descriptives des données relevées lors de l'étude

1 Les supports de développement de *B.viridis*

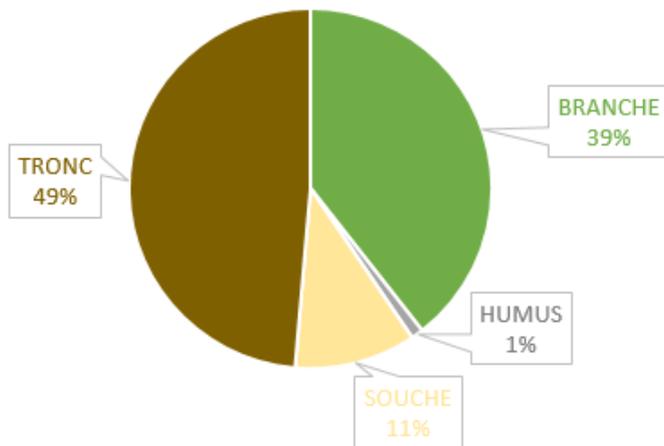


Figure 1 : Type de supports colonisés par *B.viridis*

La figure 1 représente la proportion des supports colonisés par la Buxbaumie verte en fonction de leur nature. Comme on peut le constater, près de la moitié des supports colonisés sont des troncs. Les branches représentent également une part importante des supports colonisés. *B.viridis* a été observée sur de l'humus dans seulement 2 cas.

Pour chacun des supports colonisés, une note de décomposition a été attribuée à l'aide du tableau ci-dessous. Cette notation est celle utilisée dans le cadre du protocole PSDRF. 5 stades de décomposition ont été observés : 3.3 ; 4.2 ; 4.3 ; 4.4 ; 4.5.

Toutefois, le stade 3.3 n'a été retrouvé que 2 fois sur des troncs au cours des prospections. Dans tous les autres cas, les supports colonisés n'avaient plus d'écorce et présentaient un stade de pourriture plus ou moins avancé. Cela confirme que *B.viridis* est associée à un stade de décomposition du bois plutôt avancé.

Ecorce	Pourriture du bois
1. Présente sur tout le billon	1. Dur ou non altéré
2. Présente sur plus de 50% de la surface	2. Pourriture <1/4 du diamètre
3. Présente sur moins de 50% de la surface	3. Pourriture entre 1/4 et 1/2 du diamètre
4. Absente du billon	4. Pourriture entre 1/2 et 3/4 du diamètre
	5. Pourriture supérieure à 3/4.

Figure 2 : Tableau de notation de l'état de décomposition des supports colonisés

Les figures 3 et 4 ci-dessous représentent respectivement le nombre de sporophytes observés selon le type de support et le diamètre médian de ces supports.

On peut constater que dans les deux cas où *B.viridis* a été observée sur de l'humus, un seul sporophyte a été observé. Sur la moitié des troncs colonisés, le nombre de sporophytes présents varie entre 1 et 3. Sur la moitié restante, ce nombre varie de 4 à 31, ce qui représente une moyenne de 5 sporophytes par tronc. La grande majorité des banches comportent entre 1 et 3 sporophytes. Sur les souches, on retrouve en moyenne 3 sporophytes, la grande majorité d'entre-elles comportent entre 1 et 4 sporophytes.

Le nombre de sporophytes observés varie donc légèrement en fonction du type de support : on trouvera généralement un peu plus de sporophytes sur les troncs en moyenne.

En ce qui concerne le diamètre médian des supports (figure4), on peut constater que les souches ont un diamètre médian plus élevé que les autres supports, ce dernier étant en moyenne de 58.9 cm. De plus, on remarque que la moitié des troncs colonisés ont un diamètre inférieur à 12 cm et que les branches colonisées ont quasiment toutes un diamètre compris entre 2 et 5 cm.

Cela va donc à l'encontre de ce qui est généralement affirmé ; ces données montrent que *B.viridis* ne se développe pas uniquement sur des pièces de bois de gros diamètre.

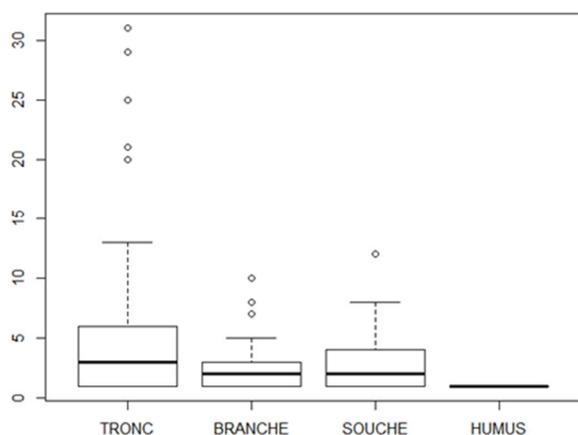


Figure 3 : Nombre de sporophytes observés en fonction du type de support

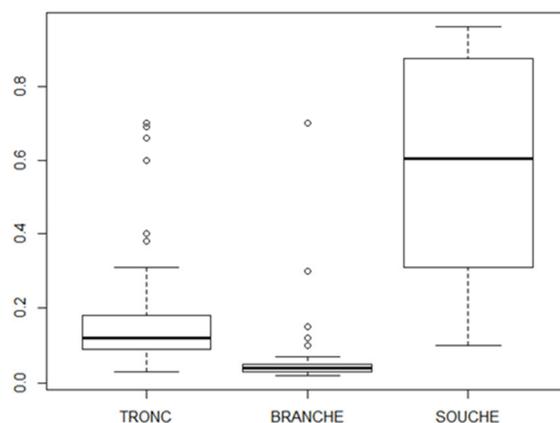


Figure 4 : Diamètre médian des supports colonisés (en cm)

2 Caractéristiques du milieu

Lors des prospections de terrain, plusieurs caractéristiques du milieu dans lequel se trouvent les supports colonisés ont été relevées. Le nombre d'heure d'ensoleillement au mois de juin a ainsi été mesuré à l'aide d'un horizontoscope à l'aplomb des supports. On peut ainsi constater, sur la figure 5 ci-dessous, que 75% des 185 supports colonisés observés reçoivent moins de 1h30 d'ensoleillement chaque jour au mois de juin. Pour les 25% restants, l'ensoleillement varie de 1h30 à 3h30 au maximum.

