

Maintien d'espèces végétales protégées et réalisation de desserte dans les forêts publiques de Rhône-Alpes : quelle compatibilité ?

Proposition d'un cadre pour l'instruction des procédures liées à ces espèces protégées



Mémoire de dominante d'approfondissement Gestion Forestière

Crédits photographiques :

Marine Vallée

Maintien d'espèces végétales protégées et réalisation de desserte dans les forêts publiques de Rhône-Alpes : quelle compatibilité ?

Proposition d'un cadre pour l'instruction des procédures liées à ces espèces protégées

Mémoire de dominante d'approfondissement Gestion Forestière

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVES

AgroParisTech	TRAVAUX D'ÉLÈVES
TITRE : Maintien d'espèces végétales protégées et réalisation de desserte dans les forêts publiques de Rhône-Alpes : quelle compatibilité ? <i>Proposition d'un cadre pour l'instruction des procédures liées à ces espèces protégées</i>	Mots clés : Espèce végétale protégée Desserte forestière Dérogation
AUTEUR : Marine Vallée	Promotion : 2015 - 2016
Caractéristiques : 1 Volume ; 95 Pages ; 42 Figures ; 15 Tableaux ; 8 Annexes ; bibliographie	

CADRE DU TRAVAIL		
ORGANISME PILOTE OU CONTRACTANT : Office National des Forêts, Direction territoriale de Rhône-Alpes Nom du responsable : Fabrice Coq Fonction : Responsable aménagement et référent environnement Rhône-Alpes		
Nom du correspondant AgroParisTech : Eric Lacombe		
<input type="checkbox"/> Spécialité : Gestion Forestière	<input type="checkbox"/> Stage de fin d'études Date de remise : 20/10/2016	<input type="checkbox"/> Autre

SUITE À DONNER (réservé au Service des Etudes)	
<input type="checkbox"/> Consultable et diffusable <input type="checkbox"/> Confidentiel de façon permanente <input type="checkbox"/> Confidentiel jusqu'au/...../..... , puis diffusable	

Résumé

Dans les forêts publiques de Rhône-Alpes, les projets de desserte impactant des espèces végétales protégées sont systématiquement abandonnés du fait de la complexité des procédures de demande de dérogation. Pour faire face à ce problème, l'ONF en partenariat avec la DREAL et le CBNA souhaite développer des cadres de traitement des demandes de dérogation concernant les espèces protégées les plus fréquemment impliquées dans des projets de desserte. Ces cadres doivent permettre d'apporter les éléments d'analyse qui seront valables pour tous les projets de desserte impactant une espèce donnée. L'analyse des données de localisation des espèces végétales protégées en Rhône-Alpes a permis d'identifier deux espèces pour lesquelles de tels cadres seraient pertinent : *Buxbaumia viridis* et *Asperula taurina*. Plusieurs rencontres entre forestiers, naturalistes et services instructeurs de l'Etat ont permis de définir le contenu de ces cadres et d'identifier les questions auxquelles il faudrait répondre dans la suite du stage : Pour quelles raisons crée-t-on des dessertes dans les forêts publiques de Rhône-Alpes ? Quels sont les impacts de la desserte forestière sur les espèces végétales étudiées ? Quelles mesures d'évitement, de réduction et de compensation peuvent être mises en place pour chaque espèce ? Pour *Asperula taurina* ainsi que *Buxbaumia viridis* des synthèses bibliographiques, analyses SIG, et études de terrain ont été réalisées afin de répondre à ces questions. Ces recherches ont abouti à la rédaction du cadre concernant *Asperula taurina*. Un projet de piste impactant cette espèce a servi de support à une première validation du cadre par les partenaires de la démarche. Ce document doit maintenant être validé de façon officielle par les autorités compétentes. Il a été choisi d'attendre de voir la façon dont le cadre sur *Asperula taurina* serait accueilli avant de finaliser et de valider officiellement le cadre concernant *Buxbaumia viridis*.

Abstract

In the public forests of Rhône-Alpes, forest path projects involving protected species are all discarded. Administrative formalities to get derogations are namely quite complex. The National Forests Office, with the help of the National Botanic Conservatory of the Alps and the Regional Directorate for Environment, Development and Housing (DREAL) is therefore willing to develop framework guidelines to simplify derogation requests. These framework guidelines will not concern all protected plants, but only the most frequent in the region. Location data of protected species were analyzed to identify which species should be chosen to develop such frameworks. Two species seemed highly appropriate for this: *Buxbaumia viridis* and *Asperula taurina*. Meetings were organized between foresters, environmentalists, and members of the relevant government departments to decide on which area these framework guidelines should focus. It was thus decided that these documents should help demonstrate why creating new forest roads or skid trails is relevant in the region. Forest paths' impacts on studied species should also be analyzed. Finally, measures to prevent, reduce and compensate destruction of studied species should be described. Literature review, spatial analyses and field experiments were conducted to answer these questions for *Asperula taurina* and *Buxbaumia viridis*. In the end, a framework guideline was written for *Asperula taurina* and was illustrated thanks to a concrete skid trail project. This document should now be officially approved. If this approach is successful, the framework for *Buxbaumia viridis* will be also finalized and approved.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier les membres de l'ONF, qui sur le terrain, comme dans les agences se sont mobilisés tout au long de ces 6 mois pour partager leurs connaissances et leurs expériences. Ce stage n'aurait pas été possible sans votre implication, un grand merci donc à Julien Bénard, Didier Bonnassieux, Didier Charon, François Drillat, Karine Lambert, Rémy Lecomte, Marc Lemoine, François Sardoge, Frédérique Zelmire sans oublier toute l'équipe de Haute-Savoie pour votre accueil chaleureux.

Fabrice, même si tu fais aussi partie de l'ONF, tu as le droit à ton propre paragraphe : merci de m'avoir confié cette mission et d'avoir su guider et enrichir ce travail de ton expérience et de tes réflexions tout en me laissant une grande autonomie.

J'aimerais également remercier Marc Châtelain, Ornella Kristo ainsi que Fabien Poirié qui par leur engagement et leur ouverture d'esprit ont su rendre fructueuse la collaboration entre le CBNA, la DREAL et l'ONF.

Prendre du recul sur son travail n'est pas forcément évident, aussi merci à Roger Marciau, Serge Müller et Marc Philippe d'avoir partagé votre expertise sur la question des espèces végétales protégées. La pertinence de vos remarques fut une aide précieuse pour faire avancer ma réflexion.

Merci également à Hugo, Léo, Lilian et Margaux pour avoir exercé votre esprit critique sur mon travail.

J'adresse enfin ma sympathie toute particulière à l'équipe d'AgroParisTech. Merci notamment à Eric, pour tes conseils avisés, ta patience et ton investissement ainsi qu'à Isabelle pour ton soutien si précieux ces derniers mois.

Table des matières

REMERCIEMENTS	1
TABLE DES MATIERES	2
TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX	5
TABLE DES ANNEXES	7
TABLE DES SIGLES	8
1 CONTEXTE, QUESTION POSEE ET DEMARCHE ADOPTEE	9
1.1 <i>La législation française sur les espèces végétales protégées</i>	9
1.2 <i>Des demandes de dérogation inapplicables pour les forestiers</i>	10
1.3 <i>Les cadres de traitement des demandes de dérogation : une solution pour rendre la réglementation applicable ?.....</i>	10
2 QUELLES ESPECES PEUVENT FAIRE L’OBJET D’UN CADRE DE TRAITEMENT DES DEMANDES DE DEROGATION ?	12
2.1 <i>Identification des espèces pouvant être impliquées de façon récurrente dans des projets de desserte</i>	12
2.2 <i>Présentation des deux espèces <i>Asperula taurina</i> et <i>Buxbaumia viridis</i>.....</i>	18
2.2.1 <i>Asperula taurina : une espèce localement fréquente favorisée par les perturbations ?</i>	18
2.2.2. <i>Buxbaumia viridis : une espèce caractéristique des forêts non exploitées ?</i>	20
2.2.3. <i>Analyse des demandes de dérogation déposées pour ces deux espèces</i>	21
3 QUE METTRE DANS UN CADRE DE TRAITEMENT DES DEMANDES DE DEROGATION ?	22
3.1 <i>Présentation du contenu d’une demande de dérogation aux interdictions visant les espèces protégées.....</i>	22
3.2 <i>Une concertation nécessaire pour définir le contenu des cadres</i>	24
3.3 <i>Éléments devant figurer dans le cadre concernant <i>Asperula taurina</i></i>	24
3.4 <i>Quelles différences avec un cadre concernant <i>B.viridis</i> ?.....</i>	25
4 POURQUOI REALISER DE NOUVELLES DESSERTES FORESTIERES ?	25
4.1 <i>La desserte, un équipement nécessaire pour permettre l’exploitation des forêts.....</i>	26
4.1.1. Le débardage par tracteur débusqueur.....	26
4.1.2. Le débardage par routes et câbles longs	27
4.1.3 Le débardage par routes et câble-mât.....	27
4.1.4 Le débardage par cheval ³²	28
4.1.5 Le débardage par hélicoptère	28
4.1.6 Le débardage par lançage des bois	28
4.1.7 Le débardage par ballon-captif	28
4.2 <i>Développer les réseaux de desserte pour enrayer la diminution des surfaces exploitables en Rhône-Alpes. 29</i>	29
4.3 <i>Pourquoi vouloir stopper l’érosion des surfaces exploitées en Rhône-Alpes ?</i>	31
5 QUELS IMPACTS DE LA DESSERTE SUR <i>ASPERULA TAURINA</i> ET <i>BUXBAUMIA VIRIDIS</i> ?	32
5.1 <i>Comment inventorier les populations d’<i>Asperula taurina</i> ou de <i>Buxbaumia viridis</i> présentes dans l’emprise élargie d’un projet de desserte ?.....</i>	32
5.2 <i>Quels sont les impacts indirects de la desserte sur <i>A.taurina</i> et <i>B.viridis</i> ?.....</i>	34
5.2.1 Dans la littérature, un consensus sur les modifications des cortèges floristiques.	34
5.2.2 Objectifs et démarche globale des prospections de terrain	35
5.2.3 Impact de la desserte sur <i>A.taurina</i>	36
5.2.4 Impact de la desserte sur <i>B.viridis</i>	38
5.2.5 Synthèse des prospections de terrain.....	41
6 LA MISE EN ŒUVRE DES MESURES DE LA SEQUENCE ERC : CAS D’<i>A.TAURINA</i>.....	42
6.1 <i>Des mesures d’évitement et de réduction qui tiennent à la façon dont le projet est monté.....</i>	42
6.2 <i>Des mesures de compensation adaptées et proportionnées.....</i>	43

6.3	<i>Quel suivi de ces mesures ?</i>	45
6.4	<i>Et pour Buxbaumia viridis ?</i>	45
6.4.1	Eviter les supports colonisés, voire les déplacer.	45
6.4.2	Augmenter la quantité de bois mort en forêt pour compenser ?	46
7	DISCUSSION	47
7.1	<i>Des contraintes de temps ayant limité le nombre de dessertes prospectées</i>	47
7.2	<i>Au sein de l'ONF, des données chiffrées qui font parfois défaut</i>	47
7.3	<i>Un dialogue entre forestiers et écologues parfois difficile à instaurer</i>	48
7.4	<i>Une appropriation en interne essentielle pour s'assurer de la réussite de la démarche.</i>	48
8	CONCLUSION :	49
BIBLIOGRAPHIE		50
GLOSSAIRE		53
ANNEXES		55
ANNEXE 1 : CONTENU DES DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION A LA DESTRUCTION D'ASPERULA TAURINA.		56
1	LE PROJET ET SA JUSTIFICATION	56
1.1	<i>Localisation</i>	56
1.2	<i>Objectifs et intérêt du projet</i>	56
1.3	<i>Principales caractéristiques</i>	56
1.4	<i>Les solutions alternatives</i>	56
2	CONTEXTE ECOLOGIQUE ET ETAT INITIAL	56
2.1	<i>Sensibilités écologiques et périmètres de protection des milieux naturels.</i>	56
2.2	<i>Habitat et végétation : état initial.</i>	57
3	IMPACTS DU PROJET DE DESSERTER SUR <i>ASPERULA TAURINA</i>	57
3.1	<i>Impacts directs</i>	57
3.2	<i>Impacts indirects</i>	57
3.3	<i>Impacts cumulés des projets concernant Asperula taurina.</i>	57
3.4	<i>Mesures d'évitement et de réduction</i>	58
3.5	<i>Mesures compensatoires</i>	58
4	IMPACT DU PROJET DE DESSERTER SUR LES AUTRES ESPECES VEGETALES PROTEGEES	58
4.1	<i>Impacts directs</i>	58
4.2	<i>Impacts indirects</i>	58
4.3	<i>Mesures d'évitement et de réduction</i>	58
4.4	<i>Enjeux floristiques liés aux espèces impactées par le projet.</i>	58
4.5	<i>Mesures compensatoires</i>	58
5	MODALITES DE SUIVI ET CONTROLE DE LA MISE EN ŒUVRE DES MESURES COMPENSATOIRES	58
5.1	<i>Mesures concernant Asperula taurina</i>	58
5.2	<i>Mesures concernant les autres espèces végétales protégées impactées par le projet</i>	58
ANNEXE 2 : CALCUL DE LA SURFACE D'ASPERULE DE TURIN IMPACTEE PAR LE PROJET.		59
ANNEXE 3 : PROTOCOLES DES PROSPECTIONS DE TERRAIN.		61
1	PROTOCOLE CONCERNANT <i>A.TAURINA</i>	61
1.1	<i>Choix des sites</i>	61
1.2	<i>Démarche sur chaque site</i>	61
2	PROTOCOLE CONCERNANT <i>B.VIRIDIS</i>	62
2.1	<i>Détermination des sites d'étude</i>	62
2.2	<i>Démarche sur chaque site</i>	63
ANNEXE 4 : ANALYSE STATISTIQUE – QUEL IMPACT DE LA DESSERTER SUR ASPERULA TAURINA.		64
1	DESCRIPTION DES DONNEES	64

2	OBJECTIFS DE L'ANALYSE STATISTIQUE	66
3	EXPLOITATION DES DONNEES DE PRESENCE/ABSENCE DE L'ASPERULE DE TURIN	67
4	EXPLOITATION DU POURCENTAGE D'OCCURRENCE DE L'ASPERULE DE TURIN	69
5	CONCLUSIONS DES MODELISATIONS PRECEDENTES	70
6	MIEUX APPREHENDER L'EFFET DE LA SURFACE TERRIERE SUR LA FREQUENCE EN ASPERULES.....	71
7	CONCLUSIONS	72
ANNEXE 5 : ANALYSE DES RELEVES PHYTSIOLOGIQUES CONTENANT ASPERULA TAURINA		73
ANNEXE 6 : ANALYSE STATISTIQUE – QUEL IMPACT DE LA DESSERTTE SUR BUXBAUMIA VIRIDIS.		74
1	ANALYSE DU JEU DE DONNEES CALIBRATION	74
1.1	<i>Objectifs de la prospection et nature des données.....</i>	74
1.2	<i>Combien de supports prospector pour estimer la proportion de supports favorables et colonisés dans un peuplement ?</i>	75
2	ANALYSE DU JEU DE DONNEES RELEVES SUR LES SUPPORTS COLONISES PAR B. VIRIDIS.....	75
2.1	<i>Nature des données et objectifs de l'analyse</i>	75
2.2	<i>Analyse descriptive des données</i>	76
2.3	<i>Comment expliquer le nombre de sporophytes observés sur un support ?.....</i>	77
2.4	<i>Y-a-t-il un effet de la desserte sur le nombre de sporophytes observés ?</i>	81
3	ANALYSE DU JEU DE DONNEES RELEVES SUR LES PLACETTES PROSPECTEES	81
3.1	<i>Quelques analyses descriptives pour commencer</i>	81
3.2	<i>Comment expliquer la probabilité de présence de B.viridis sur une placette ?</i>	83
ANNEXE 7 : INVENTAIRE DES ESPECES VEGETALES PROTEGEES PRESENT DANS L'AMENAGEMENT DE LA FORET COMMUNALE DE LALLEY.		87
ANNEXE 8 : MODE D'EMPLOI DU MOTEUR CARTOGRAPHIQUE – POLE FLORE HABITAT		88

Table des figures et des tableaux

FIGURE 1 EVOLUTION DES VOLUMES DE BOIS RECOLTES DANS LES FORETS PUBLIQUES DE RHONE-ALPES ENTRE 1995 ET 2015	10
FIGURE 2 DEMARCHE LOGIQUE DEVELOPPEE DURANT LE STAGE	11
TABLEAU 1 ESPECES VEGETALES PROTEGEES LES PLUS FREQUENTES DANS LES FORETS PUBLIQUES DE RHONE-ALPES	15
FIGURE 3 SIGNIFICATION DES DIFFERENTES COTATIONS DE LA LISTE ROUGE.	15
TABLEAU 2 ESPECES VEGETALES PROTEGEES DEJA IMPLIQUEES DANS DES PROJETS DE DESSERTE EN RHONE-ALPES	16
FIGURE 4 CYPRIPIEDUM CALCEOLUS, LE SABOT DE VENUS	17
FIGURE 5 BUXBAUMIA VIRIDIS, LA BUXBAUMIE VERTE	17
FIGURE 6 ASPERULA TAURINA, L'ASPERULE DE TURIN.....	17
FIGURE 7 CHOROLOGIE FRANÇAISE. SOURCE : INPN	18
FIGURE 8 REPARTITION DE L'ESPECE EN RHONE-ALPES. SOURCE : PIFH	19
FIGURE 9 CHOROLOGIE FRANÇAISE. SOURCE : INPN	20
FIGURE 10 REPARTITION DE L'ESPECE EN RHONE-ALPES. SOURCE : PIFH	20
FIGURE 11 ORGANISATION DE LA PROCEDURE DE DEMANDE DE DEROGATION	23
FIGURE 12 DEBARDAGE PAR TRACTEUR DEBUSQUEUR. SOURCE : ONF	26
FIGURE 13 LIGNE DE CABLE LONG. SOURCE : ONF	27
FIGURE 14 DEBARDAGE PAR CABLE-MAT. SOURCE : MÜLLER-CABLE-MAT	27
FIGURE 15 DEBARDAGE PAR CHEVAL. SOURCE : JL DUGAST.	28
FIGURE 16 DEBARDAGE PAR HELICOPTERE. SOURCE : HELICOPTERE LUCHON 2	28
FIGURE 17 BALLON CAPTIF DEVELOPPE PAR LE FCBA	28
FIGURE 18 EVOLUTION DES SURFACE MARTELEE EN SAVOIE.....	29
FIGURE 19 EVOLUTION DES VOLUMES DE BOIS RECOLTES DANS LES FORETS PUBLIQUES DE RHONE-ALPES ENTRE 1995 ET 2015	30
FIGURE 20 VENTE DE BOIS FAÇONNES EN ALSACE. PRIX NET AU M3 ET COUTS DE L'HEURE PRODUCTIVE.	30
FIGURE 21 AIRES DE PRESENCE OBSERVEES DANS L'EMPRISE ELARGIE D'UN PROJET DE PISTE A LALLEY (38)	33
FIGURE 22 EVOLUTION DES PROPORTIONS DE SUPPORTS FAVORABLES ET COLONISES EN FONCTION DU NOMBRE DE SUPPORTS PROSPECTES.	34
TABLEAU 3 NOTATION DE L'ETAT DE DECOMPOSITION DES BOIS MORT AU SOL.....	39
FIGURE 23 TYPE DE BOIS MORT AU SOL PROSPECTES	39
FIGURE 24 NOMBRE DE SPOROPHYTES OBSERVES SELON LA NATURE DU SUPPORT.....	39
FIGURE 25 PROPORTION DE SUPPORTS COLONISES SELON LE TYPE DE PLACETTE.	40
FIGURE 26 ELABORATION DES PROJETS DE DESSERTE DANS LES ZONES OU LA PRESENCE D'A.TAURINA EST SUSPECTEE.....	44
FIGURE 27 SOUCHE COLONISEE PAR B.VIRIDIS SITUEE SUR LE TALUS AMONT D'UNE PISTE.	46
FIGURE 28 AIRES DE PRESENCE IDENTIFIEES SUR LE PROJET DE PISTE DE LALLEY.....	59
TABLEAU 4 SURFACE ET CLASSE D'ABONDANCE ASSOCIEES A CHAQUE AIRE DE PRESENCE	60
TABLEAU 5 SURFACE IMPACTEE PAR LA PISTE, AU PRORATA DE L'ABONDANCE EN A.TAURINA	60
FIGURE 29 SITES PROSPECTES POUR DETERMINER L'IMPACT DE LA DESSERTE SUR A.TAURINA	61
FIGURE 30 SITES PROSPECTES POUR DETERMINER L'IMPACT DE LA DESSERTE SUR B.VIRIDIS.....	62
TABLEAU 6 NOTATION DE L'ETAT DE DECOMPOSITION DES BOIS MORTS AU SOL	63
TABLEAU 7 CARACTERISTIQUES DES SUPPORTS PROPICES AU DEVELOPPEMENT DE B.VIRIDIS	63
TABLEAU 8 VARIABLES RELEVES SUR CHACUN DES POINTS PROSPECTES.....	65
FIGURE 31 MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES RELEVES SUR LE TERRAIN.	66
TABLEAU 9 ESPECES FREQUEMMENT OBSERVEES EN PRESENCE D'A.TAURINA	73
FIGURE 32 DISPOSITIF MIS EN PLACE.....	74
FIGURE 33 EVOLUTION DES PROPORTIONS DE SUPPORTS FAVORABLES ET COLONISES EN FONCTION DU NOMBRE DE SUPPORTS PROSPECTES.	75
TABLEAU 10 NOTATION DE L'ETAT DE DECOMPOSITION DES BOIS MORTS AU SOL.	76
FIGURE 34 TYPE DE BOIS MORTS COLONISES PAR B.VIRIDIS.....	76
FIGURE 35 NOMBRE DE SPOROPHYTES OBSERVES SELON LE TYPE DE SUPPORT	76
TABLEAU 11 VARIABLES RELEVES AU NIVEAU DES BOIS MORTS COLONISES PAR B.VIRIDIS	77
FIGURE 36 DIAMETRE MEDIAN DES SUPPORTS DE DEVELOPPEMENT EN CM.....	77

TABLEAU 12 MATRICE DES CORRELATIONS ENTRE LES VARIABLES RELEVÉES SUR LE TERRAIN.	78
FIGURE 37 GRAPHIQUES DE DIAGNOSTIC OBTENUS POUR LE PREMIER MODELE TESTE.	78
FIGURE 38 GRAPHIQUES DE DIAGNOSTIC OBTENUS EN PASSANT A LA RACINE CARREE DU NOMBRE DE SPOROPHYTES OBSERVES.	79
FIGURE 39 CERCLE DES CORRELATIONS OBTENU PAR UNE ANALYSE DES COMPOSANTES PRINCIPALES.....	80
TABLEAU 13 CARACTERISTIQUES DES SUPPORTS PROPICES AU DEVELOPPEMENT DE B.VIRIDIS.	81
FIGURE 40 TYPE DE BOIS MORT MAJORITAIRE SUR LES PLACETTES.	82
FIGURE 41 NOMBRE DE PLACETTES OU B.VIRIDIS EST PRESENTE.	82
FIGURE 44 NOMBRE DE SUPPORTS PROSPECTES SELON LE TYPE DE PLACETTE.....	82
FIGURE 43 PROPORTION DE SUPPORTS PROSPECTES SELON LE TYPE DE PLACETTE.	82
FIGURE 42 PROPORTION DE SUPPORTS COLONISES SELON LE TYPE DE PLACETTE.	82
TABLEAU 14 VARIABLES RELEVÉES SUR LES PLACETTES PROSPECTÉES.	83
TABLEAU 15 MATRICE DES CORRELATIONS.	83

Table des annexes

Annexe 1	Plan type des dossiers individuels de demande de dérogation concernant <i>Asperula taurina</i>	57
Annexe 2	Méthode de calcul de l'impact d'une desserte sur <i>Asperula taurina</i>	60
Annexe 3	Protocoles des phases de terrain réalisées sur <i>Asperula taurina</i> et <i>Buxbaumia viridis</i>	62
Annexe 4	Résultats des analyses statistiques concernant <i>Asperula taurina</i>	65
Annexe 5	Analyse des relevés phytosiologiques contenant <i>Asperula taurina</i>	74
Annexe 6	Résultats des analyses statistiques concernant <i>Buxbaumia viridis</i>	75
Annexe 7	Inventaire des espèces végétales protégées présent dans l'aménagement de la forêt communale de Lalley.	88
Annexe 8	Mode d'emploi du moteur cartographique du Pôle Flore Habitat	89

Table des sigles

CBNA	Conservatoire Botanique National Alpin
CNPN	Conseil National de la Protection de la Nature
CSRPN	Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel
DREAL	Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ERC	Eviter, Réduire, Compenser
INPN	Inventaire National du Patrimoine Naturel
ONF	Office National des Forêts
PIFH	Pôle d'Information Flore-Habitats
SIG	Système d'Information Géographique
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature

Le sujet de ce stage a été développé par l'Office National des Forêts en collaboration avec le Conservatoire Botanique National Alpin (CBNA) et la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Auvergne – Rhône-Alpes.

Il a été commandité par la Direction Territoriale Rhône-Alpes de l'ONF et encadré par son référent environnement au sein de l'agence départementale de Haute-Savoie de mars à août 2016.

L'ONF assure en Rhône-Alpes la gestion de 470 961 ha de forêts publiques dont 74 % de forêts communales.

1 Contexte, question posée et démarche adoptée

1.1 La législation française sur les espèces végétales protégées

En France, une espèce végétale 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 entre autres la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique.¹ 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 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-Alpes². 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), élaborée en partenariat avec la DREAL précise en Rhône-Alpes ce qui relève ou pas de la gestion sylvicole courante³. 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 en effet que l'on puisse déroger aux dispositions définies à l'article L.411-1 dans un nombre de cas limités 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.

1.2 Des demandes de dérogation inapplicables pour les forestiers

Toutefois, à l'heure actuelle les projets de dessertes en forêts publiques de Rhône-Alpes impactant des espèces végétales protégées sont abandonnés sans même qu'une demande de dérogation ne soit déposée. Plusieurs raisons peuvent expliquer cet abandon des projets : le coût élevé des études à réaliser pour monter un dossier de demande de dérogation, ainsi que les délais importants liés à l'instruction et au traitement des demandes. Pour les projets de faible ampleur en particulier, le montant des études à réaliser lors d'une demande de dérogation peut être supérieur au montant des travaux. Le coût de la mise en place et du suivi de mesures compensatoires ou d'accompagnement constitue également 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.

Cet abandon systématique des projets de desserte impactant des espèces végétales protégées pose question. Outre les difficultés d'exploitation liées à la pente et aux contraintes climatiques, les méthodes d'exploitation des bois dans les forêts de montagne ont beaucoup évolué au cours des dernières décennies : abandon du lançage utilisé jadis dans les secteurs à forte pente ; diminution du nombre d'opérateurs de coupes à câble ; abandon de l'hélicoptage et de l'exploitation par tracteur avec des distances de débardage importantes. Ces difficultés d'exploitation se traduisent par une diminution de la surface exploitée, et donc des volumes récoltés dans les forêts publiques de Rhône-Alpes (Voir Graphe 1).⁴

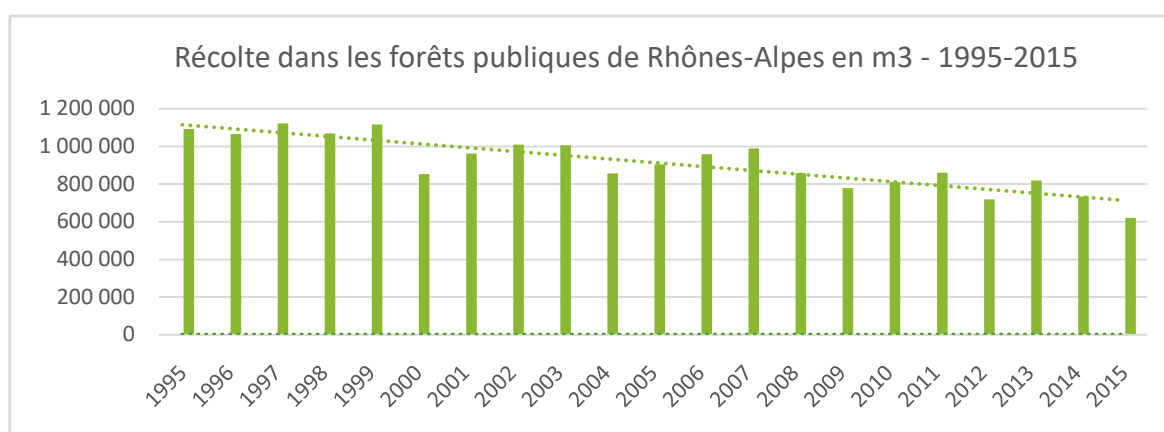


Figure 1 Evolution des volumes de bois récoltés dans les forêts publiques de Rhône-Alpes entre 1995 et 2015

Cette diminution des volumes de bois mobilisés est d'autant plus dommageable que l'utilisation du bois, comme éco-matériau et source d'énergie renouvelable est aujourd'hui de plus en plus plébiscitée.⁵

1.3 Les cadres de traitement des demandes de dérogation : une solution pour rendre la réglementation applicable ?

Pour faire face à l'abandon systématique des projets de desserte impactant des espaces végétaux protégés, l'ONF en partenariat avec la DREAL et le CBNA souhaite développer un cadre pour l'instruction des procédures liées à ces espèces. Concernant les espèces végétales les plus fréquentes en Rhône-Alpes, ce cadre permettrait d'apporter l'essentiel des informations nécessaires à l'étude d'une demande de dérogation à savoir : des données sur l'écologie des espèces concernées et leur état de conservation, une analyse des impacts de la desserte sur ces espèces et enfin des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proportionnées à l'ampleur des projets et aux enjeux de

conservation. Validé par les autorités compétentes, un tel cadre permettrait de limiter les études à réaliser en amont de chaque projet, tout en sécurisant les communes sur les mesures de la séquence Eviter Réduire Compenser qui leurs seront demandées.

Une démarche similaire a déjà été développée pour la Tulipe sauvage (*Tulipasylvestris*) à Die⁶ : bien que rare en France, la Tulipe sauvage est 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.

L'objectif de mon stage était donc d'élaborer un cadre de traitement des demandes de dérogation pour les espèces végétales protégées les plus problématiques en forêt publique de Rhône-Alpes. Le schéma ci-dessous synthétise la démarche mise en place pour atteindre cet objectif :

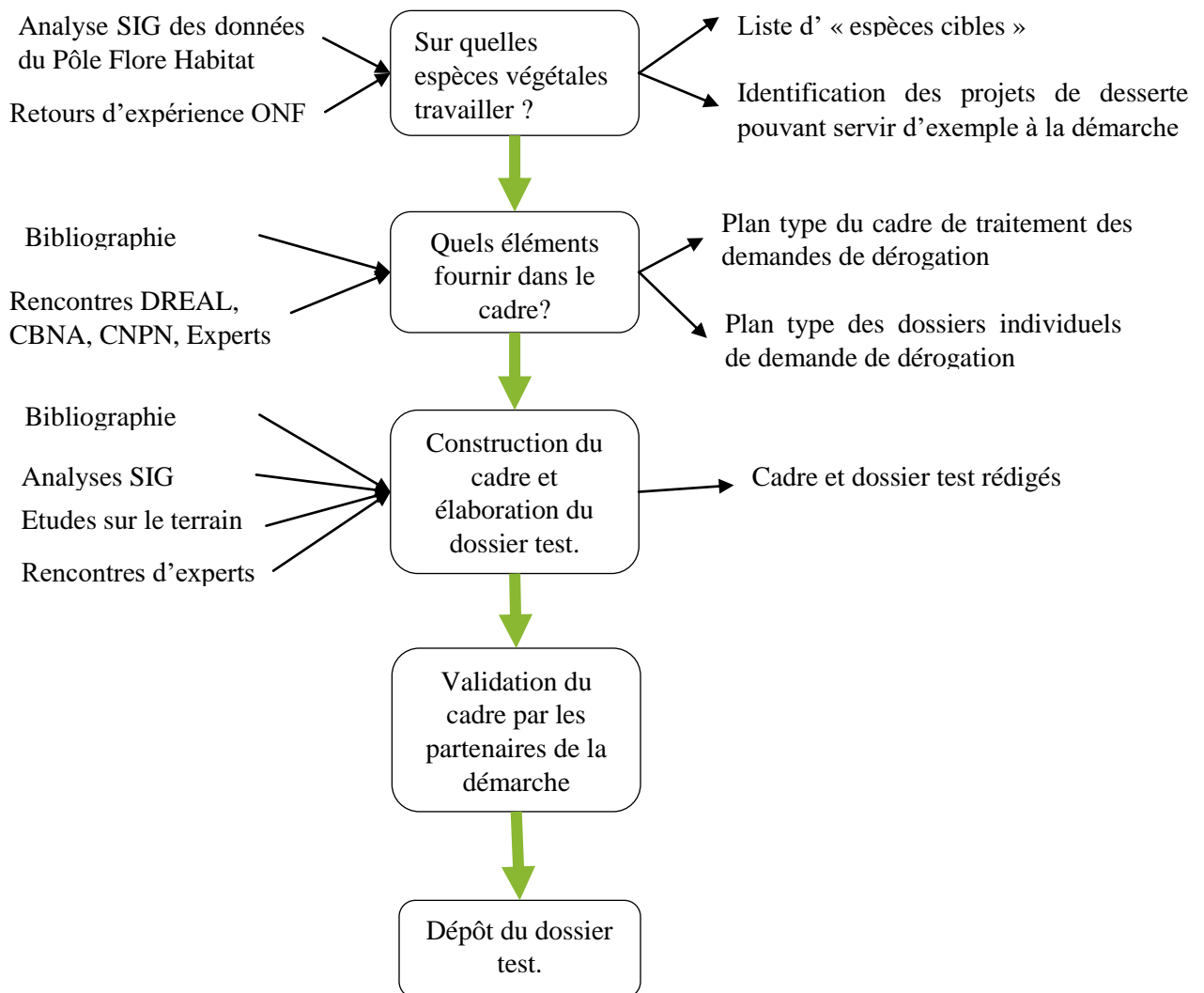


Figure 2 Démarche logique développée durant le stage

La première étape du stage consistait à déterminer les espèces végétales protégées pour lesquelles l'établissement d'un cadre de traitement des demandes de dérogation était pertinent. Cette réflexion a permis d'aboutir à une liste d'espèces identifiées comme pouvant être impliquées de façon récurrente dans des projets de desserte forestière. Parmi ces espèces, deux sont apparues comme étant particulièrement intéressantes pour initier cette démarche exploratoire : *Buxbaumia viridis* et *Asperula taurina*. Par ailleurs, l'analyse de dossiers de demande de dérogations et diverses discussions avec la DREAL, le CBNA ainsi que le Président de la Commission Flore du CNPN ont permis de définir les éléments qui devaient figurer dans le cadre de traitement des demandes de dérogation, ainsi que dans chaque dossier déposé. Cette étape a également été l'occasion d'identifier les questions auxquelles il faudrait répondre dans la suite du stage : Pour quelles raisons crée-t-on des dessertes dans les forêts publiques de Rhône-Alpes ? Quels sont les impacts de la desserte forestière sur les espèces végétales étudiées ? Quelles mesures d'évitement, de réduction et de compensation peuvent être mises en place pour chaque espèce ? Pour *Asperula taurina* ainsi que *Buxbaumia viridis* des synthèses bibliographiques, analyses SIG, études de terrain et rencontres d'experts ont été réalisées afin de répondre à ces questions. Ces recherches ont abouti à la rédaction d'un cadre de traitement des demandes de dérogation pour *Asperula taurina*. Un projet de piste impactant cette espèce a servi de support à une première validation du cadre par les partenaires de la démarche. Ce document doit maintenant être validé de façon officielle par les autorités compétentes. Le dossier de demande de dérogation concernant le projet de piste a par ailleurs été rédigé afin de pouvoir être déposé et servir de test à l'ensemble de la démarche. Le cadre concernant *Buxbaumia viridis* a quant à lui fait l'objet de discussions entre la DREAL, le CBNA et l'ONF. Il a été choisi d'attendre de voir la façon dont le cadre sur *Asperula taurina* serait accueilli avant de finaliser et de valider officiellement ce second cadre de traitement des dérogations.

