

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

Asperula taurina et les projets de desserte
forestière.

Octobre
2016



Table des matières

1	POURQUOI CREER DES DESSERTES ?	5
1.1	LA DESSERTE, UN EQUIPEMENT NECESSAIRE POUR PERMETTRE L'EXPLOITATION DES FORETS	6
1.1.1.	Le débardage par tracteur débusqueur	6
1.1.2.	Le débardage par routes et câbles longs	7
1.1.3	Le débardage par routes et câble-mât	7
1.1.4	Le débardage par cheval[9]	8
1.1.5	Le débardage par hélicoptère	8
1.1.6	Le débardage par lançage des bois	8
1.1.7	Le débardage par ballon-captif	9
1.2	DEVELOPPER LES RESEAUX DE DESSERTE POUR ENRAYER LA DIMINUTION DES SURFACES EXPLOITABLES EN RHONE-ALPES.	9
1.3	POURQUOI VOULOIR STOPPER L'EROSION DES SURFACES EXPLOITEES EN RHONE-ALPES ?	11
1.4	CONCLUSION SUR L'INTERET DE DEVELOPPER LE RESEAU DE DESSERTE DANS LE TRIEVES	12
1.5	ARTICULATION ENTRE CADRE GENERAL ET DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION :	12
2	PRESENTATION DES ENJEUX DE CONSERVATION LIES A ASPERULA TAURINA. [17][18][19][20][21]	13
2.1	CHOROLOGIE ET PROTECTION REGLEMENTAIRE :	13
2.2	ECOLOGIE ET HABITATS:	14
2.3	MENACES ET CONSEILS DE GESTION :	14
2.4	ETAT DE CONSERVATION LOCAL	14
2.5	ARTICULATION ENTRE CADRE GENERAL ET DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION	16
3	IMPACTS DES PROJETS DE DESSERTE FORESTIERE SUR L'ETAT DE CONSERVATION D'ASPERULA TAURINA	16
3.1	SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE : IMPACT DE LA DESSERTE SUR LA FLORE.	16
3.2	ETUDE DE L'IMPACT DE LA DESSERTE SUR ASPERULA TAURINA DANS LE TRIEVES	17
3.3	IMPACTS CUMULES DES PROJETS DE DESSERTE DANS LE TRIEVES	18
3.4	ARTICULATION ENTRE CADRE GENERAL ET DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION	18
4	MESURES D'EVITEMENT, DE REDUCTION, DE COMPENSATION ET D'ACCOMPAGNEMENT POUVANT BENEFICIER A ASPERULA TAURINA.	19
4.1	MESURES D'EVITEMENT ET DE REDUCTION	19
4.2	MESURES DE COMPENSATION POUVANT BENEFICIER A ASPERULA TAURINA	20
4.3	SUIVI DE L'EFFICACITE DES MESURES COMPENSATOIRES	21
4.4	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT	21
4.5	ARTICULATION ENTRE CADRE GENERAL ET DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION	21
5	CONTENU DES DOSSIERS DE DEMANDE DE DEROGATION :	22

Introduction :

Rappel sur le contexte réglementaire :

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

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

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

Les enjeux liés à cette problématique dans le Trièves :

Le Trièves est un territoire de moyenne montagne (entre 500 et 2700 mètres d'altitude) d'environ 650 km². C'est un grand cirque naturel bordé des falaises du Vercors à l'ouest, de celles du Dévoluy au sud et des profondes gorges du Drac à l'est. Il s'ouvre au nord sur le bassin de Grenoble. Située à l'extrémité Sud du département de l'Isère, c'est une région de transition climatique entre le climat semi-continental de la région de Grenoble et le climat sub-méditerranéen des Hautes-Alpes.[3]

A moitié publique et à moitié privée, la forêt représente plus de 40 % de la surface du Trièves. Elle est relativement peu exploitée et les paysages Triévois se sont beaucoup fermés depuis 50 ans. Malgré la qualité des bois locaux pour la construction et le nouvel essor du bois énergie, la filière forêt-bois reste fragile (50 % des scieries ont fermé en 10 ans sur le Sud-Isère). L'approvisionnement local n'est pas toujours aisé et le marché du bois, très concurrentiel au niveau international, rend complexe le développement des petites entreprises locales. [4]

Les forêts du Trièves abritent de nombreuses espèces végétales patrimoniales dont l'Aspérule de Turin, qui bien que rare en France, est particulièrement bien représentée sur le territoire qui abrite une grande partie des populations françaises. Cette espèce protégée, très recouvrante se retrouve sur le tracé de nombreux projets de desserte en forêt publique. Pour autant, aucun dossier de demande de dérogation à la destruction d'*Asperula taurina* n'a été déposé à l'heure actuelle dans le Trièves et les projets de desserte sont abandonnés. Plusieurs raisons peuvent expliquer l'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. Dans les forêts publiques du Trièves, l'essentiel du réseau de desserte est déjà constitué et les projets restant sont donc des projets de faible importance visant à améliorer l'accessibilité de certaines parcelles auparavant exploitées par lançage. Pour ces projets de faible ampleur, le montant des études à réaliser lors d'une demande de dérogation peut être supérieur au montant des travaux. D'autre part, le coût de la mise en place et du suivi de mesures compensatoires ou d'accompagnement constitue un frein pour les communes, d'autant que l'importance et la nature de ces mesures est une source importante d'incertitude lors du dépôt du dossier de demande de dérogation. Pour faire face à cette situation, l'ONF en partenariat avec la DREAL et le CBNA a initié l'élaboration d'un document cadre d'application de la réglementation sur les espèces végétales protégées pour l'Aspérule de Turin et concernant la desserte forestière. Ce document comprend deux parties :

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

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

1 Pourquoi créer des dessertes ?

La majorité des forêts publiques du Trièves sont traitées en futaie irrégulière[5], traitement qui cherche à faire cohabiter durablement sur l'unité de gestion des arbres de diverses dimensions, d'essences et d'âges variés, où la pérennité est assurée par un renouvellement constant dans un écosystème stable[6]. L'opération de base du traitement en futaie irrégulière est la coupe jardinatoire. Cette opération cherche à combiner à la fois les objectifs d'amélioration des bois en croissance, de récolte des gros bois et de régénération[7]. 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 pied [6].