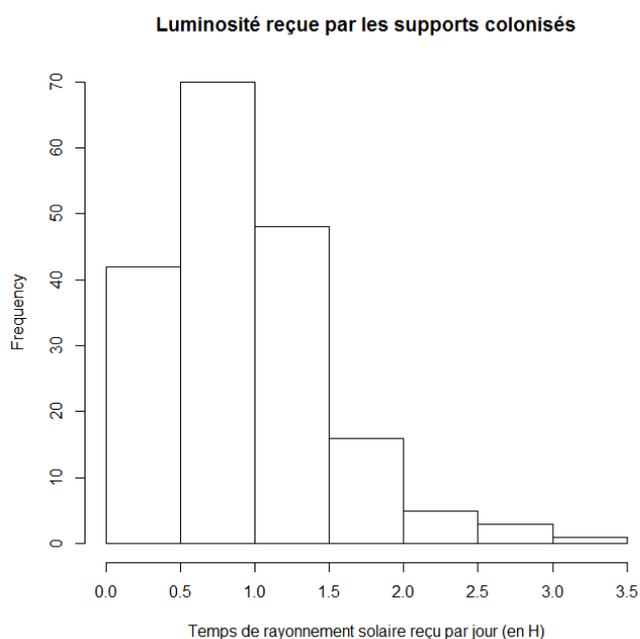


Figure 5 : Temps d'ensoleillement des supports colonisés au mois de juin

Cela confirme donc que *B. viridis* privilégie les milieux ombragés à très ombragés pour se développer. La surface terrière a également été mesurée. En s'appuyant sur les figures 6 et 7 ci-dessous, on peut remarquer que la quasi-totalité des supports colonisés se situaient dans des zones où la surface terrière

est supérieure ou égale à 30. En revanche, si on s'intéresse à la surface terrière sur les placettes où l'espèce n'a pas été retrouvée, on peut constater que la moitié de ces placettes ont une surface terrière inférieure ou égale à 33 m²/ha. Il semblerait donc y avoir une valeur seuil, à environ 30 m²/ha, en-dessous de laquelle la Buxbaumie verte est moins présente.

Cela confirme donc le fait que *B.viridis* privilégie les zones avec un couvert forestier dense pour se développer.

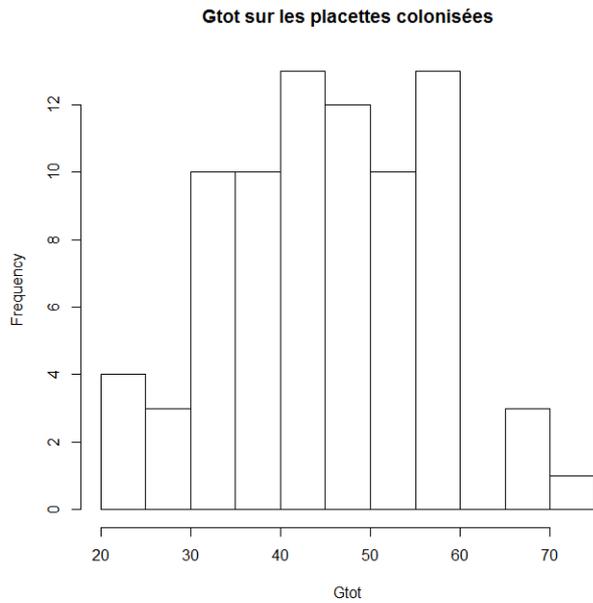


Figure 6 : Surface terrière mesurée sur les placettes où des supports colonisés étaient présents

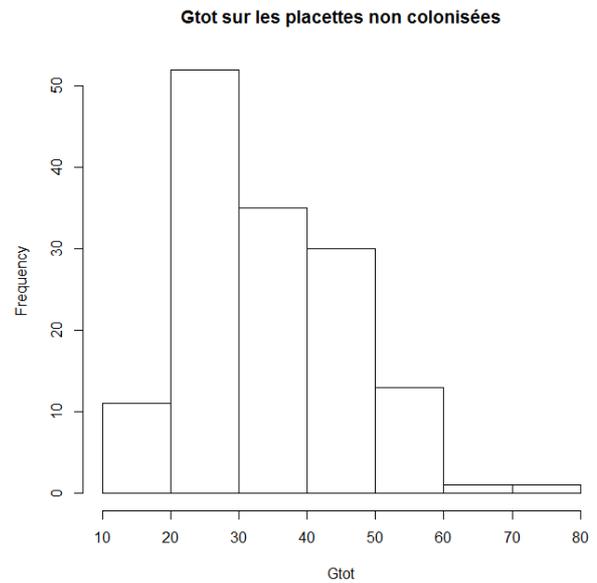


Figure 7 : Surface terrière mesurée sur les placettes où *B.viridis* était absente

Annexe 6 : Analyse statistique – Quel impact de la desserte sur *Buxbaumia viridis* ?

1 Description des données :

170 placettes ont été réalisées :

- 50 dans le Bugey (Oyonnax, Lochieu, Gex, Meyriat, Hauteville Lompnes)
- 40 dans la forêt de la Grande Chartreuse
- 80 dans le Beaufortain / Haute Tarentaise (Seez, la Lechere Doucy, Macot, La Giettaz, Flumet, Ugine, Notre Dame de Bellecombe x2)

A cela, viennent s'ajouter 52 placettes inventoriées l'an passé :

- 18 dans la forêt d'Aime
- 26 dans la forêt de Crest Volland
- 8 dans la forêt de Doucy

Au total, nous disposons donc de données issues de 222 placettes pour les analyses statistiques.

Les sites prospectés se trouvent très majoritairement en situation d'ubac. (Expositions N, NE, E, NW). Seuls 49 points sont exposés à l'ouest.

Les variables relevées sur chacun des points prospectés sont les suivantes :

PresAbs	Présence / Absence de support colonisé par <i>B. viridis</i> sur la placette	Variable binaire valant 1 si au moins 1 support colonisé a été observé sur la placette, 0 sinon.
SUP_PROS	Nombre de supports prospectés sur la placette	Variable continue.
Pfav	Proportion de supports favorables au développement de <i>B. viridis</i>	Variable continue exprimée en pourcentage.
Pcol	Proportion de supports colonisés par <i>B. viridis</i>	Variable continue exprimée en pourcentage.
Foret	Forêt dans laquelle se trouve la placette	Variable qualitative.
EXPO	Exposition de la placette prospectée	Facteur à 5 niveaux.
Nature	Type de placette : témoin ou à proximité de la desserte	Facteur à 2 niveaux : Proximité, Témoin.
STATION	Station forestière relevée sur la placette	Variable qualitative.
Gtot	Surface terrière totale mesurée depuis le point de relevé	Variable continue exprimée en m ² /ha.

PSAP	Proportion de sapin dans le peuplement déterminée en mesurant la surface terrière de l'essence.	Variable continue exprimée en pourcentage.
PHET	Proportion de hêtre dans le peuplement déterminée en mesurant la surface terrière de l'essence.	Variable continue exprimée en pourcentage.
PERA	Proportion d'érable dans le peuplement déterminée en mesurant la surface terrière de l'essence.	Variable continue exprimée en pourcentage.
PEPC	Proportion d'épicéa dans le peuplement déterminée en mesurant la surface terrière de l'essence.	Variable continue exprimée en pourcentage.
PMEL	Proportion de mélèze dans le peuplement déterminée en mesurant la surface terrière de l'essence.	Variable continue exprimée en pourcentage.
PPB	Proportion de petits bois (diamètre compris entre 17,5 et 27,5cm) dans le peuplement déterminée en mesurant la surface terrière en petit bois.	Variable continue exprimée en pourcentage.
PBM	Proportion de bois moyen (diamètre compris entre 27,5 et 47,5cm) dans le peuplement déterminée en mesurant la surface terrière en bois moyen.	Variable continue exprimée en pourcentage.
PGB	Proportion de gros bois (diamètre supérieur à 47,5) dans le peuplement déterminée en mesurant la surface terrière en gros bois.	Variable continue exprimée en pourcentage.
PTGB	Proportion de très gros bois (diamètre supérieur à 67,5) dans le peuplement déterminée en mesurant la surface terrière en très gros bois.	Variable continue exprimée en m ² .