2 Quelles espèces peuvent faire l'objet d'un cadre de traitement des demandes de dérogation ?

2.1 Identification des espèces pouvant être impliquées de façon récurrente dans des projets de desserte

Afin d'identifier les espèces végétales susceptibles de poser des problèmes récurrents dans les projets de desserte forestière, une première approche a été de déterminer quelles étaient les espèces protégées les plus observées dans les forêts publiques de l'arc alpin. Pour cette analyse, toutes les observations d'espèces protégées sur le territoire d'agrément du CBNA ont été extraites du pôle d'information Flore Habitat (PIFH). Cette plate-forme regroupe sur la région Rhône-Alpes près de 5 millions de données d'observations relatives à la flore vasculaire et 19 000 données relatives à la bryoflore. Ces données sont collectées par l'ensemble des adhérents de la plate-forme puis rassemblées et validées par les Conservatoires botaniques nationaux alpin et du Massif central, qui gèrent le Pôle. L'ONF fait partie des adhérents et participe à la collecte des données en exportant chaque année les observations enregistrées dans sa base de données naturaliste (BDN). Les plus récentes des données du pôle flore datant de 2013, elles ont été complétées par les données de la BDN qui n'avaient pas encore été intégrées à la base de données du PIFH à la date du stage.

Un croisement avec la couche SIG des forêts publiques de Rhône-Alpes a ensuite été réalisé sous Arcgis afin d'extraire les données collectées en forêt publique. Le PIFH distingue trois types de données selon leur date de collecte : les données historiques, récoltées avant 1957, les données

anciennes datant des années 1958 à 1989 et enfin les données récentes récoltées après 1990. Suite au croisement avec les forêts publiques, seules les observations récentes ont été conservées.

Le tableau 1 classe les espèces végétales protégées les plus observées dans les forêts publiques de l'arc alpin par nombre d'observations décroissant. Seules les espèces comptant plus de 80 observations ont été conservées. L'objectif de ce classement est en effet d'identifier les espèces protégées « abondantes » dans les forêts publiques, qui peuvent donc être impliquées de façon récurrente dans des projets de desserte.

Les données de localisation de ces espèces ont ensuite été croisées avec :

-La couche Corine Land Cover afin de distinguer les espèces forestières des espèces inféodées aux milieux ouverts ou rocheux.

-La couche SIG des enjeux de production en forêt publique afin d'identifier les espèces se trouvant dans les zones exploitées des forêts publiques.

Taxon	Nombre d'observations	Pourcentage d'observations en zones hors sylviculture	Pourcentage d'observations en zones de production	Pourcentage d'observations en milieu urbanisé (Classification CLC)	Pourcentage d'observations en forêt (Classification CLC)	Pourcentage d'observations en milieu ouvert (Classification CLC)	Pourcentage d'observation sur roche nue (Classification CLC)	LR RA*
<i>Cypripedium calceolus</i>	1935	14	86	1	95	3	1	LC
<i>Erica herbacea</i>	1094	15	85	0	94	4	2	NT
<i>Primula auricula</i>	710	57	43	3	24	50	24	LC
<i>Carex pauciflora</i>	429	70	30	17	69	14	0	EN
<i>Aquilegia alpina</i>	366	26	74	0	62	32	6	LC
<i>Drosera rotundifolia</i>	362	56	44	9	77	13	1	NT
<i>Asperula taurina</i>	357	0	100	0	97	3	0	VU
<i>Buxbaumia viridis</i>	312	11	89	1	97	1	0	/
<i>Holandreacarvifolia</i>	290	12	88	3	30	67	1	LC
<i>Eryngium spinalba</i>	259	67	33	5	27	18	50	LC
<i>Juniperus thurifera</i>	228	73	27	5	64	15	16	LC
<i>Salix glaucosericea</i>	227	53	47	1	34	49	16	LC
<i>Pyrolachlorantha</i>	216	27	73	1	91	5	3	LC
<i>Gymnadenia odoratissima</i>	202	40	60	3	64	26	7	LC
<i>Pyrola media</i>	150	27	73	0	80	15	5	LC
<i>Dianthus gratianopolitanus</i>	147	10	90	0	33	59	9	LC
<i>Carex limosa</i>	142	55	45	10	86	4	0	EN

<i>Epipactismicrophylla</i>	127	26	74	0	93	6	1	LC
<i>Pulsatillahalleri</i>	124	27	73	4	36	57	2	NT
<i>Eryngiumalpinum</i>	116	67	33	5	44	43	8	EN
<i>Linnaeaborealis</i>	114	29	71	0	91	9	0	VU
<i>Hedysarumboutignyanum</i>	112	55	45	29	27	41	4	VU
<i>Epipogiumaphyllum</i>	109	0	100	0	100	0	0	VU
<i>Heracleumpumilum</i>	105	100	0	0	15	6	79	NT
<i>Cortusamatthioli</i>	104	63	37	0	77	15	8	VU
<i>Orchis spitzelii</i>	102	42	58	1	70	17	13	LC
<i>Cynoglossumgermanicum</i>	87	13	88	0	98	2	0	EN

Tableau 1 Espèces végétales protégées les plus fréquentes dans les forêts publiques de Rhône-Alpes

*LR RA : Liste rouge Rhône-Alpes. Cette liste distingue 11 cotations en fonction de la dynamique et de la taille des populations, de leur répartition géographique de leur degré de fragmentation ainsi que des menaces pesant sur ce taxon.⁷

La figure 2 ci-contre explicite la signification des différentes cotations.

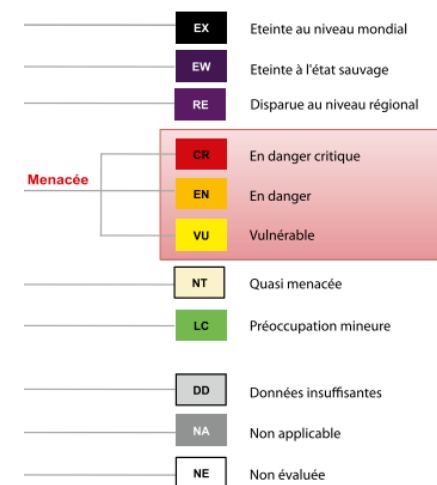


Figure 3 Signification des différentes cotations de la liste rouge.

Une desserte peut impacter des espèces non forestières, notamment lorsqu'elle traverse des milieux ouverts pour desservir un peuplement. Toutefois les problématiques liées à la construction d'une desserte dans un milieu ouvert diffèrent de celles liées au développement d'une desserte en forêt. En effet, les questions concernant la création d'un effet lisière, ou les impacts de l'exploitation forestière ne se posent pas. C'est pourquoi, les espèces présentes majoritairement dans des milieux autres que les forêts, selon la classification Corine Land Cover ne seront pas retenues dans la suite de la démarche.

Le croisement avec la couche des enjeux de production visait quant à lui à exclure les espèces présentes majoritairement dans des zones actuellement hors sylviculture. Il est en effet peu probable qu'une desserte soit développée dans ces zones et l'intérêt de créer un cadre de traitement des demandes de dérogation pour ces espèces est donc limité.

En tenant compte de ces deux critères : espèce forestière, située majoritairement dans des zones de production la liste du tableau 1 peut être réduite aux espèces suivantes : *Cypripedium calceolus*, *Erica herbacea*, *Aquilegia alpina*, *Asperula taurina*, *Buxbaumia viridis*, *Pyrola chlorantha*, *Gymnadenia odoratissima*, *Pyrola media*, *Epipactis microphylla*, *Linnea borealis*, *Epipogium aphyllum*, *Orchis spitzelli*, *Cynoglossum germanicum*.

Pour affiner les résultats de cette analyse SIG, des données complémentaires sur l'écologie de ces espèces et leur type d'habitat ont été recherchées dans la bibliographie. Ces recherches ont permis d'exclure deux espèces non forestières :

L'Ancolie des Alpes, *Aquilegia alpina* qui se développe sur les rochers, les vives herbeuses, les landes subalpines ou encore les mélézins, en pleine lumière.

L'orchis odorant, *Gymnadenia odoratissima* qui lui se développe dans les prairies humides ou les pelouses calcaires.

Les espèces protégées forestières, les plus fréquentes dans les forêts publiques de l'arc alpin sont donc : *Cypripedium calceolus*, *Erica herbacea*, *Asperula taurina*, *Buxbaumia viridis*, *Pyrola chlorantha*, *Pyrola media*, *Epipactis microphylla*, *Linnea borealis*, *Epipogium aphyllum*, *Orchis spitzelli* et *Cynoglossum germanicum*.

Parallèlement à cette démarche, les projets de desserte abandonnés suite à la présence d'espèces protégées sur leur tracé ont été recensés et les espèces impliquées listées. Le tableau 2 regroupe ces résultats.

Espèces	Nombre de projets recensés
<i>Asperula Taurina</i>	7
<i>Buxbaumia viridis</i>	Au moins 3
<i>Cynoglossum germanicum</i>	2
<i>Cypripedium calceolus</i>	3
<i>Erica herbacea</i>	Au moins 1
<i>Horminum pyrenaicum</i>	1
<i>Pyrola chlorantha</i>	2
<i>Pyrola media</i>	1

Tableau 2 Espèces végétales protégées déjà impliquées dans des projets de desserte en Rhône-Alpes

Pour les espèces présentes dans le tableau 2 mais pas le tableau 1, l'espèce est considérée comme n'étant pas assez fréquente pour être impliquée de façon récurrente dans des projets de desserte. Mettre en place un cadre de traitement des demandes de dérogation concernant ces espèces ne serait pas pertinent. C'est le cas pour *Horminum pyrenaicum*.

Les autres espèces déjà impliquées dans des projets de desserte en Rhône-Alpes font partie des espèces forestières les plus fréquentes dans les zones exploitées des forêts publiques de l'arc alpin, ce qui est assez cohérent.

Créer des cadres de traitement des demandes de dérogation pour ces espèces serait pertinent d'autant que les projets bloqués par leur présence pourraient servir d'exemples, indispensables à la validation du cadre.

Toutefois, l'intérêt d'un tel cadre est à nuancer pour plusieurs espèces :

Cynoglossum germanicum est classé EN c'est-à-dire en danger dans la liste rouge UICN de la région Rhône-Alpes. Les enjeux de conservation liés à la préservation de *Cynoglossum germanicum* sont donc importants. Cette espèce se développant souvent en pieds isolés, il est possible le plus souvent de les éviter. De plus au vu du nombre restreint de projets impliquant cette espèce, l'élaboration d'un cadre de traitement des demandes de dérogation ne paraît pas adéquate.

Erica herbacea quant à elle est inféodée à un habitat spécifique : les pineraies mésophiles dominées par *P.sylvestris* ou *P.uncinata* abritant le plus souvent d'autres espèces protégées comme le Sabot de Vénus. Le potentiel de production de ces peuplements est par ailleurs relativement faible et la présence de schiste complique de façon importante la création de la desserte. Pour ces raisons, la création d'un cadre de traitement des demandes de dérogation pour *Erica herbacea* paraît compliquée.

Par ailleurs, peu de connaissances existent sur *Pyrola media* et *Pyrola chlorantha*, sur leur habitat et leur écologie notamment. Par conséquent, réunir les éléments nécessaires à l'examen d'une demande de dérogation pour ces espèces s'annonce ardu et la réalisation d'un document encadrant le traitement de ces demandes ne paraît pas réalisable en l'état actuel des connaissances sur ces deux espèces.

Trois espèces semblent donc in fine être les plus pertinentes pour faire l'objet d'un cadre de traitement des dérogations : *Asperula taurina*, *Buxbaumia viridis* et *Cypripedium calceolus*.



Figure 5 *Buxbaumia viridis*, la Buxbaumie verte

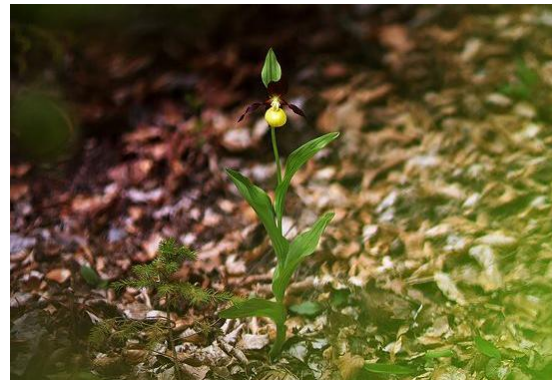


Figure 4 *Cypripedium calceolus*, le Sabot de Vénus



Figure 6 *Asperula taurina*, l'Aspérule de Turin

L'Aspérule de Turin est localement fréquente dans le Trièves, au sud de l'Isère où se trouve l'essentiel de ses stations. L'espèce est très recouvrante dans les peuplements où elle est présente ce qui rend l'évitement difficile lors de l'élaboration des projets de desserte. Par ailleurs, le nombre important de projets bloqués par sa présence en fait une espèce intéressante pour développer un cadre de traitement des demandes de dérogation.

Pour *Buxbaumia viridis*, la situation est différente : classée depuis 2012 en tant qu'espèce protégée au niveau national, son aire de répartition n'est pas encore bien connue. Toutefois avec l'augmentation des efforts de prospection, l'espèce est observée dans de plus en plus de forêts de l'arc alpin. Sa présence pourrait donc être à court terme une source majeure de blocage des projets de desserte dans la région.

Le Sabot de Vénus, tout comme la Buxbaumie est présent de façon diffuse sur l'ensemble de la région Rhône-Alpes. C'est une espèce pour laquelle les efforts de prospection ont été importants et les données actuelles sur sa répartition sont assez fidèles à la répartition réelle de l'espèce. La consultation des données de répartition du PIFH doit donc pouvoir permettre dans la grande majorité des cas de développer les projets de desserte de façon à éviter tout impact sur l'espèce. Par ailleurs, développer des cadres de traitement de demandes de dérogation est une démarche relativement nouvelle, le seul antécédent existant concernant la Tulipe de Die. Ne sachant pas comment cette initiative allait être accueillie, notamment par les associations de protection de la nature, il a paru préférable de ne pas développer dans un premier temps cette démarche sur une espèce hautement patrimoniale et bien connue du public.

2.2 Présentation des deux espèces *Asperula taurina* et *Buxbaumia viridis*

Deux espèces ont ainsi été identifiées pour faire l'objet de cadres de traitement des demandes de dérogation à la destruction d'espèces végétales protégées : *Asperula taurina* et *Buxbaumia viridis*.

L'objectif de cette partie est de présenter brièvement les caractéristiques de ces deux espèces, en particulier leur écologie.

2.2.1 *Asperula taurina* : une espèce localement fréquente favorisée par les perturbations ?

L'Aspérule de Turin est une rubiacée dont l'aire de répartition s'étend de l'Europe centrale et méridionale jusqu'au sud-ouest de l'Asie. En France, cette espèce est présente uniquement dans les Alpes et le Jura.

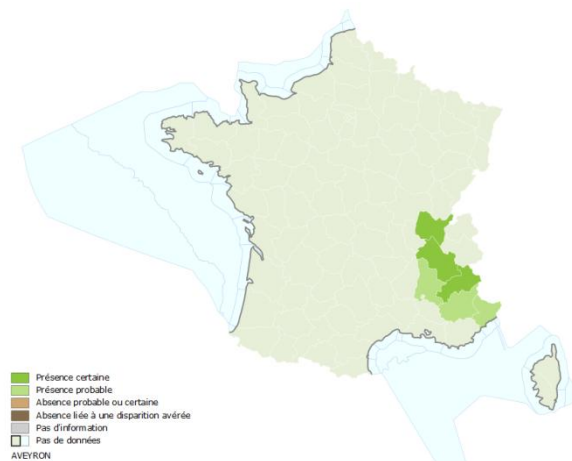


Figure 7 Chorologie française. Source : INPN

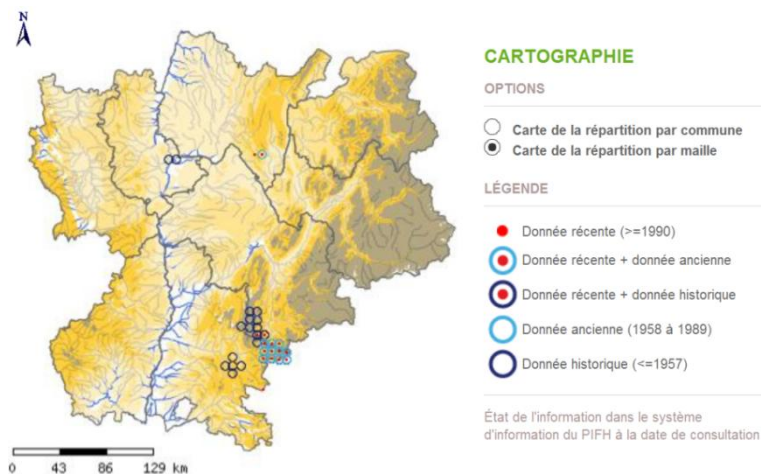


Figure 8 Répartition de l'espèce en Rhône-Alpes. Source : PIFH

La figure 8 représente la répartition de l'espèce en Rhône-Alpes en distinguant les données historiques, anciennes et récentes. Dans toutes les localités d'*A. taurina* observées entre 1958 et 1989, des prospections réalisées après 1990 ont confirmé que l'espèce était toujours présente. L'aire de répartition d'*A. taurina* en Rhône-Alpes semble donc avoir peu évolué depuis 1958.

Cette espèce est protégée au niveau national et est classée comme étant vulnérable sur la liste rouge de Rhône-Alpes, et quasi menacée sur la liste rouge nationale. *A. taurina* est indicatrice d'un habitat d'intérêt communautaire prioritaire : l'érablaie à Aspérule de Turin.

Asperula taurina est une espèce d'ombre^{8, 9}, non pas qu'elle soit intolérante à la lumière mais elle a besoin d'une humidité atmosphérique élevée¹⁰. C'est pourquoi elle se trouve essentiellement en situation d'ubac dans des stations fraîches à des altitudes comprises en 400 et 1800 m. Elle se développe sur des sols riches en bases et en éléments nutritifs, dont le pH est basique à légèrement acide^{8, 10}.

Les fleurs de l'aspérule sont polygames, et l'espèce se reproduit également de façon végétative en émettant des stolons⁸.

L'Aspérule de Turin se rencontre principalement en lisière ou en sous-bois de hêtraies, hêtraies-sapinières et forêts de ravin à érables, mais aussi parfois au sein de clairières à hautes herbes (mégaphorbiaies)^{8, 9, 10, 11}.

Peu de menaces pèsent sur cette espèce même si les activités liées à l'exploitation forestière (ouverture de piste, débardage...) peuvent localement porter atteinte à certaines stations⁸. Par ailleurs, il faut préserver les faibles surfaces occupées par de l'érablaie à Aspérule de Turin. Ceci implique de ne pas créer de nouvelles pistes à travers les couloirs occupés par cet habitat. Elles remettraient en cause son intégrité vu les très faibles surfaces qu'il occupe¹². Selon une étude réalisée par le CBNA¹⁰, certaines stations peuvent disparaître suite à l'évolution de phases pionnières à Erables et Tilleuls vers des peuplements forestiers mûres moins favorables à l'espèce. Par conséquent, dans les zones où les perturbations naturelles ne permettent pas de créer les conditions d'ouverture nécessaires à l'espèce, l'auteur conseille de maintenir ou de créer des ouvertures dans les peuplements afin qu'une dynamique de reconquête se mette en place au niveau de replats frais et humides, de thalwegs ou de bas de versant frais.

2.2.2. *Buxbaumia viridis* : une espèce caractéristique des forêts non exploitées ?

La Buxbaumie est une bryophyte de la famille des buxbaumiacées classée à l'annexe 1 des espèces végétales protégées au niveau national.

Largement répandue dans l'ensemble du centre de l'Europe, *Buxbaumia viridis* se trouve également en Chine centrale et dans l'est de l'Amérique du Nord. En France, l'espèce se rencontre dans les massifs montagneux des Alpes (du Mercantour jusqu'en Haute-Savoie), de la Corse, des Pyrénées du Massif Central, du Jura et des Vosges¹³. Cette espèce n'a pas fait l'objet de prospections systématiques en Rhône-Alpes et les données existantes ne permettent pas de déterminer si les aires de présence de cette espèce ont évoluées¹⁴.

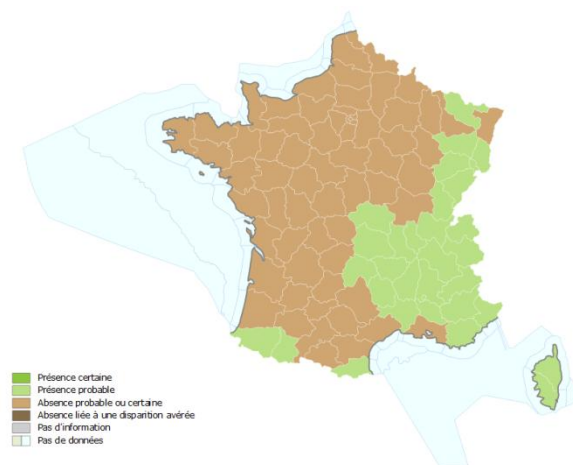


Figure 9 Chorologie française. Source : INPN

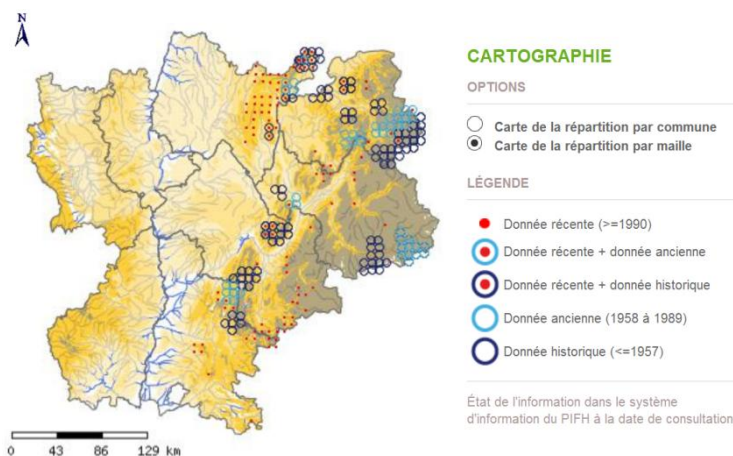


Figure 10 Répartition de l'espèce en Rhône-Alpes. Source : PIFH

B. viridis se développe sur des bois pourrissants dans les situations ombragées à très ombragées, le plus souvent en ubac en situation de forte humidité atmosphérique.^{13, 15, 16, 17}. Les supports de développement sont le plus souvent des conifères ayant atteint un stade de décomposition avancé, tout en étant peu colonisés par d'autres bryophytes, *B. viridis* étant peu compétitrice¹³.

Les populations de *B. viridis* sont difficiles à suivre dans le temps pour plusieurs raisons : seul le sporophyte de cette espèce dioïque est détectable et son développement est sporadique dans le temps. Plusieurs années peuvent ainsi s'écouler sans production de sporophyte. De plus il est impossible de

déterminer si les sporophytes observés sont issus d'une colonisation de l'année ou de la fructification d'un gamétophyte établi de longue date. La pérennité des filaments gamétophytiques ou le nombre de sporophytes qu'ils peuvent engendrer simultanément ne sont d'ailleurs pas connus¹⁸.

Plusieurs études ont cherché à modéliser la probabilité de présence de Buxbaumie dans un peuplement. Ces études concluent toutes qu'un des facteurs clefs pour expliquer la probabilité de présence de la Buxbaumie est le volume de bois mort au sol^{16, 19, 20}. Une étude menée dans les Alpes précise que pour un volume de bois mort supérieur à 48 / 61m³/ha, la probabilité de présence de *B.viridis* dans le peuplement est importante¹⁹. Les autres variables permettant d'expliquer l'occurrence de *B.viridis* sont : la présence d'une station de Buxbaumie à proximité, une exposition fraîche, les précipitations ainsi que la fermeture de la canopée.

Le type de gestion forestière a un rôle important sur la présence de *B.viridis*. Cette espèce craint les fortes ouvertures du couvert forestier qui modifient les conditions d'humidité et de luminosité locales^{21, 22, 18}. Une étude conduite en Suède estime que lorsque le prélèvement lors de l'exploitation est supérieur à 60% du volume, l'impact sur les cortèges bryophytiques et en particulier sur *B.viridis* est significatif²³. Dans le massif jurassien du Risoux, l'espèce est présente côté français (Doubs) conduit en futaie jardinée et absente côté Suisse à quelques centaines de mètres de là où la gestion est basée sur la coupe à blanc de petites parcelles¹⁸. Pour ces raisons, *B.viridis* est considérée comme typique de vieilles forêts, où les conditions forestières ont été maintenues sans discontinuité^{24, 11, 18}. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'elle se rencontre dans les jeunes plantations ou les clairières.

Le maintien d'une ambiance forestière est donc nécessaire au développement de *B.viridis* dans un peuplement, tout comme l'augmentation de la quantité de bois mort au sol^{13, 22}. Dans les cahiers d'habitat, il est ainsi conseillé de laisser plusieurs dizaines de stères de bois mort à l'hectare, bien répartis et sans entassements¹³.

2.2.3. Analyse des demandes de dérogation déposées pour ces deux espèces

Les archives de la DREAL Rhône-Alpes ont été consultées afin de déterminer le nombre de demandes de dérogation ayant déjà été déposées pour ces deux espèces.

A ce jour, *A.Taurina*, n'a jamais fait l'objet d'une demande de dérogation aux interdictions concernant les espèces végétales protégées.

B.viridis quant à elle a fait l'objet d'une demande de dérogation lors de la construction d'une télécabine dans la forêt communale de Aime (73) impactant 2.73 ha d'habitats favorables à l'espèce. Dans l'étude d'impact présentée au CNPN pour ce projet, deux inventaires des supports colonisés par *B.viridis* ont été réalisés sur l'emprise de la télécabine : un premier en 2013 avant le début des travaux, un second en 2014 après la coupe à blanc de l'emprise du projet sur 14 m de large. Suite à cette coupe, le nombre de supports colonisés sur l'emprise a diminué de 70% tandis que le nombre de sporophytes observés sur ces supports a diminué de 80%²⁵. Ceci confirme les conclusions de la partie 2.2.2 à savoir que le maintien d'une ambiance forestière est nécessaire au développement de *B.viridis*. Malheureusement, cet inventaire a uniquement été réalisé au niveau de la coupe d'emprise. L'évolution de la dynamique des populations de *B.viridis* situées à la lisière de l'emprise n'est donc pas connue.

La dérogation à l'interdiction de destruction de *B.viridis* a été accordée en 2015, sous réserve de mettre en place les mesures de compensation et d'accompagnement suivantes :

- Installation d'un îlot de sénescence sur 5 ha.

- Préservation des habitats abritant cette bryophyte lors de la coupe de futaie jardinée prévue sur une des parcelles de la forêt communale.
- Mise en place d'un statut de forêt de protection sur une superficie de 215 ha comportant des îlots de sénescence et d'autres mesures favorables à la préservation de *Buxbaumia viridis* et des autres espèces protégées et patrimoniales présentes
- Elaboration d'un plan de gestion conservatoire de la biodiversité de cette forêt de protection
- Création d'un observatoire de la biodiversité à l'échelle du domaine skiable de la station de La Plagne,
- Réalisation, financée par la SAP (Société d'Aménagement de La Plagne), pendant une période minimale de 10 ans, d'un programme de recherche scientifique et d'un suivi de la dynamique des populations de *Buxbaumia viridis* et de son habitat dans les espaces protégés mis en place au titre des mesures compensatoires,
- Transmission régulière des résultats des opérations et suivis réalisés au CBNA, à l'ONF, à la DDT 73, à la DREAL Rhône-Alpes, ainsi qu'à l'expert délégué flore du CNPN.

Lors du stage, les résultats de ces différentes mesures n'avaient pas encore été communiqués à la DREAL. Lorsqu'ils seront disponibles leur analyse sera une source de réflexion intéressante pour mieux comprendre la dynamique de l'espèce et proposer des mesures de réduction/ compensation/ accompagnement adaptées.

Par ailleurs, cet exemple de dossier de dérogation illustre le fait que les mesures de compensation et d'accompagnement peuvent représenter un coût important pour le maître d'ouvrage. Pouvoir anticiper ces mesures et leur importance lors de l'élaboration du projet est donc essentiel pour les maîtres d'ouvrage.

Cette partie a permis d'identifier deux espèces pour lesquelles l'élaboration d'un cadre de traitement des demandes de dérogation serait pertinente. Les enjeux de conservations liés à ces deux espèces ont également été présentés. Les éléments à développer dans ce cadre doivent désormais être définis.

3 Que mettre dans un cadre de traitement des demandes de dérogation ?

3.1 Présentation du contenu d'une demande de dérogation aux interdictions visant les espèces protégées

Tout dossier de demande de dérogation aux interdictions visant les espèces protégées doit comporter les éléments suivants² :

La justification et la présentation du projet : Le projet doit être présenté de façon synthétique, en précisant notamment ses caractéristiques techniques, ses enjeux principaux, ses impacts et son coût. Il faut également démontrer qu'il n'existe pas de solutions alternatives à la dérogation, et que la demande se situe bien dans l'un des 5 cas de dérogation prévus par l'article L.411-2 du code de l'environnement, à savoir un projet réalisé :

- a) Dans l'intérêt de la protection de la faune et de la flore sauvages et de la conservation des habitats naturels ;
- b) Pour prévenir des dommages importants notamment aux cultures, à l'élevage, aux forêts, aux pêcheries, aux eaux et à d'autres formes de propriété ;
- c) Dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publiques ou pour d'autres raisons impératives d'intérêt public majeur, y compris de nature sociale ou économique, et pour des motifs qui comporteraient des conséquences bénéfiques primordiales pour l'environnement ;

- d) A des fins de recherche et d'éducation, de repeuplement et de réintroduction de ces espèces et pour des opérations de reproduction nécessaires à ces fins, y compris la propagation artificielle des plantes ;
- e) Pour permettre, dans des conditions strictement contrôlées, d'une manière sélective et dans une mesure limitée, la prise ou la détention d'un nombre limité et spécifié de certains spécimens ;

La description de l'impact du projet sur les espèces protégées : afin de pouvoir analyser les impacts du projet, il faut recenser l'ensemble des espèces bénéficiant de mesures de protection ainsi que les effectifs de leurs populations, sur l'emprise du projet et à proximité immédiate. Ceci implique également d'analyser les effets du projet sur les espèces impliquées.

La description des mesures d'évitement, de réduction et de compensation mises en place : dès lors qu'un impact sur une espèce protégée est constaté, il faut chercher les façons d'éviter l'impact, et si ce n'est pas complètement possible, de le réduire. Lorsqu'un impact résiduel subsiste, des mesures de compensation doivent alors être mises en place²⁶. L'ensemble des mesures proposées doivent permettre de garantir, dans l'espace et à long terme, l'amélioration ou a minima le maintien de l'état de conservation local des espèces concernées, l'état de référence étant celui constaté avant la réalisation du projet. Ces mesures doivent nécessairement bénéficier en priorité aux espèces protégées affectées par le projet. Des mesures d'accompagnement et/ou de suivi sont généralement nécessaires pour évaluer l'efficacité des mesures prescrites, voire les adapter en fonction de la « réponse » des espèces aux impacts.

Le dossier doit au final montrer de manière explicite qu'après application de ces mesures et du fait de celles-ci, la dérogation ne nuira pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle.

Une fois constitué par le maître d'ouvrage, le dossier est instruit par la DREAL qui va notamment solliciter l'avis d'experts comme le CBNA. La demande est ensuite transmise pour avis au CNPN ou au CSRPN. Le préfet statue enfin sur l'accord de la dérogation, en s'appuyant sur les avis du CNPN/CSRPN et de la DREAL. L'ensemble de cette procédure, schématisée sur la figure 11 dure en général 12 mois.