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

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

1.1.1. Le débardage par tracteur débusqueur



Figure 1 Débardage par tracteur débusqueur. Source : ONF

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

Entre 30 et 75 % de pente en travers, des chemins de vidange 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[8].

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.



Figure 2 Ligne de câble long.
Source : ONF

1.1.2. Le débardage par routes et câbles longs

Le câble long permet de débarder des bois jusqu'à 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 pied.

1.1.3 Le débardage par routes et câble-mât



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

Le câble mât permet de vidanger les bois jusqu'à 800, voire 1000 m de la route. La mise en œuvre est rapide, plus souple et moins pénible que pour le câble long. L'idéal est d'utiliser cette technique pour sortir des bois situés à l'aval de la route. Lorsque les bois sont à l'amont, il faut en effet les billonner pour qu'ils ne traînent pas au sol et installer un câble retour. Pour chaque ligne de câble, il faut débarder au moins 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.

1.1.4 Le débardage par cheval[9]



Figure 4 Débardage par cheval. Source : JL Dugast.

Le cheval occasionne peu, et dans la majorité des cas aucun dégât lors de son passage. Cette technique de débardage est donc particulièrement intéressante dans les milieux sensibles. De plus le débardage par cheval est socialement beaucoup mieux perçu et accepté par le public que les autres techniques de débardage. Toutefois les bois ne peuvent être tirés que sur des distances relativement faibles (100 à 200m) et les volumes des arbres ne doivent pas être trop importants ($<1\text{m}^3$). 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/ m^3 . Les tarifs sont toutefois le plus souvent raisonnés en forfait journalier, à hauteur de 300 et 450 euros/jour.

1.1.5 Le débardage par hélicoptère

Du fait de son prix de revient prohibitif (40 à 60 euros par m^3), 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.

1.1.6 Le débardage par lançage des bois

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



Figure 5 Débardage par hélicoptère. Source : Hélicoptère Luchon 2

1.1.7 Le débardage par ballon-captif

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

Figure 6 Ballon captif développé par le FCBA

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



La technique de débardage retenue va par ailleurs influencer sur le type de coupe : lorsque le débardage se fait par câble long ou câble mat, l'exploitation se fera par trouée ou par fente, avec des volumes de prélèvements importants, localisés autour des lignes de câble, et des durées de rotation assez longues (au moins 20 ans avec les modalités actuelles). Lorsque le débardage se fait par tracteur forestier, l'exploitation peut se faire par trouée, ou par pied à pied, les volumes de prélèvement et les durées de rotation pouvant être modulés selon les objectifs sylvicoles. Le développement de pistes et de routes pour permettre l'exploitation par tracteur rend donc possible la réalisation de coupes jardinatoires fréquentes et légères, caractéristiques d'un traitement en futaie irrégulière.

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

- De faciliter les travaux forestiers tout en limitant les coûts d'intervention grâce à une meilleure accessibilité des parcelles.
- D'assurer une meilleure mobilisation des bois (opportunité de vente et prix), en particulier pour les bois de faible valeur marchande.
- D'améliorer la sécurité des exploitants forestiers et de diminuer la pénibilité de leur travail.
- Dans certains contextes, la desserte forestière peut également assurer une meilleure sécurité d'accès en cas d'incendie, rendre accessible certains alpages, ou permettre de développer le tourisme et les activités de loisir sur un territoire[10].

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

Depuis la fin du 20^{ème} siècle, les surfaces des forêts publiques exploitées en Rhône-Alpes, dont celles du Trièves, ne cessent de diminuer. La figure 18 montre ainsi une régression des surfaces martelées en Savoie[11]. De façon similaire, l'étude de l'évolution des surfaces passées en coupe dans la forêt domaniale de la Grande Chartreuse montre que les surfaces exploitées sont passées de 5100 ha en 1999 à 4087 ha en 2009[12].

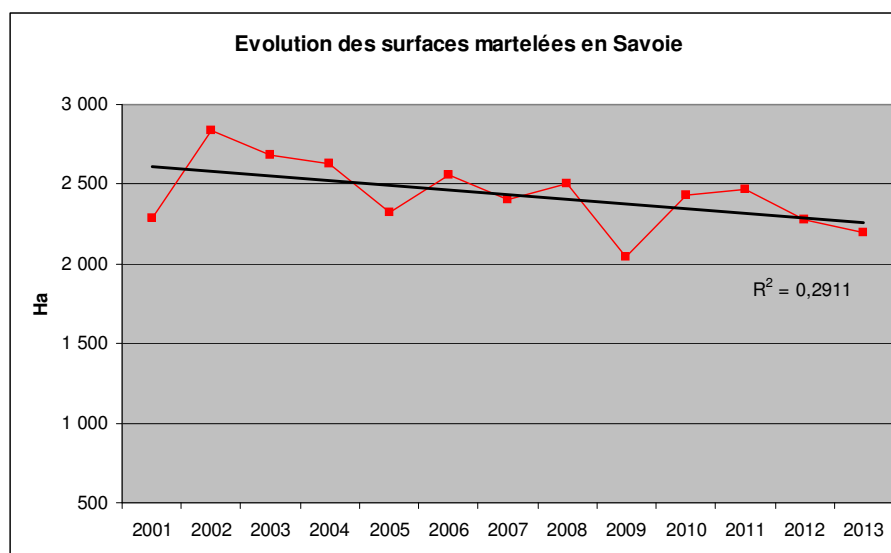


Figure 7 Evolution des surface martelée en Savoie

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% [13].