Les sorties ci-dessous récapitulent :

✓ pour les variables qualitatives, leurs répartitions suivant chaque niveau du facteur

PresABS	Foret	EXPO	Nature	STATION
0 : 143	Oyonnax : 10	30 (N)	Prox : 111	1.9 : 22
1 : 79	Lochieu : 10	5 (NE)	Tem : 111	4.3 : 10
	Gex : 10	21 (Est)		4.6 : 16
	Meyriat : 10	85 (NW)		5.4 : 34
	Hauteville Lompnes : 10	61 (W)		5.6 : 15
	Grande Chartreuse : 40	20 (SW)		5.7 : 25
	Seez : 10			5.8 : 60
	La Léchère Doucy : 10			6.4 : 40
	Macot : 10			
	Flumet : 10			
	La Giettaz : 10			
	Ugine : 10			
	Notre Dame de Bellecombe : 20			
	Aime : 18			
	Crest Volland : 26			
	Doucy : 8			

- ✓ pour les variables quantitatives, les valeurs extrêmes, la moyenne, la médiane ainsi que la valeur des premiers et troisièmes quantiles.

SUP_PROS	Pfav	Pcol	Gtot	PSAP	PHET	PERA
Min. : 3.00	Min. : 0.00	Min. : 0.00	Min. : 12.00	Min. : 0.00	Min. : 0.00	Min. : 0.00
1st Qu.: 46.00	1st Qu.: 6.25	1st Qu.: 0.00	1st Qu.: 28.25	1st Qu.: 0.00	1st Qu.: 0.00	1st Qu.: 0.00
Median : 72.00	Median : 13.96	Median : 0.00	Median : 38.00	Median : 44.46	Median : 0.00	Median : 0.00
Mean : 85.41	Mean : 16.50	Mean : 3.787	Mean : 38.89	Mean : 44.11	Mean : 5.648	Mean : 1.144
3rd Qu.: 112.50	3rd Qu.: 24.28	3rd Qu.: 5.921	3rd Qu.: 48.00	3rd Qu.: 88.54	3rd Qu.: 6.250	3rd Qu.: 0.00
Max. : 298.00	Max. : 53.10	Max. : 42.860	Max. : 78.00	Max. : 127.30	Max. : 76.920	Max. : 61.900

PEPC	PMEL	PPB	PBM	PGB	PTGB
Min. : 0.00	Min. : 0.00	Min. : 0.00	Min. : 3.30	Min. : 0.000	Min. : 0.000
1st Qu.: 0.00	1st Qu.: 0.00	1st Qu.: 12.14	1st Qu.: 37.60	1st Qu.: 9.302	1st Qu.: 0.000
Median : 32.46	Median : 0.00	Median : 18.86	Median : 52.14	Median : 18.070	Median : 0.000
Mean : 48.46	Mean : 0.7689	Mean : 22.59	Mean : 51.10	Mean : 21.150	Mean : 5.278
3rd Qu.: 100.00	3rd Qu.: 0.00	3rd Qu.: 29.49	3rd Qu.: 67.10	3rd Qu.: 28.590	3rd Qu.: 8.649
Max. : 100.00	Max. : 34.500	Max. : 93.30	Max. : 98.25	Max. : 76.900	Max. : 37.500

La **matrice des corrélations** présentée dans le tableau ci-dessous permet de visualiser les corrélations existant entre les différentes variables :

	PresAbs	SUP_PROS	Pfav	Pcol	PPB	PBM	PGB	PTGB	PSAP	PHET	PERA	PEPC	PMEL	Gtot	STATION
PresAbs	1.00	0.15	0.42	0.76	-0.04	0.03	0.09	-0.17	-0.08	-0.19	-0.13	0.14	0.19	0.38	0.11
SUP_PROS	0.15	1.00	-0.12	0.01	0.13	-0.01	0.01	-0.24	0.02	-0.17	-0.14	0.06	-0.10	0.28	0.17
Pfav	0.42	-0.12	1.00	0.22	0.18	-0.3	0.3	-0.24	-0.07	-0.17	-0.18	0.12	0.27	0.12	0.17
Pcol	0.76	0.01	0.22	1.00	-0.07	0.12	-0.03	-0.08	-0.03	-0.15	-0.09	0.09	0.07	0.32	0.09
PPB	-0.04	0.13	0.18	-0.07	1.00	-0.45	-0.25	-0.33	0.15	0.07	0.02	-0.18	0.16	0.07	0.19
PBM	0.03	-0.01	-0.3	0.12	-0.4	1.00	-0.64	-0.19	0.02	0.06	0.17	-0.04	-0.27	0.09	0.02
PGB	0.09	0.01	0.3	-0.03	-0.2	-0.64	1.00	0.03	-0.28	-0.16	-0.17	0.31	0.24	-0.13	-0.15
PTGB	-0.17	-0.24	-0.24	-0.08	-0.33	-0.19	0.03	1.00	0.2	0.03	-0.11	-0.17	-0.13	-0.11	-0.12
PSAP	-0.08	0.02	-0.07	-0.03	0.15	0.02	-0.28	-0.2	1.00	0.14	-0.10	-0.94	-0.22	-0.005	0.44
PHET	-0.19	-0.17	-0.17	-0.15	0.07	0.06	-0.16	0.03	0.14	1.00	0.30	-0.43	-0.10	-0.27	0.19
PERA	-0.13	-0.14	-0.18	-0.09	0.02	0.17	-0.17	-0.11	-0.10	0.3	1.00	-0.11	-0.04	-0.20	0.09
PEPC	0.14	0.06	0.12	0.09	-0.18	-0.04	0.31	-0.17	-0.94	-0.43	-0.11	1.00	0.17	0.10	-0.47
PMEL	0.19	-0.1	0.27	0.07	0.16	-0.28	0.24	-0.13	-0.22	-0.10	-0.04	0.17	1.00	-0.12	-0.13
Gtot	0.38	0.28	0.12	0.32	0.07	0.09	-0.13	-0.11	-0.01	-0.27	-0.20	0.10	-0.12	1.00	0.23
STATION	0.11	0.17	0.17	0.09	0.19	0.02	-0.15	-0.12	0.45	0.19	0.09	-0.47	-0.13	0.23	1.00

Plusieurs variables sont corrélées entre elles :

- ✓ Les variables PresAbs et Pcol sont corrélées de façon positive (0.76). Ceci est logique, plus la proportion de supports favorables est élevée, plus il y a de probabilité de trouver de la Buxbaumie verte.
- ✓ La proportion de bois moyens est corrélée négativement (-0.64) avec la proportion de gros bois.

- ✓ La proportion d'épicéa dans le peuplement est fortement corrélée négativement (-0.94) avec la proportion de sapin.

Dans la suite des analyses statistiques, les variables très corrélées entre elles ne seront pas introduites de façon simultanée dans les modèles statistiques.