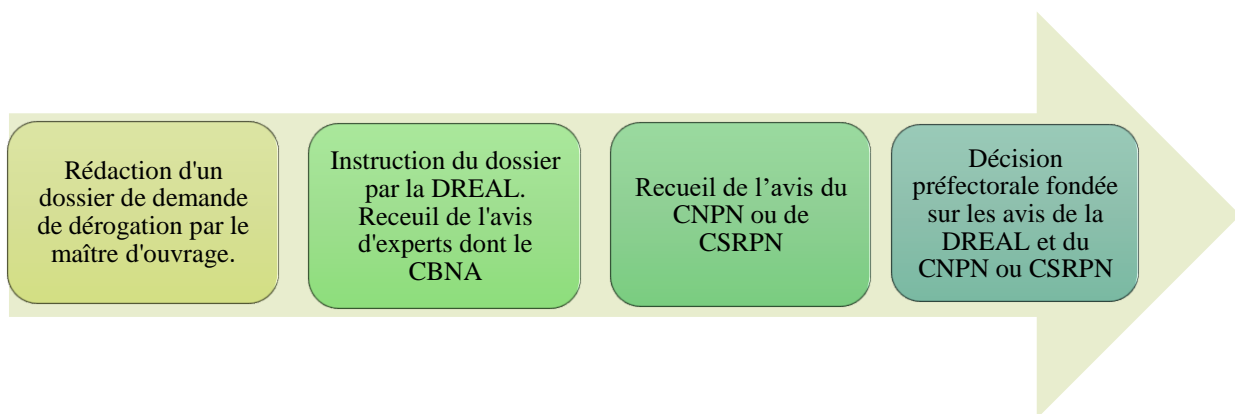


Figure 11 Organisation de la procédure de demande de dérogation

3.2 Une concertation nécessaire pour définir le contenu des cadres

Un cadre de traitement des demandes de dérogation pour une espèce doit permettre de développer les éléments décrits au paragraphe 3.1 qui seront valables pour toutes les demandes de dérogation concernant cette espèce. Il doit de plus être accepté par les différentes parties prenantes de l'instruction et du jugement des dossiers de demande de dérogation : maître d'ouvrage et maître d'œuvre, DREAL, CBNA, CNPN et CSRPN... Afin de parvenir à un consensus sur ce que doit être le contenu d'un cadre de traitement des demandes de dérogation, plusieurs réunions et présentations ont été organisées au cours du stage :

Des réunions de pilotage entre le CBNA, la DREAL et l'ONF ont été organisées tout au long du stage afin de définir et d'orienter les axes de recherche du stage.

Au sein de l'ONF, la démarche a été présentée aux responsables des services forêts des agences de Rhône-Alpes, aux membres du réseau desserte de la direction territoriale ainsi qu'aux membres du réseau environnement de Savoie. L'objectif de ces présentations était à la fois d'obtenir un avis sur le travail mené, et d'identifier des projets de desserte pouvant illustrer la démarche de construction du cadre.

Lors des rencontres botaniques alpines portant cette année sur la place de flore dans l'aménagement du territoire, la démarche du stage a été présentée afin d'obtenir un retour de la part notamment des botanistes et des membres d'associations de protection de la nature qui assistaient aux conférences²⁷.

Les objectifs du stage ont également été présentés au président de la Commission Flore du CNPN, Serge Müller afin de solliciter son avis sur les axes de recherche identifiés.

Enfin, une journée d'échange a été organisée dans le Trièves sur *A. taurina* en présence du CBNA, de la DREAL, du président de Gentiana et de membres de l'ONF (agent en charge de la forêt de Lalley, responsable de l'UT du Trièves, responsable environnement de la DT, responsable du service forêt d'Isère, chargé d'étude environnement et responsable desserte du département.). Cette journée a en particulier permis de définir quel devait être le contenu d'un cadre de dérogation concernant *A. taurina*.

3.3 Éléments devant figurer dans le cadre concernant *Asperula taurina*

Les éléments à faire figurer dans un tel cadre ont été réfléchis et discutés avec la DREAL, le CBNA, l'ONF et l'association Gentiana sur le cas particulier de l'Aspérule de Turin.

L'essentiel des localités connues de cette espèce se trouvent dans le Trièves. C'est pourquoi, c'est ce territoire qui est ciblé dans le cadre de traitement des demandes de dérogation concernant l'Aspérule de Turin. A l'échelle de ce territoire, le cadre peut apporter une première justification de l'intérêt des projets de desserte forestière. Cette justification doit notamment permettre de comprendre pourquoi le débardage par pistes et routes est préféré aux autres techniques de débardage.

Le cadre sur l'Aspérule de Turin doit également préciser les protocoles à mettre en place pour déterminer les impacts de la desserte sur l'espèce (Comment recenser les pieds impactés, quelle surface couvrir...). Les enjeux de conservation liés à l'espèce ainsi que les effets de la desserte sur cette espèce doivent y être analysés.

Enfin, le cadre doit permettre d'identifier les mesures d'évitement, de réduction et de compensation adaptées à l'écologie de l'espèce et proportionnées à l'ampleur des projets. Les mesures de suivi

envisagées devront également y être développées. La mise en place de ces mesures de suivi a constitué le principal point de discordance entre les participants lors de la journée d'échange organisée dans le Trièves. Ce point a été rediscuté lors d'une réunion ultérieure avec la DREAL et le CBNA pour aboutir à la démarche présentée dans le paragraphe 6.3.

Une fois validé par les organismes compétents (CNP, CSRPN), ce document sera joint à chaque dossier individuel de demande de dérogation. Ce dernier ne comportera donc que les éléments spécifiques au projet. L'annexe 1 détaille le contenu exact des dossiers individuels de demande de dérogation pour *A. taurina*.

3.4 Quelles différences avec un cadre concernant *B. viridis* ?

L'Aspérule de Turin est essentiellement présente dans les forêts du Trièves. Le cadre de traitement des demandes de dérogation sur cette espèce peut donc apporter des éléments précis concernant l'intérêt des projets de desserte pour le territoire ou encore l'état de conservation de l'espèce à l'échelle locale. Par ailleurs l'analyse de l'impact de la desserte sur *A. taurina* repose notamment sur les prospections réalisées dans les forêts du Trièves durant le stage. Les conclusions de ces prospections sont valables pour l'ensemble des projets de desserte développés dans le Trièves.

La Buxbaumie verte quant à elle est présente dans de nombreuses forêts de Rhône-Alpes aux contextes écologiques et économiques très variés. L'argumentaire portant sur l'intérêt de développer des dessertes forestières ne pourra donc pas être développé de façon aussi approfondie, tout comme les éléments concernant l'absence de solutions alternatives ou l'analyse de l'état de conservation de l'espèce au niveau local. Par ailleurs, l'impact des dessertes forestières sur cette espèce n'a été étudié que dans quelques forêts de Savoie. Les conclusions de ces recherches ne sont donc pas applicables à toutes les dessertes pouvant être développées en Rhône-Alpes.

Par conséquent, un cadre concernant *B. viridis*, même s'il suit la même logique que ce qui a été présenté ci-dessus, ne pourra pas apporter autant d'informations que celui concernant *A. taurina*. Les dossiers individuels de demande de dérogation devront donc nécessairement être plus développés afin d'apporter les éléments nécessaires à l'examen du dossier.

Une fois le contenu d'un cadre de traitement des demandes de dérogation défini, l'objectif du stage consistait à réunir les éléments nécessaires à la rédaction de ce cadre pour *A. taurina* et *B. viridis*. La suite du document développe la façon dont ont été réunis ces éléments en suivant la logique du paragraphe 1.4 à savoir : la justification des projets de desserte, l'analyse de l'impact de la desserte, les mesures de la séquence ERC à mettre en place.

4 Pourquoi réaliser de nouvelles dessertes forestières ?

80% des forêts publiques de Rhône-Alpes sont traitées en futaie irrégulière²⁸, 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 stable²⁹. 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 régénération³⁰. L'idéal est de réaliser des coupes fréquentes, avec de faible taux de prélèvement : pour les feuillus, les rotations sont ainsi espacées de 7 à 12 ans pour un prélèvement de 15 à 20 % du volume sur pied. Pour les résineux, les rotations sont espacées de 5 à 10 ans avec un prélèvement compris entre 20 et 25% du volume sur pied²⁹.

4.1 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 :

4.1.1. Le débardage par tracteur débusqueur



Figure 12 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 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 ³¹.

Le prix d'une exploitation par tracteur variait en 2006 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.

4.1.2. Le débardage par routes et câbles longs



Le câble long permet de débarder des bois jusqu'à 2000m 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 100m³/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 avoisinait en 2006 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 pied³¹.

Figure 13 Ligne de câble long. Source : ONF

4.1.3 Le débardage par routes et câble-mât



Figure 14 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 150m³ soit au minimum 0.5m³ 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 avoisinait en 2006 20 à 35 euros/m³.

4.1.4 Le débardage par cheval³²



Figure 15 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 200m) 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 avoisinait en 2006 10 à 15 euros/m³. Les tarifs sont toutefois le plus souvent raisonnés en forfait journalier, à hauteur de 300 et 450 euros/jour.

4.1.5 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 1500m.

4.1.6 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 16 Débardage par hélicoptère. Source : Hélicoptère Luchon 2

4.1.7 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 17 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 territoire³³.

4.2 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 18 montre ainsi une régression des surfaces martelées en Savoie³⁴. 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 2009³⁵.

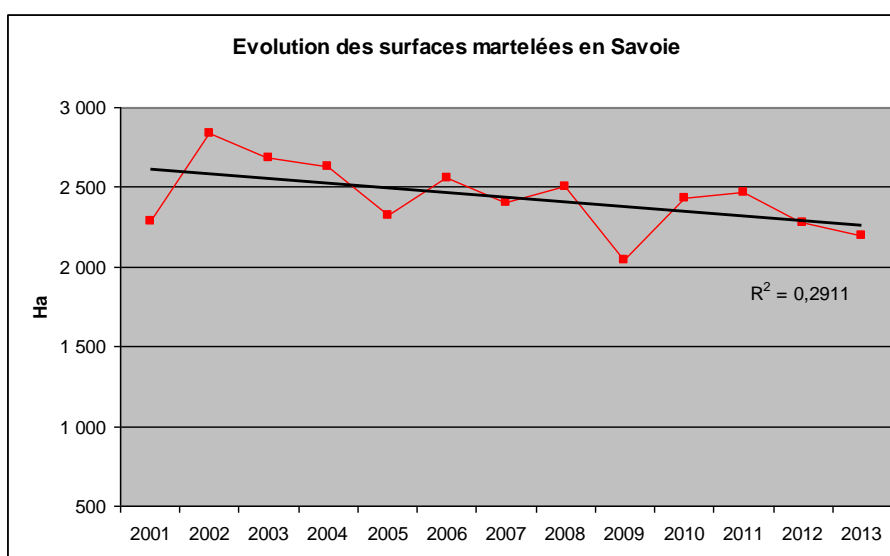


Figure 18 Evolution des surface martelée en Savoie

Cette diminution des surfaces exploitées entraîne une réduction des volumes récoltés dans les forêts publiques de la région, comme l'illustre la figure 19, 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%³⁶.

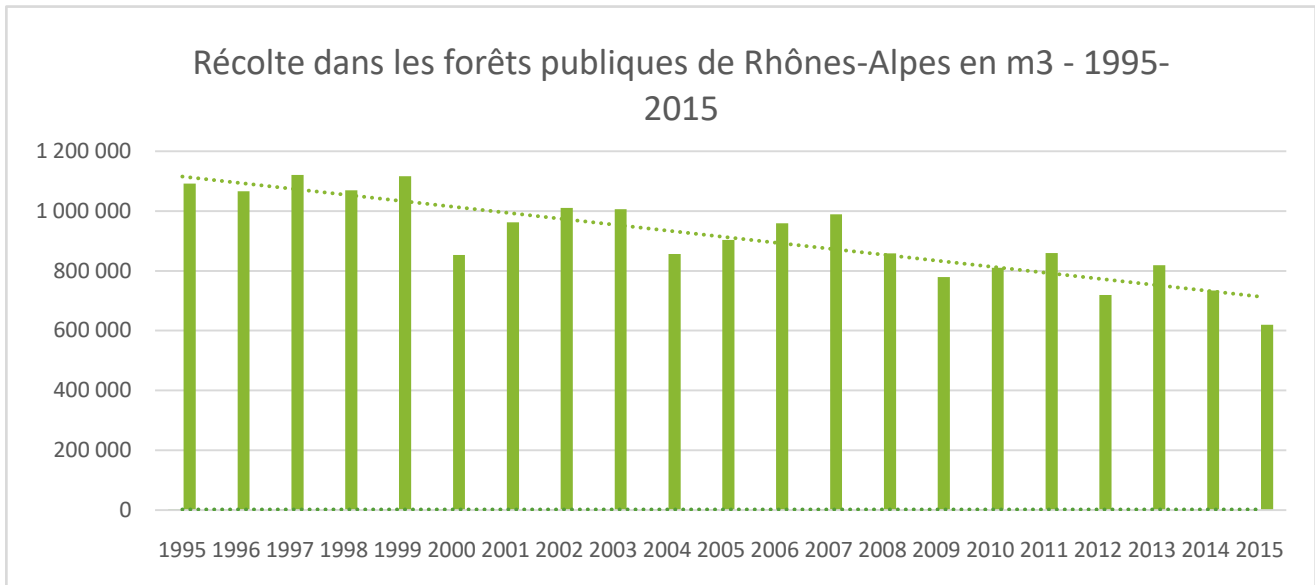


Figure 19 Evolution des volumes de bois récoltés dans les forêts publiques de Rhône-Alpes entre 1995 et 2015

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 20 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.

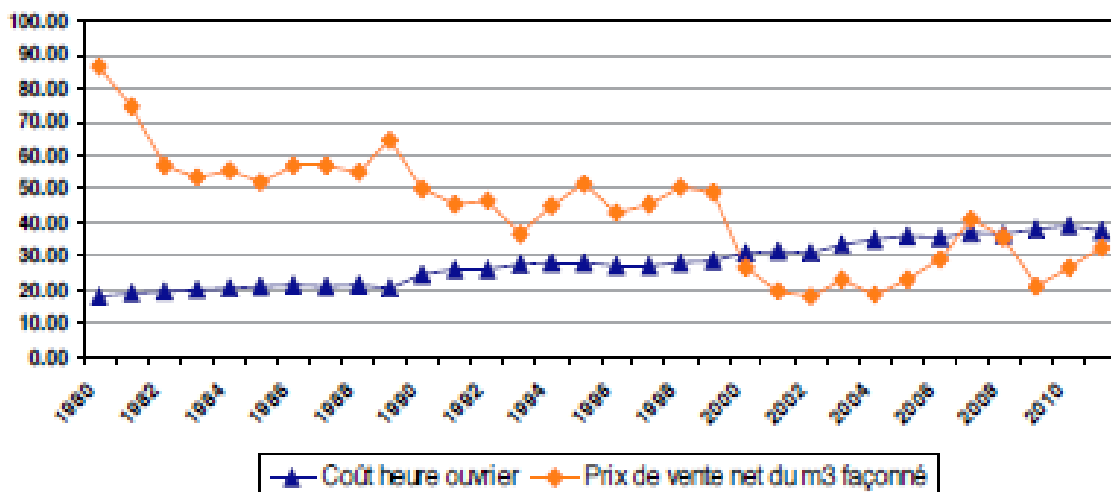


Figure 20 Vente de bois façonnés en Alsace. Prix net au m3 et coûts de l'heure productive.

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.

L'érosion des surface exploitée 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 existant.

4.3 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-Alpes³⁷, 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 849340 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 énergétique⁵.

Or, 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 difficile³⁸. Ce critère d'exploitabilité dépend de la pente mais aussi de l'accessibilité et des distances de débardage. Logiquement, la demande croissante en bois devrait donc résulter dans une exploitation plus soutenue des zones actuellement accessibles. Une telle évolution, bien qu'encadrée par les documents d'aménagement qui assurent la durabilité de la gestion forestière, est contraire au principe de multifonctionnalité forestière.

Prélever plus sur des surfaces de plus en plus réduites n'est donc pas une solution tenable dans des espaces voulus multifonctionnels et c'est pourquoi stabiliser les surfaces exploitées en Rhône-Alpes est essentiel.

Cette partie a permis de dresser un premier justificatif sur l'intérêt de construire des dessertes en Rhône-Alpes. Dans le cas d'*A.taurina* et *B.viridis*, quels peuvent être les effets liés à la construction d'une desserte les impactant ?

5 Quels impacts de la desserte sur *Asperula taurina* et *Buxbaumia viridis* ?

Les incidences de la desserte sur la flore sont de plusieurs natures :

- **Incidences sur l'emprise de la desserte** : L'emprise de la desserte comprend la plateforme de roulement et les abords directement impactés par les travaux (déblais-remblais sur quelques mètres de part et d'autre de la plateforme). Sur cette emprise, des pieds de l'espèce végétale considérée peuvent être détruits. Il s'agit d'une incidence directe durant la phase de construction de la desserte.
- **Incidences sur le peuplement adjacent** : la desserte modifie localement les conditions du milieu, qu'il s'agisse des écoulements des eaux, du climat lumineux ou des caractéristiques du sol. Ces modifications du milieu sont des incidences indirectes de la desserte. Les peuplements forestiers sont également modifiés de façon importante par les exploitations forestières permises par la desserte. Ces exploitations peuvent donc être considérées comme un impact induit de la desserte. Toutefois, elles font partie de la gestion courante des fonds ruraux³ et d'après les arrêtés du 20 janvier 1982 et du 4 décembre 1990 : « *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.* ». Dans les dossiers de demande de dérogation concernant des dessertes forestières, il n'y a donc pas lieu d'étudier les impacts liés à l'exploitation forestière. Ceci n'empêche toutefois pas de réfléchir aux techniques d'exploitation ou aux modes de gestion qui pourraient favoriser les espèces considérées.

5.1 Comment inventorier les populations d'*Asperula taurina* ou de *Buxbaumia viridis* présentes dans l'emprise élargie d'un projet de desserte ?

La première étape de l'analyse des impacts d'une desserte sur une espèce consiste à inventorier les pieds de l'espèce présents sur l'emprise de la desserte, et à proximité immédiate dans ce qu'on appelle le périmètre élargi du projet.

Ce protocole d'inventaire mérite d'être réfléchi en fonction de l'écologie de chaque espèce végétale considérée. *A.taurina* par exemple, est une espèce formant parfois des tapis monospécifiques. Faire l'inventaire de l'ensemble des pieds impactés est donc peu réaliste et il paraît plus pertinent de raisonner en surface impactée. Après discussion avec la DREAL, le CBNA, l'association Gentiana et l'ONF, il a été décidé que la façon la plus pertinente d'identifier les surfaces impactées par le projet était de déterminer les aires de présence d'*A.taurina* sur un fuseau de 150m centré sur le projet de desserte. Ce fuseau est parcouru par transects de façon à faciliter les déplacements dans la pente (5 transects éloignés de 25 m les uns des autres, parallèlement au sens du tracé). Les premier et dernier points d'intersection d'une aire de présence avec un transect sont relevés au GPS et la distance occupée de part et d'autre du transect par l'aire est estimée visuellement. Afin de préciser ces résultats, l'abondance de l'aspérule dans chacune de ses aires de présence est relevée. Cette abondance est estimée visuellement pour chaque aire de présence en distinguant trois classes : Pieds disséminés (Pourcentage de recouvrement entre 1 et 33%) ; Abondance moyenne (34 à 66%) ; Tapis dense (Plus de 67%).

Ce protocole d'inventaire permet d'obtenir le type de carte suivante :

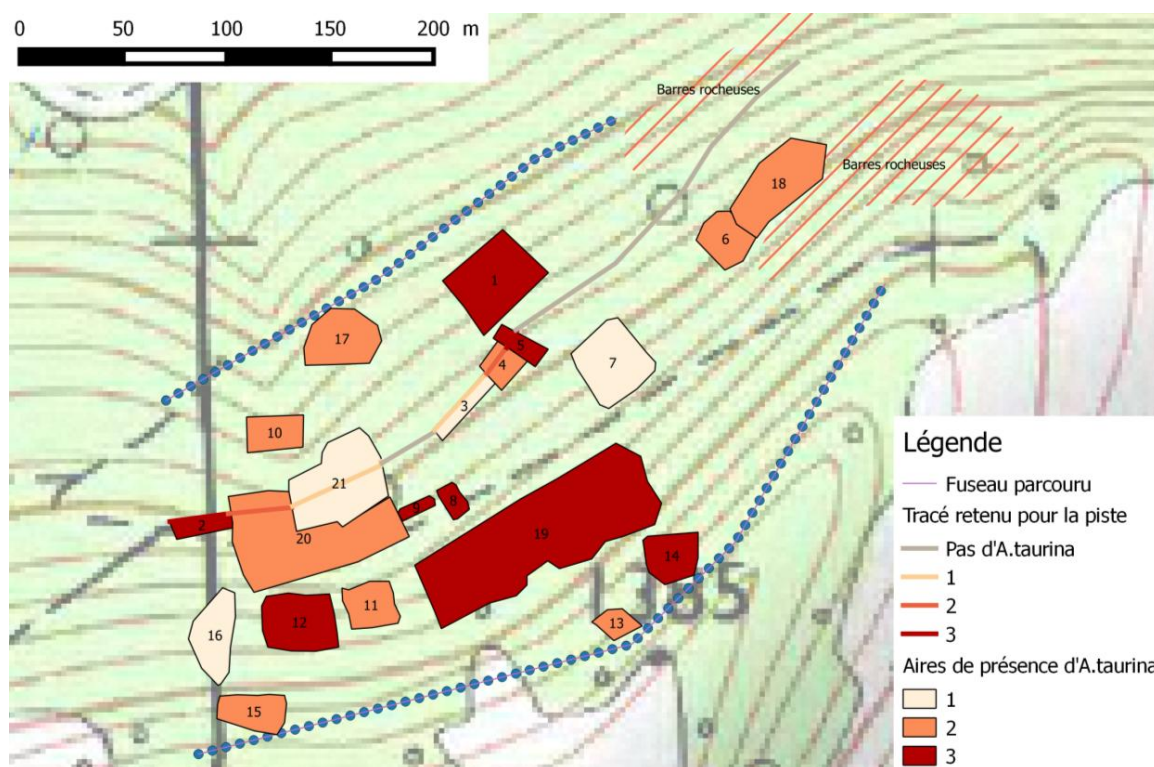


Figure 21 Aires de présence observées dans l'emprise élargie d'un projet de piste à Lalley (38)

Chaque polygone correspond à une aire de présence d'*A. taurina*. La couleur du polygone correspond à la classe d'abondance qui lui a été associée.

Pour tenir compte des variations d'abondance de l'espèce dans l'analyse des surfaces impactées, il a par ailleurs été choisi de raisonner non pas sur la surface des aires de présence, mais sur cette surface au pro-rata de l'abondance d'*A. taurina*. Ceci revient concrètement à multiplier la superficie de chaque aire de présence par le pourcentage d'abondance moyen de la classe attribuée à l'aire. Un exemple de calcul est présenté dans l'annexe 2.

Pour *B. viridis* inventorier les pieds sur un projet de desserte et son emprise élargie nécessite d'adopter une approche radicalement différente. La présence de cette bryophyte est en effet difficile à détecter³⁹ ce qui rend la prospection des bois morts au sol pouvant l'accueillir très chronophage. De plus, la production des sporophytes étant sporadique, le nombre exact de sporophytes se trouvant sur une surface donnée ne peut pas être déterminé avec précision. Le plus efficace pourrait donc être de ne pas chercher à inventorier l'intégralité des supports colonisés dans l'emprise élargie du projet mais d'estimer dans le peuplement deux indicateurs : les proportions de supports colonisés et favorables.

L'intérêt de ces deux indicateurs est qu'ils peuvent être estimés sans avoir à prospecter l'ensemble des bois morts au sol dans l'emprise élargie de la desserte. Ainsi, une bande de 30m de large pour 300m de long a été parcourue dans un peuplement homogène de la forêt de Crest-Voland (Savoie) où *B. viridis* est présente. Dans cette bande, l'ensemble des bois morts au sol ont été prospectés et les nombres de supports favorables et colonisés ont été relevés. Le protocole de cette prospection est présenté de façon plus détaillée dans l'Annexe 6.

La figure 22 représente l'évolution des proportions de supports favorables et de supports colonisés en fonction du nombre de supports prospectés.

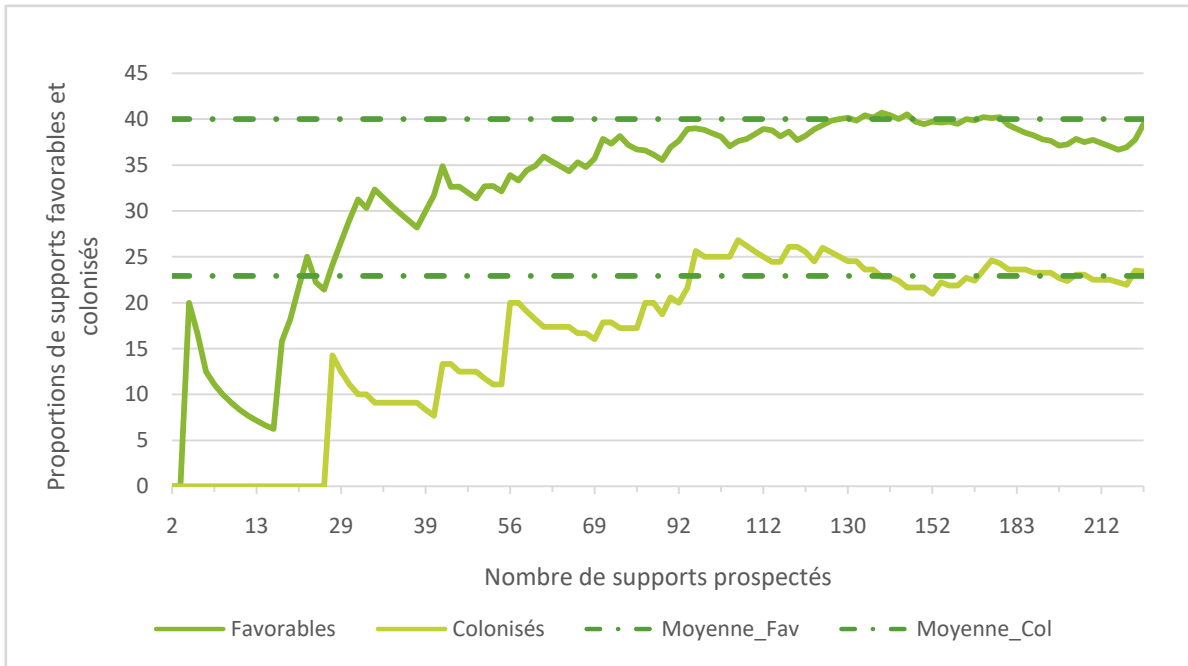


Figure 22 Evolution des proportions de supports favorables et colonisés en fonction du nombre de supports prospectés.

A partir d'environ 90 supports prospectés, ces deux proportions sont estimées avec une imprécision de moins de 10%.

La prospection d'un nombre fixé de supports sur l'emprise de la desserte pourrait ainsi permettre d'estimer ces deux indicateurs qui serviraient de base à l'analyse des impacts de la desserte sur *B.viridis*. Les supports devraient être prospectés non pas de façon aléatoire, mais de façon systématique afin de pouvoir déterminer la surface parcourue et en déduire le nombre de bois morts au sol à l'hectare.

L'expérience devrait toutefois être répliquée dans d'autres contextes que la forêt de Crest Voland pour s'assurer de la robustesse d'une telle démarche.

5.2 Quels sont les impacts indirects de la desserte sur *A.taurina* et *B.viridis* ?

Les incidences directes de la desserte sur son emprise sont facilement identifiables : le nombre de pieds ou la surface impactée par un projet peuvent être mesurés sur le terrain. Les incidences de la desserte sur la flore présente dans les peuplements adjacents sont par contre plus difficiles à déterminer.

5.2.1 Dans la littérature, un consensus sur les modifications des cortèges floristiques.

Plusieurs études se sont penchées sur la question en étudiant les modifications des cortèges floristiques à proximité des dessertes forestières et la plupart observe une modification de la composition floristique le long des dessertes. Le long de routes forestières dans des forêts feuillues de Belgique le nombre d'espèces rudérales et nitrophiles est ainsi plus important à proximité de la route. Ce phénomène est perceptible jusqu'à 10 m de la desserte.⁴⁰ De façon similaire dans deux études réalisées aux Etats-Unis, les auteurs dénombrent plus d'espèces de milieux ouverts ou humides le long des routes forestières et moins d'espèces forestières dans les cinq premiers mètres adjacents à la route. Les seules espèces exotiques observées l'étaient dans les quinze premiers mètres du peuplement.^{41, 42}

Les auteurs n'ont toutefois pas observés de différences de richesse spécifique entre les pistes forestières et les peuplements adjacents⁴².

En France, trois études ont été conduites par l'IRSTEA dans des forêts feuillues de plaine sur le sujet. Là encore, les auteurs ont observé une richesse spécifique plus importante le long des routes forestières suite à la présence d'espèces 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 romaine⁴³. 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 à l'intérieur des peuplements. Pour certaines herbacées forestières et des bryophytes un évitement de la route pouvant aller jusqu'à 30 m a été observé.⁴⁴

Seule 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 construction⁴⁵. Par ailleurs, en Maurienne, l'étude de la dynamique de recolonisation d'un talus de piste dans une pinède de Pins sylvestres montre que 8 ans après l'ouverture de la piste, il n'y a pas de différence de richesse spécifique entre le talus et les zones témoins. Par contre, le pourcentage de recouvrement du talus par *Erica carnea*, espèce caractéristique de ce type de milieu est significativement inférieur à ce qui est observé sur les zones témoins⁴⁶.

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. La distance jusqu'à laquelle cet impact est perceptible varie selon les études mais est globalement comprise entre 5 et 30m.

Si ces études permettent de mieux apprécier l'impact global de la desserte sur la flore, aucune donnée ne cible à l'heure actuelle l'impact de la desserte sur *Asperula taurina* ou *Buxbaumia viridis*. Il a donc été décidé d'étudier spécifiquement l'impact de la desserte forestière sur ces deux espèces afin de pouvoir disposer des éléments nécessaires à la constitution d'une demande de dérogation.

5.2.2 Objectifs et démarche globale des prospections de terrain

L'objectif de ces études est d'une part, de mieux appréhender l'impact de la desserte sur *B.viridis* et *A.taurina* ; et d'autre part de collecter davantage d'informations sur l'écologie de ces deux espèces et sur les mesures de gestion pouvant les favoriser. Les protocoles des études s'intéressant à l'impact des dessertes forestières sur la flore sont similaires : des transects sont réalisés parallèlement à la desserte à différentes distances de celle-ci. Des relevés de végétation sont ensuite réalisés dans des placettes de petite taille (1m²) placées le long du transect^{40, 47, 45, 42, 48, 49}. Ce type de protocole par transects et placettes de petite taille semble bien adapté à *A.taurina*. Dans les parcelles où elle est présente, l'espèce est en effet abondante. Il est donc quasiment certains de l'observer sur l'ensemble des transects et de pouvoir comparer les fréquences d'occurrence de l'espèce à différentes distances de la desserte.

En plus de la mesure des fréquences d'occurrence le long de chaque transect, le relevé de données sur le milieu (station forestière, exposition, couvert forestier, présences de plantes caractéristiques de milieux frais) et sur le peuplement (surface terrière, composition en essence, répartition des tiges par classe de diamètre) semble pertinent afin de mieux cerner les exigences stationnelles d'*A. taurina*.

Pour *B. viridis* il semble nécessaire de développer une approche légèrement différente. Cette espèce est inféodée à la présence de bois morts présentant un état de décomposition avancé, sans être colonisés de façon trop importante par d'autres bryophytes. Les placettes prospectées doivent donc avoir une taille suffisante pour contenir de façon quasi systématique des bois morts avec de telles caractéristiques. Ceci est d'autant plus important que, d'après les retours d'expérience de membres du réseau environnement de l'ONF, la proportion de supports favorables colonisés par l'espèce n'est jamais très élevée. Plusieurs tests sur le terrain ont été réalisés pour déterminer la taille de placette la plus adéquate. Pour un rayon de 10m, le nombre de supports prospectés permet trouver de façon quasiment systématique *B. viridis* sur les placettes. Là encore, le relevé de données sur le milieu, le peuplement et le bois mort au sol est intéressant pour mieux comprendre l'écologie de l'espèce.

Pour *A. taurina* comme pour *B. viridis*, les dessertes prospectées ont été choisies dans des parcelles où la présence de l'espèce était signalée, que ce soit dans l'aménagement forestier ou la base de données du PIFH. Ces dessertes devaient également être éloignées des routes et pistes existantes afin de pouvoir réaliser des relevés hors zone d'influence de la desserte. Les deux protocoles élaborés suite à cette réflexion ont été validés par le Conservatoire Botanique National Alpin et sont présents en annexe 3.

5.2.3 Impact de la desserte sur *A. taurina*

10 dessertes ont été prospectées dans quatre forêts du Trièves en réalisant des transects de 60m de long, parallèles à cette desserte et à différentes distances de celle-ci (sur le talus, à 10m, 30m, 50m, 75 et 100m). Le long de ces transects, des placettes de 1m² ont été réalisées tous les 10m et sur chaque placette a été relevé : le pourcentage d'occurrence d'*Asperula taurina*, la présence/absence de plantes compagnes caractéristiques des milieux frais, le couvert forestier. Des données sur la composition en essences, la répartition des tiges par classe de diamètre, la surface terrière ainsi que la station forestière ont été relevées à l'échelle du transect. La carte des sites prospectés est présente en annexe 3.

Le jeu de données constitué suite à cette phase de terrain comporte les données relevées sur 497 placettes. Des analyses statistiques ont été réalisées sur ce jeu de donnée grâce au logiciel R afin de répondre aux questions suivantes :

- Y-a-t-il un impact de la desserte sur la fréquence d'occurrence de l'Aspérule de Turin ?
- Quelles variables permettent d'expliquer la répartition en Aspérule de Turin dans les peuplements ?

La fréquence d'occurrence de l'aspérule de Turin est une variable déséquilibrée. En effet, sur 497 relevés, 345 ne présentent pas d'Aspérule de Turin. Ce déséquilibre nécessite de modifier les jeux de données de façon à avoir :

- Un jeu de données comportant uniquement les fréquences d'occurrence non nulles d'Aspérule.
- Un jeu de données dans lequel les fréquences d'occurrence sont remplacées par une variable binaire présence/absence d'Aspérule.

Une régression logistique a été réalisée sur le jeu de données présence/absence d'Aspérule afin d'étudier les corrélations entre la probabilité de présence de l'Aspérule de Turin et les variables relevées sur le transect (en excluant les variables trop corrélées entre elles).

Les résultats de cette première modélisation ont ensuite été affinés en réalisant une sélection de variable par stepwise. L'ensemble des modèles testés et les sorties du logiciel R associées sont présentées dans l'annexe 4.