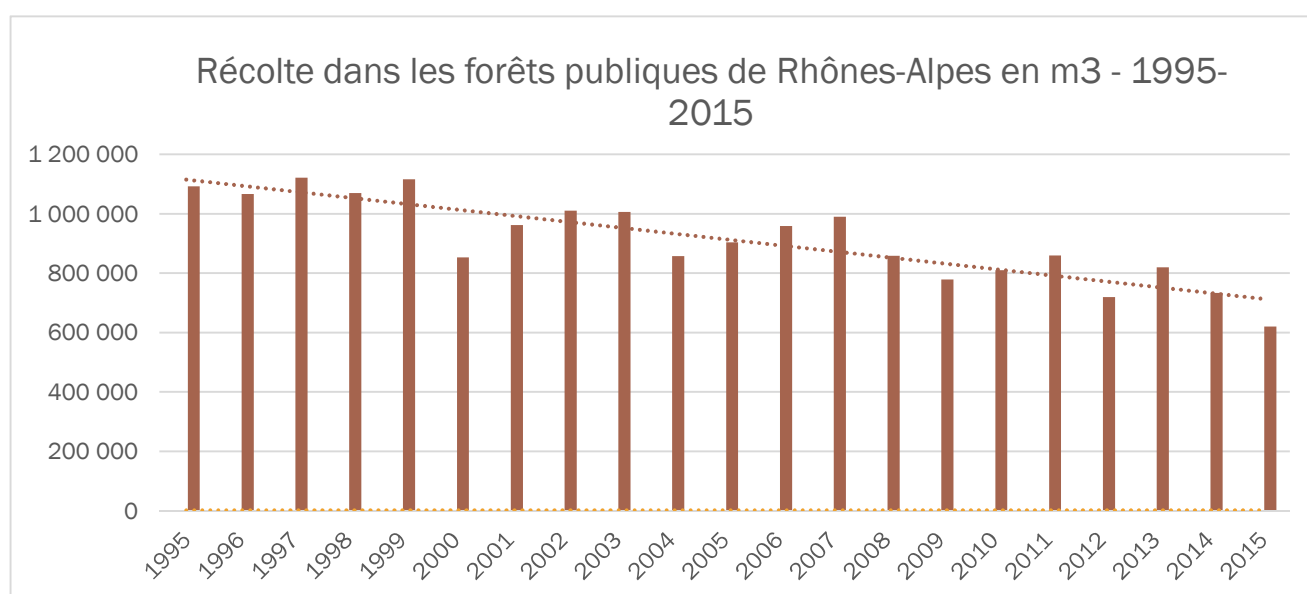
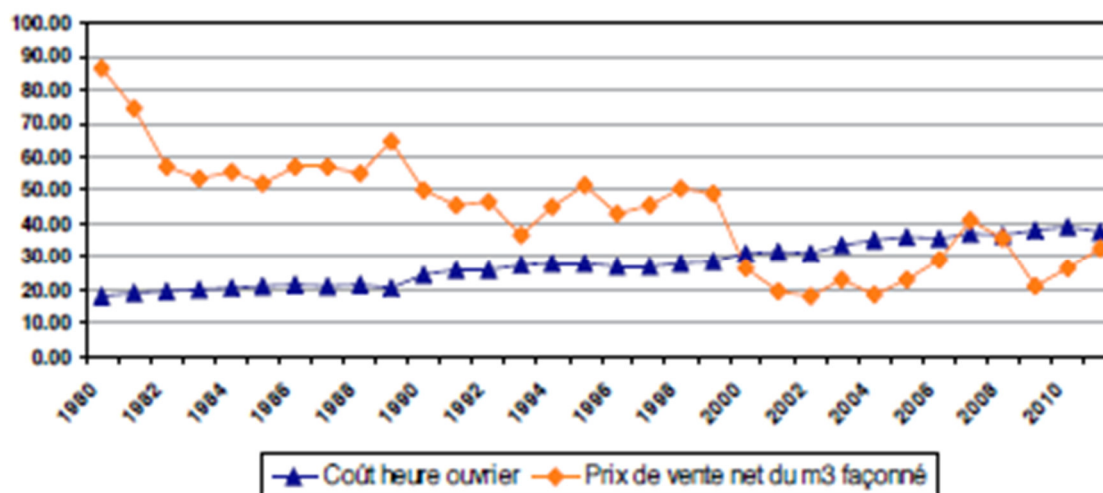


Figure 8 Evolution des volumes de bois récoltés dans les forêts publiques de Rhône-Alpes entre 1995 et 2015

Cette diminution des surfaces exploitées est notamment liée à la diminution du prix du bois. Du fait des prix actuels, certaines exploitations qui pouvaient être rentables par le passé ne le sont plus actuellement. C'est le cas par exemple des exploitations avec des distances de débardages importantes (> 2000 m) : le temps passé pour réaliser l'exploitation est trop important par rapport aux prix des bois. Ce phénomène est illustré par la figure 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.

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

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



L'érosion des surface exploitée en Rhône-Alpes, et plus précisément dans le Trièves ne peut être contrebalancée qu'en créant les conditions propices à des exploitations par tracteur avec de faibles distances de débardage ou à des exploitations par câble. Ceci implique de créer de nouvelles dessertes forestières ou de restructurer de façon importante les réseaux existants.

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

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

En Rhône-Alpes, seul 57% de la ressource forestière est mobilisé, propriétés privées et publiques confondues. D'après le plan de mobilisation pour la forêt de Rhône-Alpes[14], 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 énergétique[15]. Mobiliser davantage de bois constitue également le premier axe de travail de la 2nd Charte Forestière du Trièves.

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 difficile[16]. 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.