2 Objectifs de l'analyse statistique

Les questions auxquelles on cherche à répondre à travers cette analyse statistique sont les suivantes :

- Quels sont les facteurs pouvant expliquer la présence de la Buxbaumie verte sur les placettes ?
- Y-a-t-il un impact de la desserte sur la proportion de supports colonisés par *B. viridis* ?
- Y-a-t-il un impact de la desserte sur le nombre de sporophytes observé ?

3 Exploitation des données de présence/absence de la Buxbaumie verte

Une première régression logistique est réalisée afin d'expliquer la probabilité de présence de la Buxbaumie verte en fonction des variables relevées sur les placettes. Toutefois, certaines variables étant très corrélées entre elles, toutes ne sont pas intégrées dans le modèle. Ainsi, dans ce modèle, les variables Pcol, PBM et PEPC n'ont pas été intégrées car corrélées respectivement à PresAbs, PGB et PSAP.

Les sorties obtenues suite à cette régression logistique sont les suivantes :

```
Call:
glm(formula = PresAbs ~ cor$Foret + cor$EXPO + cor$SUP_PROS +
     cor$Pfav + cor$PPB + cor$PGB + cor$PTGB + cor$PSAP + cor$PHET +
     cor$PERA + cor$PMEL + cor$Gtot + cor$Nature + cor$STATION,
     family = binomial(link = "logit"), data = cor)
```

Deviance Residuals:

```
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.13755 -0.48029 -0.01504  0.33393  2.16322
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-2.474e+01	1.776e+01	-1.393	0.163631
cor\$ForetCREST VOLLAND	-2.136e+00	4.880e+00	-0.438	0.661578
cor\$ForetDOUCY	7.999e-01	4.773e+00	0.168	0.866909
cor\$ForetFlumet	4.163e+00	4.052e+00	1.027	0.304188
cor\$ForetGEX	-2.010e+01	2.561e+03	-0.008	0.993738
cor\$ForetGrande Chartreuse	2.157e+00	5.295e+00	0.407	0.683772
cor\$ForetHauteville Lompnes	-3.904e-01	5.895e+00	-0.066	0.947196
cor\$ForetLa Giettaz	-4.924e+00	2.775e+03	-0.002	0.998584
cor\$ForetLa Lechere Doucy	-2.027e+01	2.775e+03	-0.007	0.994173
cor\$ForetLochieu	-2.328e+00	5.814e+00	-0.400	0.688873
cor\$ForetMacot	-6.819e-01	7.668e+00	-0.089	0.929131
cor\$ForetMeyriat	2.761e-01	5.597e+00	0.049	0.960654
cor\$ForetNotre Dame de Bellecombe	-1.151e+00	1.831e+03	-0.001	0.999499
cor\$ForetOyonnax	-3.378e+00	5.803e+00	-0.582	0.560529
cor\$ForetSeez	-2.052e+01	2.775e+03	-0.007	0.994101
cor\$ForetUgine	-1.403e+00	7.738e+00	-0.181	0.856079
cor\$EXPON	1.769e+01	2.775e+03	0.006	0.994914
cor\$EXPONE	-3.194e+00	2.058e+00	-1.552	0.120699
cor\$EXPONW	-1.110e+00	1.796e+00	-0.618	0.536609
cor\$EXPOSW	4.523e+00	1.831e+03	0.002	0.998029
cor\$EXPOW	-2.698e+00	1.845e+00	-1.462	0.143614
cor\$SUP_PROS	1.468e-02	5.727e-03	2.563	0.010377 *
cor\$Pfav	2.227e-01	4.212e-02	5.287	1.24e-07 ***
cor\$PPB	-4.532e-02	3.021e-02	-1.500	0.133542
cor\$PGB	5.556e-02	3.179e-02	1.748	0.080498 .
cor\$PTGB	-3.746e-02	5.065e-02	-0.739	0.459630
cor\$PSAP	1.990e-02	1.715e-02	1.160	0.245945
cor\$PHET	3.854e-03	4.520e-02	0.085	0.932052
cor\$PERA	-3.607e-01	6.226e-01	-0.579	0.562310
cor\$PMEL	2.834e-01	9.387e-02	3.019	0.002537 **
cor\$Gtot	1.076e-01	3.097e-02	3.473	0.000515 ***
cor\$NatureTem	-5.972e-01	4.849e-01	-1.232	0.218075
cor\$STATION	2.612e+00	4.104e+00	0.636	0.524578

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

```
Null deviance: 289.04  on 221  degrees of freedom
Residual deviance: 137.27  on 189  degrees of freedom
AIC: 203.27
```

Number of Fisher Scoring iterations: 17

```
> with(lbwt.glm,pchisq(null.deviance-deviance, df.null-df.residual, lower.tail=FALSE))
```

```
[1] 1.376231e-15
```

On obtient **pvalue = 1.376231e-15**, ce qui permet de conclure que le modèle est significatif. Ce test fait par ailleurs ressortir l'impact significatif de différentes variables sur la présence ou l'absence de *Buxbaumia viridis* :

- Le **nombre de supports prospectés** et la **proportion de supports favorables** ressortent comme ayant un impact significatif sur la probabilité de présence de la Buxbaumie verte. Il s'agit d'un impact positif. Cela paraît logique, plus on prospecte de supports et plus on a de supports favorables, plus on aura de chances de retrouver de la Buxbaumie verte sur la placette.
- La **proportion de mélèze dans le peuplement** semble également avoir un impact positif selon les résultats. Toutefois, ce résultat est à prendre avec précaution car le mélèze est présent sur seulement 16 des 222 placettes qui ont été inventoriées.
- La **surface terrière** ressort également comme ayant un impact positif significatif sur la probabilité de présence de *B. viridis*. En effet, plus cette dernière augmente, plus la probabilité de trouver de la Buxbaumie verte sur la placette augmente, ce qui paraît logique étant donné que *B. viridis* est une plante qui affectionne les milieux fermés.

La distance à la desserte ne ressort pas de façon significative dans ce modèle. La probabilité d'observer *B. viridis* semble ainsi identique que l'on soit à 10m de la desserte ou à 50m.

Un nouveau modèle est testé en utilisant une sélection de variable par stepwise :

```
Call:
glm(formula = PresAbs ~ cor$Foret + cor$SUP_PROS + cor$Pfav +
     cor$PPB + cor$PMEL + cor$Gtot + cor$STATION, family = binomial(link = "logit"),
     data = cor)
```

```
Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.7090  -0.5362  -0.1075   0.3391   2.5568
```