Les conclusions des deux modèles sont cohérentes et font ressortir l'impact des variables suivantes sur la probabilité de présence d'*A. taurina* :

Le **nombre de plantes compagnes** présentes sur le point de relevé a un impact significatif sur la probabilité de présence de l'aspérule ($pvalue < 5\%$). Plus précisément : plus le nombre de plantes compagnes augmente, plus la probabilité de trouver de l'aspérule est importante. Ces plantes avaient été identifiées par le CBNA comme étant présentes dans plus de 40% des relevés phytosociologiques contenant *A. taurina*. Ce résultat est donc logique. Par ailleurs, ces plantes étant caractéristiques des ambiances fraîches et des sols riches en base, ceci indique que la probabilité de trouver de l'aspérule est plus importante dans les zones fraîches et humides. (L'analyse des relevés sociologiques contenant *A. taurina* est présente en annexe 5).

La **proportion d'érables dans le peuplement** a également un impact significatif sur la probabilité de présence d'aspérule : la probabilité de présence d'*A. taurina* augmente légèrement lorsque la proportion d'érables augmente. Ce résultat statistique traduit essentiellement le fait que l'érable va pousser dans des combes, éboulis et autres microreliefs humides, particulièrement favorables à l'aspérule.

Deux autres variables ressortent également comme ayant un impact significatif sur la probabilité de présence de l'aspérule :

La variable **Site**, un facteur correspondant aux dessertes prospectées. La probabilité de présence de l'aspérule est ainsi différente selon les dessertes, ce qui est cohérent avec ce qui a été observé sur le terrain. Cet effet n'est pas lié à la nature de la desserte (route ou piste).

La variable **couvert arboré**, un facteur à 4 niveaux correspondant à l'estimation visuelle du couvert arboré. Seul le niveau 4, à savoir un couvert de 75 à 100% a un impact significatif sur la probabilité de présence d'aspérule. Le coefficient estimé pour ce niveau est négatif : la probabilité de présence d'*Asperula taurina* serait donc plus faible sur les placettes où le couvert arboré est supérieur à 75%.

Aucun de ces modèles ne permet de mettre en évidence un quelconque impact de la desserte sur la probabilité de présence d'Aspérule.

Des régressions linéaires multiples et des sélections de variable par stepwise ont ensuite été réalisées sur le jeu de données comportant uniquement les placettes avec une fréquence d'occurrence d'Aspérule non nulle. L'objectif de ces modélisations est cette fois-ci d'étudier les relations entre le pourcentage d'occurrence d'*A. taurina* sur les placettes et les autres variables relevées. Le nombre d'espèces compagne sur les placettes, la surface terrière ainsi que la proportion de petits bois sont identifiées comme influant de façon significative le pourcentage d'occurrence d'*A. taurina*.

Concernant le nombre d'espèces compagnes, les conclusions de cette modélisation sont similaires aux résultats obtenus lors de la régression logistique précédente. Plus le nombre d'espèces compagnes observées sur une placette est élevé, plus le pourcentage d'occurrence d'*A. taurina* augmente. Ce pourcentage augmente également lorsque la surface terrière augmente et diminue lorsque la proportion de petits bois (diamètre inférieur à 27.5 cm) dans les peuplements augmente. De façon logique, les proportions de petits bois et de gros bois étant corrélées, le pourcentage d'occurrence d'*A. taurina* augmente lorsque la proportion de gros bois (diamètre supérieur à 47.5 cm) augmente dans le peuplement.

Là encore, ces modélisations ne permettent pas de mettre en évidence un quelconque effet de la distance à la desserte forestière sur le pourcentage d'occurrence d'*A. taurina*.

L'ensemble des modèles testés ont un R^2 inférieur à 0.2 : aucun ne permet donc de prédire de façon efficace le pourcentage d'occurrence d'*A.taurina* en fonction des variables relevées lors de la phase de terrain.

Au final, les analyses réalisées ne mettent pas en évidence un impact de la desserte sur *Asperula taurina*. Il y a ainsi autant d'aspérules à proximité immédiate de la desserte qu'à l'intérieur des peuplements.

Le principal facteur permettant d'expliquer la présence et l'abondance de l'aspérule est la présence de plantes compagnes, hygrophiles. L'alimentation hydrique semble donc être le principal facteur expliquant la répartition de l'aspérule. Par ailleurs, *Asperula taurina* semble être inféodée à des peuplements dont la surface terrière est assez élevée, riches en gros bois et en érables, avec toutefois une probabilité de présence plus faible lorsque le couvert arboré est supérieur à 75%. Lorsque l'espèce est présente, son pourcentage d'occurrence est d'autant plus faible que la proportion en petits bois est élevée. Ces conclusions concernant la composition du peuplement rejoignent les résultats de l'étude menée par le CBNA dans le cadre du GIP ECOFOR « Biodiversité et gestion forestière ». ⁵⁰

5.2.4 Impact de la desserte sur *B.viridis*

Cinq dessertes ont été prospectées dans 3 forêts de Savoie : 3 pistes, une route goudronnée et une route en terrain naturel. Parallèlement à ces dessertes, deux transects de 150m de long ont été réalisés : l'un à 10m de la desserte, l'autre à 50m. Des placettes circulaires de 10m de rayon étaient placées tous les 30m le long de ces transects. Sur chaque placette était relevé : le nombre de bois mort au sol, le nombre de bois mort au sol favorable au développement de *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.

Au total, 53 placettes ont été réalisées et 70 supports colonisés par *B.viridis* ont été identifiés.

Les données récoltées sur le terrain ont permis de constituer deux jeux de données :

- Un jeu de données portant sur les supports colonisés par *B.viridis*.
- Un jeu de données portant sur les placettes prospectées.

Des analyses statistiques ont été menées sur ces données de façon à répondre aux questions suivantes :

- Quelles sont les caractéristiques des supports colonisés ? Peut-on expliquer le nombre de sporophytes observés sur chaque support en fonction des variables relevées ? Y-a-t-il un impact de la desserte sur le nombre de sporophytes observés sur les supports ?
- Comment expliquer la probabilité de présence de *B.viridis* sur les placettes prospectées ? Y-a-t-il une influence de la proximité à la desserte sur cette probabilité de présence ?

L'ensemble des analyses réalisé est présenté à l'annexe 6. Les principaux résultats sont décrits dans les paragraphes ci-dessous :

5.2.4.1 Etude du jeu de données portant sur les supports colonisés par *B.viridis*

Le graphique ci-contre représente la répartition des supports colonisés par *B.viridis* en fonction de la nature du support. (Branche, Tronc, Souche, Humus).

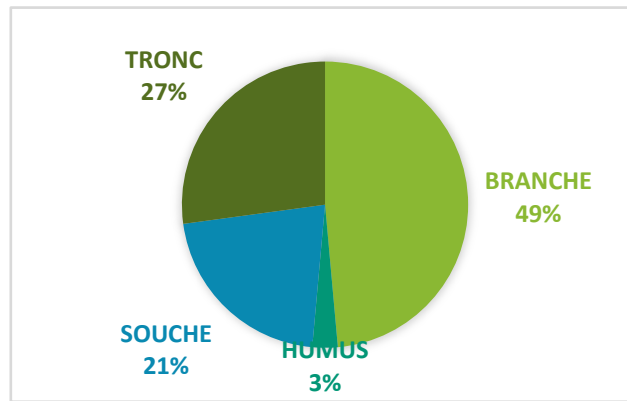


Figure 23 Type de bois mort au sol prospectés

Près de la moitié des supports sont des branches, les troncs et les souches représentant chacun environ 1/4 des supports. *B. viridis* a été observée sur de l’humus dans 2 cas.

Une note de décomposition était attribuée à chaque support en utilisant la notation du protocole PSDRF décrite dans le tableau ci-dessous. Seuls quatre stades de décomposition ont été observés sur les supports colonisés : 3.4 ; 4.3 ; 4.4 et 4.5.

<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 3 Notation de l'état de décomposition des bois mort au sol.

Par ailleurs, le stade 3.4 n’a été observé qu’une seule fois sur un tronc. Dans tous les autres cas, les supports colonisés par *B. viridis* ne présentaient plus d’écorce et étaient pourris sur au moins ¼ de leur diamètre. Ces observations confirment que *B. viridis* est associé à un stade précis de décomposition du bois, en l’occurrence assez avancé.

La figure 24 représente le nombre de sporophytes observés sur les différents types de support. Dans les deux cas où *B. viridis* a été observé sur de l’humus, un seul sporophyte était présent. Sur les branches comme sur les souches, dans la moitié des cas, un seul sporophyte est observé sur le support. Sur les troncs, le nombre de sporophytes observés est plus important : sur la moitié des troncs entre 1 et 3 sporophytes ont été observés, tandis que le nombre de sporophytes observés sur la moitié restante varie entre 3 et 13 pieds.

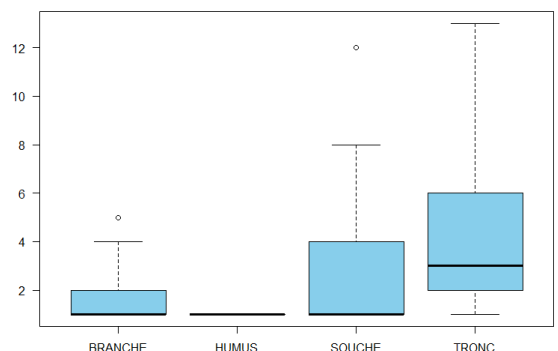


Figure 24 Nombre de sporophytes observés selon la nature du support.

Le nombre de sporophytes observés varie donc en fonction de la nature du support : globalement, plus de sporophytes seront présents sur les troncs par rapport aux autres types de supports.

Des régressions linéaires multiples et des sélections de variables par stepwise ont été réalisées pour étudier les corrélations entre le nombre de sporophytes observés sur les supports colonisés et les autres variables relevées sur le terrain.

Seul le diamètre moyen des supports colonisés et la proportion de hêtre dans le peuplement semblent influencer sur le nombre de sporophytes observés sur les supports. Plus le diamètre moyen des supports colonisés est élevé, plus le nombre de sporophytes observés augmente. A contrario, le nombre de sporophytes observés diminue lorsque la proportion de hêtres augmente. Ces résultats sont logiques : plus le diamètre moyen des supports est élevé plus la surface disponible pour le développement des sporophytes est importante. Par ailleurs, *B.viridis* se développe majoritairement sur des résineux. Observer une influence négative de la proportion de feuillus sur le nombre de sporophytes observés n'est donc pas surprenant. Dans l'ensemble des modélisations testées, R^2 est faible (<0.2). Les variables relevées sur le terrain ne permettent donc pas de prédire de façon fiable le nombre de sporophytes présents sur les supports colonisés.

Des analyses de variance à un facteur ont également été réalisées afin de tester l'effet de la proximité à la desserte sur les différentes variables relevées. Ces tests ne permettent pas de mettre en évidence un quelconque impact de la proximité à la desserte sur le nombre de sporophyte observé.

5.2.4.2 Etude du jeu de données concernant les placettes prospectées :

Dans la suite de cette analyse, support favorable désigne un bois mort au sol présentant un stade de décomposition suffisamment avancé pour permettre le développement de *B.viridis* tout en étant faiblement colonisé par d'autres bryophytes. Sur l'ensemble des placettes prospectées, en moyenne 25% des supports recensés étaient favorables et 3.4% de ces supports favorables étaient effectivement colonisés par *B.viridis*.

Sur l'ensemble des placettes prospectées 41 sont en situation d'ubac (11 à l'est ; 5 au NE ; 25 au NW). 11 placettes sont tout de même en situation d'adret avec une exposition à l'ouest. Par ailleurs, les stations forestières recensées sur l'ensemble des placettes prospectées sont caractérisées par un bon, voire très bon approvisionnement en eau.

Des régressions logistiques ont été réalisées afin d'expliquer la probabilité de présence d'un support colonisé sur une placette. Cette probabilité est statistiquement corrélée au nombre de supports prospectés, à la proportion de supports favorables ainsi qu'à la surface terrière et au type de placette (Proche de la desserte ou à l'intérieur des peuplements). Plus précisément : la probabilité de présence d'un support colonisé sur la placette augmente avec le nombre de supports colonisés, la proportion de supports favorables et la surface terrière totale. Par ailleurs, la probabilité d'observer un support colonisé par *B.viridis* est plus élevée sur les placettes situées à proximité de la desserte. Ce résultat se retrouve en réalisant une régression linéaire multiple pour expliquer le pourcentage de supports colonisés sur chaque placette : la proportion de supports colonisés est plus importante à proximité des dessertes ce qui est visible sur la figure 25.

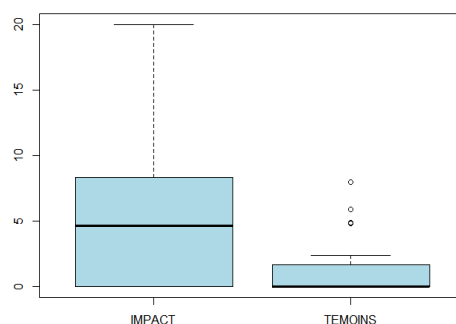


Figure 25 Proportion de supports colonisés selon le type de placette.

Des régressions linéaires multiples avec sélection de variables par stepwise ont par ailleurs été réalisées afin d'expliquer le nombre de supports favorables observés sur chaque placette. Aucune des variables relevées sur le terrain ne permet d'expliquer ce nombre.

5.2.4.3 Conclusion :

Les données collectées sur le terrain ont ainsi permis de montrer que lorsqu'un support est colonisé, le nombre de sporophytes sur le support augmente avec le diamètre moyen du support et diminue quand la proportion de hêtre dans le peuplement est élevée. Par ailleurs, la probabilité d'observer un support colonisé sur une placette augmente avec le nombre de supports prospectés, la proportion de supports favorables et la surface terrière. La proximité à la desserte semble influencer de façon positive sur cette probabilité. Enfin, le nombre de supports colonisés par placette n'est pas expliqué par les différentes variables relevées sur le terrain.

L'augmentation du nombre de sporophytes observés avec le diamètre moyen du support est logique : plus le diamètre du support est élevé, plus sa surface est importante donc le support peut accueillir un nombre plus important de sporophytes. Par ailleurs, un support de grande taille va présenter un état de décomposition favorable à *B.viridis* sur un laps de temps plus long qu'un support de petite taille, permettant ainsi une colonisation progressive par les sporophytes.

Concernant la probabilité de trouver un support colonisé sur une placette, il est cohérent qu'elle soit plus élevée lorsque le nombre de bois mort au sol et la proportion de supports favorables augmentent. La relation entre cette probabilité de présence et la surface terrière est également en accord avec les données existant sur l'auto-écologie de *B.viridis* : cette espèce se développe en effet dans des peuplements fermés.

Dans une atmosphère continuellement humide les bactéries, en proliférant, forment sur les bois en début de décomposition une sorte de gelée. En cas d'épisode sec, ces bactéries meurent puis se décomposent. *B.viridis* semble apprécier ces conditions même si l'épisode sec ne doit pas être trop long puisque les spores craignent la dessiccation.⁵¹ Ces alternances de périodes humides avec des périodes sèches sont plus marquées au niveau des lisières forestières par rapport à l'intérieur des peuplements où les variations d'humidités atmosphériques sont tamponnées. Ceci pourrait expliquer pourquoi la proportion de supports colonisés est plus importante à proximité des dessertes prospectées. Ce constat est valable dans le contexte stationnel des forêts prospectées : dans le Val d'Arly et la Tarentaise. Toutefois, il est possible que dans des contextes très différents, dans les forêts du sud de l'Isère par exemple, plus sèches, l'effet lisière limite au contraire la colonisation des supports à proximité de la desserte. Selon Marc Philippe, auteur de plusieurs articles sur le sujet, dans les milieux où l'humidité atmosphérique est élevée, *B.viridis* pourra être observé dans des milieux relativement ouverts (Dans des clairières dans les Vosges notamment). Dans les milieux plus secs a contrario, on ne trouvera l'espèce que dans les peuplements les plus fermés.

5.2.5 Synthèse des prospections de terrain

Finalement, les collectes de données et les analyses réalisées au cours du stage n'ont pas permis de mettre en évidence un impact de la desserte sur *A.taurina* : il y a ainsi autant d'aspérules à proximité immédiate de la desserte qu'à l'intérieur des peuplements. Pour *B.viridis*, la présence d'une lisière semble favoriser le développement de l'espèce, dans le contexte stationnel des forêts prospectées et des dessertes étudiées.

Par conséquent, le seul impact à considérer dans les dossiers de demande de dérogation à la destruction d'espèces végétales protégées semble être celui lié à la destruction des pieds ou des supports de l'espèce sur l'emprise de la desserte.

6 La mise en œuvre des mesures de la séquence ERC : cas d'*A.taurina*.

Dès lors qu'un projet peut impacter une espèce protégée, tout doit être fait pour éviter l'impact et réduire ce qui n'est pas évitable selon la logique de la séquence éviter, réduire, compenser. Comment cette logique peut-elle s'appliquer dans les projets de desserte forestière ? La réflexion qui suit a été menée pour l'Aspérule de Turin, en concertation avec la DREAL et le CBNA.

6.1 Des mesures d'évitement et de réduction qui tiennent à la façon dont le projet est monté.

La façon la plus efficace d'éviter qu'une desserte n'impacte une espèce protégée est de tenir compte de la présence de cette espèce lors de l'élaboration du tracé de la desserte. Ceci nécessite bien sûr de savoir où se trouve l'espèce.

La consultation des données du pôle flore habitat permet d'avoir une première idée des espèces végétales protégées qui peuvent être présentes sur la zone du projet. Le pôle flore habitat dispose en effet d'un moteur de recherche cartographique. Pour faciliter la consultation de ces données, un mode d'emploi à destination du personnel technique de l'ONF a été rédigé lors du stage. Ce document est présent à l'annexe 8.

Suite à cette consultation, pour les projets dont les agents pressentent qu'ils vont impacter *A.taurina*, il a été décidé d'organiser le montage du projet de la façon suivante :

En fonction des objectifs sylvicoles, des contraintes topographiques et des données disponibles sur la présence d'espèces végétales protégées, un fuseau de 150 m de large, dans lequel seront travaillés les tracés potentiels de la desserte, est défini par l'agent.

Ce fuseau est alors parcouru par transect (5 transects éloignées de 25 m les uns des autres, parallèlement au sens du tracé) de façon à déterminer les aires de présence de l'aspérule. L'abondance de l'aspérule sur ces aires de présence sera caractérisée par un coefficient. (1 : pieds disséminés; 2 : abondance moyenne; 3 : tapis d'aspérule). Cette première prospection doit également permettre d'identifier les autres espèces végétales protégées ainsi que les habitats prioritaires potentiellement présents sur la zone du projet. Une liste des espèces patrimoniales non protégées sera également fournie aux personnes réalisant les prospections à titre indicatif.

L'analyse des aires de présence de l'aspérule ainsi que des points de passage obligés de la desserte doit alors permettre de déterminer le tracé au sein du fuseau qui permet de minimiser l'impact sur *Asperula taurina* tout en répondant aux autres contraintes du forestier.

Un nouveau passage est alors réalisé sur le tracé définitif de la desserte pour réaliser un inventaire exhaustif des espèces protégées présentes sur le tracé.

Les prospections réalisées sur la zone du projet seront organisées de façon à ce que la première ai lieu au début de la saison de végétation de façon à détecter les espèces protégées à floraison précoce, comme la gagée jaune (floraison de mars à mai)⁵². La seconde prospection, sur le tracé définitif doit se dérouler à partir du milieu de la saison de végétation de façon à pouvoir identifier les espèces protégées à floraison plus tardive comme le cynoglosse d'Allemagne (floraison de mai à juillet)⁵³.

Ainsi, l'organisation du montage de projet assure un diagnostic permettant de minimiser les impacts potentiel du projet *A.taurina*.

6.2 Des mesures de compensation adaptées et proportionnées.

Dès lors qu'un impact subsiste après les mesures d'évitement et de réduction, il faut le compenser via des mesures compensatoires adaptées à l'écologie de l'espèce et proportionnées au projet.

La phase de terrain réalisée dans le Trièves sur *A. taurina* a notamment permis de mieux cerner l'écologie de cette espèce et de comprendre ainsi quelles actions sylvicoles pouvaient la favoriser :

Les données issues de cette prospection montrent ainsi que la présence et l'abondance d'*Asperula taurina* semble essentiellement liée aux conditions stationnelles. Toutefois l'impact négatif de la proportion de petits bois sur le pourcentage d'occurrence d'*Asperula taurina* peut être à l'origine de propositions de gestion pertinentes. Une forte proportion de petit bois est en effet caractéristique des phases de rajeunissement. Il convient donc de mener une sylviculture qui limite les surfaces régénérées d'un seul tenant. L'idéal serait donc de mettre en place une sylviculture irrégulière, favorisant le pied à pied ou limitant la taille des trouées à 0.15 ha.

Par ailleurs, l'Aspérule de Turin est caractéristique d'un habitat prioritaire, l'érablaie à Aspérules de Turin. Cet habitat occupe de faibles surfaces et ne doit pas être traversé par une desserte, ou exploité de façon trop importante sous peine de voir son intégrité menacée ¹². Protéger ces habitats en les classant en îlots de sénescence pourrait donc être une mesure efficace pour assurer un bon état de conservation de l'espèce.

Concernant l'adéquation entre l'importance de l'impact et des mesures compensatoires à mettre en place, il a été choisi de raisonner sur le ratio R tel que :

$$R = \frac{\sum_i \text{Surface de l'aire de présence } i \text{ recoupant la desserte} \times \text{Abondance d}'A. \text{ taurina dans l'aire de présence } i}{\text{Surface de l'ensemble des aires de présence} \times \text{Abondance d}'A. \text{ taurina dans chaque aire de présence}}$$

Un exemple de calcul de ce ratio est présenté dans l'annexe 2.

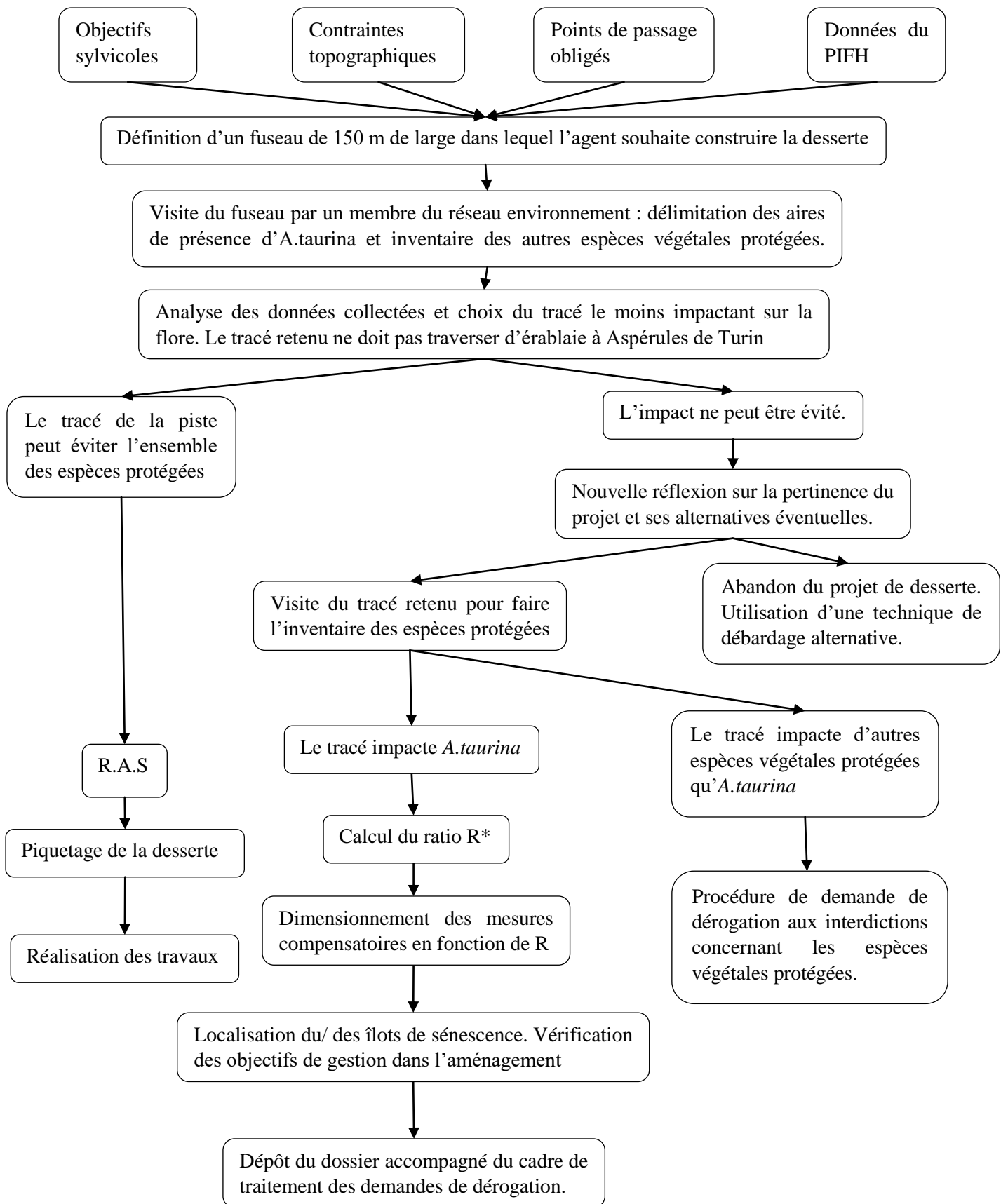
Si R est inférieur à 10%, les mesures compensatoires suivantes seront mises en place :

- Etablissement d'un îlot de sénescence dans une érablaie sur éboulis ou un autre type d'habitat comportant de l'aspérule. La surface de cet îlot sera égale à **deux fois la surface d'aspérule impactée** par le projet, avec une taille minimale de 0,5 ha.
- Sur la/les parcelle(s) concernée(s) par le projet, une sylviculture irrégulière pied à pied ou par petites trouées (0.15ha), favorisant les gros bois (diamètre supérieur à 42,5cm) et les érables sera menée. L'agent vérifiera que les préconisations de gestion présentes dans l'aménagement sont conformes à cet objectif. En cas de non-conformité, une modification à l'aménagement sera réalisée.

Si R est compris entre 10 et 20%, les mesures compensatoires sont les mêmes que celles décrites ci-dessus mais la surface de l'îlot de sénescence doit être égale à quatre fois la surface d'aspérule impactée par le projet.

Si R est supérieur à 20% : les mesures compensatoires présentées ci-dessus seront réévaluées en fonction de l'impact.

L'ensemble de la démarche présentée dans les paragraphes 6.1 et 6.2 est synthétisée dans le schéma ci-dessous :



$$\begin{aligned}
 & * R \\
 & = \sum_i \frac{\text{Surface de l'aire de présence } i \text{ recoupant la desserte} \times \text{Abondance d'A.taurina dans l'aire de présence } i}{\text{Surface de l'ensemble des aires de présence} \times \text{Abondance d'A.taurina dans chaque aire de présence}}
 \end{aligned}$$

Figure 26 Elaboration des projets de desserte dans les zones où la présence d'A.taurina est suspectée.

6.3 Quel suivi de ces mesures ?

Les mesures de suivi permettent de s'assurer de l'efficacité des mesures de compensation mises en place. Elles peuvent être complétées par des mesures d'accompagnement qui servent à améliorer les connaissances disponibles sur l'espèce. Ces mesures sont le plus souvent longues et coûteuses, le suivi étant réalisé en général sur une période d'au moins dix ans. Leur mise en place est donc prohibitive pour les communes, pour qui les coûts de création de la desserte représentent un investissement déjà conséquent.

Afin que la mise en place de ces mesures ne pèsent pas de façon trop importante sur le budget des communes, il a été proposé, après concertation avec la DREAL et le CBNA de réaliser cette évaluation, non pas à l'initiative du maître d'ouvrage, mais à celle de l'ONF ou d'autres acteurs du territoire. Cette évaluation serait conduite non pas projet par projet mais sur l'ensemble des projets réalisés sur un pas de temps de 5 ans.

Evaluer l'efficacité de ces mesures consiste d'une part à suivre l'évolution des populations d'*A. taurina* dans les îlots de sénescence mis en place et d'autre part, à s'assurer que la sylviculture menée sur les parcelles concernées par les projets est bien conforme à ce qui est décrit au paragraphe 6.2.

Pour suivre l'évolution des populations d'Aspérules au sein des îlots de sénescence, la démarche suivante sera adoptée :

Pour les îlots de moins de 1 ha :

- Lors de la mise en place de l'îlot de sénescence, un inventaire en plein sera réalisé afin de déterminer les aires de présence de l'aspérule de Turin. Ces aires seront relevées au GPS et le pourcentage de recouvrement de l'aspérule dans chacune de ces aires sera caractérisé par un coefficient. (1 : pieds disséminés; 2 : abondance moyenne; 3 : tapis d'aspérule).
- Lors de la phase de vérification des mesures mises en place pour l'ensemble des projets réalisés sur un pas de temps de 5 ans, cet inventaire en plein avec relevé des aires de présence et caractérisation de l'abondance sera à nouveau réalisé.

Pour les îlots de plus de 1ha, la démarche est la même simplement, l'îlot n'est plus parcouru en plein mais par des transects régulièrement espacés.

Concernant les caractéristiques de la sylviculture mise en place sur les parcelles concernées par les projets : les inventaires dendrométriques réalisés lors des renouvellements d'aménagement permettront de s'assurer de la composition en essence et de la répartition des tiges par classe de diamètre.

L'aménagement de certaines forêts publiques du Trièves comporte un inventaire systématique avec une densité de 1 point/ha des espèces protégées présentes sur les différentes parcelles. Ces inventaires ont permis de dresser une cartographie des populations d'Aspérules au sein de chacune des forêts, comme le montre la carte de l'annexe 9 sur la forêt communale de Lalley. En mesure d'accompagnement à l'ensemble des projets de desserte impactant *Asperula taurina*, l'ONF actualisera ces données d'inventaire lors des renouvellements d'aménagements afin de mieux appréhender la dynamique de l'espèce.

6.4 Et pour *Buxbaumia viridis* ?

6.4.1 Eviter les supports colonisés, voire les déplacer.

La consultation des données du pôle flore-habitat est là aussi indispensable afin de prendre connaissance des données déjà récoltées sur l'emprise du projet. Contrairement à *A. taurina*, il n'est toutefois pas possible de prospecter l'ensemble du bois mort au sol dans l'emprise élargie du projet

pour choisir le tracé le moins impactant. D'autres mesures d'évitement et de réduction peuvent toutefois être mises en place :

Ainsi, lorsque le projet de desserte impacte un faible nombre de supports, il est envisageable de modifier légèrement son tracé pour ne pas détruire les supports colonisés. La souche sur la figure 27 a ainsi été contournée lors de la construction d'une piste dans la forêt communale de Doucy en 2009. Elle était toujours colonisée par *B.viridis* lorsque nous avons visité la piste en avril 2016.



Figure 27 Souche colonisée par *B.viridis* située sur le talus amont d'une piste.

Lorsque l'évitement n'est pas possible, le déplacement du support peut être envisagé. Plusieurs retours d'expérience laissent en effet penser que lorsque le support est replacé dans des conditions adéquates, les sporophytes de *B.viridis* ne sont pas impactés. Sur la même piste de Doucy, une souche déplacée à l'aval du talus était ainsi toujours colonisée par *B.viridis* lors de notre visite de terrain.

L'idéal serait de multiplier les expériences de déplacement de supports colonisés par *B.viridis* afin d'étudier de façon détaillée les conséquences de ce déplacement sur la mousse.

6.4.2 Augmenter la quantité de bois mort en forêt pour compenser ?

Les prospections réalisées durant le stage ont montré que le développement des populations de *B.viridis* semblait essentiellement lié à la quantité et aux caractéristiques du bois mort au sol. Un moyen efficace pour favoriser l'espèce est donc de s'assurer qu'une quantité suffisante de bois mort au sol soit présente en forêt. Dans les cahiers d'habitat il est ainsi préconisé de laisser une dizaine de stères de bois mort à l'hectare soit environ 7 m³/ha¹⁴. D'après les données de l'IGN, on trouve en moyenne 17 m³/ha de bois mort au sol dans les forêts métropolitaines dont 70% avec un diamètre supérieur à 7.5 cm. Dans les Alpes et en plaine, cette moyenne atteint 18 m³/ha avec 72% des bois ayant un diamètre supérieur à 7.5 cm⁵⁴. Globalement, les quantités de bois mort au sol en forêt sont donc en adéquation avec les préconisations de gestion en faveur de *B.viridis*.

Il pourrait malgré tout être intéressant d'augmenter la quantité de supports disponibles pour le développement de *B.viridis* dans les peuplements où elle est présente. Ainsi, lors de la coupe d'emprise des dessertes impactant *B.viridis*, une partie des troncs coupés pourraient être placés dans

les peuplements adjacents à la desserte au lieu d'être exportés et vendus. En se décomposant, ces troncs constitueraient un nombre important de supports propices au développement de *B.viridis*.

Par ailleurs, le maintien d'une ambiance forestière continue est indispensable pour assurer une présence pérenne de *B.viridis* dans les peuplements. Il convient donc de mener une sylviculture qui limite les surfaces régénérées d'un seul tenant. L'idéal serait de mettre en place une sylviculture irrégulière, favorisant le pied à pied ou limitant la taille des trouées.

7 Discussion

7.1 Des contraintes de temps ayant limité le nombre de dessertes prospectées

Par contrainte de temps, les prospections menées sur le terrain, servant de base à l'analyse des impacts de la desserte sur *A.taurina* et *B.viridis* n'ont pu être réalisées que sur un nombre limité de sites. Augmenter le nombre de dessertes prospectées permettrait d'une part de consolider ou de préciser les conclusions de ce rapport, et d'autre part, de différencier les impacts liés aux pistes de ceux liés aux routes forestières. Actuellement, le nombre de routes prospectées est trop faible pour permettre ces comparaisons. Ce faible nombre de routes prospectées est lié à la difficulté de trouver des zones témoins, éloignées de toute desserte, dans les peuplements forestiers adjacents aux routes.