1.4 Conclusion sur l'intérêt de développer le réseau de desserte dans le Trièves

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

Il n'existe donc pas d'alternatives au débardage par routes et pistes dans les forêts publiques du Trièves. Un schéma de desserte dans le Trièves a été réalisé en 2009 sur les 29 communes du territoire. Ce schéma n'a pas pour but de faire la liste exhaustive des projets de desserte pertinents dans le Trièves, mais de prioriser les projets de grande ampleur permettant de structurer des peuplements actuellement pas ou peu desservis. Les projets de faible ampleur, dans des zones globalement bien desservies ne figure donc pas dans ce schéma, ce qui n'enlève en rien leur pertinence à l'échelle de la forêt.

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

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

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

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

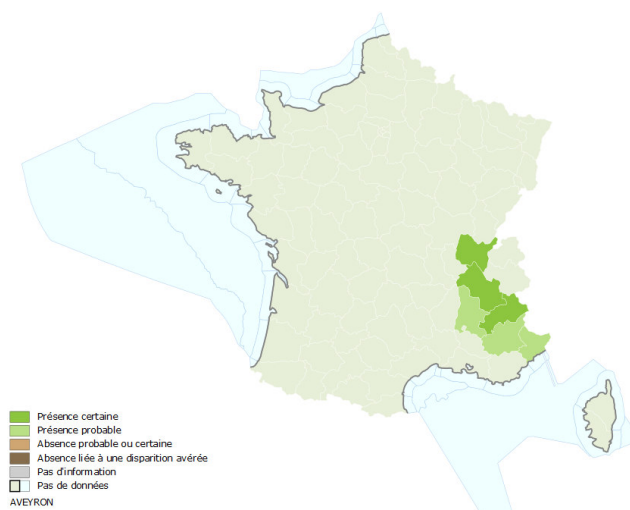
Cette argumentation n'aura donc pas à être redéveloppée dans le contenu des dossiers de demande de dérogation. (Paragraphe 1.2 dans le plan type d'un dossier de dérogation présenté en annexe 1)

2 Présentation des enjeux de conservation liés à *Asperula Taurina*. [17][18][19][20][21]

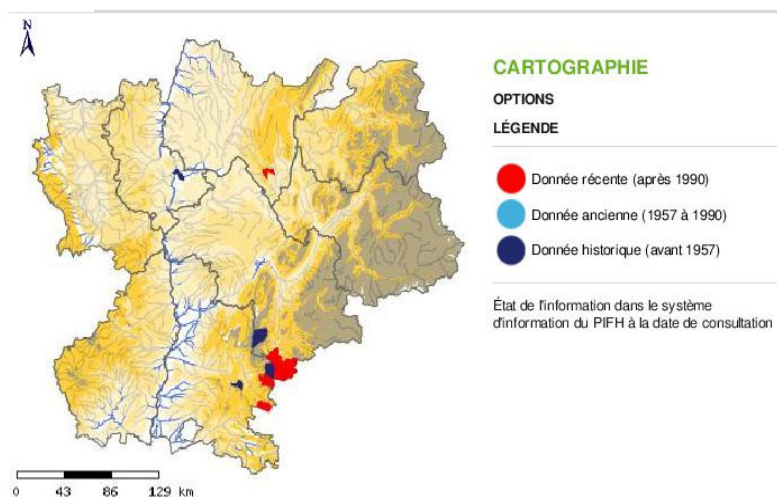
2.1 Chorologie et protection réglementaire :

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.

9 CHOROLOGIE FRANCAISE - INPN



10 CHOROLOGIE RHONE-ALPES - PIFH



Elle est protégée au niveau national (annexe 1) et est classée comme étant vulnérable sur la liste rouge de Rhône-Alpes, et comme quasi menacée sur la liste rouge nationale. [36]

Par ailleurs, *Asperula taurina* est une espèce indicatrice d'un habitat prioritaire de la Directive habitats, faune, flore : l'érablaie à Aspérule de Turin, désormais référencé au statut VU dans la nouvelle « liste rouge des végétations de Rhône-Alpes », à paraître.

2.2 Ecologie et habitats:

Asperula taurina est une espèce d'ombre ou de mi-ombre, associée à une humidité atmosphérique élevée. C'est pourquoi on la trouve essentiellement en situation d'ubac dans des stations fraîches à des altitudes comprises en 400 et 1800m. Elle se développe sur des sols riches en bases et en éléments nutritifs, dont le pH est basique à légèrement acide. Il s'agit des conditions stationnelles les plus favorables par ailleurs à la sylviculture.

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

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).