```
Coefficients:
                Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)      -1.890e+01  6.198e+00  -3.050  0.002291 **
cor$ForetCREST VOLLAND -1.261e+00  1.681e+00  -0.750  0.453214
cor$ForetDOUCY      1.686e+00  2.246e+00   0.751  0.452781
cor$ForetFlumet     2.686e+00  2.015e+00   1.333  0.182553
cor$ForetGEX       -1.327e+01  1.107e+03  -0.012  0.990429
cor$ForetGrande Chartreuse  2.518e+00  1.958e+00   1.286  0.198509
cor$ForetHauteville Lompnes -9.950e-01  2.079e+00  -0.479  0.632278
cor$ForetLa Giettaz   8.423e+00  3.576e+00   2.355  0.018504 *
cor$ForetLa Lechere Doucy -1.004e+00  2.710e+00  -0.370  0.711036
cor$ForetLochieu    -1.994e+00  2.058e+00  -0.969  0.332465
cor$ForetMacot      -1.585e+00  2.759e+00  -0.574  0.565675
cor$ForetMeyriat    -9.096e-01  2.340e+00  -0.389  0.697467
cor$ForetNotre Dame de Bellecombe  1.974e+00  1.828e+00   1.080  0.280035
cor$ForetOyonnax    -3.117e+00  1.979e+00  -1.575  0.115178
cor$ForetSeez      -1.305e+00  2.921e+00  -0.447  0.654951
cor$ForetUgine     -2.333e+00  2.967e+00  -0.786  0.431597
cor$SUP_PROS        1.761e-02  5.255e-03   3.351  0.000805 ***
cor$Pfav           1.961e-01  3.624e-02   5.411  6.28e-08 ***
cor$PPB            -6.029e-02  2.234e-02  -2.699  0.006965 **
cor$PMEL           2.622e-01  9.751e-02   2.689  0.007162 **
cor$Gtot           1.082e-01  2.637e-02   4.105  4.05e-05 ***
cor$STATION        1.746e+00  1.221e+00   1.430  0.152788
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)
```

```
Null deviance: 289.04 on 221 degrees of freedom
Residual deviance: 150.60 on 200 degrees of freedom
AIC: 194.6
```

```
Number of Fisher Scoring iterations: 16
```

```
> with(lbwt.glm,pchisq(null.deviance-deviance, df.null-df.residual,
lower.tail=FALSE))
```

```
[1] 2.679238e-19
```

On retrouve les conclusions précédentes à savoir : un impact positif du nombre de supports prospectés, de la proportion de supports favorables et de la surface terrière. En plus de cela, ce nouveau modèle fait ressortir un impact négatif de la proportion de petits bois dans le peuplement.

4 Explication de la proportion de supports colonisés

Dans cette partie, on ne cherche plus à expliquer la probabilité de présence de la Buxbaumie, on cherche les facteurs qui permettent d'expliquer la proportion de supports colonisés parmi les supports favorables disponibles lorsque l'espèce est présente sur une placette.

Une régression linéaire multiple est ainsi réalisée, avec la proportion de supports colonisés en variable à expliquer. Les résultats issus de cette régression sont les suivants :

Call:

```
lm(formula = cor$Pcol ~ cor$Foret + cor$EXPO + cor$SUP_PROS +  
  cor$Pfav + cor$PPB + cor$PGB + cor$PTGB + cor$PSAP + cor$PHET +  
  cor$PERA + cor$PMEL + cor$Gtot + cor$Nature + cor$STATION)
```

Residuals:

```
      Min       1Q   Median       3Q      Max  
-12.535  -3.030  -1.051   1.952  22.177
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-21.327803	9.343903	-2.283	0.02357 *
cor\$ForetCREST VOLLAND	0.467513	3.511905	0.133	0.89424
cor\$ForetDOUCY	0.425235	4.946747	0.086	0.93159
cor\$ForetFlumet	17.881252	3.986359	4.486	1.26e-05 ***
cor\$ForetGEX	10.192038	6.023617	1.692	0.09229 .
cor\$ForetGrande Chartreuse	6.699652	4.442538	1.508	0.13321
cor\$ForetHauteville Lompnes	1.891621	5.507662	0.343	0.73164
cor\$ForetLa Giettaz	11.514175	6.652057	1.731	0.08510 .
cor\$ForetLa Lechere Doucy	-5.714955	6.044643	-0.945	0.34563
cor\$ForetLochieu	-3.840727	5.382995	-0.713	0.47642
cor\$ForetMacot	2.430813	5.019711	0.484	0.62877
cor\$ForetMeyriat	3.609286	5.244868	0.688	0.49220
cor\$ForetNotre Dame de Bellecombe	15.305995	6.191714	2.472	0.01432 *
cor\$ForetOyonnax	-2.200602	5.230185	-0.421	0.67442
cor\$ForetSeez	-3.762254	6.169153	-0.610	0.54269
cor\$ForetUgine	5.742406	5.116097	1.122	0.26311
cor\$EXPON	4.482986	3.613991	1.240	0.21635
cor\$EXPONE	-4.854715	3.447252	-1.408	0.16069
cor\$EXPONW	-0.524974	1.938143	-0.271	0.78679
cor\$EXPOSW	-7.583506	5.268444	-1.439	0.15169
cor\$EXPOW	-1.909979	2.432288	-0.785	0.43328
cor\$SUP_PROS	0.007867	0.009993	0.787	0.43214
cor\$Pfav	0.255872	0.050477	5.069	9.49e-07 ***
cor\$PPB	0.018488	0.050612	0.365	0.71531
cor\$PGB	0.060461	0.052374	1.154	0.24979
cor\$PTGB	-0.070302	0.071775	-0.979	0.32859
cor\$PSAP	0.051790	0.030442	1.701	0.09053 .
cor\$PHET	0.029349	0.051543	0.569	0.56976
cor\$PERA	-0.058872	0.079412	-0.741	0.45940
cor\$PMEL	0.334621	0.162737	2.056	0.04114 *
cor\$Gtot	0.119918	0.042482	2.823	0.00527 **
cor\$NatureTem	-0.870974	0.772169	-1.128	0.26077
cor\$STATION	1.625221	1.829743	0.888	0.37555

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5.422 on 189 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.4432, Adjusted R-squared: 0.3489

F-statistic: 4.701 on 32 and 189 DF, p-value: 6.32e-12

L'analyse du graphique des résidus montre que les hypothèses utilisées par le modèle sont validées. Par ailleurs, **p-value < 0.05** donc le modèle est significatif. Toutefois, son coefficient de corrélation reste assez faible (**0.3489**).

L'analyse de chacune des variables explicatives fait donc ressortir l'impact significatif de plusieurs variables sur la proportion de supports colonisés :

- La forêt où ont été fait les relevés
- La proportion de supports favorables
- La proportion de mélèze

- La surface terrière

Ces variables sont corrélées positivement à la proportion de supports colonisés, elles ont donc un impact positif sur cette dernière.

Pour affiner l'analyse, une sélection de variable par stepwise est réalisée. Cette sélection permet de construire le modèle le plus ajusté, tout en ayant le moins de variable explicative possible.

Les variables retenues par la sélection de variable sont : Foret, SUP_PROS, Pfav, PERA, PMEL, Gtot.