Multiplier les sites d'étude est d'autant plus important pour *B.viridis* que, durant le stage, les données concernant cette espèce ont été récoltées sur seulement trois forêts de Savoie. L'analyse des impacts de la desserte sur *B.viridis* dans d'autres contextes stationnels, en particulier dans les forêts du sud de l'Isère, pourrait aboutir à des résultats différents de ceux présentés dans ce rapport. Par ailleurs, aucun projet de desserte bloqué par la présence de *B.viridis* n'a pu être identifié durant le stage. Un tel projet est pourtant nécessaire à la finalisation du cadre de traitement des demandes de dérogation, afin de pouvoir illustrer les démarches à suivre et les protocoles à mettre en place.

7.2 Au sein de l'ONF, des données chiffrées qui font parfois défaut

Au-delà du cas de *Buxbaumia viridis*, il y a une vraie difficulté à suivre le nombre de projets de dessertes bloqués par la présence d'espèces végétales protégées. Dans les zones où la présence d'une espèce protégée est connue, les projets de desserte pouvant impacter cette espèce ne sont souvent même plus proposés dans les aménagements. C'est le cas par exemple dans certaines forêts de la vallée de Maurienne où *Erica carnea* est très présente. La situation est similaire dans le Trièves, où la plupart des agents ont renoncé à développer des projets de desserte dans les zones où *A.taurina* est présente. Par conséquent, l'ONF a finalement peu de visibilité quant au nombre de projets qui pourront faire l'objet d'une demande de dérogation suite à l'élaboration du cadre sur *Asperula taurina*. Ce manque de visibilité contraint l'ONF à construire les demandes de dérogation projet par projet, au fur et à mesure que ceux-ci sont proposés, ce qui rend plus complexe le développement d'une approche territoriale pourtant nécessaire à la gestion d'*Asperula taurina*.

Par ailleurs, bien que la diminution des surfaces exploitées soit constatée de façon unanime en Rhône-Alpes, l'ONF dispose de peu d'éléments chiffrés pour illustrer cette tendance. Ces données sont pourtant essentielles pour expliquer de façon objective pourquoi il est important de développer le réseau de desserte en Rhône-Alpes et donc pourquoi les projets de desserte forestière sont des projets d'intérêt public majeur.

7.3 Un dialogue entre forestiers et écologues parfois difficile à instaurer

Un cadre de traitement des demandes de dérogation doit nécessairement faire l'objet d'un consensus entre forestiers, écologues et services de l'état. Un tel consensus est toutefois délicat à trouver, du fait notamment des divergences de point de vue entre écologues et forestiers sur le rôle des forêts dans notre société : espace naturel dont il faut préserver la richesse pour les uns, outil de production multifonctionnel pour les autres. Ces différents postulats de départ sont source de différents concernant la façon dont doit être construit un dossier de demande de dérogation. Pour justifier l'intérêt du projet de desserte par exemple, les forestiers argumentent spontanément sur les surfaces rendues accessibles par la création de la desserte, et les volumes de bois mobilisables ; tandis que les écologues s'interrogent sur l'intérêt de gérer un peuplement et sur la naturalité des massifs forestiers. Le sujet des mesures compensatoires et des mesures de suivi à mettre en place est aussi conflictuel : à l'approche opérationnelle voulue par les forestiers s'oppose la rigueur scientifique souhaitée par les écologues.

Face à ces difficultés, le rôle des services de l'état est essentiel pour cadrer les débats et réunir les conditions nécessaires à l'obtention d'un compromis pragmatique, tenant compte à la fois des moyens finis du forestier et de la nécessaire rigueur qu'impose la gestion d'écosystèmes complexes.

7.4 Une appropriation en interne essentielle pour assurer de la réussite de la démarche.

Ce stage a abouti à la rédaction d'un cadre de traitement des demandes de dérogation concernant *A.taurina*, développé en concertation avec la DREAL et le CBNA. Ce document doit désormais être validé de façon officielle et le dossier de demande de dérogation pour le projet de piste de Lalley, qui a servi de support à la démarche, doit être déposé. Si les démarches concernant *A.taurina* sont concluantes, le cadre concernant *B.viridis* sera à son tour finalisé puis validé officiellement.

Dès lors que ces cadres auront été validés officiellement, un des enjeux de l'ONF sera de s'assurer de la bonne appropriation de cette démarche en interne. A priori, ces documents peuvent en effet paraître tout aussi complexes que les procédures actuelles de demande de dérogation car ils nécessitent de mettre en œuvre des protocoles spécifiques. Il est donc essentiel que les membres des réseaux environnement et desserte, ainsi que les agents et les responsables d'UT soient familiarisés avec ces démarches spécifiques et accompagnés lors du montage des projets.

Cette phase de communication doit également permettre d'assurer une bonne appropriation du Pôle Flore Habitat. La consultation de cette base de données permet en effet d'identifier efficacement les projets de desserte qui peuvent impacter une espèce végétale protégée. Dans les agences ONF où les projets de desserte ne sont pas visités de façon systématique par les membres du réseau environnement, le parcours de l'emprise du projet pourrait être rendu obligatoire dès lors que le Pôle Flore Habitat révèle la présence d'espèces protégées dans l'emprise élargie du projet.

A.taurina et *B.viridis* étaient les deux espèces identifiées lors du stage comme les plus pertinentes pour développer en Rhône-Alpes un cadre de traitement des demandes de dérogation. Si cette démarche se révèle efficace, des approches similaires pourraient être développées à l'avenir que ce soit pour d'autres espèces animales ou végétales ; ou pour d'autres régions.

8 Conclusion :

Actuellement, détecter la présence d'une espèce protégée sur le tracé d'une desserte est le plus sûr moyen de conduire à l'abandon du projet, à moins que le tracé puisse être modifié pour éviter l'impact. La complexité des démarches de demande de dérogation, le coût et les délais qu'elles induisent sont en effet rédhibitoires pour les communes, d'autant que le développement du réseau de desserte constitue déjà pour elles un effort financier important. Cette vision, « insurmontable » des démarches de demande de dérogation tient notamment à la disproportion qui existe entre l'ampleur du projet, et celle des études à réaliser pour obtenir une dérogation. Pour les grands projets d'aménagement (TGV, autoroutes), les coûts liés aux procédures de dérogation restent bien inférieurs aux coûts totaux du projet, ce qui n'est pas le cas pour les projets de faible ampleur. Pour un projet de piste de quelques centaines de mètres, le montant des études à réaliser pour instruire une demande de dérogation est ainsi supérieur au montant des travaux. Dans le cas des projets de desserte forestière, ces exigences sont d'autant moins comprises que ces équipements sont exclus d'autres procédures d'autorisation comme la procédure de défrichement, car elles sont nécessaires à l'exploitation des forêts.

Pour les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre, la présence d'espèces végétales protégées dans les peuplements est donc synonyme d'une complexification de la gestion, pouvant parfois aller jusqu'à son abandon. Situation d'autant plus frustrante pour le forestier que, plus la gestion forestière mise en place va être proche de la nature et favoriser la biodiversité, plus elle va être entravée par des procédures réglementaires visant à protéger cette même biodiversité. Dans un contexte de demande croissante de bois, matériau écologique et source d'énergie renouvelable, ce phénomène tend à accentuer la partition de l'espace entre gestion intensive et absence de gestion. Partition qui est contraire au principe de multifonctionnalité forestière, inscrite dans le droit et traditionnelle dans le paysage rural français. Ces difficultés pourraient s'exacerber dans les années à venir, du fait notamment de l'amélioration continue des connaissances, concernant entre autre la localisation des taxons protégés.

Lever ces situations de blocage en développant des cadres de traitement des demandes de dérogation est donc essentiel. Loin de constituer une menace au maintien de l'état de conservation des espèces concernées, ce type de démarche permet d'assurer une prise en compte pragmatique de la présence d'espèces végétales protégées dans les forêts gérées. Savoir qu'une dérogation peut être obtenue lorsque cela est utile et nécessaire devrait permettre d'une part d'éviter que des dessertes impactant des espèces protégées ne soient créées sans suivre les démarches réglementaires, que ce soit par méconnaissance de l'espèce et de sa localisation, ou par compromission volontaire. Ceci devrait également inciter les forestiers à renforcer de façon sereine leurs efforts de prospection pour localiser les espèces végétales patrimoniales dans les forêts dont ils ont la charge. L'amélioration des connaissances sur la localisation des espèces végétales protégées dans les forêts de publiques de Rhône-Alpes, associée à une consultation systématique des données du PIFH permettra d'assurer la prise en compte de la présence d'espèces patrimoniales dès la réflexion sur le choix du tracé de la desserte. Par ailleurs, le montage des dossiers de demande de dérogation oblige à mener une réflexion approfondie sur les alternatives possibles à la création de desserte et sur l'intérêt de chaque projet. Cette réflexion est l'assurance de ne mener à terme que les projets de desserte les plus pertinents et stratégiques d'un point de vue sylvicole.

Cette démarche, aussi perfectible soit-elle, doit enfin être appréhendée comme un premier pas et une source d'inspiration, car les conflits du même ordre ne manque pas en matière de gestion forestière. Elle illustre en outre qu'il est possible de rassembler différents partenaires (ici le CBNA, l'ONF et la DREAL), aux motivations parfois divergentes, dans la co-construction d'outils pertinents et à bénéfices réciproques.

Bibliographie

1. Code de l'environnement - Article L411-1 | Legifrance. at
<<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000006833715&cidTexte=LEGITEXT000006074220>>
2. 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. 32 (2013).
3. DRAAF. Note d'organisation pour les forêts relevant du régime forestier : Prise en compte des espèces végétales protégées dans la gestion forestière. 3–6 (2014).
4. ONF. Guide technique des travaux routiers forestiers en montagne. 1–176 (2016).
5. LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte | Legifrance.at
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=EA7864854DF8DBE0830D5F7A0CC423F8.tpdila10v_3?cidTexte=JORFTEXT000031044385&categorieLien=id>
6. CBNA. Préservation de la tulipe sauvage à Die, Plan d'action. (2010).
7. PIFH. Liste Rouge de la flore vasculaire de Rhône-Alpes. **2**, 331–340 (2007).
8. Rameau, J.-C., Mansion, D. & Dumé, G. Flore forestière française - Montagne. (1993).
9. Pôle Flore Habitat. Fiche descriptive - *Asperula taurina*. (2016). at
<http://www.pifh.fr/pifh/pifh/index.php/fiche_descriptive/OuvrirFicheDescriptive/84328-0>
10. Morbelli, M. *Impact de la gestion forestière sur la répartition de quatre espèces végétales remarquables dans le bassin de Gap-Chaudun*. (1999).
11. DIREN. *Flore déterminante*.
12. Cahiers d'habitats. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire: Habitats forestiers. **1**, (2000).
13. Cahiers d'habitats. *Buxbaumia viridis* Bryophytes (Moug. ex Lam. et DC.) Brid. ex Moug. et Nestl. 43–46
14. Bash, E. Espèces végétales - Cahier d'habitats. *PhD Propos*. **1**, (2015).
15. Plasek, V. in *Bryological Studies in the Western Carpathians* (eds. Stebel, A. & Ochyra, R.) 37–44 (2004).
16. Rothero, G. *Ecology and management of deadwood for Buxbaumia viridis and other bryophytes*. (2008).
17. Vadam, J. . Observations phytosociologiques sur *Buxbaumia viridis*. *Société d'Histoire Nat. du Pays Montbéliard* (1982).
18. Philippe, M. Rareté et écologie de *Buxbaumia viridis* en Rhône-Alpes. *Le Monde des Plantes* **482**, (2004).

19. 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
20. Wiklund, K. Substratum preference, spore output and temporal variation in sporophyte production of the epixylic moss *Buxbaumia viridis*. *J. Bryol.* **24**, 187–195 (2002).
21. Laaka, S. The threatened epixylic bryophytes in old primeval forests in Finland. *Biol. Conserv.* **59**, 151–154 (1992).
22. *Management Recommendations for Green bug moss Buxbaumia viridis.* (1996).
23. 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).
24. Celle, J. Redécouverte de *Buxbaumia viridis* en Haute-Garonne et gestion des forêts de montagne. *Isatis* **5**, 105–110 (2005).
25. Société d'Aménagement de la Station de la Plagne. Domaine skiable de la Plagne. Dossier CNPN de la télécabine de Montalbert et du télésiège de la Grangette. (2014).
26. MEEDE. Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels. (2013).
27. Gentiana; CBNA. La place de la flore dans l'aménagement du territoire, Rencontres botaniques alpines. 1–7 (2016). doi:10.1098/rspb.2004.2951
28. Coq, F. Desserte forestière et espèces végétales protégées localement fréquentes. (2016).
29. Allegrini, C., Bruciamacchie, M., Burrus, R. & Susse, R. Le traitement des futaies irrégulières-Valoriser les fonctions multiples de la forêt. 144 (2010).
30. Bastien, Y. & Gauberville, C. Vocabulaire Forestier - Ecologie, gestion et conservation des espaces boisés. 608 (2011).
31. Constantin, E. Exploitation forestière en forêt de montagne Un « casse-tête » technico-économique ! *RDV techniques - ONF* 46–50 (2003).
32. ONF. Traction animale et exploitation forestière. (2014).
33. Enache, A. & Stampfer, K. 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* 1–10 (2014).
34. Rioud, C. *Données IFN et Données ONF : Comparables ??* (2015).
35. Sarter, J. Communication personnelle. (2009).
36. IGN. Volume de bois sur pied dans les forêts françaises : *L'IF* **27**, 1–12 (2011).
37. Communes forestières; ONF; Forêt Privée Française. *Plan de mobilisation pour la forêt de Rhone-Alpes.* (2007).

38. IGN. Quelles sont les ressources exploitables? Analyse spatiale et temporelle. *L'IF* **30**, (2012).
39. Louvrier, J. *Etude de détectabilité de la Buxbaumie Verte dans le Parc National des Ecrins*. (2014).
40. Godefroid, S. & Koedam, N. The impact of forest paths upon adjacent vegetation: Effects of the path surfacing material on the species composition and soil compaction. *Biol. Conserv.* **119**, 405–419 (2004).
41. Watkins, R. Z., Chen, J., Pickens, J. & Brosfokske, K. D. Effects of Forest Roads on Understory Plants in a Managed Hardwood Landscape. *Conserv. Biol.* **17**, 411–419 (2003).
42. Buckley, D. S., Crow, T. R., Nauertz, E. A. & Schulz, K. E. Influence of skid trails and haul roads on understory plant richness and composition in managed forest landscapes in Upper Michigan, USA. *For. Ecol. Manage.* **175**, 509–520 (2003).
43. BARTOLI, M. L'impact floristique d'une voie romaine en forêt domaniale d'Orléans. *Rev. For. Française* **64**, 819–821 (2013).
44. Bergès, L., Avon, C., Chevalier, R. & Dumas, Y. Impact des routes forestières sur la biodiversité floristique: synthèse de 3 études menées en forêt de plaine. *Rev. For. Fr.* 447–466 (2012).
45. Tehrani, F. B., Majnounian, B., Abdi, E. & Amiri, G. Z. Impacts of forest road on plant species diversity in a Hyrcanian Forest, Iran. *Croat. J. For. Eng.* **36**, 63–72 (2015).
46. CBNA. Programme pluriannuel de suivi d'Erica carnea L. en Savoie. (2013).
47. Angold, P. G. The Impact of a Road Upon Adjacent Heathland Vegetation: Effects on Plant Species Composition. *J. Appl. Ecol.* **34**, 409–417 (1997).
48. Watkins, R. Z., Chen, J., Pickens, J. & Brosfokske, K. D. Effects of Forest Roads on Understory Plants in a Managed Hardwood Landscape. *Conserv. Biol.* **17**, 411–419 (2003).
49. Avon, C., Bergès, L., Dumas, Y. & Dupouey, J.-L. 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.* **259**, 1546–1555 (2010).
50. Crassous, C. *Impact des modes de gestion sylvicole et de la dynamique forestière sur les populations de quelques espèces végétales de haute valeur patrimoniale: Gagea lutea; Androsace Chaixii; Asperula taurina; Trochisca,thes nodiflora*. (2000).
51. Philippe, M. Buxbaumia, le sens de l'insignifiant. *La Garance Voyag.* **94**,
52. Gagea lutea (L.) Ker Gawl., 1809. at http://www.pifh.fr/pifh/pifh/index.php/fiche_descriptive/OuvrirFicheDescriptive/99185-0
53. Cynoglossum germanicum Jacq., 1767. at http://www.pifh.fr/pifh/pifh/index.php/fiche_descriptive/OuvrirFicheDescriptive/93830-0
54. Le bois mort en forêt. *L'IF* **29**, (2012).

Glossaire

Débardage	Transport des bois par des moyens appropriés entre la zone où ils ont été abattus et un lieu accessible aux camions
Déblais/ Remblais	Technique de terrassement, comme représentée sur le schéma ci-dessous
Débusquage	Transport des produits forestiers entre le point d'abattage ou de récolte et le premier dépôt transitoire non accessible aux camions grumiers.
Effets induits	Effets indirects qui résultent d'une action d'aménagement rendue possible ou opportune par la réalisation du projet étudié, avec parfois un décalage de plusieurs années entre le projet initial et les projets « secondaires » qui en découlent.
Impact	Conséquences d'un projet ou d'un document de planification sur l'environnement (dont les milieux naturels), qui peuvent être directes ou indirectes, à court, moyen ou long terme, négatives ou positives. Un impact négatif sur le milieu naturel peut également être qualifié de « dommage » ou de « perte écologique ». Un impact positif est une conséquence bénéfique directe et/ou indirecte du projet sur le milieu naturel (ex. : modification du milieu permettant l'installation d'espèces pionnières patrimoniales). À noter que le terme « gain écologique » est réservé à une modification écologique positive mesurable qui survient à la suite de la mise en œuvre d'une mesure compensatoire. Un impact porte sur une espèce ou sur une population d'espèce lorsque la réalisation du projet envisagé induit des modifications ou fait peser des menaces réelles sur la population considérée (effectif de population, aire de répartition) et/ou sur son habitat (taille et qualité).
Impact cumulés	Impacts d'un projet cumulés avec les impacts d'autres projets actuellement connus (qui ont fait l'objet d'une étude d'incidence loi sur l'eau et d'une enquête publique, ou d'une étude d'impact et dont l'avis de l'autorité environnementale a été rendu public et qui n'ont pas été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage et dont les procédures ne sont pas caduques) et non encore en service, quelle que soit la maîtrise d'ouvrage concernée.
Impacts résiduels	Impacts négatifs d'un projet n'ayant pu être évités ou suffisamment réduits, et nécessitant la mise en place de mesures compensatoires
Intérêt public majeur	Intérêt à long terme d'un projet (ou d'un document de planification), qui apporte un gain significatif pour la collectivité du point de vue socio-économique ou environnemental. L'intensité du gain collectif doit être d'autant plus importante que l'atteinte aux enjeux environnementaux est forte. Pour la biodiversité, le gain collectif doit être « supérieur à l'intérêt de la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages du ou des sites concernés ». (Source : Circulaire du 15 avril 2010 relative à l'évaluation des incidences Natura 2000)
Maître d'ouvrage	Personne physique ou morale, publique ou privée, initiatrice d'un projet (ou d'un document de planification) et à l'origine de la demande d'autorisation ou de déclaration.

« Les mesures compensatoires ont pour objet d'apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs ou indirects du projet qui n'ont pu être évités ou suffisamment réduits. Elles sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité de celui-ci afin de garantir sa fonctionnalité de manière pérenne. Elles doivent permettre de conserver globalement, et si possible, d'améliorer la qualité environnementale des milieux ». (Source : Art. R. 122-14 II du CE)

Elles doivent être équivalentes aux impacts du projet et additionnelles aux engagements publics et privés. (Source : Doctrine nationale relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel)

Mesure compensatoire

Mesure d'accompagnement

Mesure qui ne s'inscrit pas dans un cadre réglementaire ou législatif obligatoire. Elle peut être proposée en complément des mesures compensatoires (ou de mesures d'évitement et de réduction) pour renforcer leur pertinence et leur efficacité, mais n'est pas en elle-même suffisante pour assurer une compensation.

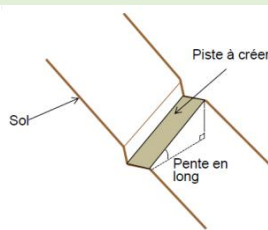
Mesure de réduction

Mesure définie après l'évitement et visant à réduire les impacts négatifs permanents ou temporaires d'un projet sur l'environnement, en phase chantier ou en phase exploitation.

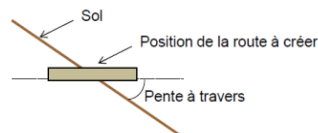
Mesure d'évitement

Mesure qui modifie un projet ou une action d'un document de planification afin de supprimer un impact négatif identifié que ce projet ou cette action engendrerait

Pente en long



Pente en travers



Piste forestière

Voie en terrain naturel, accessible aux seuls engins tout terrain, notamment aux tracteurs de débardage

Route forestière

Voie accessible en tout temps aux camions grumiers

Support colonisé par *B. viridis*

Un support est colonisé si des sporophytes de *B. viridis* sont présents sur le support.

Support favorable à *B. viridis*

Un support est considéré comme étant favorable au développement de *B. viridis* lorsqu'il présente un état de décomposition avancé sans être envahi de façon importante par d'autres bryophytes.

Annexes

Annexe 1	Plan type des dossiers individuels de demande de dérogation concernant <i>Asperula taurina</i>	57
Annexe 2	Méthode de calcul de l'impact d'une desserte sur <i>Asperula taurina</i>	60
Annexe 3	Protocoles des phases de terrain réalisées sur <i>Asperula taurina</i> et <i>Buxbaumia viridis</i>	62
Annexe 4	Résultats des analyses statistiques concernant <i>Asperula taurina</i>	65
Annexe 5	Analyse des relevés phytosiologiques contenant <i>Asperula taurina</i>	74
Annexe 6	Résultats des analyses statistiques concernant <i>Buxbaumia viridis</i>	75
Annexe 7	Inventaire des espèces végétales protégées présent dans l'aménagement de la forêt communale de Lalley.	88
Annexe 8	Mode d'emploi du moteur cartographique du Pôle Flore Habitat	89

Annexe 1 : Contenu des dossiers de demande de dérogation à la destruction d'*Asperula taurina*.

1 Le projet et sa justification

1.1. Localisation

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 du développement de la desserte dans les forêts publiques du Trièves est démontrée dans le cadre général de traitement des dérogations concernant *A.taurina*.

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

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

Le cadre général de traitement des dérogations concernant *A.taurina* 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 des aires de présence de l'Aspérule 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 *Asperula taurina* 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 recourent 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 d'*Asperulataurina* 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 présente 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 *Asperula taurina*, il faut préciser ici la surface impactée par l'emprise 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 *Asperula taurina*

3.1. Impacts directs

La construction de la piste va entraîner la destruction de pieds d'Aspérule de Turin sur la surface de l'emprise. La surface impactée par le projet doit ici être précisée, au pro-rata de l'abondance de l'aspérule. (Annexe 2)

3.2. Impacts indirects

Comme démontré dans le cadre d'application de la réglementation sur les espèces végétales protégées : « l'Aspérule de Turin et les projets de desserte forestière », la desserte n'a pas d'effets indirects sur les populations d'*Asperula taurina* présentes à proximité de la desserte.

3.3. Impacts cumulés des projets concernant *Asperula taurina*.

Cette partie doit permettre de faire le bilan des dérogations déjà accordées à l'interdiction de destruction d'*Asperula taurina*. La surface cumulée impactée d'aspérule de Turin doit en particulier être précisée.

3.4. Mesures d'évitement et de réduction

Les mesures d'évitement et de réduction consistent à adapter le tracé de la desserte afin d'impacter le moins d'aspérules possible. Cette démarche est déjà présentée dans le paragraphe 1.4 sur les différents tracés envisagés pour la desserte.

3.5. Mesures compensatoires

Il faut ici préciser le ratio entre la surface d'aspérule impactée par le projet et la surface d'aspérule présente dans le fuseau prospecté. Suivant la valeur de ce ratio, les mesures compensatoires à mettre en place sont celles présentées au paragraphe 4.2 du cadre général.

Une carte spécifiant la localisation des îlots de sénescence doit également être produite dans ce paragraphe.

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. Enjeux floristiques liés aux espèces impactées par le projet.

4.5. Mesures compensatoires

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

5.1. Mesures concernant *Asperula taurina*

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

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

Annexe 2 : Calcul de la surface d'Aspérule de Turin impactée par le projet.

Les prospections de terrain ont permis de déterminer les aires de présence d'*A.taurina* dans un fuseau de 150 m sur la zone du projet.

La carte ci-dessous représente les différentes aires de présence identifiées sur le projet de piste des parcelles 7 et 8 de Lalley.

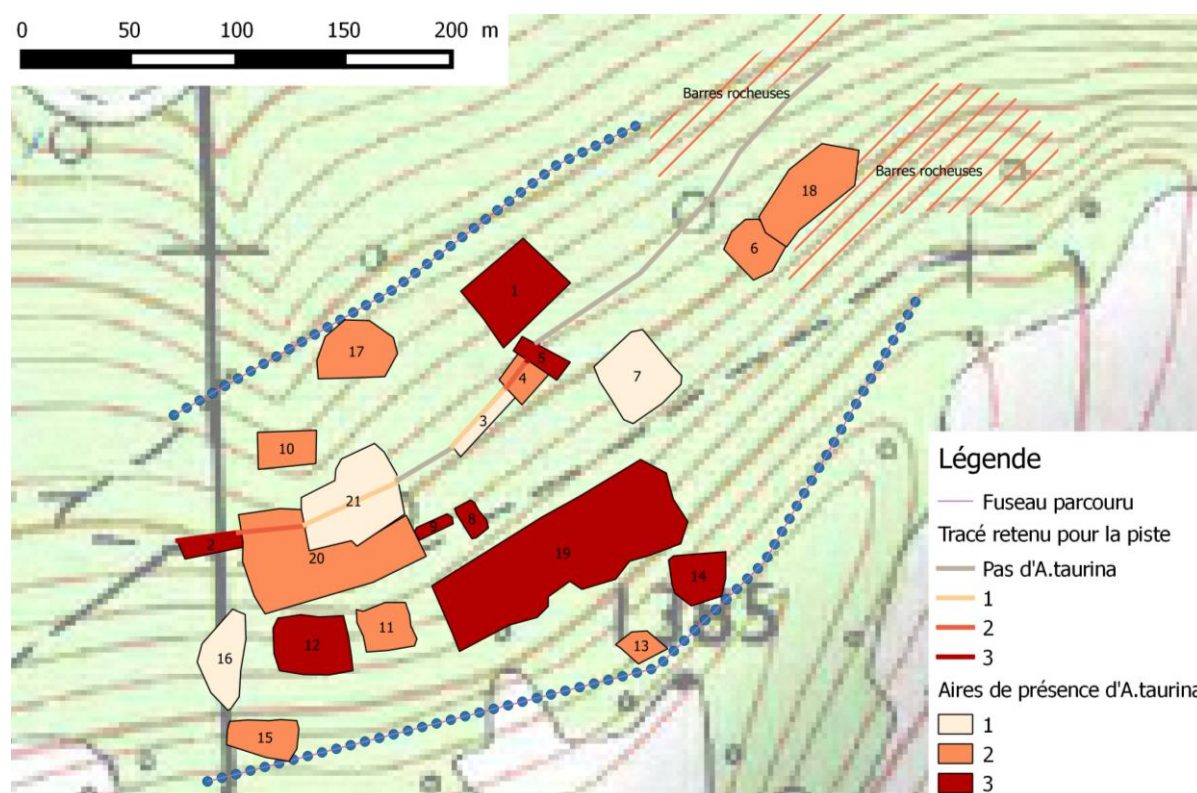


Figure 28 Aires de présence identifiées sur le projet de piste de Lalley

A chaque aire de présence est attribuée une classe de pourcentage de recouvrement. On distingue trois classes : 1 lorsque le pourcentage de recouvrement est compris entre 1 et 33 % ; 2 pour un pourcentage entre 34 à 66 % ; 3 lorsqu'il est compris entre 67 à 100 %.

Dans la suite des calculs, on considérera que le pourcentage de recouvrement de la classe 1 est de 17%, celui de la classe 2 est de 50% et celui de la classe 3 : 83.5%.

Le tableau 4 représente pour chaque aire de présence son identifiant, la classe de pourcentage de recouvrement qui lui a été attribuée, sa surface, mesurée sous SIG. La dernière colonne, S_A correspond à la surface multiplié par le pourcentage de recouvrement moyen d'*A.taurina* dans chaque aire de présence.

Identifiant	Aire en m ²	Classe d'abondance	S_A
1	142	3	119,28
2	261	3	219,24
3	293	1	49,81
4	311	2	155,5
5	253	3	212,52
6	558	2	279
7	116	1	19,72
8	177	3	148,68
9	113	3	94,92
10	496	2	248
11	553	2	276,5
12	102	3	85,68
13	233	2	116,5
14	598	3	502,32
15	578	2	289
16	762	1	129,54
17	910	2	455
18	130	2	65
19	501	3	420,84
20	275	2	137,5
21	170	1	28,9
Total S_A Aires de présence			4053,45

Tableau 4 Surface et classe d'abondance associées à chaque aire de présence

Le tableau 5 représente les mêmes informations mais cette fois ci pour les segments de piste. La longueur de chaque segment est déterminée sous SIG. La surface de l'emprise de la piste est calculée pour une largeur de 8 m.

id	Classe	Longueur en m	Surface de l'emprise en m ²	S_A
1	3	31	248	207,08
2	2	33	264	132
3	1	52	416	70,72
4	0	31	248	0
5	1	39	312	53,04
6	2	17	136	68
7	3	10	80	66,8
8	0	200	1600	0
Total S_A Piste				597,64

Tableau 5 Surface impactée par la piste, au prorata de l'abondance en *A.taurina*

Soit R le ratio tel que :

$$R = \frac{\text{Total } S_{A_{\text{Piste}}}}{\text{Total } S_{A_{\text{Aires de présence}}}}$$

On a : $R = 597.64/4053.45 = 15\%$ en arrondissant à l'entier le plus proche.

Annexe 3 : Protocoles des prospections de terrain

1 Protocole concernant *A. taurina*

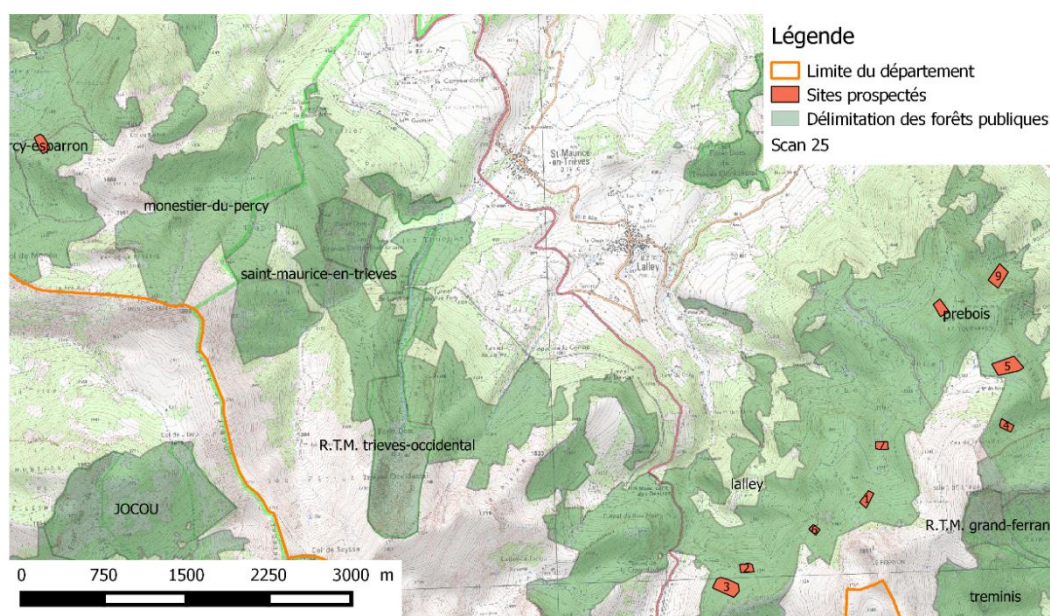
1.1 Choix des sites

L'objectif est de prospector 10 sites de taille identique.

Les sites sont sélectionnés en recoupant les exigences suivantes :

- ✓ Le site est dans une parcelle où la présence d'Aspérule est signalée dans l'aménagement.
- ✓ 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...)

La carte ci-dessous représente les sites choisis suite à cette analyse :



1.2 Démarche sur chaque site

Des transects sont réalisés parallèlement à la desserte aux distances suivantes : limite de la plateforme de roulement ; talus ; 10 m ; 30 m ; 50 m ; 75 m ; 100 m.

Sur chacun de ces transects sont installées 6 placettes de 1*1 m se trouvant à 10 m les unes des autres.

Sur chacune de ces placettes, on relève :

- ✓ La présence ou l'absence d'*Asperula taurina* en précisant sa fréquence d'occurrence
- ✓ Le couvert arboré et arbustif (estimé visuellement par classe de pourcentage)
- ✓ La présence / absence d'espèces caractéristiques des ambiances fraîches et des sols riches en base. Ces espèces sont :

- *Dryopteris filix-mas*, la fougère mâle
- *Galium odoratum*, l'Aspérule odorante
- *Cardamine heptaphylla*, la Cardamine à sept folioles
- *Cardamine pentaphyllos*, la Cardamine à cinq folioles
- *Stellaria nemorum*, la Stellaire des bois
- *Adenostyle alliariae*, l'Adénostyle à feuilles d'alliaire
- *Senecio ovatus*, le Sénéçon de Fuchs

A l'exception de la cardamine à cinq folioles, ces espèces ont été identifiées par le CBNA comme étant fréquemment présentes dans les relevés phytosociologiques contenant *A.taurina*. Le détail de l'analyse réalisée par le CBNA est présent à l'annexe 6.

Pour chaque transect est également relevé :

- ✓ La surface terrière par essence et par classe de diamètre
- ✓ La station forestière majoritaire sur le transect.

2 Protocole concernant *B.viridis*

2.1 Détermination des sites d'étude

Les sites sont sélectionnés 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...).