2.3 Menaces et conseils de gestion :

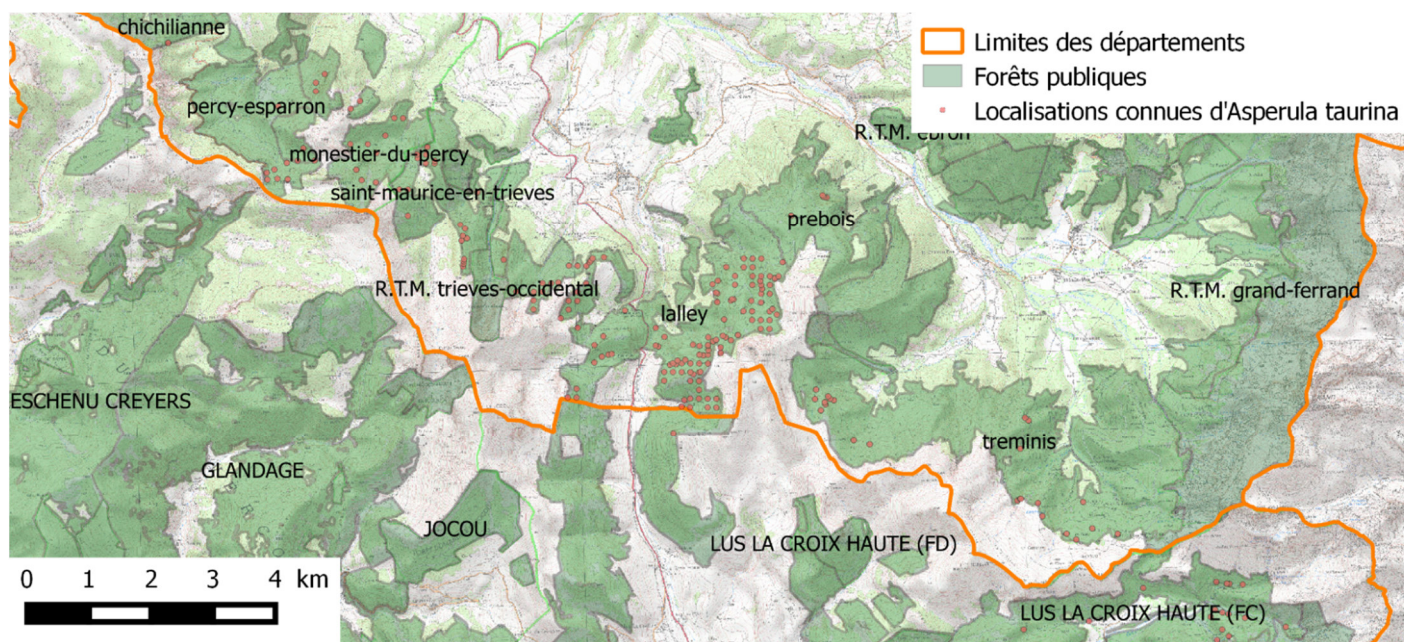
Peu de menaces pèsent sur cette espèce même si les activités liées à l'exploitation forestière (ouverture de piste, débardage...) peuvent localement porter atteinte à certaines stations. Par ailleurs, il faut préserver les faibles surfaces occupées par de l'érable à Aspérule de Turin. Ceci implique de 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 occupe.

Selon une étude réalisée par le CBNA [19], [22], certaines stations peuvent disparaître suite à l'évolution de phases pionnières à Erables et Tilleuls vers des peuplements forestiers matures 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 replat frais et humide, de thalweg ou de bas de versant frais.

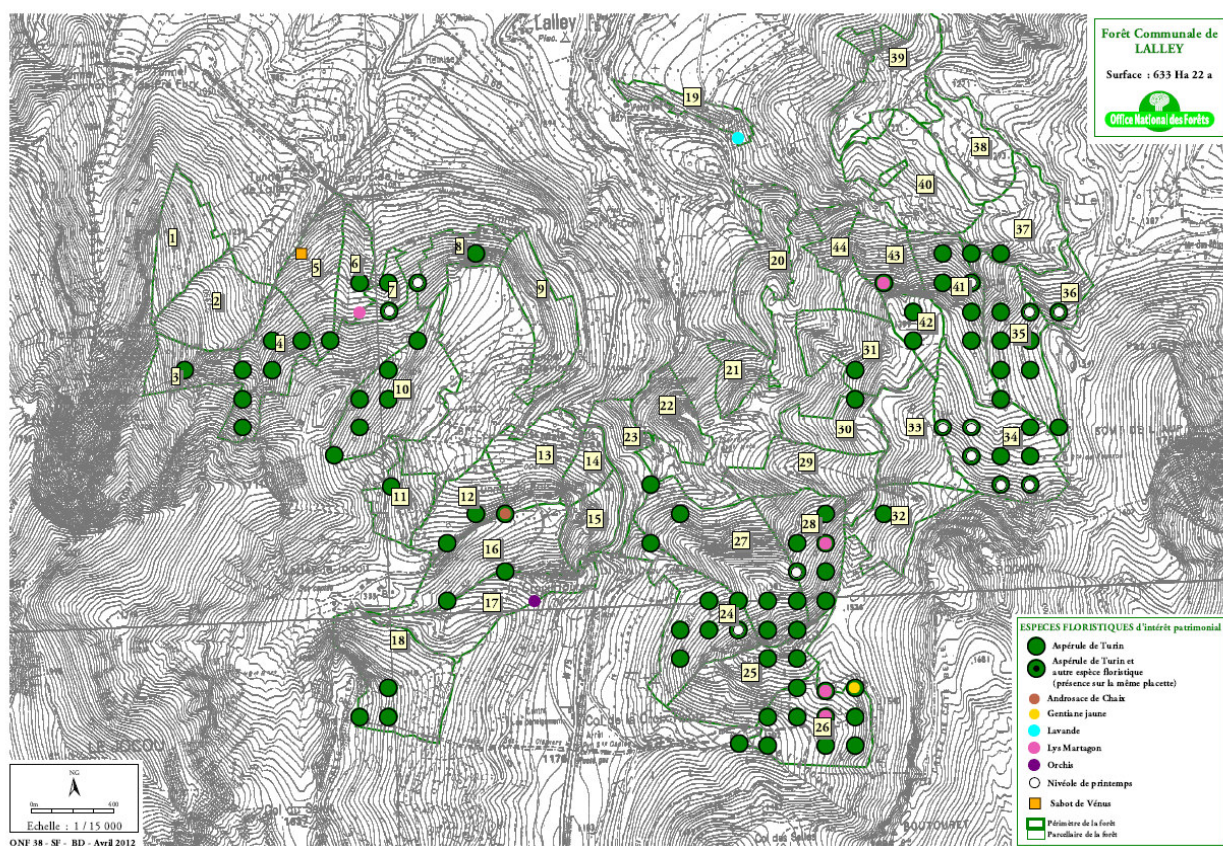
2.4 Etat de conservation local

Actuellement, à partir des données recueillies au sein de l'ONF et celles du PIFH, on trouve de l'Aspérule de Turin dans les forêts publiques de Rhône-Alpes suivantes :

Forêt domaniale et communale de Lus La Croix Haute ; forêt communale de Saint Maurice en Trièves ; forêt communale de Tréminis ; Forêt communale de Lalley ; Forêt communale de Monestier du Percy ; Forêt communale de Percy-Esparron ; forêt communale de Chichilianne ; forêt communale de Prébois.