Une nouvelle régression linéaire multiple réalisée sur ces variables permet d'obtenir les résultats suivants :

```
Call:
lm(formula = cor$Pcol ~ cor$Foret + cor$SUP_PROS + cor$Pfav +
    cor$PERA + cor$PMEL + cor$Gtot)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-13.3199  -2.9530  -0.9104   1.8907  22.0509

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      -11.999228    2.994646  -4.007 8.66e-05 ***
cor$ForetCREST VOLLAND    1.754506    2.411830   0.727  0.46779
cor$ForetDOUCY           5.462901    3.253281   1.679  0.09467 .
cor$ForetFlumet        18.549640    2.913521   6.367 1.29e-09 ***
cor$ForetGEX            6.803304    3.114910   2.184  0.03011 *
cor$ForetGrande Chartreuse 10.646738    2.595896   4.101 5.96e-05 ***
cor$ForetHauteville Lompnes 5.140780    2.767454   1.858  0.06469 .
cor$ForetLa Giettaz      8.907584    2.999112   2.970  0.00334 **
cor$ForetLa Lechere Doucy 4.135459    2.933919   1.410  0.16022
cor$ForetLochieu        0.518808    2.639703   0.197  0.84439
cor$ForetMacot          2.622620    2.863896   0.916  0.36089
cor$ForetMeyriat        5.376355    2.873922   1.871  0.06283 .
cor$ForetNotre Dame de Bellecombe 6.118871    2.796556   2.188  0.02982 *
cor$ForetOyonnax        1.615042    2.611637   0.618  0.53701
cor$ForetSeez           6.109957    3.204515   1.907  0.05799 .
cor$ForetUgine          6.898481    3.007902   2.293  0.02286 *
cor$SUP_PROS            0.016098    0.009317   1.728  0.08555 .
cor$Pfav              0.257268    0.048632   5.290 3.18e-07 ***
cor$PERA              -0.111152    0.071163  -1.562  0.11988
cor$PMEL              0.307124    0.153269   2.004  0.04643 *
cor$Gtot              0.107525    0.037481   2.869  0.00456 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5.415 on 201 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4093,    Adjusted R-squared:  0.3506
F-statistic: 6.964 on 20 and 201 DF,  p-value: 1.721e-14
```

On obtient une p-value < 0.05 , le modèle est donc significatif, bien que le coefficient de corrélation reste sensiblement identique (**0.3506**). On retrouve les mêmes conclusions que précédemment. La proportion de supports colonisés sur une placette augmente donc avec la proportion de supports favorables, ce qui paraît logique car plus il y a de supports favorables sur une placette, plus on aura de chances de retrouver l'espèce. Elle augmente également avec l'augmentation de la surface terrière. Là encore, cela paraît cohérent puisque la Buxbaumie privilégie les milieux plutôt fermés avec des surfaces terrières importantes. Enfin, cette proportion varie en fonction de la forêt dans laquelle on se trouve, en fonction des conditions stationnelles.

Concernant l'effet positif de la proportion de Mélèze, il s'agit certainement d'un biais d'analyse étant donné que le mélèze n'est présent que sur 16 placettes au total.

La proximité de la desserte ne ressort pas dans ce modèle comme ayant un impact sur la proportion de supports colonisés. Toutefois, d'autres tests statistiques ont été effectués pour confirmer cela. La question qui s'est posée est de savoir s'il existe une différence significative entre la proportion de supports colonisés à proximité de la desserte et la proportion de supports colonisés au sein des peuplements.

Il s'agit donc d'une comparaison de moyenne entre deux échantillons indépendants.

Dans un premier temps, la normalité des données est testée pour savoir quel test statistique utiliser :

```
> shapiro.test(prox)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  prox
W = 0.61966, p-value = 1.572e-15

> shapiro.test(tem)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  tem
W = 0.6555, p-value = 8.992e-15
```

p-value < 0.05 , donc il n'y a pas normalité des données. On transforme les données en prenant le log :

```
> shapiro.test(log(tem))

      Shapiro-Wilk normality test

data:  log(tem)
W = NaN, p-value = NA

> shapiro.test(log(prox))

      Shapiro-Wilk normality test

data:  log(prox)
W = NaN, p-value = NA
```

On obtient p-value = NA, il n'y a donc toujours pas de normalité des données. On utilise donc un test paramétrique U de Mann et Whitney pour échantillons indépendants :

```
> wilcox.test (prox, tem, paired=F, alt="two.sided")  
  
Wilcoxon rank sum test with continuity correction  
  
data: prox and tem  
W = 6215, p-value = 0.8951  
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

p-value > 0.05, donc il n'y a pas de différence significative entre la proportion de supports colonisés à proximité de la desserte et la proportion de supports colonisés sur les placettes témoins.

La présence d'une desserte n'a donc pas d'impact sur la proportion de supports colonisés par *Buxbaumia viridis*.

5 La desserte a-t-elle un impact sur le nombre de sporophytes observés?

Dans cette partie, l'objectif est de déterminer si la présence d'une desserte a un impact, ou non, sur le nombre de sporophytes de Buxbaumie observés.

Dans un premier temps, la normalité des données est testée afin de savoir quel test statistique utiliser :

```
> shapiro.test (nbbuxtem)  
  
Shapiro-Wilk normality test  
  
data: nbbuxtem  
W = 0.55751, p-value = 2.231e-15  
  
> shapiro.test (nbbuxprox)  
  
Shapiro-Wilk normality test  
  
data: nbbuxprox  
W = 0.59898, p-value = 2.166e-14
```

p-value < 0.05 donc il n'y a pas de normalité des données, on transforme les données avec le log :

```
> shapiro.test(log(nbbuxprox))  
  
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: log(nbbuxprox)  
W = 0.88375, p-value = 7.257e-07
```

```
> shapiro.test(log(nbbuxtem))  
  
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: log(nbbuxtem)  
W = 0.85655, p-value = 4.377e-08
```

p-value < 0.05, toujours pas de normalité des données. On utilise donc le test non paramétrique U de Mann et Whitney pour échantillons indépendants :

```
> wilcox.test(nbbuxtem, nbbuxprox, paired=F, alt="two.sided")
```

```
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
```

```
data: nbbuxtem and nbbuxprox  
W = 4103.5, p-value = 0.6233  
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

p-value > 0.05, il n'y a donc pas de différence significative entre le nombre de sporophytes présents sur les supports à proximité de la desserte et le nombre de sporophytes présents sur les supports témoins.

D'après les résultats statistiques, la présence d'une desserte n'a donc pas d'impact sur le nombre de sporophytes observés, on en retrouve autant à proximité de la desserte que dans le peuplement.

6 Conclusions

Au final, ces différentes analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas d'impact de la desserte sur la probabilité de présence de la Buxbaumie verte et le nombre de sporophytes observés.

Deux principaux facteurs semblent expliquer la présence de la Buxbaumie verte : la disponibilité en bois morts à des stades de décomposition favorables et la surface terrière.

Lorsque l'espèce est présente, la proportion de supports colonisés serait conditionnée par la proportion de supports favorables disponibles, la surface terrière et les conditions stationnelles dans lesquelles on se trouve.

Annexe 7 : Justification du nombre de placettes nécessaires à la quantification du nombre de Buxbaumie sur un site donné

Réaliser un inventaire en plein de la Buxbaumie verte en prospectant tous les bois morts au sol est chronophage et éreintant. A défaut de pouvoir faire cet inventaire exhaustif de *B.viridis* dans un peuplement, une approche plus globale a été mise en place. Cette approche consiste à prospecter un nombre limité de supports afin d'estimer les proportions de supports colonisés et de supports favorables au développement de *B.viridis* dans ce peuplement.