Deux groupes de forêts présentaient des sites remplissant ces exigences : en Savoie dans la vallée de la Tarentaise et le Val d'Arly (Forêts communales d'Aime, Crest-Voland et Doucy) ; en Isère dans le Trièves. Afin de ne pas réaliser des prospections sur des sites aux conditions stationnelles très différentes, il a été choisi de ne travailler que sur les sites situés en Savoie, où *B.viridis* semble être très abondante. La figure 30 localise les forêts prospectées durant le stage :

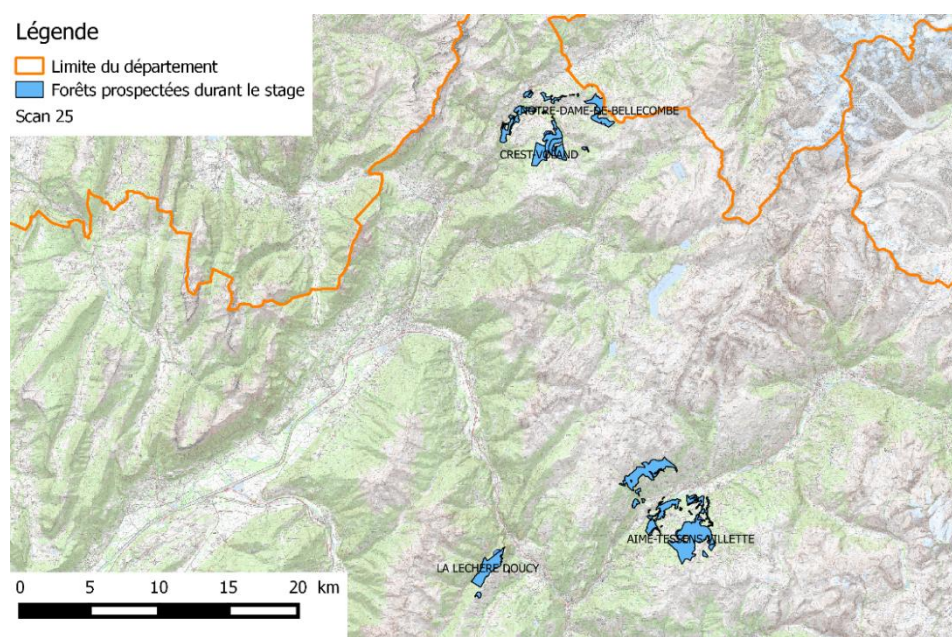


Figure 30 Sites prospectés pour déterminer l'impact de la desserte sur *B.viridis*

2.2 Démarche sur chaque site

Parallèlement à chaque desserte, deux transects de 150m de long sont réalisés : l'un à 10m de la desserte, l'autre à 50m. Des placettes circulaires de 10m de rayon sont placées tous les 30m le long de ces transects.

Depuis le centre de la placette on relève :

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

Sur chaque placette, l'ensemble du bois mort au sol est prospecté. Si un support est à cheval sur la limite de la parcelle, seule la partie du support incluse dans la placette est prospectée.

Pour chaque support comportant de la Buxbaumie, est noté :

- ✓ la nature du support (tronc, branche, souche) et son diamètre médian est mesuré.
- ✓ l'état de décomposition du support en utilisant le tableau 6
- ✓ le nombre de pieds de Buxbaumie présents sur le support.
- ✓ le nombre d'heure d'ensoleillement du support mesuré à l'aide d'un horizontoscope

Le nombre total de supports prospectés sur la placette, ainsi que le nombre de supports favorables (catégorie 2 du tableau 7) et le nombre de supports comportant de la Buxbaumie sont relevés.

En raisonnant sur l'ensemble des supports prospectés, une note est attribuée à l'aide du tableau 1.2 à la qualité des supports sur la placette.

<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 6 Notation de l'état de décomposition des bois morts au sol.

1	2	3
Les souches et le bois mort au sein de la placette ne sont pas assez décomposés (Ecorce toujours présente, le bois n'est pas facilement déformable) et/ou ils sont trop secs.	Les souches et le bois mort sont humides et bien décomposés. Ils sont peu colonisés par les mousses.	Les souches et le bois mort sont humides et bien décomposés. Les supports sont colonisés de façon importante par des mousses.

Tableau 7 Caractéristiques des supports propices au développement de *B.viridis*

Annexe 4 : Analyse statistique – Quel impact de la desserte sur *Asperula taurina*.

1 Description des données

497 relevés ont été réalisés le long de 10 dessertes : 3 routes et 7 pistes. Parmi ces relevés, 45 se trouvent sur la plateforme de roulement (pour les pistes uniquement), 296 se trouvent en amont de la desserte, et 156 en aval.

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 :

Compagne	Nombre d'espèces présentes sur l'emplacement du relevé parmi les espèces suivantes : <i>Driopteris mas</i> , <i>Galium odoratum</i> , <i>Cardamine heptaphylla</i> , <i>Cardamine pentaphyllos</i> , <i>Stellarianemorum</i> , <i>Adenostylealliariae</i> , <i>Senecioovatus</i> .	Variable quantitative variant de 0 à 7.
Expo	Exposition des sites prospectés	Facteur à 5 niveaux.
Transect	Distance à la desserte	Facteur à 7 niveaux : 0 correspond à la plateforme de roulement, 2 au talus, 10 à 10m, 30 à 30m etc.
AA	Précise si le relevé a été réalisé à l'amont de la desserte, ou à l'aval.	Facteur à deux niveaux : Amont, Aval
Type	Précise si le relevé a été réalisé à proximité d'une route ou d'une piste.	Facteur à deux niveaux : Route, Piste.
Estim_couvert	Estimation visuelle du couvert arborescent au niveau du point de relevé	Facteur à 4 niveaux : 1 : couvert arboré entre 0 et 25%. 2 : couvert entre 25 et 50% 3 : couvert entre 50 et 75% 4 : couvert entre 75 et 100%
Pente	Mesure de la pente en pourcentage	Variable continue exprimée en pourcentage.
Freq	Fréquence d'occurrence de l'aspérule de Turin sur une surface de 1m ² .	Variable continue exprimée en pourcentage.
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.
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.

Houp	Estimation de la surface projetée au sol des houppiers des arbres. Utilisation des coefficients de couvert par essence et classe de diamètre développés par l'AFI.	Variable continue exprimée en m ² .
------	---	--

Tableau 8 Variables relevées sur chacun des points prospectés

Les sorties ci-dessous récapitulent :

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

AA	Expo	Expo	ASP	Transect	Estim_couvert	Type
Amont : 296	Piste : 377	1 : 48 (N)	0 : 345	0 : 45	1 : 208	Route : 3
Avant : 156	Route : 120	2 : 128 (NE)	1 : 152	2 : 111	2 : 78	Piste : 7
		3 : 218 (Est)		10 : 112	3 : 114	
		4 : 54 (NW)		30 : 84	4 : 97	
		5 : 49 (W)		50 : 85		
				75 : 28		
				100 : 32		

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

PGB	PBM	PPB	Compagne	Pente	Freq
Min. : 0.00	Min. : 0.00	Min. : 0.000	Min. : 0.000	Min. : 0.00	Min. : 0.00
1st Qu. : 41.18	1st Qu. : 14.71	1st Qu. : 7.692	1st Qu. : 2.000	1st Qu. : 60.00	1st Qu. : 0.00
Median : 51.52	Median : 25.00	Median : 16.667	Median : 3.000	Median : 70.00	Median : 0.00
Mean : 52.39	Mean : 28.01	Mean : 19.606	Mean : 3.318	Mean : 57.15	Mean : 15.87
3rd Qu. : 66.67	3rd Qu. : 40.00	3rd Qu. : 30.556	3rd Qu. : 5.000	3rd Qu. : 70.00	3rd Qu. : 18.75
Max. : 95.24	Max. : 62.50	Max. : 56.250	Max. : 7.000	Max. : 85.00	Max. : 100.00

Houp	GTOT	PSAP	PHET	PERA
Min. : 2584	Min. : 8.00	Min. : 18.75	Min. : 0.00	Min. : 0.000
1st Qu. : 6698	1st Qu. : 23.00	1st Qu. : 64.52	1st Qu. : 0.00	1st Qu. : 0.000
Median : 10412	Median : 31.00	Median : 73.81	Median : 12.50	Median : 7.692
Mean : 10251	Mean : 29.51	Mean : 73.52	Mean : 13.12	Mean : 13.366
3rd Qu. : 12761	3rd Qu. : 37.00	3rd Qu. : 85.19	3rd Qu. : 23.08	3rd Qu. : 23.810
Max. : 19639	Max. : 57.00	Max. : 100	Max. : 34.38	Max. : 81.250

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

N.B : Les facteurs Transect et Estim_couvert ont été ici introduit en tant que variables numériques de façon à les faire apparaître dans la matrice des corrélations.

	Expo	Compagne	Transect	Estim couvert	Pente	Freq	Site	Houp	GTOT	PSAP	PHET	PERA	PPB	PBM	PGB
Expo	1.00	-0.30	0.11	-0.22	-0.10	0.02	-0.58	-0.28	-0.05	0.29	-0.02	-0.25	-0.37	-0.24	0.48
Compagne	-0.30	1.00	0.07	0.27	0.17	0.27	0.49	0.17	0.13	-0.04	-0.23	0.15	0.15	0.08	-0.18
Transect	0.11	0.07	1.00	0.51	0.16	0.19	-0.23	0.35	0.41	-0.13	-0.08	0.16	-0.16	0.02	0.11
Estim couvert	-0.22	0.27	0.51	1.00	0.13	0.05	0.15	0.33	0.26	-0.27	-0.15	0.32	0.10	0.12	-0.17
Pente	-0.10	0.17	0.16	0.13	1.00	0.22	0.07	0.25	0.22	-0.03	-0.25	0.15	0.15	-0.13	-0.02
Freq	0.02	0.27	0.19	0.05	0.22	1.00	0.01	0.19	0.23	-0.04	-0.02	0.05	-0.08	0.02	0.05
Site	-0.58	0.49	-0.23	0.15	0.07	0.01	1.00	0.06	-0.20	-0.26	-0.13	0.30	0.49	0.03	-0.41
Houp	-0.28	0.17	0.35	0.33	0.25	0.19	0.06	1.00	0.87	-0.36	0.10	0.28	0.31	0.18	-0.39
GTOT	-0.05	0.13	0.41	0.26	0.22	0.23	-0.20	0.87	1.00	0.02	0.05	-0.04	-0.10	0.08	0.02
PSAP	0.29	-0.04	-0.13	-0.27	-0.03	-0.04	-0.26	-0.36	0.02	1.00	-0.09	-0.87	-0.47	-0.21	0.53
PHET	-0.02	-0.23	-0.08	-0.15	-0.25	-0.02	-0.13	0.10	0.05	-0.09	1.00	-0.41	-0.14	0.16	-0.01
PERA	-0.25	0.15	0.16	0.32	0.15	0.05	0.30	0.28	-0.04	-0.87	-0.41	1.00	0.50	0.11	-0.48
PPB	-0.37	0.15	-0.16	0.10	0.15	-0.08	0.49	0.31	-0.10	-0.47	-0.14	0.50	1.00	-0.17	-0.68
PBM	-0.24	0.08	0.02	0.12	-0.13	0.02	0.03	0.18	0.08	-0.21	0.16	0.11	-0.17	1.00	-0.61
PGB	0.48	-0.18	0.11	-0.17	-0.02	0.05	-0.41	-0.39	0.02	0.53	-0.01	-0.48	-0.68	-0.61	1.00

Figure 31 Matrice de corrélation des variables relevées sur le terrain.

Plusieurs variables sont corrélées entre elles :

- ✓ Les variables transects et Estim_couvert sont légèrement corrélées, de façon positive (0.51). Ceci indiquerait donc que plus la distance à la desserte augmente, plus l'estimation du couvert augmente.
- ✓ L'exposition et le site de prospection sont corrélés, ce qui est logique, l'exposition dépendant du site choisi.
- ✓ La surface des houppiers projetée au sol (Houp) est positivement corrélée à la surface terrière totale (0,81), ce qui est logique : la surface terrière intervenant dans le calcul de cette variable.
- ✓ Les proportions de sapins et de gros bois sont corrélées de façon positive. Ceci est en accord avec ce qui a été observé sur le terrain, à savoir les gros bois sont le plus souvent des sapins.
- ✓ La proportion d'érables est négativement corrélée avec la proportion de sapins.
- ✓ Les proportions de petits bois et de bois moyens sont négativement corrélées à la proportion de gros bois.

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 :

- Y-a-t-il un impact de la desserte sur la fréquence d'occurrence de l'aspérule de Turin ?
- Quelles variables permettent d'expliquer la répartition en Aspérule de Turin dans les peuplements ?

La fréquence d'occurrence de l'aspérule de Turin est une variable déséquilibrée. En effet, sur 497 relevés, 345 ne présentent pas d'Aspérule de Turin. Ce déséquilibre nécessite de modifier les jeux de données de façon à avoir :

- Un jeu de données comportant uniquement les fréquences d'occurrence non nulles d'Aspérule.
- Un jeu de données dans lequel les fréquences d'occurrence sont remplacées par une variable binaire présence/absence d'Aspérule.

3 Exploitation des données de présence/absence de l'aspérule de Turin

Une première régression logistique est réalisée pour expliquer la probabilité de présence de l'aspérule de Turin en fonction des variables relevées sur les transects. Toutefois, certaines variables étant très corrélées entre elles, toutes ne sont pas intégrées dans le modèle. Ainsi, dans ce modèle, les variables Houp, PGB et PSAP n'ont pas été intégrées car corrélées respectivement à GTOT, PPB/PBM et PERA.

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

```
Call:
glm(formula = ASP ~ Transect + logi$Pente + Expo + logi$Compagne +
     Estim_couvert + logi$GTOT + logi$PHET + logi$PERA + logi$PPB +
     logi$PBM + AA + logi$Site, family = binomial(link = "logit"))
```

```
Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.9860  -0.7977  -0.4554   0.8548   2.2799
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -1.445959   1.077676  -1.342  0.17968
Transect2    0.382531   0.977735   0.391  0.69562
Transect10  -0.456296   0.973202  -0.469  0.63917
Transect30   0.556920   1.099083   0.507  0.61236
Transect50  -0.293676   1.107287  -0.265  0.79084
Transect75   0.162283   1.223358   0.133  0.89447
Transect100 -0.426654   1.079707  -0.395  0.69273
logi$Pente   -0.005561   0.012211  -0.455  0.64879
Expo NE     -1.652274   0.768902  -2.149  0.03164 *
Expo E      -0.617884   0.631423  -0.979  0.32780
Expo NW     -1.157740   0.841288  -1.376  0.16877
Expo W       0.723374   0.718453   1.007  0.31401
logi$Compagne 0.431926   0.094099   4.590 4.43e-06 ***
Estim_couvert2 -0.141984   0.390334  -0.364  0.71605
Estim_couvert3 -0.244155   0.384558  -0.635  0.52550
Estim_couvert4 -1.321054   0.499115  -2.647  0.00813 **
logi$GTOT     0.004630   0.017764   0.261  0.79438
logi$PHET    -0.008267   0.014190  -0.583  0.56019
logi$PERA     0.061065   0.010809   5.649 1.61e-08 ***
logi$PPB      0.001802   0.010845   0.166  0.86806
logi$PBM      0.020270   0.009637   2.103  0.03543 *
AAAmont      0.063630   0.292742   0.217  0.82793
logi$Site    -0.216479   0.068819  -3.146  0.00166 **
```

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

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

```
Null deviance: 612.03  on 496  degrees of freedom
Residual deviance: 493.99  on 474  degrees of freedom
AIC: 539.99
```

```
Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

```
> with(log2,pchisq(null.deviance-deviance, df.null-df.residual,
lower.tail=FALSE))
[1] 3.947548e-15
```

On obtient **pvalue = 3.947548e-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 d'*Asperula taurina* :

Les différentes **expositions** ressortent également de façon significative : la probabilité d'observer *A. taurina* serait ainsi plus faible sur les sites exposés au NE par rapport aux autres expositions. Toutefois, les effectifs de chaque modalités sont différents, on a ainsi 48 relevés exposés au nord, tandis que 218 relevés sont exposés à l'est. Ce résultat statistique doit donc être considéré avec précaution.

Le **nombre de plantes compagnes** présentes sur le point de relevé a un impact significatif sur la probabilité de présence de l'aspérule (pvalue < 5%). Plus précisément : plus le nombre de plantes compagnes augmente, plus la probabilité de trouver de l'aspérule est importante. Ces plantes étant majoritairement hygrophiles, ceci indique que la probabilité de trouver de l'aspérule est plus importante dans les zones fraîches et humides.

L'effet du **couvert arboré** sur l'aspérule est moins marqué : seul le niveau 4, à savoir un couvert de 75 à 100% a un impact significatif sur la probabilité de présence d'aspérule. Le coefficient estimé pour ce niveau est -1.321054. Ainsi, il semble que la probabilité de présence d'*Asperula taurina* soit plus faible sur les placettes où le couvert arboré est supérieur à 75%.

La **proportion d'érables dans le peuplement** a un impact significatif sur la probabilité de présence d'aspérule : la probabilité de présence d'*A. taurina* augmente légèrement lorsque la proportion d'érables augmente. Un résultat similaire est observé avec la **proportion de bois moyens** dans le peuplement.

Enfin, la **variable Site** a un rôle significatif dans le modèle. La probabilité de présence de l'aspérule est ainsi différente selon les sites. Ceci est cohérent avec ce qui a été observé sur le terrain. En effet, l'aspérule était présente de façon très importante le long de certaines dessertes, tandis qu'elle était beaucoup moins fréquente le long d'autres dessertes.

La distance à la desserte ne ressort pas de façon significative dans ce modèle. La probabilité d'observer *A. taurina* est ainsi identique le long de la desserte et à l'intérieur des peuplements.

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

```
Call:
glm(formula = ASP ~ Expo + logi$Compagne + Estim_couvert + logi$PERA +
     logi$Site, family = binomial(link = "logit"))
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.9558	-0.8139	-0.4821	0.9666	2.3334

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	-1.426732	0.633488	-2.252	0.024311	*
Expo2	-1.013714	0.548971	-1.847	0.064809	.
Expo3	-0.046747	0.475810	-0.098	0.921736	
Expo4	-0.746011	0.624754	-1.194	0.232444	
Expo5	0.844437	0.583494	1.447	0.147839	
logi\$Compagne	0.361737	0.081786	4.423	9.73e-06	***
Estim_couvert2	-0.246905	0.315108	-0.784	0.433300	
Estim_couvert3	-0.402708	0.302008	-1.333	0.182389	
Estim_couvert4	-1.272340	0.380840	-3.341	0.000835	***
logi\$PERA	0.054195	0.008002	6.772	1.27e-11	***
logi\$Site	-0.166485	0.054920	-3.031	0.002434	**

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

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 612.03 on 496 degrees of freedom
Residual deviance: 507.11 on 486 degrees of freedom
AIC: 529.11

Number of Fisher Scoring iterations: 5

```
>with(steplog2,pchisq(null.deviance-deviance, df.null-df.residual,  
lower.tail=FALSE))  
[1] 5.605871e-18
```

On retrouve les conclusions précédentes à savoir : des fréquences différentes selon les sites, un impact négatif de l'augmentation du couvert, un impact positif de la proportion en érables et du nombre d'espèces compagnes.

4 Exploitation du pourcentage d'occurrence de l'aspérule de Turin

Dans cette partie, on ne cherche plus à expliquer la probabilité de présence de l'aspérule, mais son pourcentage d'occurrence sur les relevés où elle est présente.

Afin de pouvoir tester l'effet de l'ensemble des variables en une seule régression, la distance à la desserte, le nombre de plantes compagnes présentes sur le relevé, l'exposition (codée par un gradient allant de 1 à 5), l'estimation du couvert et le site seront considérés comme étant des variables quantitatives.

Une régression linéaire multiple est ainsi réalisée, avec le pourcentage d'occurrence d'aspérule en variable à expliquer.

Call:

```
lm(formula = sans0$Freq ~ sans0$Expo + sans0$Pente + sans0$Compagne +  
sans0$Transect + sans0$PERA + sans0$PHET + sans0$PPB + sans0$PBM +  
Estim_couvert + sans0$Houp + sans0$Site)
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-58.45	-19.92	-0.08	23.57	65.45

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-2.021e+00	1.951e+01	-0.104	0.91763
sans0\$Expo	2.301e+00	2.915e+00	0.789	0.43122
sans0\$Pente	2.584e-01	1.358e-01	1.902	0.05920 .
sans0\$Compagne	5.325e+00	1.660e+00	3.207	0.00167 **
sans0\$Transect	1.071e-01	9.685e-02	1.106	0.27058
sans0\$PERA	1.983e-01	1.638e-01	1.211	0.22797
sans0\$PHET	2.726e-01	2.797e-01	0.975	0.33136
sans0\$PPB	-3.814e-01	2.123e-01	-1.797	0.07456 .
sans0\$PBM	-6.978e-02	1.741e-01	-0.401	0.68914
Estim_couvert2	-5.523e+00	7.135e+00	-0.774	0.44025
Estim_couvert3	-6.570e+00	6.645e+00	-0.989	0.32454
Estim_couvert4	-1.474e+01	9.856e+00	-1.495	0.13715
sans0\$Houp	1.251e-03	8.295e-04	1.508	0.13372
sans0\$Site	1.711e-01	1.325e+00	0.129	0.89744

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

Residual standard error: 28.04 on 138 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.1863, Adjusted R-squared: 0.1096
F-statistic: 2.43 on 13 and 138 DF, p-value: 0.005462

L'analyse du graphique des résidus montre que les hypothèses utilisées par le modèle sont validées. Par ailleurs, **p-value = 0.005462** < 5%. Le modèle est donc significatif. Toutefois, son coefficient de

corrélation est faible (**0.1096**), on ne peut donc pas faire de prédiction du pourcentage d'occurrence d'aspérule à partir de ce modèle.

L'analyse de chacune des variables explicatives montre que seule la variable nombre d'espèces compagnes a un impact sur la fréquence d'occurrence d'aspérule. Ces conclusions rejoignent les conclusions de la régression logistique, à savoir, l'aspérule est plus présente dans les zones fraîches et humides.

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 : Pente, Compagne, Houp et PPB.

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

Call:

```
lm(formula = sans0$Freq ~ sans0$Pente + sans0$Compagne + sans0$PPB +
    sans0$Houp)
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-56.250	-17.898	-1.751	22.424	56.056

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	12.3656054	9.6169693	1.286	0.2005
sans0\$Pente	0.2574932	0.1275972	2.018	0.0454 *
sans0\$Compagne	4.2341994	1.3521577	3.131	0.0021 **
sans0\$PPB	-0.3618650	0.1457158	-2.483	0.0141 *
sans0\$Houp	0.0013813	0.0006494	2.127	0.0351 *

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

Residual standard error: 27.73 on 147 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1525, Adjusted R-squared: 0.1295

F-statistic: 6.614 on 4 and 147 DF, p-value: 6.373e-05

On retrouve les mêmes conclusions que précédemment concernant le nombre d'espèces compagnes présentes sur le relevé. Par ailleurs, cette régression fait ressortir l'effet significatif des variables Pente, Houp et PPB. Le coefficient estimé pour la pente est positif, ce qui semble donc indiquer que le pourcentage d'occurrence d'*A.taurina* croît légèrement lorsque la pente augmente. Dans le cas de Houp (surface projetée au sol du houppier), le coefficient estimé est positif mais très proche de 0. L'effet de cette variable sur la fréquence d'aspérules est donc difficile à interpréter. La proportion de petits bois (PPB), quant à elle a un impact négatif sur la fréquence d'occurrence d'aspérule : plus la proportion en petit bois augmente, moins on observe d'aspérule.

Attention, il est important de noter que la surface terrière totale et la surface au sol du houppier sont deux variables fortement corrélées. ($R > 0.8$). Ces deux variables ne peuvent donc pas être introduites en même temps dans le modèle, mais le rôle significatif de Houp sur le pourcentage d'occurrence d'aspérules signifie que la surface terrière a également un impact sur ce pourcentage d'occurrence. Plus précisément, lorsque la surface terrière augmente, le pourcentage d'occurrence d'aspérule augmente.

5 Conclusions des modélisations précédentes

Au final, ces différentes analyses statistiques semblent montrer qu'il n'y a pas d'impact de la desserte sur la probabilité de présence et le pourcentage d'occurrence de l'aspérule de Turin. Le principal facteur permettant d'expliquer la présence et l'abondance de l'aspérule est la présence de plantes

compagnes, hygrophiles. L'alimentation hydrique semble donc être le principal critère permettant d'expliquer la répartition de l'aspérule.

Par ailleurs, le couvert arboré et la proportion en érables semblent influencer sur la probabilité de présence d'*A. taurina*. Lorsque l'espèce est présente, son abondance serait conditionnée par la pente, la proportion de petits bois et la surface projetée au sol des houppiers des arbres.

6 Mieux appréhender l'effet de la surface terrière sur la fréquence en Aspérules

Sur le terrain, la surface terrière n'était pas relevée à chaque point du transect mais seulement sur le point central. La valeur obtenue était ensuite attribuée aux autres points du transect lorsque le peuplement était homogène. Lorsque ce n'était pas le cas, de nouvelles mesures de surface terrière étaient réalisées de façon à mieux rendre compte de la réalité.

Cette démarche introduit une imprécision concernant la surface terrière, la composition ainsi que la structure du peuplement : les valeurs de ces variables pour chaque point de relevé peuvent en effet ne pas correspondre exactement à ce qui aurait été mesuré sur le terrain.

C'est pourquoi, afin d'affiner la compréhension de l'impact de ces variables sur la répartition en aspérules, de nouvelles modélisations sont réalisées en utilisant cette fois-ci comme jeu de données, uniquement les points où la surface terrière a été mesurée. (Soit 88 observations dont 8 sur la plateforme, 16 sur les talus, 20 à 10m, 18 à 30m, 14 à 50m, 5 à 75m et 7 et 100m.)

La régression logistique, permettant d'expliquer l'absence ou la présence de l'aspérule donne les résultats suivant :

```
Call:
glm(formula = ASP ~ final$Compagne + final$Expo + final$Pente +
     final$Transect + Estim + final$PERA + final$PHET + final$PPB +
     final$PBM + final$Site + final$GTOT, family = "binomial")
```

```
Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.0435 -0.5928 -0.1913  0.5773  2.4340
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  -4.78546   3.03452  -1.577 0.114794
final$Compagne    0.52809   0.25864   2.042 0.041170 *
final$Expo        0.70514   0.44482   1.585 0.112919
final$Pente     -0.01110   0.02389  -0.465 0.642131
final$Transect2  -0.70905   2.02937  -0.349 0.726794
final$Transect10 -0.56365   2.04713  -0.275 0.783058
final$Transect30 -0.38777   2.11773  -0.183 0.854716
final$Transect50 -1.46564   2.31125  -0.634 0.525993
final$Transect75 -1.50331   2.59759  -0.579 0.562770
final$Transect100 0.96326   2.49779   0.386 0.699759
Estim2         -0.29925   1.24444  -0.240 0.809969
Estim3        -2.59629   1.36227  -1.906 0.056670 .
Estim4        -2.17123   1.48775  -1.459 0.144453
Estim5       -9.35184 1455.39954  -0.006 0.994873
final$PERA      0.11877   0.03487   3.407 0.000658 ***
final$PHET     -0.01605   0.03856  -0.416 0.677218
final$PPB      -0.05976   0.03070  -1.947 0.051572 .
final$PBM      -0.04728   0.02466  -1.918 0.055135 .
final$Site     -0.15676   0.17014  -0.921 0.356864
final$GTOT      0.14700   0.05205   2.824 0.004739 **
```

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

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 118.286 on 87 degrees of freedom
Residual deviance: 67.132 on 68 degrees of freedom
AIC: 107.13