L'aménagement de quatre de ces forêts comporte un inventaire systématique avec une densité de un point pour un ou deux hectares des espèces protégées présentes sur les différentes parcelles. Ces inventaires ont permis de dresser une cartographie des populations d'Aspérule au sein de chacune des forêts, comme le montre la carte ci-dessous sur la forêt communale de Lalley (Données datant de 2012).



Les forêts privées du Trièves sont essentiellement constituées de peuplements de pins d'où l'Aspérule est absente. On peut donc considérer que les cartes disponibles dans les aménagements constituent une cartographie quasi-exhaustive des populations d'Aspérule sur ces forêts.

2.5 Articulation entre cadre général et dossiers de demande de dérogation

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

Ces différents éléments n'auront pas à être redéveloppés dans le contenu des dossiers de demande de dérogation. (Partie 3 dans le plan type d'un dossier de dérogation présenté en annexe 1)

3 Impacts des projets de desserte forestière sur l'état de conservation d'*Asperula taurina*

3.1 Synthèse bibliographique : impact de la desserte sur la flore.

La desserte forestière, en entraînant une modification des conditions hydriques, de luminosité ainsi qu'une perturbation du sol [23] peut modifier les cortèges floristiques présents à proximité. Ainsi, dans une étude menée sur des routes forestières dans des forêts feuillues de Belgique, le nombre d'espèces rudérales et nitrophiles est plus important à proximité de la route. Ce phénomène est perceptible jusqu'à 10m de la desserte.[24]. De façon similaire aux USA, la richesse spécifique des espèces forestières est plus faible le long de la desserte mais atteint le même niveau qu'à l'intérieur des peuplements dès 5m de distance. Les espèces exotiques observées dans cette même étude étaient uniquement présentes dans les 15 premiers mètres du peuplement adjacent à la desserte. [25]. Dans le Michigan la richesse spécifique est également plus importante le long des routes prospectées suite à la présence d'espèces exotiques et de milieux humides. Concernant les pistes, les auteurs ont observés une proportion d'espèces de milieux humides plus importante le long des pistes que dans les peuplements sans qu'il y ait toutefois de différences significatives de richesse spécifique. Par ailleurs, la compaction et l'humidité du sol était plus importante le long des routes forestières que le long des pistes et qu'au sein des peuplements. [26]

Sur une route fréquentée du Royaume Uni, les auteurs[27] observent une croissance des plantes plus importantes le long de la route, sans doute du fait des émissions de nitrogène par les véhicules. Le nombre de lichens et leur vigueur est par contre moindre le long des routes prospectées. Par ailleurs, l'impact de la route était d'autant plus étendu que le trafic routier était élevé : le long d'une 2*2 voies, cet impact était perceptible jusqu'à 200m de la route.

En France, trois études ont été conduites par l'IRSTEA dans des forêts feuillues de plaine. Là encore, les auteurs ont observé une richesse spécifique plus importante le long des routes forestières liée à la présence d'espèces forestières et péri-forestières. En général ces espèces ont une stratégie compétitrice rudérale, sont héliophiles, nitrophiles et adaptées aux perturbations fréquentes par la fauche ou le tassement du sol. A l'inverse les peuplements forestiers hébergent des espèces forestières tolérantes au stress, sciaphiles, à plus faible capacité de dispersion et de nombreuses bryophytes. Les routes forestières peuvent héberger des espèces patrimoniales mais aussi des espèces potentiellement invasives. Par ailleurs, ces études ont montré que les matériaux utilisés pour stabiliser la route jouaient un rôle dans la modification du cortège floristique. En contexte acide, l'utilisation de matériaux calcaires entraîne ainsi une modification importante du cortège floristique, ce qui avait également été observé sur les vestiges d'une voie romaine [28] . Ces études montrent que la portée de l'effet lisière s'arrête à 5 m de la desserte à Montargis (étude 1), mais va au moins jusqu'à 20 m à Orléans (étude 2). De plus, plusieurs espèces non forestières parviennent à pénétrer bien au-delà et peuvent aller jusqu'à 60 ou 100 m. Certaines

herbacées forestières et des bryophytes ont un profil de réponse opposé indiquant un évitement de la route pouvant aller jusqu'à 30 m.[29]

Toutefois, une étude réalisée en Iran sur les cortèges floristiques le long de routes forestières n'a pas permis de mettre en évidence un quelconque impact de la desserte sur les espèces présentes. Pour les auteurs, ceci est dû à l'étroitesse des routes étudiées, à leur faible fréquentation, ainsi qu'à l'utilisation de techniques environnementales performantes lors de la construction. [23]

Enfin, une étude portant sur la recolonisation d'un talus de piste au sein d'une pinède de Pins sylvestres en Maurienne montre que cette recolonisation par les espèces caractéristiques du milieu peut être longue. Ainsi en Aussois, 8 années après l'ouverture de la piste, le taux de recouvrement du talus par *Erica carnea* était encore inférieur à ce qui était observé sur une zone témoins, bien qu'il n'y ait pas de différence de richesse spécifique entre les deux zones. [30]

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

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

3.2 Etude de l'impact de la desserte sur *Asperula taurina* dans le Trieves

Lors de cette étude, 10 dessertes ont été prospectées en réalisant des transects de 60 m de long, parallèles à cette desserte et à différentes distances de celle-ci (sur le talus, à 10 m, 30 m, 50 m, 75 et 100 m). Le long de ces transects, des placettes ont été réalisées tous les 10 m 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 essence, la répartition des tiges par classe de diamètre, la surface terrière ainsi que la station forestière ont été relevées à l'échelle du transect (Protocole complet en annexe 1). A noter que l'ensemble des peuplements inventoriés présentaient des traces d'exploitation forestière. Des traces anciennes étant visibles même à une distance importante des dessertes, aucun témoin n'a pu être placé en dehors des zones exploitées. Différentes analyses statistiques ont été conduites afin de tester l'impact des différentes variables relevées sur le pourcentage d'occurrence d'Aspérule (analyses complètes présentes en annexe 2).