Pour déterminer le nombre de supports à prospecter pour estimer ces deux indicateurs de façon fiable, une étude a été menée l'an passé dans la forêt communale de Crest-Voland.

1 Description du protocole mis en place

Dans la parcelle 21 de la forêt communale de Crest-Voland, une surface d'environ 7000 m² a été délimitée dans un peuplement homogène. Cette zone a ensuite été prospectée en réalisant 10 placettes circulaires de 15 m de rayon, comme le montre le dispositif présenté sur la figure 1 ci-dessous.

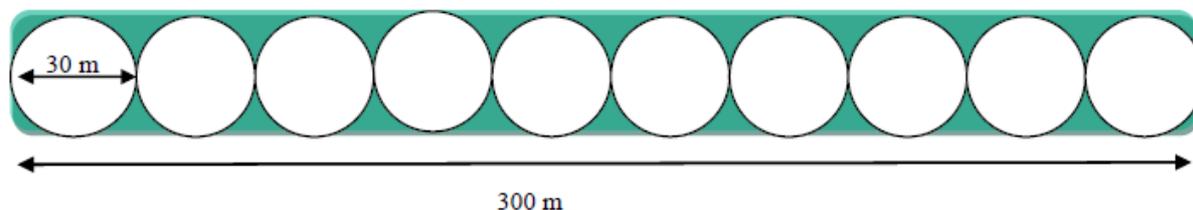


Figure 1 : Schéma du dispositif mis en place sur le terrain

Sur chacune de ces placettes, l'ensemble des bois morts présents au sol ont été prospectés. Pour chacun d'entre eux, les paramètres suivants ont été relevés : la distance au centre de la placette, la nature du support (branche, tronc, souche), le caractère favorable ou non au développement de *B.viridis* (état de décomposition suffisamment avancé sans colonisation trop importante par d'autres bryophytes) et, pour finir, la présence ou l'absence de sporophytes de *B.viridis*.

2 Résultats

La figure 2 ci-dessous représente l'évolution des proportions de supports favorables et de supports colonisés en fonction du nombre de supports prospectés.

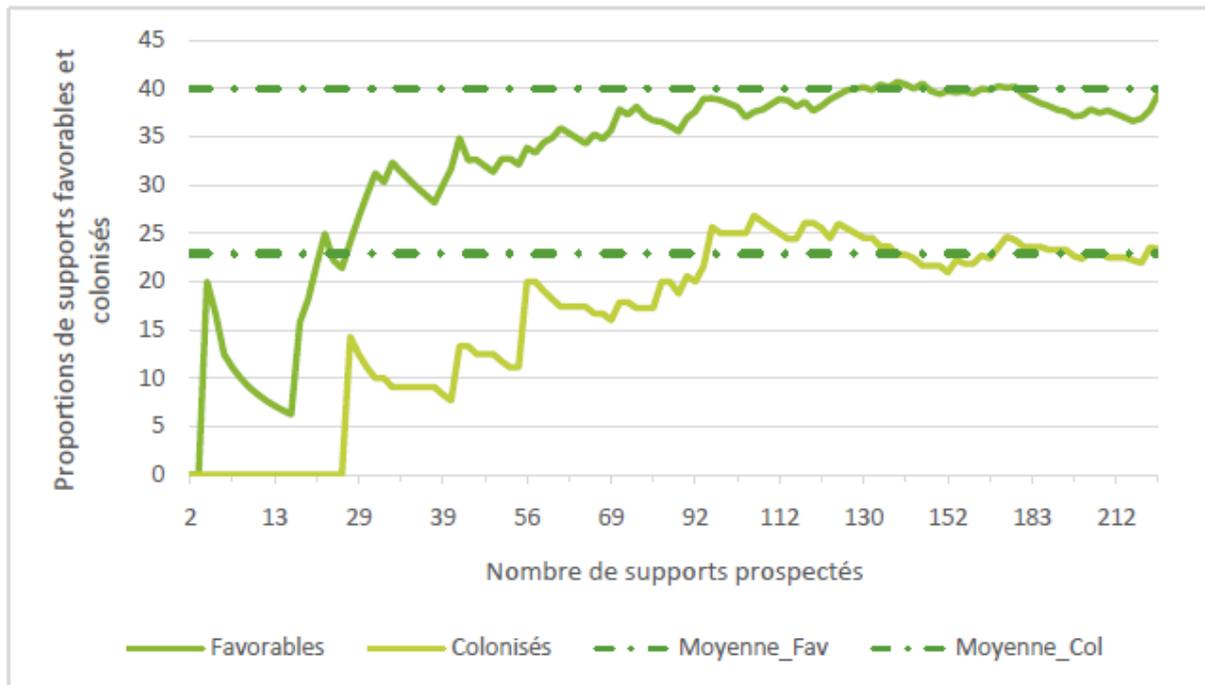


Figure 2 : Evolution des proportions de supports favorables et colonisés en fonction du nombre de supports prospectés.

On peut constater qu'à partir d'environ 90 supports prospectés, ces deux proportions sont estimées avec un taux d'erreur inférieur à 10%.

3 Conclusion

L'étude a permis de mettre en évidence qu'à partir d'environ 90 supports prospectés, on peut estimer, avec un taux d'erreur inférieur à 10%, la proportion de supports favorables à *B. viridis* et la proportion de supports colonisés. Ainsi, en prospectant a minima 5 placettes, ce nombre serait largement dépassé.

Annexe 8 : Présentation de l'étude menée sur la surface terrière cible à partir des données Lidar du massif du Bugey

1 Présentation de la démarche

Le guide de sylviculture de montagne des alpes préconise généralement d'appliquer une surface terrière cible de 25 m² dans les peuplements majoritairement résineux.

Or, nous avons pu constater, d'après les résultats issus de l'étude, que la Buxbaumie verte se développe essentiellement dans des peuplements avec une surface terrière supérieure ou égale à 30 m²/ha.

Nous avons alors voulu savoir quelle part du peuplement présente une surface terrière supérieure à 30 m²/ha, et de fait est propice au développement de l'espèce, lorsqu'on applique la surface terrière cible de 25 m²/ha comme le guide le préconise ?

2 Méthode utilisée

Afin de répondre à cette question, nous avons utilisé les données Lidar disponibles pour l'ensemble du massif du Bugey. Le Lidar a permis d'obtenir une cartographie complète sur l'ensemble des forêts des montagnes de l'Ain, soit 163 000 ha de forêts, de la surface terrière totale et de celle des résineux avec une résolution par pixels de 7 ares. Ces données issues du Lidar ont été retranscrites sous forme de rasters, on obtient ainsi des représentations telles que celles présentées sur la figure 1 ci-dessous.