Number of Fisher Scoring iterations: 14

Après sélection de variables par stepwise, la régression logistique donne les résultats suivants :

```
Call:
glm(formula = ASP ~ final$Estim_couvert + final$Compagne + final$PERA +
     final$PPB + final$PBM + final$GTOT, family = binomial(link = "logit"))
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.2411	-0.7314	-0.2694	0.6753	2.2955

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.81258	1.23410	-1.469	0.14190
final\$Estim_couvert	-0.95255	0.34992	-2.722	0.00649 **
final\$Compagne	0.32821	0.17745	1.850	0.06438 .
final\$PERA	0.10555	0.02688	3.927	8.61e-05 ***
final\$PPB	-0.06880	0.02541	-2.708	0.00677 **
final\$PBM	-0.04310	0.02067	-2.085	0.03708 *
final\$GTOT	0.10771	0.03881	2.775	0.00551 **

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

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 118.286 on 87 degrees of freedom
Residual deviance: 78.142 on 81 degrees of freedom
AIC: 92.142

Number of Fisher Scoring iterations: 5

Cette régression montre que la proportion en érables ainsi que la surface terrière totale ont un impact positif sur la probabilité de présence de l'aspérule. Le couvert arboré et les proportions de petits bois et bois moyens ont-eux un impact négatif sur cette probabilité de présence.

7 Conclusions

Ces nouvelles modélisations permettent de préciser les conclusions décrites au paragraphe 5. Ainsi, on a plus de chance de trouver de l'aspérule dans des peuplements riches en gros bois et en érables, dont la surface terrière est relativement élevée.

Annexe 5 : Analyse des relevés phytosociologiques contenant *Asperula taurina*

Le CBNA a analysé 29 relevés phytosociologiques réalisés en Isère (Trièves et Dévoluy) et contenant *A. taurina*. Cette analyse a permis d'identifier les taxons fréquemment présents avec l'Aspérule. Les espèces fréquentes à plus de 80% sont ainsi présentes dans plus de 80 % des relevés étudiés. (Et réciproquement pour 60 et 40 %).

Les espèces surlignées en vert correspondent aux espèces ligneuses tandis que les espèces surlignées en bleu sont des espèces caractéristiques des ambiances fraîches et des sols riches en bases.

Espèces fréquentes > 80%	Acer pseudoplatanus L.
	Fagus sylvatica L.
	Dryopteris filix-mas (L.) Schott
	Abies alba Miller
Espèces fréquentes > 60%	Galium odoratum (L.) Scop.
	Cardamine heptaphylla (Vill.) O.E. Schulz
	Stellaria nemorum L. subsp. montana (Pierrat) Berher
	Ulmus glabra Hudson
Espèces fréquentes > 40%	Senecio ovatus (G. Gaertner, B. Meyer & Scherb.) Will subsp. alpestris (Gaudin) J. Herborg
	Actaea spicata L.
	Geranium robertianum L.
	Lamium galeobdolon (L.) L. subsp. montanum (Pers.) Hayek
	Sorbus aucuparia L.
	Lonicera alpigena L.
	Prenanthes purpurea L.
	Hordelymus europaeus (L.) C.O. Harz
	Calamintha grandiflora (L.) Moench
	Rubus idaeus L.
	Oxalis acetosella L.
	Aconitum lycoctonum L. subsp. neapolitanum (Ten.) Nyman
	Cacalia alliariae Gouan subsp. alliariae

Tableau 9 Espèces fréquemment observées en présence d'*A. taurina*

Ces espèces fréquemment associées à *A. taurina* sont qualifiées d'espèces compagnes.

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

L'objectif de cette analyse est d'étudier d'une part l'influence de la desserte sur la présence et l'abondance de *Buxbaumia viridis* et d'autre part, de mieux cerner les exigences écologiques de cette espèce, afin d'identifier les mesures de gestion pouvant la favoriser.

Suite aux prospections réalisées durant le stage, trois jeux de données ont pu être constitués :

- Un jeu de données de calibration sur le nombre de supports à prospector pour estimer les proportions de supports favorables à *B.viridis* et effectivement colonisés par cette bryophyte.
- Un jeu de données relevées sur les supports colonisés par *B.viridis*.
- Un jeu de données relevées sur les placettes prospectées.

La suite de ce document est donc subdivisée en trois parties, chaque partie correspondant à l'analyse d'un de ces jeux de données.

1 Analyse du jeu de données calibration

1.1 Objectifs de la prospection et nature des données

Réaliser un inventaire en plein en prospectant tous les bois morts au sol est chronophage et éreintant. A défaut d'un inventaire exhaustif de *B.viridis* dans un peuplement, une approche réalisable serait de ne prospector qu'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 prospector pour estimer ces deux indicateurs de façon fiable, une première prospection de terrain a été réalisée dans la forêt communale de Crest-Voland.

Dans la parcelle 21 de cette forêt une surface d'environ 7000 m² a été délimitée dans un peuplement homogène. Cette surface a été prospectée en réalisant 10 placettes circulaires de 15 m de rayon. Ce dispositif est représenté sur la figure 32 :

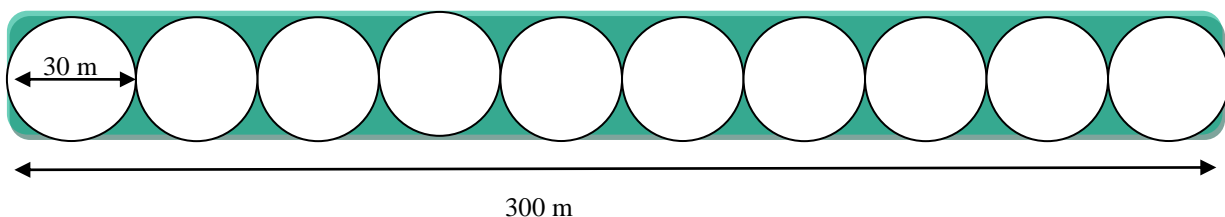


Figure 32 Dispositif mis en place.

Sur chaque placette, l'ensemble des bois morts au sol ont été prospectés. Pour chaque support était noté : 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). Enfin, pour chaque support, la présence ou l'absence de sporophytes de *B.viridis* était relevée.

1.2 Combien de supports prospector pour estimer la proportion de supports favorables et colonisés dans un peuplement ?

La figure 33 représente l'évolution des proportions de supports favorables et de supports colonisés en fonction du nombre de supports prospectés.

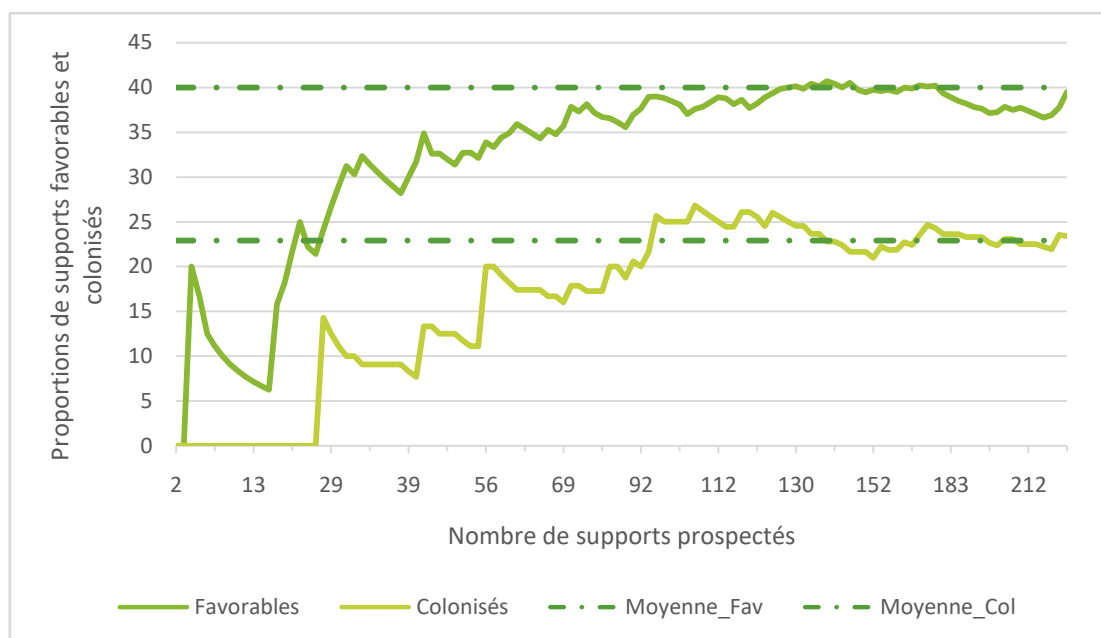


Figure 33 Evolution des proportions de supports favorables et colonisés en fonction du nombre de supports prospectés.

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

La prospection d'un nombre fixé de supports sur l'emprise de la desserte pourrait ainsi permettre d'estimer ces deux indicateurs qui serviraient de base à l'analyse des impacts de la desserte sur *B.viridis*. Les supports devraient être prospectés non pas de façon aléatoire, mais de façon systématique afin de pouvoir déterminer la surface parcourue et en déduire le nombre de bois morts au sol à l'hectare.

L'expérience devrait toutefois être répliquée dans d'autres contextes que la forêt de Crest Voland pour s'assurer de la robustesse d'une telle démarche.

2 Analyse du jeu de données relevées sur les supports colonisés par *B.viridis*

2.1 Nature des données et objectifs de l'analyse

Cinq dessertes ont été prospectées dans 3 forêts de Savoie. Parallèlement à ces dessertes, deux transects de 150m de long ont été réalisés : l'un à 10m de la desserte, l'autre à 50m. Des placettes circulaires de 10m de rayon étaient placées tous les 30m le long de ces transects. Sur chaque placette étaient relevés : le nombre de bois morts au sol, le nombre de bois morts au sol favorables au développement de *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 mesuré via un horizontoscope étaient relevés.

Au total, 53 placettes ont été réalisées et 70 supports colonisés par *B.viridis* ont été identifiés.

2.2 Analyse descriptive des données

Supports de développement de *Buxbaumia viridis* :

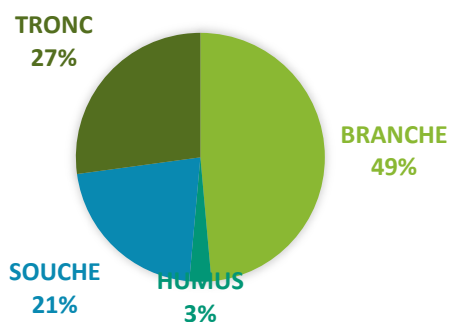


Figure 34 Type de bois morts colonisés par *B.viridis*.

La figure 34 représente la répartition des supports colonisés par *B.viridis* selon leur nature. Près de la moitié des supports colonisés sont des branches, les troncs et les souches représentant chacun environ 1/4 des supports. *B.viridis* a été observée sur de l'humus dans 2 cas.

Une note de décomposition était attribuée à chaque support en utilisant la notation du protocole PSDRF décrite dans le tableau ci-dessous. Seuls quatre stades de décomposition ont été observés sur les supports colonisés : 3.4 ; 4.3 ; 4.4 et 4.5.

Par ailleurs, le stade 3.4 n'a été observé qu'une seule fois sur un tronc. Dans tous les autres cas, les supports colonisés par *B.viridis* ne présentaient plus d'écorce et étaient pourris sur au moins 1/4 de leur diamètre. Ces observations confirment que *B.viridis* est associé à un stade précis de décomposition du bois, en l'occurrence assez 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.

Tableau 10 Notation de l'état de décomposition des bois morts au sol.

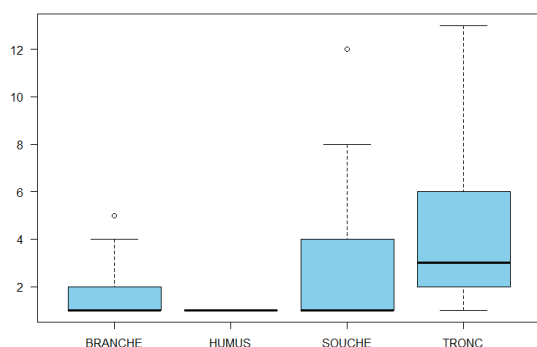


Figure 35 Nombre de sporophytes observés selon le type de support

La figure 35 représente le nombre de sporophytes observés sur les différents types de support. Dans les deux cas où *B.viridis* a été observé sur de l'humus, un seul sporophyte était présent. Sur les branches comme sur les souches, dans la moitié des cas, un seul sporophyte est observé sur le support. Sur les troncs, le nombre de sporophytes observés est plus important : sur la moitié des troncs entre 1 et 3 sporophytes ont été observés, tandis que le nombre de sporophytes observés sur la moitié

restante varie entre 3 et 13 pieds.

Le nombre de sporophytes observés varie donc en fonction de la nature du support : on trouvera globalement plus de sporophytes sur les troncs que sur les autres types de supports.

La figure 36 représente le diamètre médian des souches, troncs et branches colonisés par *B.viridis*. Plus de la moitié des souches colonisées ont un diamètre supérieur à 80cm. Les branches ont quasiment toutes un diamètre compris entre 2 et 15cm. Enfin, la moitié des troncs colonisés ont un diamètre inférieur à 17.5 cm.

Contrairement à ce qui est généralement affirmé, ces données montrent donc que *B.viridis* ne se développe pas uniquement sur des troncs de gros diamètres. Au contrario, elle a ici colonisé essentiellement des troncs de petite taille ainsi que des branches.

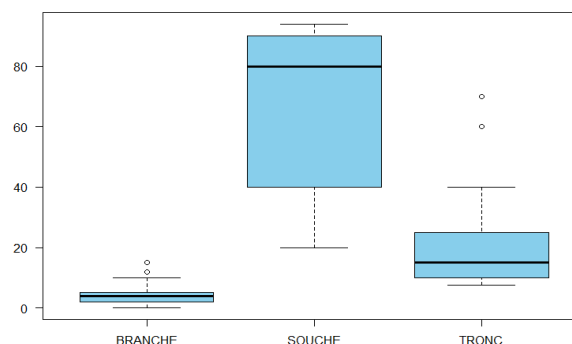


Figure 36 Diamètre médian des supports de développement en cm.

Caractéristiques du milieu :

Plusieurs caractéristiques du milieu entourant les supports colonisés ont été relevées lors des prospections de terrain : 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. Sur les 70 supports colonisés observés, 75% recevaient moins d'une heure d'ensoleillement en juin. Pour un quart des supports, ce nombre variait entre une et trois heures.

La surface terrière était également mesurée : plus de la moitié des supports colonisés se trouvaient dans des peuplements où la surface terrière variait entre 34 et 53 m²/ha. Ceci confirme que *B.viridis* est présente dans des peuplements très fermés.

2.3 Comment expliquer le nombre de sporophytes observés sur un support ?

L'objectif de cette partie est d'expliquer le nombre de sporophytes observés sur chaque support en fonction des caractéristiques du support et du peuplement adjacent.

Le tableau 11 récapitule les différentes variables relevées sur le terrain :

NB_BUX	Nombre de sporophytes de buxbaumie observé sur le support
LUMI	Nombre d'heure d'ensoleillement au mois de juin, mesuré à l'aide d'un horizontoscope
DM	Diamètre moyen du support de développement
PPB	Proportion de petits bois dans le peuplement
PBM	Proportion de bois moyens dans le peuplement
PGB	Proportion de gros bois dans le peuplement
PSAP	Proportion de sapins dans le peuplement
PHET	Proportion de hêtres dans le peuplement
PEPC	Proportion d'épicéas dans le peuplement
PMEL	Proportion de mélèze dans le peuplement
GTOT	Surface terrière mesurée, en m ² /ha

Tableau 11 Variables relevées au niveau des bois morts colonisés par *B.viridis*

Une matrice des corrélations a tout d'abord été réalisée pour identifier les variables trop corrélées pour être introduites simultanément dans un modèle statistique.

	NB_BUX	LUMI	DM	PPB	PBM	PGB	PSAP	PHET	PEPC	PMEL	GTOT
NB_BUX	1.00	0.15	0.25	0.18	-0.12	-0.15	-0.23	-0.05	-0.18	0.25	0.24
LUMI	0.15	1.00	0.18	-0.23	0.22	0.14	0.15	-0.13	-0.14	0.13	-0.01
DM	0.25	0.18	1.00	0.28	-0.08	-0.29	0.21	-0.34	-0.25	0.04	-0.06
PPB	0.18	-0.23	0.28	1.00	-0.60	-0.86	0.25	-0.30	0.32	0.20	0.12
PBM	-0.12	0.22	-0.08	-0.60	1.00	0.11	-0.10	-0.14	-0.05	0.22	0.15
PGB	-0.15	0.14	-0.29	-0.86	0.11	1.00	-0.38	-0.28	-0.43	0.11	-0.24
PSAP	0.23	0.15	0.21	0.25	0.10	-0.38	1.00	-0.27	-0.98	0.28	0.39
PHET	-0.05	0.13	0.34	0.30	-0.14	-0.28	0.27	1.00	-0.38	0.11	0.25
PEPC	-0.18	-0.14	-0.25	-0.32	-0.05	0.43	-0.98	-0.38	1.00	0.11	-0.32
PMEL	-0.25	-0.13	-0.04	0.20	-0.22	-0.11	-0.28	-0.11	0.11	1.00	-0.54
GTOT	0.24	-0.01	-0.06	0.12	0.15	-0.24	0.39	-0.25	-0.32	0.54	1.00

Tableau 12 Matrice des corrélations entre les variables relevées sur le terrain.

Les proportions de petits bois et de gros bois sont trop corrélées pour être introduites de façon simultanée dans les modèles réalisés. C'est également le cas pour les proportions de sapins et d'épicéas.

Une première régression linéaire pour expliquer le nombre de sporophytes par support est réalisée. Les variables explicatives sont le nombre d'heures d'ensoleillement au mois de juin, la surface terrière totale, les proportions de bois moyens et gros bois ainsi que celles de hêtres, de mélèzes et d'épicéas. Le diamètre moyen des supports est également introduit dans le modèle. Le graphique des résidus du modèle présente une légère tendance quadratique (voir figure 37). On réalise donc un nouveau modèle avec cette fois ci la racine carrée du nombre de sporophytes comme variable à expliquer.

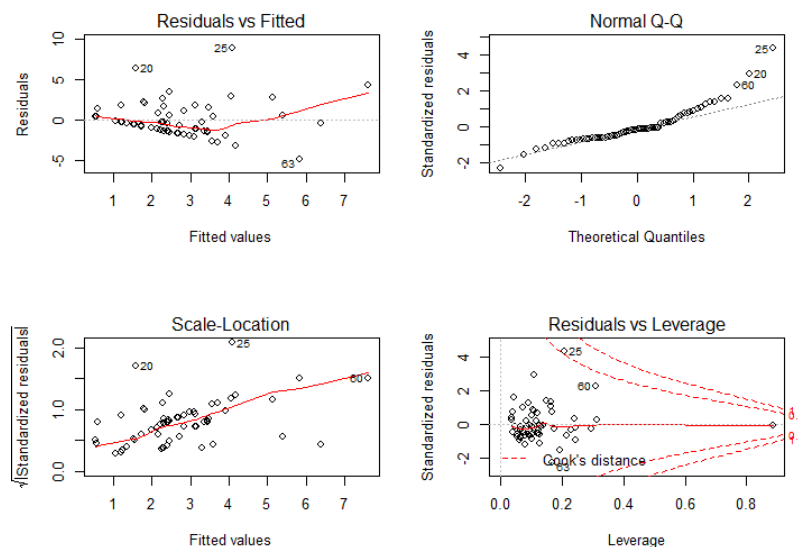


Figure 37 Graphiques de diagnostic obtenus pour le premier modèle testé.

Suite à cette transformation, le graphique des résidus ne présente plus de tendances quadratiques (voir figure 38) et les hypothèses du modèle sont donc validées. (Dans la suite de l'analyse, les graphiques de validation des modèles seront présentés uniquement dans les cas où la validation des hypothèses pose question.)

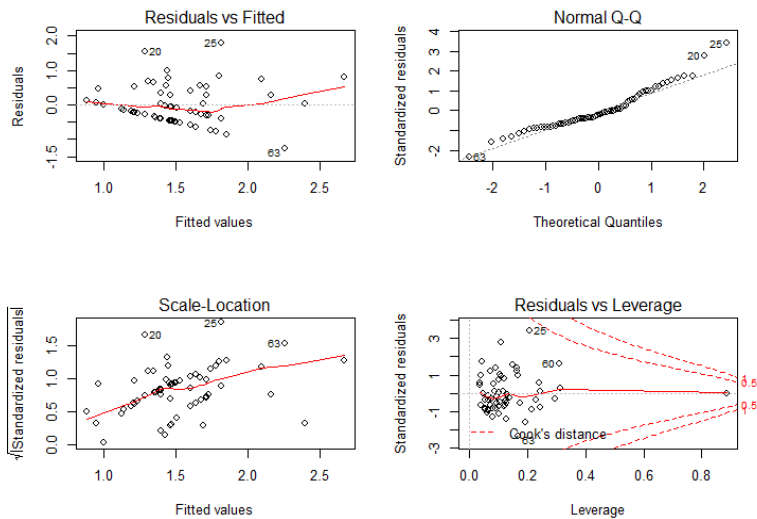


Figure 38 Graphiques de diagnostic obtenus en passant à la racine carrée du nombre de sporophytes observés.

Les sorties du modèle sont :

```
call:
lm(formula = box$SQRT_BUX ~ box$GTOT + box$LUMI + box$DM + box$PBM +
box$PGB + box$PHET + box$PMEL + box$PEPC, data = box)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.2561 -0.3867 -0.1211  0.2998  1.7899
```

```
Coefficients:
(Intercept)  1.668411  0.568903  2.933  0.00478 **
box$GTOT     0.009590  0.007926  1.210  0.23114
box$LUMI     0.137909  0.097697  1.412  0.16332
box$DM       0.005324  0.003008  1.770  0.08187 .
box$PBM     -0.013101  0.007163 -1.829  0.07247 .
box$PGB     -0.004335  0.005385 -0.805  0.42404
box$PHET    -0.041802  0.016246 -2.573  0.01261 *
box$PMEL    -0.020691  0.012459 -1.661  0.10208
box$PEPC    -0.001767  0.002152 -0.821  0.41494
```

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

```
Residual standard error: 0.5929 on 59 degrees of freedom
(2 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.2641,    Adjusted R-squared:  0.1643
F-statistic: 2.647 on 8 and 59 DF,  p-value: 0.01497
```

On constate que $P\text{-value} < 5\%$, le modèle est donc bien significatif, même si avec un R^2 de 0.1643 il n'est pas très ajusté. La seule variable ressortant ici comme ayant une influence significative sur le nombre de sporophytes observés est la proportion de hêtre dans le peuplement. Une sélection de variable par stepwise est ensuite réalisée afin d'affiner les résultats du modèle. Cette étape permet de tester l'ensemble des combinaisons possibles de variables de façon à retenir le modèle le plus ajusté tout en ayant le moins de variables explicatives. Les variables sélectionnées à l'issue de la stepwise sont la surface terrière, le nombre d'heures d'ensoleillement, le diamètre moyen du support, les proportions de bois moyens, de hêtre et de mélèze.

Les sorties du modèle utilisant ces variables sont :

```
call:
```

```
lm(formula = box$SQRT_BUX ~ box$GTOT + box$LUMI + box$DM + box$PBM +
box$PHET + box$PMEL, data = box)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.1078 -0.4103 -0.1337  0.2833  1.6351
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	1.125260	0.409703	2.747	0.00791	**
box\$GTOT	0.013848	0.007290	1.900	0.06222	.
box\$LUMI	0.130345	0.094799	1.375	0.17417	.
box\$DM	0.006609	0.002837	2.330	0.02315	*
box\$PBM	-0.012834	0.007143	-1.797	0.07732	.
box\$PHET	-0.036575	0.015735	-2.324	0.02345	*
box\$PMEL	-0.016249	0.011844	-1.372	0.17511	.

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

Residual standard error: 0.5926 on 61 degrees of freedom
 (2 observations deleted due to missingness)
 Multiple R-squared: 0.2398, Adjusted R-squared: 0.165
 F-statistic: 3.207 on 6 and 61 DF, p-value: 0.008392

Là encore $P\text{-value} < 5\%$ donc le modèle est bien significatif. Par ailleurs, même si la stepwise n'a pas permis d'améliorer R^2 , elle a fait ressortir l'effet significatif du diamètre moyen des supports sur le nombre de sporophytes observés.

Ainsi, plus le diamètre moyen des supports colonisés est élevé, plus le nombre de sporophytes observés augmente. A contrario, le nombre de sporophytes observés diminue lorsque la proportion de hêtres augmente. Ces résultats sont logiques : plus le diamètre moyen des supports est élevé plus la surface disponible pour le développement des sporophytes est importante. Par ailleurs, *B. viridis* se développe majoritairement sur des résineux. Observer une influence négative de la proportion de feuillus sur le nombre de sporophytes observés n'est donc pas surprenant. Dans l'ensemble des modélisations testées, R^2 est faible (< 0.2). Les variables relevées sur le terrain ne permettent donc pas de prédire de façon fiable le nombre de sporophytes présents sur les supports colonisés. Cette conclusion se retrouve en réalisant une analyse des composantes principales. La représentation des variables ci-dessous, résultant de l'ACP, permet d'étudier les structures de liaisons linéaires sur l'ensemble des variables considérées.

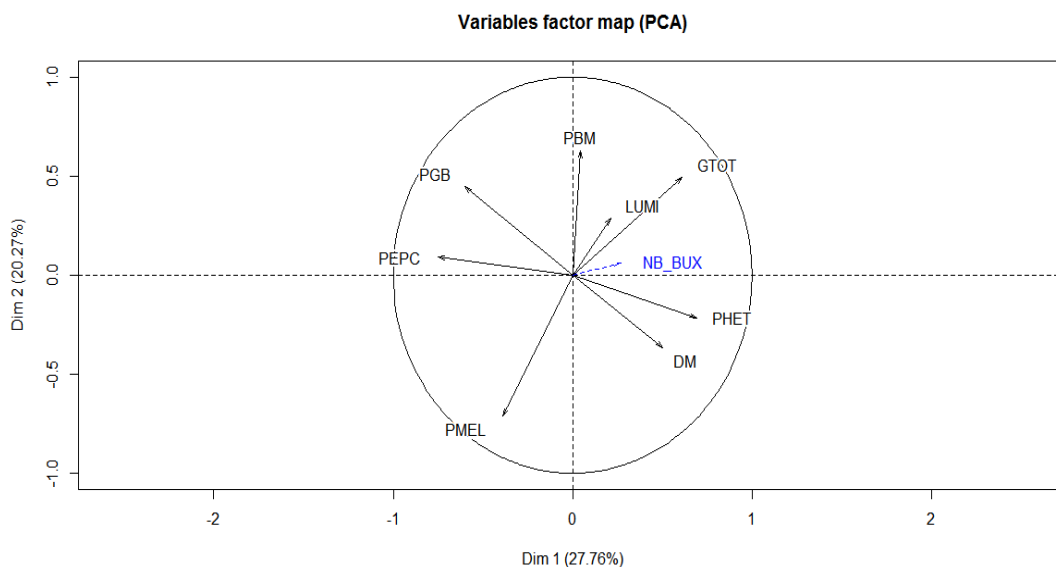


Figure 39 Cercle des corrélations obtenu par une analyse des composantes principales.

Les deux axes du cercle des corrélations sont issus de combinaisons linéaires des variables. Plus la flèche représentant chaque variable est proche du bord du cercle, mieux la variable est représentée

selon les deux dimensions retenues à l'issue de l'ACP. La flèche représentant le nombre de *B.viridis* en bleu est très courte. La variable est donc mal représentée dans le cercle des corrélations.

2.4 Y-a-t-il un effet de la desserte sur le nombre de sporophytes observés ?

Une analyse de variance à un facteur a été réalisée afin de tester l'effet de la proximité à la desserte sur le nombre de sporophytes présents sur chaque support. La P-value obtenue est de 0.765, le modèle n'est donc pas significatif et les données ne montrent donc pas de différence significative entre le nombre de sporophytes sur les supports proches de la desserte et sur les supports témoins.

3 Analyse du jeu de données relevées sur les placettes prospectées

Ce jeu de données a été constitué selon le même protocole que ce qui a été présenté en partie 2. L'analyse de ces données vise à identifier les variables pouvant expliquer la probabilité de présence de *B.viridis* sur une placette. L'influence de la proximité à la desserte sur cette probabilité sera également étudiée.

3.1 Quelques analyses descriptives pour commencer

Sur les 53 placettes prospectées, le nombre de bois morts au sol variait entre 26 et 298 avec une moyenne de 110 supports par placette. La proportion de support favorable était quant à elle en moyenne de 25% avec un minimum de 4.1% et un maximum de 53.1%. Enfin la proportion de supports colonisés par *B.viridis* était nulle sur la moitié des placettes prospectées. Cette proportion peut tout de même atteindre 20%, avec une moyenne à 3%.

Sur l'ensemble des placettes prospectées 41 étaient en situation d'ubac (11 à l'est ; 5 au NE ; 25 au NW). 11 placettes étaient tout de même en situation d'adret avec une exposition à l'ouest. Par ailleurs, sur l'ensemble des placettes prospectées on dénombre 2 stations forestières 4.3 (Pessières très acidiphile du subalpin) ; 16 stations 4.6 (Pessières un peu humides du subalpin); 16 stations 5.4 (Hêtraies sapinières très acidiphiles), 5 stations 5.6 (Hêtraies sapinières drainées) et 13 stations 5.7 (Hêtraies sapinières un peu humides). Toutes ces stations forestières sont caractérisées par un bon voire très bon approvisionnement en eau.

Sur chaque placette prospectée, au regard de l'ensemble des supports observés, une note était attribuée pour qualifier le caractère propice des supports de la placette. Le tableau 13 précise la signification de chaque note.

1	3	2
Les souches et le bois mort au sein de la placette ne sont pas assez décomposés (Ecorce toujours présente, le bois n'est pas facilement déformable) et/ou ils sont trop secs.	Les souches et le bois mort sont humides et bien décomposés. Les supports sont colonisés de façon importante par des mousses.	Les souches et le bois mort sont humides et bien décomposés. Ils sont peu colonisés par les mousses.

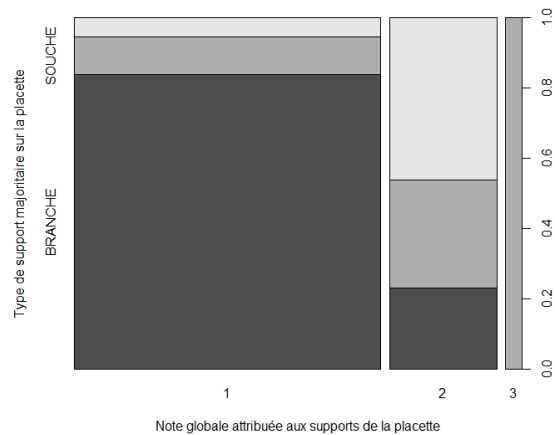
Tableau 13 Caractéristiques des supports propices au développement de *B.viridis*.

B.viridis se développe uniquement sur les bois morts au sol présentant un état de décomposition relativement avancé. Par ailleurs elle est peu compétitive et ne sera pas présente sur les supports

colonisés de façon importante par d'autres espèces de mousse. Par conséquent, un support est jugé favorable pour le développement de *B. viridis* s'il est noté 2.

Figure 40 Type de bois mort majoritaire sur les placettes.

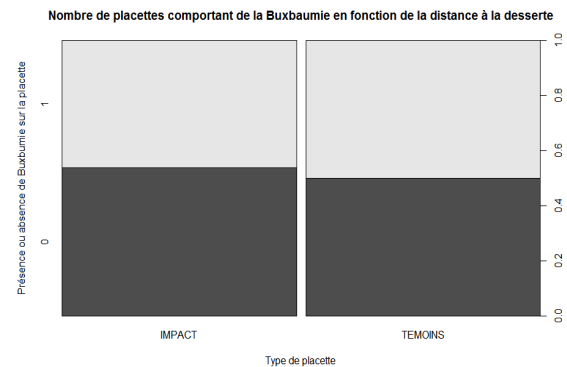
Chaque colonne correspond à la note attribuée aux supports d'une placette. La largeur de la colonne est proportionnelle au nombre de placettes ayant obtenu cette note. Les couleurs au sein de chaque colonne correspondent au type de support majoritaire sur la placette. Branche en noir, souche en gris, tronc en beige.



La plupart des placettes comportaient essentiellement des branches peu décomposées (Figure 40). Dans de rares cas, les souches constituaient le support majoritaire et, bien que très décomposée, elles étaient trop colonisées par d'autres bryophytes pour présenter un support de développement favorable à *B. viridis*. Pour les placettes où l'essentiel des supports étaient propices au développement de *B. viridis*, il s'agissait le plus souvent de troncs.

Figure 41 Nombre de placettes où *B. viridis* est présente.

La première colonne, IMPACT, correspond aux placettes situées à proximité de la desserte. La deuxième colonne correspond aux placettes témoins. La largeur de la colonne est proportionnelle au nombre de placette recensée dans chaque modalité.



La figure 41 représente le nombre de placettes où *B. viridis* est présente selon le type de placette (à proximité de la desserte ou témoins). Pour les deux modalités, près de la moitié des placettes n'étaient pas colonisées par *B. viridis*.

Le nombre de supports prospectés sur les deux types de placette est similaire (Figure 44) : 113 en moyenne sur les placettes proches de la desserte contre 107 pour les placettes témoins. La proportion de supports favorables est très légèrement supérieure sur les placettes témoins : 27 contre 23% (Figure 43). Enfin, il semble y avoir une différence significative entre les deux types de placettes concernant la proportion de supports colonisés : en moyenne 5.4% des supports favorables sont colonisés sur les placettes à proximité de la desserte contre 1.3% sur les placettes témoins (Figure 42). Il y aurait donc une proportion plus importante de supports colonisés sur les placettes proches de la desserte.

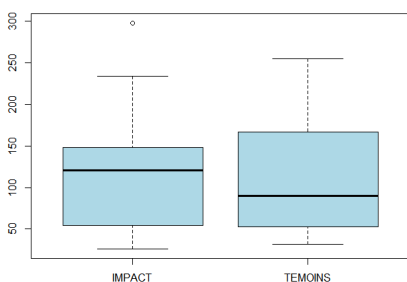


Figure 42 Nombre de supports prospectés selon le type de placette.

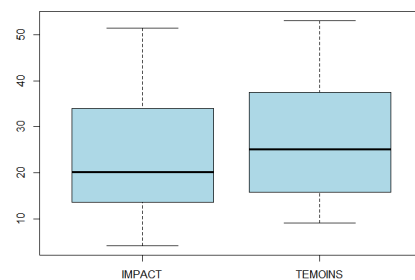


Figure 43 Proportion de supports prospectés selon le type de placette.

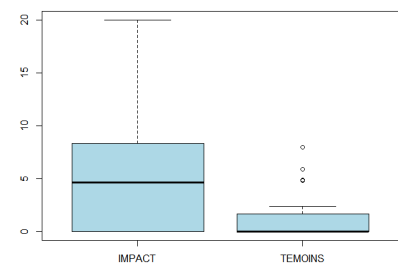


Figure 44 Proportion de supports colonisés selon le type de placette.

3.2 Comment expliquer la probabilité de présence de *B.viridis* sur une placette ?

L'objectif de cette partie est d'expliquer la probabilité de trouver un support colonisé par *B.viridis* sur une placette en fonction des variables relevées sur la placette. Ces variables sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

PresAbs	Variable binaire valant 1 si au moins un support colonisé par <i>B.viridis</i> a été observé sur la placette, 0 sinon.
SUP_PROS	Nombre de supports prospectés sur la placette.
PFAV	Proportion de supports favorables au développement de <i>B.viridis</i>
PCOL	Proportion de supports colonisés par <i>B.viridis</i>
FORET	Forêt dans laquelle se trouve la placette
EXPO	Exposition de la placette
NATURE	Type de placette : témoins ou à proximité de la desserte
STATION	Station forestière relevée sur la placette
PPB	Proportion de petits bois dans le peuplement
PBM	Proportion de bois moyens dans le peuplement
PGB	Proportion de gros bois dans le peuplement
PSAP	Proportion de sapins dans le peuplement
PHET	Proportion de hêtres dans le peuplement
PEPC	Proportion d'épicéas dans le peuplement
PMEL	Proportion de mélèze dans le peuplement
GTOT	Surface terrière mesurée, en m ² /ha

Tableau 14 Variables relevées sur les placettes prospectées.

Une matrice des corrélations a tout d'abord été réalisée pour identifier les variables trop corrélées pour être introduites simultanément dans un modèle statistique.

	PreAbs	S	UP_PROS	PFAV	PCOL	PPB	PBM	PGB	PSAP	PHET	PEPC	PMEL	GTOT
PreAbs	1.00		0.03	0.31	0.72	-0.03	0.03	0.02	-0.09	0.12	0.02	0.29	0.03
SUP_PROS	0.03	1.00	-0.52	-0.06	-0.06	0.15	0.11	-0.22	0.44	0.34	-0.42	-0.36	0.29
PFAV	0.31	-0.52	1.00	0.05	-0.32	-0.03	0.37	-0.41	-0.31	0.40	0.28	-0.42	-0.42
PCOL	0.72	-0.06	0.05	1.00	0.14	-0.07	-0.12	0.03	0.10	-0.09	0.26	0.09	0.09
PPB	-0.03	0.15	-0.32	0.14	1.00	-0.40	-0.86	0.43	0.33	-0.46	0.02	0.38	0.38
PBM	0.03	0.11	-0.03	-0.07	-0.40	1.00	-0.12	0.05	-0.14	-0.03	-0.02	0.16	0.16
PGB	0.02	-0.22	0.37	-0.12	-0.86	-0.12	1.00	-0.49	-0.28	0.52	-0.01	-0.51	-0.51
PSAP	-0.09	0.44	-0.41	0.03	0.43	0.05	-0.49	1.00	0.36	-0.98	-0.27	0.47	0.47
PHET	0.12	0.34	-0.31	0.10	0.33	-0.14	-0.28	0.36	1.00	-0.48	-0.13	0.44	0.44
PEPC	0.02	-0.42	0.40	-0.09	-0.46	-0.03	0.52	-0.98	-0.48	1.00	0.11	-0.46	-0.46
PMEL	0.29	-0.36	0.28	0.26	0.02	-0.02	-0.01	-0.27	-0.13	0.11	1.00	-0.36	-0.36
GTOT	0.03	0.29	-0.42	0.09	0.38	0.16	-0.51	0.47	0.44	-0.46	-0.36	1.00	1.00

Tableau 15 Matrice des corrélations.

Les proportions de petits bois et de gros bois sont trop corrélées pour pouvoir être introduites dans le même modèle simultanément. La proportion de gros bois est de plus assez corrélée avec PSAP, PEPC et GTOT. Il vaudrait donc mieux introduire PPB dans les modèles, car elle est moins corrélée avec ces mêmes variables.

Par ailleurs, les proportions de sapins et d'épicéas sont trop corrélées pour pouvoir être introduites simultanément dans un même modèle.

Une régression logistique est réalisée pour expliquer la probabilité de présence d'un support colonisé sur la placette en fonction des variables présentées ci-dessus. Les sorties obtenues sont :

```
Call:
glm(formula = PA ~ total$FORET + total$EXPO + total$NATURE +
total$STATION + total$SUP_PROS + total$PFAV + total$PPB +
total$PBM + total$PSAP + total$STATION + total$PHET + total$PMEL +
total$GTOT, family = binomial(link = "logit"))

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.2364  -0.2961  -0.0170   0.2969   2.5806

Coefficients: (2 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    2.78709   2280.21841    0.001  0.99902
total$FORETCREST VOLLAND -16.05906   2280.20880   -0.007  0.99438
total$FORETDOUCY    -0.94332   2280.22407    0.000  0.99967
total$EXPONE         7.92823     3.98936    1.987  0.04688 *
total$EXPONW         4.38477     3.56767    1.229  0.21906
total$EXPOW        -1.08447     2.39274   -0.453  0.65038
total$NATURETEMOINS -6.64661     2.83197   -2.347  0.01893 *
total$STATION4.6   -17.94558   2280.20921   -0.008  0.99372
total$STATION5.4           NA           NA           NA           NA
total$STATION5.6    -2.05959     4.47636   -0.460  0.64544
total$STATION5.7           NA           NA           NA           NA
total$SUP_PROS       0.03953     0.01661    2.380  0.01732 *
total$PFAV           0.28267     0.10810    2.615  0.00893 **
total$PPB           -0.14949     0.09053   -1.651  0.09870 .
total$PBM            0.04134     0.06074    0.681  0.49605
total$PSAP          -0.09704     0.04538   -2.138  0.03250 *
total$PHET          -0.19956     0.20395   -0.978  0.32785
total$PMEL           0.29267     0.15039    1.946  0.05166 .
total$GTOT           0.15387     0.11056    1.392  0.16400
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 72.010  on 51  degrees of freedom
Residual deviance: 29.427  on 35  degrees of freedom
AIC: 63.427

Number of Fisher Scoring iterations: 16
>with(log1,pchisq(null.deviance-deviance, df.null-df.residual, lower.tail=FALSE))
[1] 0.0003227701
```

Plusieurs variables ressortent comme ayant un effet significatif sur la probabilité de présence d'un support colonisé sur la placette :

- *L'exposition de la placette* : pour une exposition NE, la probabilité de trouver un support colonisé serait plus élevée que pour l'exposition E qui est prise en référence dans le modèle. Vu le faible nombre de placettes prospectées exposées au NE (5), ce résultat est vraisemblablement un artefact et ne peut pas être interprété.