Ces analyses ne mettent pas en évidence un impact de la desserte sur le pourcentage d'occurrence d'*Asperula taurina*. On trouve 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 permettant d'expliquer 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.

Il est intéressant de noter que 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 ». [19]

3.3 Impacts cumulés des projets de desserte dans le Trièves

Afin de déterminer l'impact cumulé des dessertes sur *A. taurina*, les projets de piste et de route inscrits aux aménagements des forêts où l'espèce est présente ont été recensés. L'aménagement ne précise pas lesquels de ces projets sont susceptibles d'impacter des Aspérules. C'est pourquoi, pour chaque forêt, le linéaire des projets de desserte a été multiplié par la proportion estimée de la surface forestière colonisée par l'Aspérule. Ce pourcentage a été calculé en croisant le parcellaire forestier avec les données récentes du Pôle d'information flore-habitats et de la base de données naturalistes de l'ONF-BDN (>1990) : nous avons retenu comme surface de présence estimée la totalité des surfaces des parcelles forestières concernées par au moins une donnée de présence de l'Aspérule. Par exemple, il y a en forêt de Chichilienne une seule donnée, sur une parcelle forestière dont la surface de 15 ha représente 2 % de la surface totale de la forêt (cf tableau).

Le tableau ci-dessous regroupe ces différents calculs :

Forêt	Linéaire de pistes projeté (m)	Linéaire de route projeté (m)	Pourcentage de forêt colonisé par <i>A. taurina</i>	Linéaire de pistes corrigé	Linéaire de route corrigé
Chichilienne	1430	2220	2	26	41
Lalley	4000	0	76	3039	0
Saint Maurice en Trièves	1640	0	42	681	0
Tréminis	1500	1300	9	142	123
Monestier	700	0	60	418	0
Percy Esparron	620	0	25	153	0
Prébois	180	0	3	6	0
Total	10070	3520	/	4465	164

D'après les aménagements, et au vue des zones de présence d'*Asperula taurina*, on peut donc estimer que 4.5 km de piste et 164 m de route peuvent être créés dans les vingt prochaines années dans des zones de présence d'Aspérule de Turin. Toutefois, l'expérience montre que moins de la moitié des projets de desserte décrits dans les aménagements sont effectivement réalisés durant sa période d'application. L'impact cumulé des différents projets de dessertes dans le Trièves sera donc vraisemblablement bien moindre que ces estimations.

3.4 Articulation entre cadre général et dossiers de demande de dérogation

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

Ce développement n'aura pas à figurer dans le contenu des dossiers de demande de dérogation. (Partie 4 dans le plan type d'un dossier de dérogation présenté en annexe 1)

Il faudra, dans chaque dossier, lister les projets ayant déjà fait l'objet d'une demande et la surface d'*Asperula* impactée par ces projets.

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

4.1 Mesures d'évitement et de réduction

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

En fonction des objectifs sylvicoles, des contraintes topographiques et des données disponibles sur la présence d'espèces végétales protégées (consultation du Pôle d'information flore-habitat, www.pifh.fr), un fuseau de 150 m de large, dans lequel seront travaillés les tracés potentiels de la desserte, est défini par le technicien forestier.

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 d'*A. taurina*. 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'*Asperula* 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. Cette démarche d'établissement d'un tracé de moindre impact sera à détailler dans le dossier pour expliquer la carte correspondante : nature des contraintes de tracé, évolutions qui conduisent à minimiser l'impact, choix du tracé définitif.

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 ait 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)[31]. 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)[32].

4.2 Mesures de compensation pouvant bénéficier à *Asperula taurina*

La présence et l'abondance d'*Asperula taurina* semble essentiellement liées 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 [33]. Une mesure compensatoire pertinente pourrait donc être de protéger cet habitat par classement en îlots de sénescence dans les forêts concernées par des projets de desserte.

Soit R le ratio de la surface d'aspérules impactées par le projet par rapport à la surface d'aspérules présentes dans le fuseau, calculé au pro rata de son abondance (méthode de calcul présentée en 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 (0,15 ha), favorisant les gros bois (diamètre supérieur à 42,5 cm) et les érables sera menée. On 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 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 **quatre 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. On 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 20 % et 50 % : les mesures compensatoires présentées ci-dessus seront réévaluées en fonction de l'impact.

Si R est supérieur à 50 % : le projet est abandonné.

4.3 Suivi de l'efficacité des mesures compensatoires

L'efficacité des mesures compensatoires sera évaluée non pas projet par projet mais sur l'ensemble des projets réalisés sur un pas de temps de 5 ans. Cette évaluation sera, non pas à l'initiative du maître d'ouvrage, mais à celle de l'ONF ou d'autres acteurs du territoire.

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 4.2.

A - Pour suivre l'évolution des populations d'*A. taurina* 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), selon la même méthodologie que celle utilisée pour déterminer l'impact du projet dans le fuseau.

Pour les îlots de plus de 1 ha :

La démarche est la même mais l'îlot n'est plus parcouru en plein mais par des transects régulièrement espacés.

Trois remesures seront programmées au pas de temps de 5 ans sur les îlots ainsi créés. Le premier recomptage pourra être décalé dans le temps pour permettre de mutualiser une campagne de mesure sur plusieurs projets : par exemple pour deux projets autorisés en années n et n+2, le premier recomptage commun sera réalisé en année n+7, puis deux autres fois au pas de temps de 5 ans.

B - 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.

4.4 Mesures d'accompagnement

En mesure d'accompagnement à l'ensemble des projets de desserte impactant *Asperula taurina*, l'ONF compilera les informations déjà contenues dans les aménagements forestiers de façon à établir une cartographie des populations d'*A. taurina* dans les forêts publiques du cœur de son aire de répartition. Ces données seront actualisées et complétées lors des renouvellements des aménagements sur l'aire de présence de l'espèce, de façon à mieux appréhender la dynamique de l'espèce.