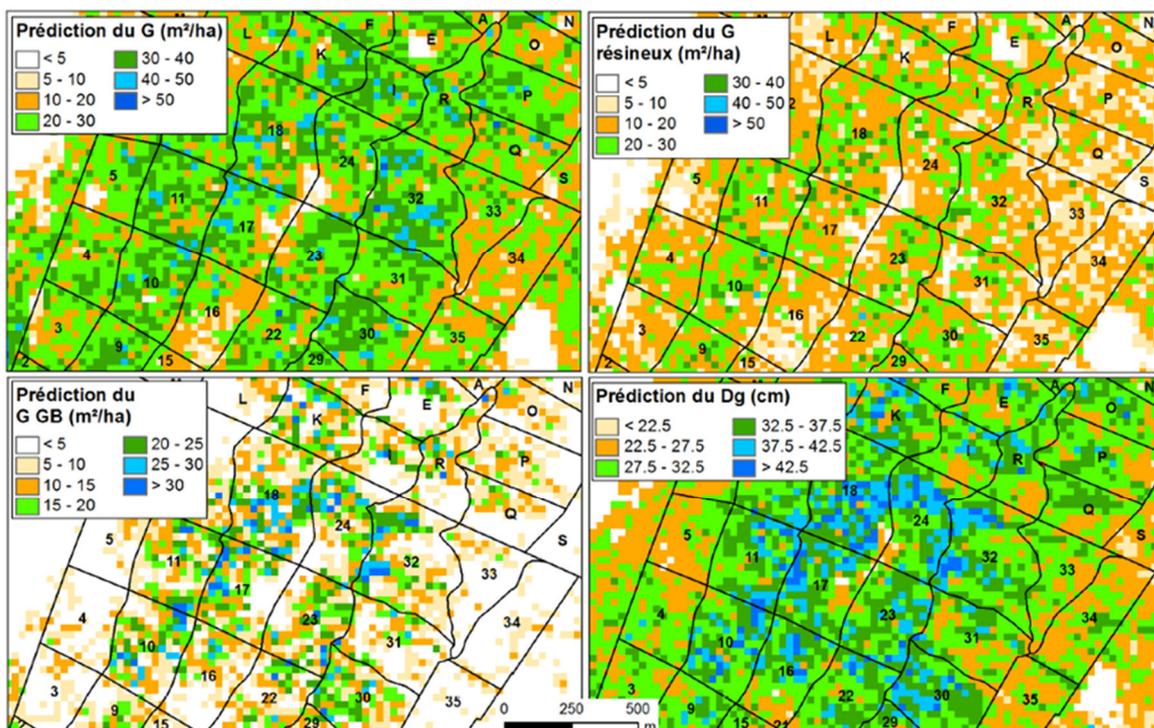


Figure 1 : Exemple de cartes des paramètres forestiers obtenues à partir des données LIDAR

La première étape a consisté à reclasser le raster de surface terrière obtenu pour le massif du Bugey. Ce dernier a été reclassé en 5 classes :

- Classe 1 : $1 < G < 20$
- Classe 2 : $21 < G < 30$
- Classe 3 : $31 < G < 40$
- Classe 4 : $41 < G < 50$
- Classe 5 : $G > 51$

Une fois ce reclassement effectué, le raster obtenu a été converti en points, puis, la couche issue de cette conversion a été intersectée avec la couche contenant les parcelles du massif du Bugey. On peut alors calculer une surface terrière moyenne pour chaque parcelle. Ensuite, en allant dans la table attributaire de la couche issue de l'intersection, on peut calculer, pour chacune des parcelles, la proportion de chaque classe de surface terrière en utilisant l'outil intitulé « outils statistiques ». Pour finir, il suffit d'effectuer des jointures pour avoir toutes les informations souhaitées dans une seule table attributaire, puis les données sont exportées sous Excel pour être traitées.

Les parcelles ayant une surface terrière moyenne comprise entre 22 et 28 m²/ha sont alors sélectionnées : amplitude -3/+3 autour de la surface terrière cible, ce qui correspond généralement à l'amplitude observée en futaie irrégulière entre le moment où la parcelle vient d'être exploitée et le moment où la prochaine coupe va avoir lieu.

Sur l'ensemble de ces parcelles sélectionnées, nous avons calculé quelle part des peuplements présente une surface terrière supérieure à 30.

3 Résultats

Comme on peut le constater sur la figure 2 ci-dessous, 23% du peuplement, en moyenne, présente une surface terrière supérieure à 30 m²/ha lorsqu'on applique une surface terrière cible de 25 m²/ha.

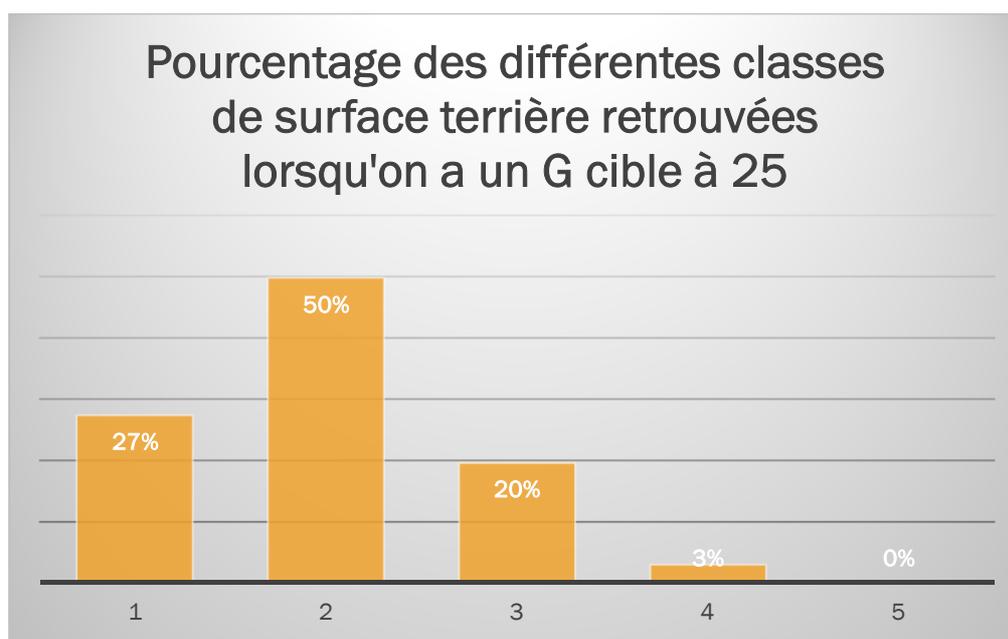


Figure 2 : Histogramme des différentes classes de surface terrière retrouvées lorsqu'on applique une surface terrière cible de 25 m²/ha.

4 Conclusion

Cette étude réalisée sur le massif du Bugey a permis de mettre en évidence que 23% du peuplement présente une surface terrière supérieure à 30 m²/ha lorsqu'on applique une surface terrière cible de 25 m²/ha. Toutefois, on ne dispose que des données Lidar pour le massif du Bugey à l'heure actuelle, une telle approche mériterait d'être reconduite sur un autre massif pour voir si cette tendance se confirme ou si elle est spécifique au massif du Bugey.

A l'état actuel des connaissances, nous ne sommes pas en mesure de déterminer si cette part du peuplement présentant une surface terrière supérieure à 30 m²/ha est suffisante. Il paraît tout de même difficile d'augmenter de manière significative la surface terrière cible, cela pourrait poser des problèmes au niveau sylvicole. En effet, une surface terrière cible élevée tendrait à régulariser le peuplement, ce qui aurait un impact négatif sur la régénération et sur l'équilibre à long terme de la parcelle.