- *Le type de placette* : La probabilité de trouver un support colonisé serait plus faible sur les placettes témoins que sur les placettes situées à proximité de la route.

- *La proportion de sapin dans le peuplement* aurait un impact négatif sur la probabilité de trouver un support colonisé sur une placette. Cette proportion étant négativement corrélée avec la proportion d'épicéas, on peut conclure que la proportion d'épicéas a a contrario un impact positif sur la probabilité de trouver un support colonisé.

- *Le nombre de support prospecté et la proportion de supports favorables*: logiquement, la probabilité de présence de *B.viridis* augmente avec le nombre de supports prospectés et la proportion de supports favorables sur la placette.

Une sélection de variables est réalisée par stepwise pour affiner les résultats. Les sorties obtenues sont les suivantes :

```
Call:
glm(formula = PA ~ total$FORET + total$NATURE + total$SUP_PROS +
total$PFAV + total$PPB + total$PMEL + total$GTOT, family = binomial(link =
"logit"))

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.8848 -0.5911 -0.1312  0.6448  2.7873

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    -6.825278   3.092305  -2.207  0.02730 *
total$FORETCREST VOLLAND -1.184036   1.451168  -0.816  0.41455
total$FORETDOUCY    2.683559   2.443685   1.098  0.27213
total$NATURETEMOINS -3.453660   1.162747  -2.970  0.00298 **
total$SUP_PROS      0.019058   0.008754   2.177  0.02948 *
total$PFAV          0.174101   0.060077   2.898  0.00376 **
total$PPB          -0.076058   0.039483  -1.926  0.05406 .
total$PMEL         0.177094   0.094869   1.867  0.06194 .
total$GTOT         0.103864   0.049244   2.109  0.03493 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 72.010  on 51  degrees of freedom
Residual deviance: 39.507  on 43  degrees of freedom
AIC: 57.507

Number of Fisher Scoring iterations: 6

>with(log3,pchisq(null.deviance-deviance, df.null-df.residual, lower.tail=FALSE))
[1] 7.564528e-05
```

Ces modélisations valident les conclusions précédentes concernant l'influence du type de placette (témoins/proche de la desserte), du nombre de supports prospectés et de la proportion de supports favorables. Par ailleurs, ce modèle fait ressortir l'effet de la surface terrière : plus la surface terrière est élevée, plus la probabilité de trouver un support colonisé par *B. viridis* augmente.

Dans la même logique que la régression logistique, une régression linéaire multiple est réalisée pour expliquer cette fois-ci la proportion de supports colonisés observée sur chaque placette.

```
lm(formula = total$PCOL ~ total$NATURE + total$ALTI + total$EXPO +
total$FORET + total$STATION + total$SUP_PROS + total$PPB +
total$PBM + total$PHET + total$PEPC + total$PMEL + total$GTOT)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.3398 -2.3162 -0.3492  2.0557 11.7049

Coefficients: (2 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    8.314286  16.327692   0.509 0.613798
total$NATURETEMOINS -5.412889   1.498195  -3.613 0.000941 ***
total$ALTI      -0.001187   0.008758  -0.135 0.892994
total$EXPONE    0.514747   3.631588   0.142 0.888097
total$EXPONW    2.952805   3.277640   0.901 0.373802
total$EXPONW    -0.897217   3.214398  -0.279 0.781792
total$FORETCREST VOLLAND -4.453765   5.597454  -0.796 0.431583
total$FORETDOUCY -0.908204   8.844214  -0.103 0.918796
total$STATION4.6 -3.395381   4.775136  -0.711 0.481763
total$STATION5.4      NA           NA         NA         NA
total$STATION5.6     3.094624   3.728760   0.830 0.412201
total$STATION5.7      NA           NA         NA         NA
total$SUP_PROS     -0.006924   0.016269  -0.426 0.673013
total$PPB         -0.107427   0.056930  -1.887 0.067479 .
total$PBM         -0.037143   0.084460  -0.440 0.662805
total$PHET        -0.175868   0.158551  -1.109 0.274899
total$PEPC        0.012898   0.038228   0.337 0.737840
total$PMEL        0.110796   0.173363   0.639 0.526918
```

```
total$GTOT          0.136989  0.102676  1.334 0.190757
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 4.553 on 35 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4059,    Adjusted R-squared:  0.1343
F-statistic: 1.495 on 16 and 35 DF,  p-value: 0.1572
```

On constate que P-value >5%, le modèle n'est donc pas significatif. Une sélection de variables est réalisée par stepwise. Les sorties du modèle obtenu sont ci-dessous :

```
Call:
lm(formula = total$PCOL ~ total$NATURE + total$FORET + total$GTOT)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-6.3285 -2.6746 -0.7891  1.7073 12.8536
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    3.91508    2.19355     1.785 0.080746 .
total$NATURETEMOINS -4.29229    1.18935    -3.609 0.000743 ***
total$FORETCREST VOLLAND -3.65410    1.42477    -2.565 0.013580 *
total$FORETDOUCY   -1.59559    2.28891    -0.697 0.489177
total$GTOT         0.08939    0.05923     1.509 0.137958
```

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

```
Residual standard error: 4.254 on 47 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3036,    Adjusted R-squared:  0.2443
F-statistic: 5.122 on 4 and 47 DF,  p-value: 0.001652
```

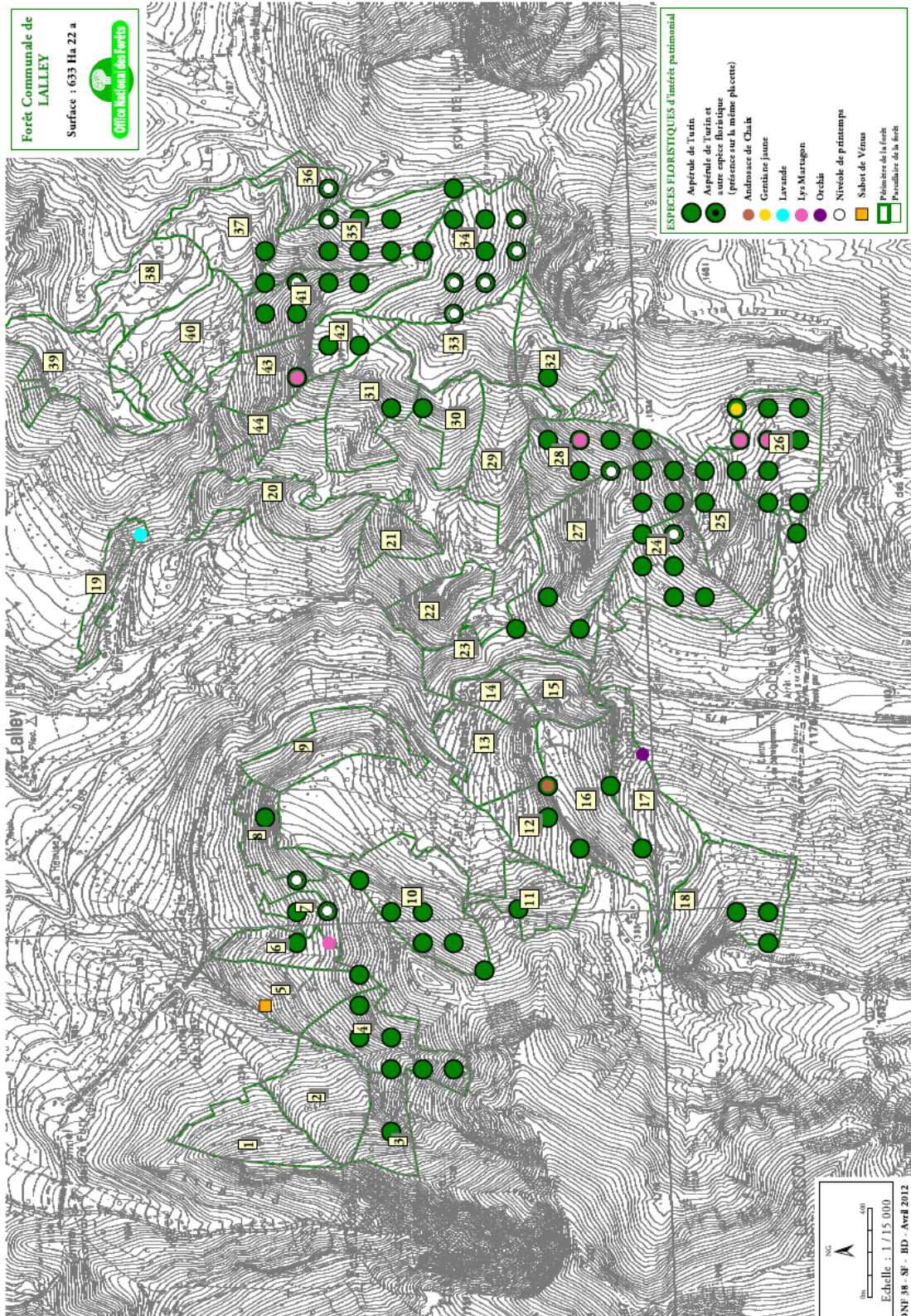
Le modèle est significatif (P-value < 5%) et deux variables ressortent de façon significative :

- *Le type de placette* : La proportion de supports favorables est inférieure sur les placettes témoins par rapport aux placettes situées à proximité de la desserte. Ceci rejoint les conclusions de la régression logistique.

La forêt où a lieu le relevé jouerait aussi un rôle sur la proportion de supports favorables. Toutefois comme il n'y a pas eu autant de relevés dans chaque forêt cet effet est difficilement analysable.

Enfin, une régression linéaire multiple a été réalisée pour expliquer le nombre de supports colonisés observés sur les placettes où *B.viridis* est présente. Le modèle n'est pas significatif. Aucune des variables présentées au début de la partie 1.9 ne permet d'expliquer la proportion de supports favorables. Ceci n'est pas surprenant car cette proportion dépend des dates et des conditions d'exploitation forestière (quantité et disposition des rémanents), ainsi que des conditions d'humidité et de température, qui vont influencer sur la vitesse de dégradation des supports. Aucune des variables introduites dans les modèles testés ne rend compte de ce phénomène.

Annexe 7 : Inventaire des espèces végétales protégées présent dans l'aménagement de la forêt communale de Lalley.



Annexe 8 : Mode d'emploi du moteur cartographique – Pôle Flore Habitat

Le pôle d'information Flore Habitat (PIFH) regroupe sur la région Rhône-Alpes près de 5 millions de données relatives à la flore vasculaire régionale et 19 000 données relatives à la bryoflore.

Ces données sont collectées par l'ensemble des adhérents du PIFH (dont l'ONF), puis rassemblées et validées par les Conservatoires botaniques nationaux alpin et du Massif central, qui gèrent le Pôle.

En tant qu'adhérent, l'ONF peut consulter l'ensemble de ces données sur la plateforme web du PIFH : <http://www.pifh.fr/pifhcms/index.php>

L'accès aux données se fait en cliquant sur l'un des symboles de l'encadré « Flore en ligne »

Quel que soit le symbole choisi, le site propose de se connecter:

Les identifiants de connexion pour les membres de l'ONF sont listés dans le tableau ci-contre.

Il existe un code par agence pour éviter que trop de personnes se connectent simultanément au serveur avec les mêmes identifiants.

Agence	Identifiant	Mot de passe
Direction territoriale	onf	ch83br93
Ain-Loire-Rhône	onf014269	onf92ai54
Drôme-Ardèche	onf2607	onf78dr43
Isère	onf38	onf15is48
Savoie	onf73	onf89sa01
Haute-Savoie	onf74	onf12ha35

But du guide

Une fois connecté, vous avez accès à 5 modes de recherche différents :

FLORE EN LIGNE

RECHERCHEZ PAR PLANTE | PAR THÈME | PAR COMMUNE | PAR SITE | CARTOGRAPHIQUE



- ✓ **Par plante** : en tapant le nom d'une espèce (en français ou en latin), vous obtenez une fiche descriptive de cette espèce, ainsi que la cartographie des sites où elle a été observée (en cliquant sur la petite planète en haut à droite).



- ✓ **Par commune** : en tapant le nom d'une commune, vous accédez à la liste de toutes les espèces observées sur le territoire de la commune.



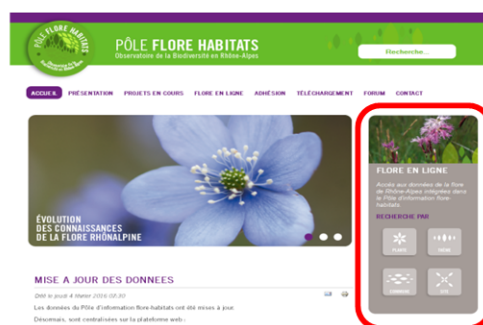
- ✓ **Par site** : cette fois-ci, on obtient la liste des espèces observées, non pas sur le périmètre d'une commune, mais sur celui d'un site comme une ZNIEFF, une réserve naturelle ou biologique, une zone Natura 2000 ou encore un PNR...



- ✓ **Par thème** : ce mode de recherche renvoie l'inventaire des plantes indigènes, plantes remarquables, plantes exotiques envahissantes ou plantes spontanées pour un département ou un groupe floristique donnée.

- ✓ **Cartographique** : permet de déterminer les espèces se trouvant sur l'emprise d'un shape ou d'un polygone tracé à la main.

Attention, ce mode de recherche est uniquement disponible lorsque vous êtes connectés. (C'est pourquoi il n'y a pas d'onglet cartographie dans l'encadré « Flore en ligne » de la page d'accueil).



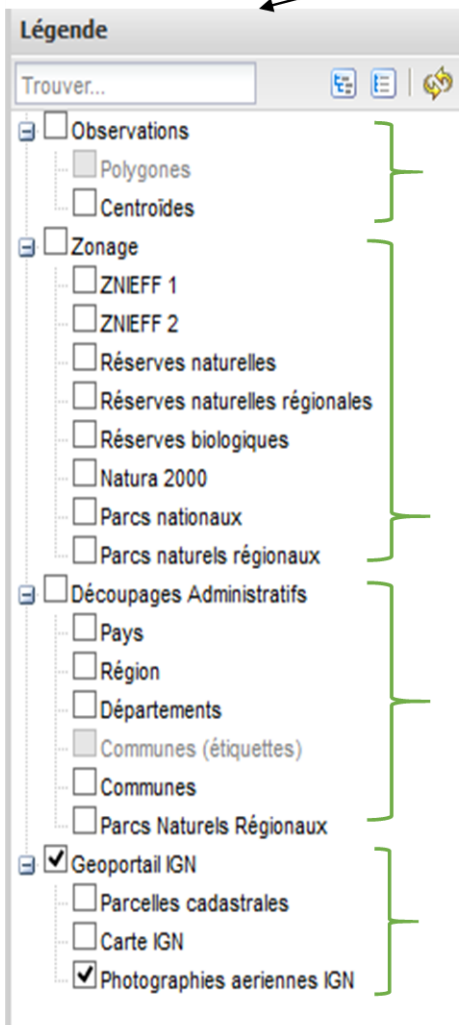
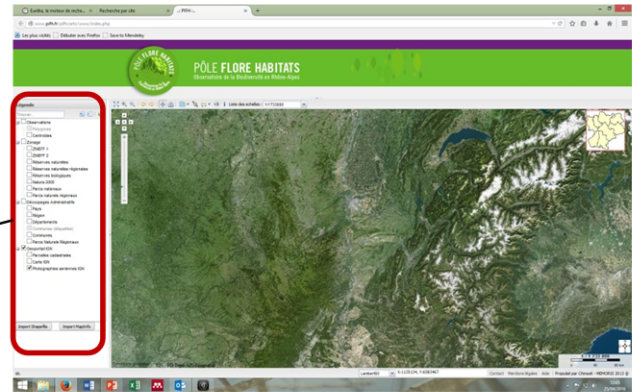
Le but du guide est de présenter la **fonction de recherche cartographique**.

Vous pouvez également télécharger le guide complet d'utilisation du PIFH à l'adresse suivante:
http://www.pifh.fr/pifhcms/index.php/telechargement/Guide_utilisation/

En cliquant sur l'onglet recherche cartographique, une nouvelle page s'ouvre dans le navigateur:

La colonne à gauche récapitule les informations que l'on peut faire apparaître sur la carte.

On peut ainsi sélectionner un zonage (PNR ou PN par exemple); faire apparaître le découpage administratif ou bien changer le fond de carte du portail.



Affichage des observations floristiques (toutes espèces confondues) sous forme de :

- ✓ **Centroïdes**, ce qui affiche les données sous forme de points
- ✓ **Polygone**, ce qui, comme son nom l'indique affiche les données sous forme de polygone.

Attention! Un polygone peut représenter, soit l'étendue de la station relevée (Localisation précise) soit la zone dans lequel le pied a été observé (Localisation imprécise)

Zonages pouvant être affichés sur le fond de carte

Limites administratives pouvant être affichées sur le fond de carte

Fonds de carte à disposition

Vous avez coché « Observations » et rien ne se passe?

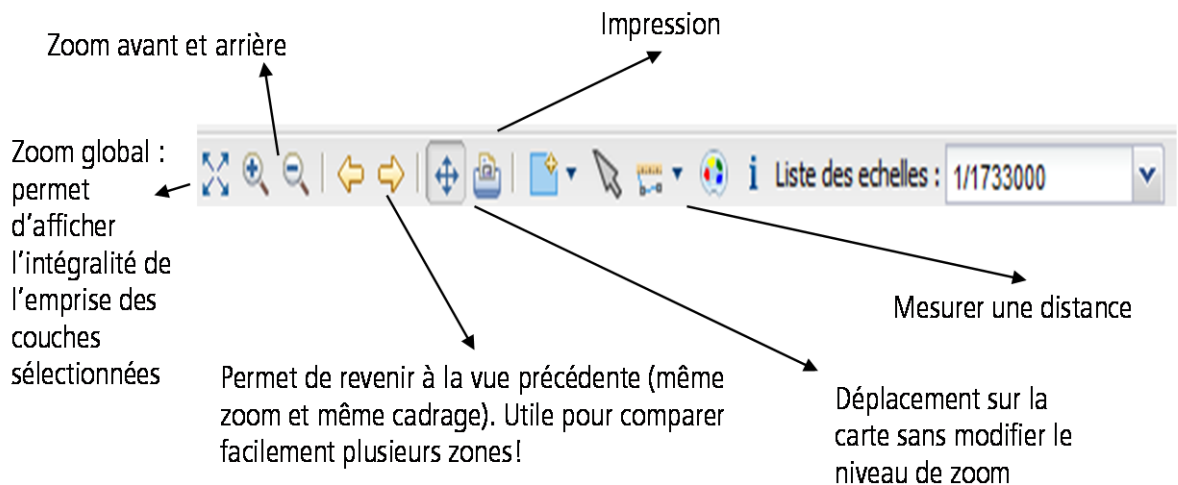
Vous n'avez sans doute pas assez zoomé sur la zone d'étude! Le nombre de données disponibles étant très important, on ne peut pas les faire afficher sur une trop grande surface...

Les données peuvent aussi mettre un certain temps à s'afficher, c'est le moment d'être patient et de faire une pause café!

La barre d'outils, située au dessus du navigateur permet de se déplacer sur la carte, ou encore de faire afficher des données.



Se déplacer sur la carte et autres commandes de base :



Sélection et affichage de données :

Sélection des zonages : permet de déterminer les zonages (PN, PNR, Natura 2000...) présents sur un site. Voir p5

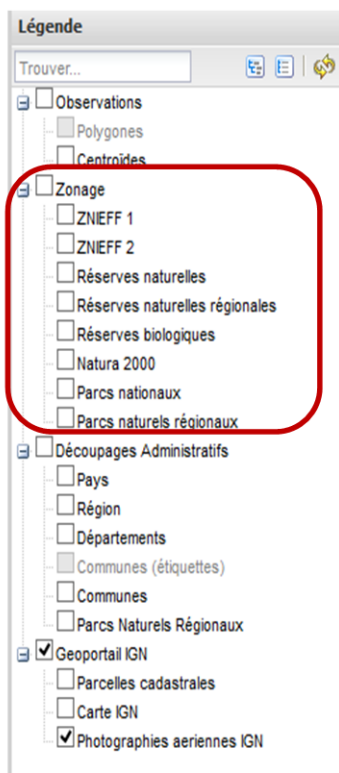
Sélection d'observations : fait afficher les informations relatives à une observation en cliquant sur cette observation.



Sélection personnalisée : fait afficher les observations présentes sur un shape importé ou une zone dessinée. Voir p6

Outils de dessin : permet de dessiner un rectangle, un polygone ou un point sur la carte. Voir p6

Vous voulez savoir quels sont les zonages (PN, PNR, Natura 2000...) présents sur un site?



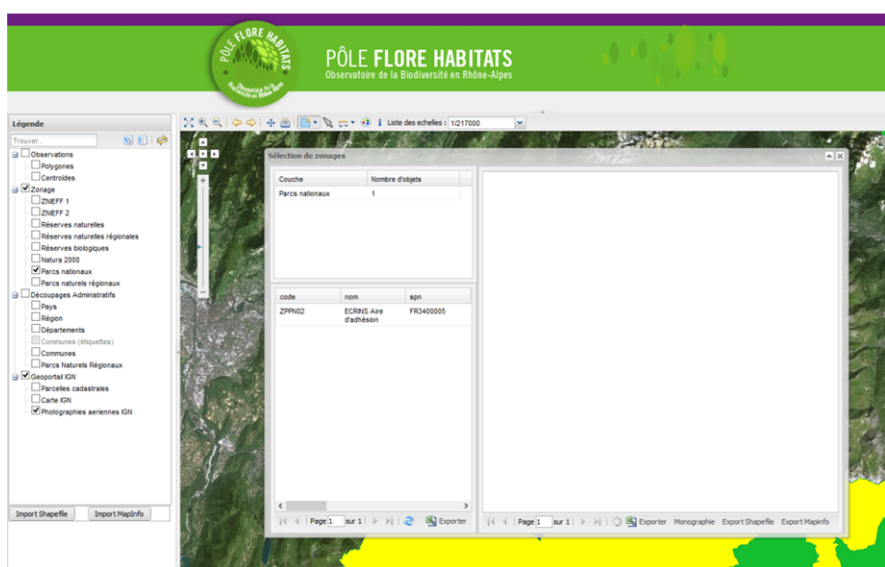
Il faut commencer par sélectionner dans la légende les types de zonage dont vous souhaitez déterminer la présence ou l'absence.

Puis, dans la barre d'outils, cliquer sur « Sélection des zonages »



Cet outil permet de dessiner sur la carte l'emprise de la zone qui vous intéresse (sous forme de rectangle, polygone ou point).

Une fois l'emprise tracée, une nouvelle fenêtre apparaît avec la liste de tous les zonages présents sur cette zone.



Vous avez dessiné votre emprise mais la liste des zonages n'apparaît pas?

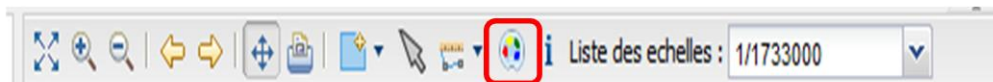
Il faut être patient car la liste est souvent assez longue à charger. Il faut également éviter de tracer des emprises trop grandes, ou de cocher un trop grand nombre de zonages.

Dessiner un polygone sur la carte

Vous souhaitez déterminer quelles sont les espèces présentes sur l'emprise d'un projet? 2 solutions s'offrent à vous :

- Vous pouvez dessiner directement l'emprise du projet sur la carte.
- Vous pouvez importer le shape du projet

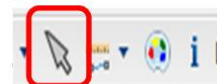
Pour dessiner l'emprise du projet sur la carte, il faut cliquer sur la palette de peinture de la barre d'outils:



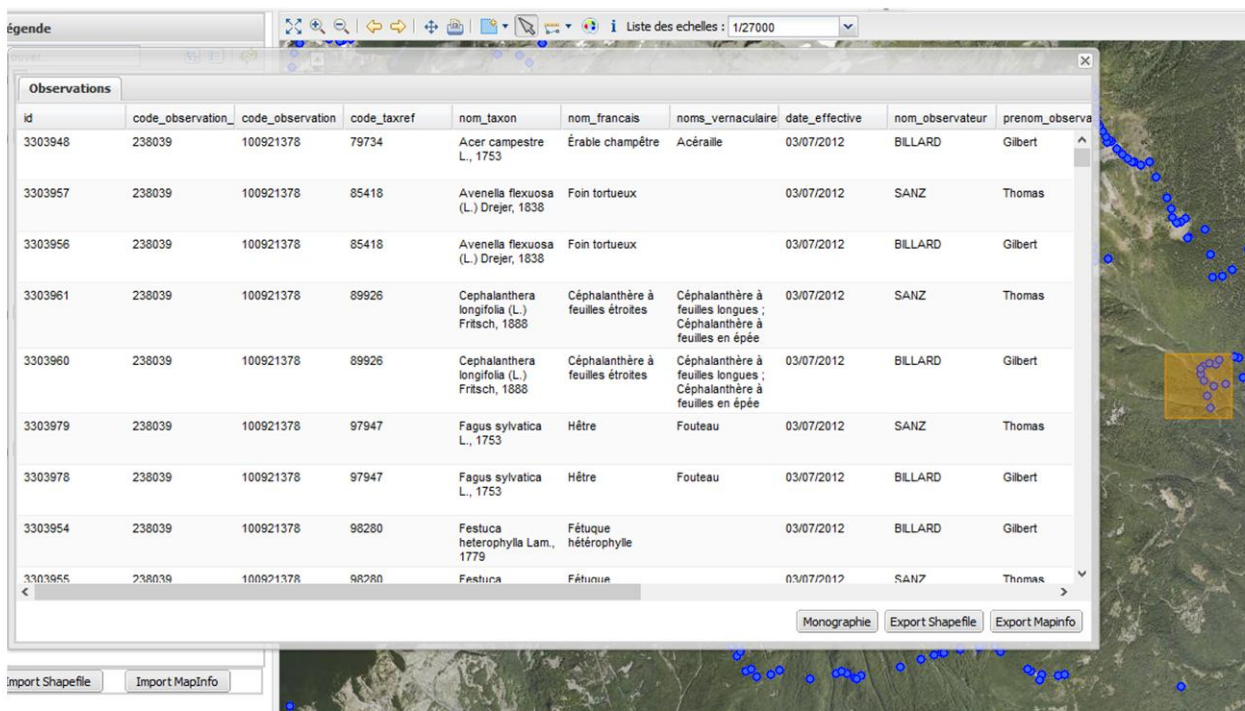
Une boîte de dialogue s'ouvre et permet de choisir le type de forme que l'on souhaite tracer : point, ligne, rectangle, polygone...

Sélectionner le type de forme, puis cliquer sur fermer pour revenir au fond de carte et tracer votre emprise.

Une fois l'emprise tracée, cliquer sur la flèche grise dans la barre d'outil, puis cliquer sur votre dessin.



La liste de toutes les observations disponibles sur l'emprise s'affiche.



id	code_observation	code_observation	code_taxref	nom_taxon	nom_francais	noms_vernaculaire	date_effective	nom_observateur	prenom_observateur
3303948	238039	100921378	79734	Acer campestre L., 1753	Érable champêtre	Acénaie	03/07/2012	BILLARD	Gilbert
3303957	238039	100921378	85418	Avenella flexuosa (L.) Drejer, 1838	Foin tortueux		03/07/2012	SANZ	Thomas
3303956	238039	100921378	85418	Avenella flexuosa (L.) Drejer, 1838	Foin tortueux		03/07/2012	BILLARD	Gilbert
3303961	238039	100921378	89926	Cephalanthera longifolia (L.) Frisch, 1888	Céphalanthère à feuilles étroites	Céphalanthère à feuilles longues ; Céphalanthère à feuilles en épée	03/07/2012	SANZ	Thomas
3303960	238039	100921378	89926	Cephalanthera longifolia (L.) Frisch, 1888	Céphalanthère à feuilles étroites	Céphalanthère à feuilles longues ; Céphalanthère à feuilles en épée	03/07/2012	BILLARD	Gilbert
3303979	238039	100921378	97947	Fagus sylvatica L., 1753	Hêtre	Fouteau	03/07/2012	SANZ	Thomas
3303978	238039	100921378	97947	Fagus sylvatica L., 1753	Hêtre	Fouteau	03/07/2012	BILLARD	Gilbert
3303954	238039	100921378	98280	Festuca heterophylla Lam., 1779	Fétuque hétérophylle		03/07/2012	BILLARD	Gilbert
3303955	238039	100921378	98280	Festuca	Fétuque		03/07/2012	SANZ	Thomas

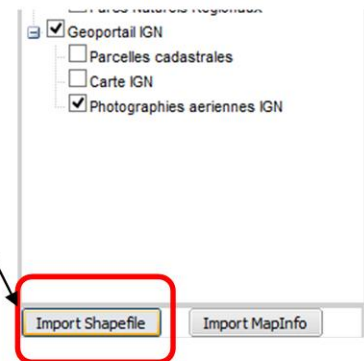
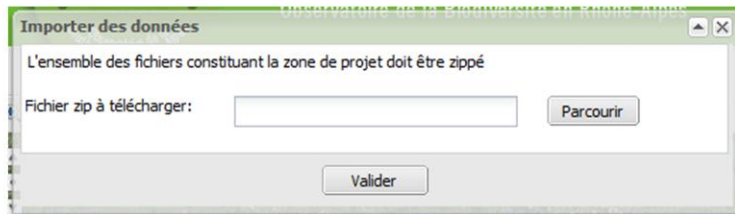
Si vous disposez déjà d'un shape de votre projet, vous pouvez l'importer directement dans le moteur cartographique.

Attention! Vous devez pour cela créer un **dossier compressé** regroupant les formats: **.dbf**; **.prj**; **.shp**; **.shx**. Si l'un de ces formats est manquant, le shape ne pourra pas être utilisé par le moteur cartographique!

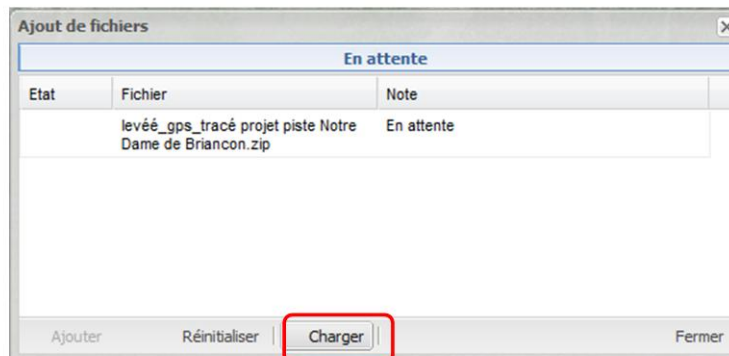
Pour les **exports depuis Canopée**, le format **.prj** est manquant. Vous pouvez le générer automatiquement en ouvrant la couche avec un logiciel SIG (ArcGIS, QGIS), ou demander à votre responsable SIG de s'en charger.

Pour importer le shape, cliquez sur « Import Shapefile », en bas à gauche de la légende.

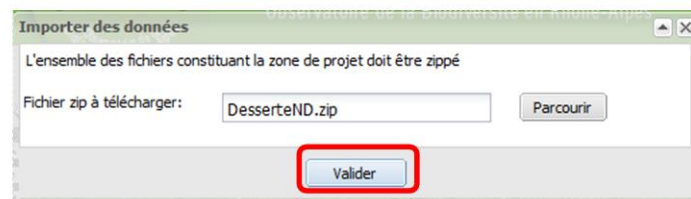
Une boîte de dialogue s'ouvre et permet d'aller chercher le fichier **zippé**.



Une fois le fichier choisi, cliquer sur charger pour l'importer puis lorsque le chargement est terminé fermer la fenêtre.

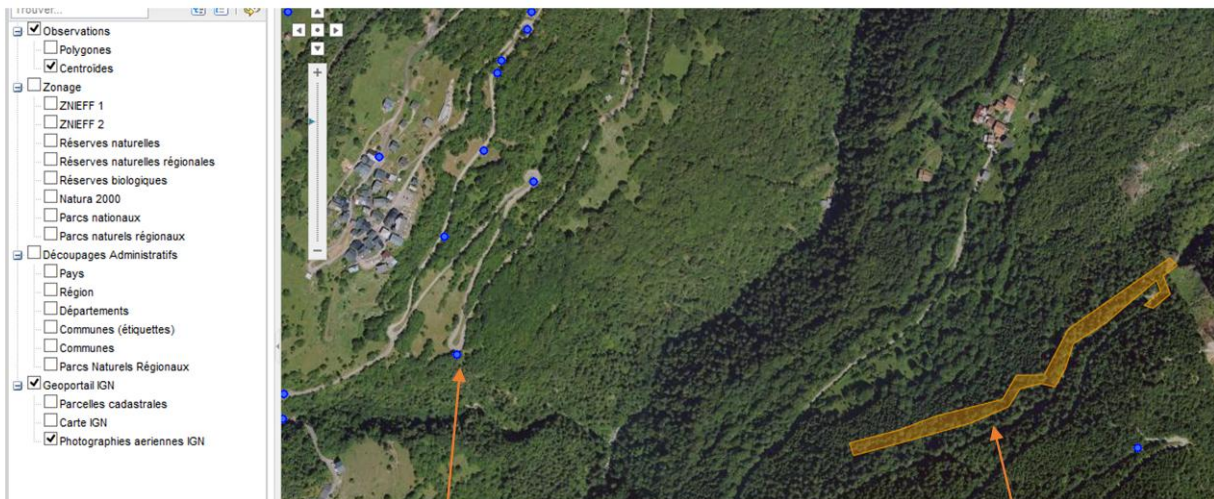


Il n'y a plus qu'à cliquer sur « Valider » pour fermer la dernière boîte de dialogue....



Et le shape apparaît sur le fond de carte!

Cocher ensuite « observations » pour faire apparaître les localisations des plantes.



Localisation d'une espèce végétale

Shape du projet

En utilisant la flèche grise « sélection personnalisée », vous pouvez cliquer sur le shape et faire apparaître la liste de toutes les observations se trouvant sur l'emprise.



Dans cet exemple, aucune observation ne se trouve sur l'emprise du projet.

Pour plus d'informations, vous pouvez télécharger le guide complet d'utilisation du PIFH à l'adresse suivante:

http://www.pifh.fr/pifhcms/index.php/telechargement/Guide_utilisation/