4.5 Précautions prises dans la phase chantier

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

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

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

4.6 Articulation entre cadre général et dossiers de demande de dérogation

La partie 4 du cadre général permet de présenter les mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement à mettre en place dans les projets de desserte impactant *Asperula taurina*. L'intérêt de ces mesures n'aura donc pas à être redémontré dans le contenu des dossiers de demande de dérogation. (Paragraphe 4.2 et 5.2 dans le plan type d'un dossier de dérogation présenté en annexe 1). Chaque dossier particulier devra quantifier et localiser ces mesures en fonction de l'impact identifié.

5 Contenu des dossiers de demande de dérogation :

L'annexe 1 présente le plan type des dossiers de demandes de dérogation qui seront déposés pour chaque projet de desserte.

Bibliographie

- [1] DREAL Rhône Alpes, “Note procédure à l'intention des Maîtres d'Ouvrage pour les dérogations aux interdictions visant les espèces protégées au titre de l'article L 411-2 du code de l'environnement,” p. 32, 2013.
- [2] DRAAF, “Note d'organisation pour les forêts relevant du régime forestier : Prise en compte des espèces végétales protégées dans la gestion forestière,” pp. 3–6, 2014.
- [3] CRPF and ONF, “Schéma de desserte forestière du Trièves,” 2009.
- [4] Communauté de communes - Trièves, “Charte forestière : Communauté de Communes du Trièves.” [Online]. Available: <http://www.cc-trieves.fr/economie-et-emploi/foret/charte-forestiere>.
- [5] F. Coq, “Desserte forestière et espèces végétales protégées localement fréquentes,” 2016.
- [6] C. Allegrini, M. Bruciamacchie, R. Burrus, and R. Susse, “Le traitement des futaies irrégulières-Valoriser les fonctions multiples de la forêt.” Association Futaie Irrégulière, p. 144, 2010.
- [7] Y. Bastien and C. Gauberville, “Vocabulaire Forestier - Ecologie, gestion et conservation des espaces boisés.” Institut pour le développement forestier, p. 608, 2011.
- [8] E. Constantin, “Exploitation forestière en forêt de montagne Un « casse-tête » technico-économique !,” *RDV techniques - ONF*, pp. 46–50, 2003.
- [9] ONF, “Traction animale et exploitation forestière,” 2014.
- [10] A. Enache and K. Stampfer, “Environmental performance of forest roads due to construction , maintenance and use – case study analyses in Romanian mountain forests,” in *37th Council on Forest Engineering Annual Meeting*, 2014, pp. 1–10.
- [11] C. Riond, “Données IFN et Données ONF : Comparables ??,” Chambéry, 2015.
- [12] J. Sarter, “Communication personnelle,” 2009.
- [13] IGN, “Volume de bois sur pied dans les forêts françaises :,” *L'IF*, vol. 27, pp. 1–12, 2011.
- [14] Communes forestières; ONF; Forêt Privée Française, “Plan de mobilisation pour la forêt de Rhone-Alpes,” 2007.
- [15] “LOI n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte | Legifrance.” [Online]. Available: https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=EA7864854DF8DBE0830D5F7A0CC423F8.tpdila10v_3?cidTexte=JORFTEXT000031044385&categorieLien=id.
- [16] IGN, “Quelles sont les ressources exploitables? Analyse spatiale et temporelle,” *L'IF*, vol. 30, 2012.
- [17] J.-C. Rameau, D. Mansion, and G. Dumé, “Flore forestière française - Montagne.” 1993.

- [18] Pôle Flore Habitat, "Fiche descriptive - *Asperula taurina*," 2016. [Online]. Available: http://www.pifh.fr/pifh/pifh/index.php/fiche_descriptive/OuvrirFicheDescriptive/84328-0.
- [19] C. Crassous, "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.
- [20] DIREN Rhône-Alpes and INPN, *Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique de la région Rhône-Alpes*: Flore déterminante. .
- [21] E. Bash, "Espèces végétales - Cahier d'habitats," *PhD Propos.*, vol. 1, 2015.
- [22] M. Morbelli, "Impact de la gestion forestière sur la répartition de quatre espèces végétales remarquables dans le bassin de Gap-Chaudun," 1999.
- [23] F. B. Tehrani, B. Majnounian, E. Abdi, and G. Z. Amiri, "Impacts of forest road on plant species diversity in a Hyrcanian Forest, Iran," *Croat. J. For. Eng.*, vol. 36, no. 1, pp. 63–72, 2015.
- [24] S. Godefroid and N. Koedam, "The impact of forest paths upon adjacent vegetation: Effects of the path surfacing material on the species composition and soil compaction," *Biol. Conserv.*, vol. 119, no. 3, pp. 405–419, 2004.
- [25] R. Z. Watkins, J. Chen, J. Pickens, and K. D. Brososke, "Effects of Forest Roads on Understory Plants in a Managed Hardwood Landscape," *Conserv. Biol.*, vol. 17, no. 2, pp. 411–419, Apr. 2003.
- [26] D. S. Buckley, T. R. Crow, E. A. Nauertz, and K. E. Schulz, "Influence of skid trails and haul roads on understory plant richness and composition in managed forest landscapes in Upper Michigan, USA," *For. Ecol. Manage.*, vol. 175, no. 1–3, pp. 509–520, 2003.
- [27] P. G. Angold, "The Impact of a Road Upon Adjacent Heathland Vegetation: Effects on Plant Species Composition," *J. Appl. Ecol.*, vol. 34, no. 2, pp. 409–417, 1997.
- [28] M. BARTOLI, "L'impact floristique d'une voie romaine en forêt domaniale d'Orléans," *Rev. For. Française*, vol. 64, no. 6, pp. 819–821, Jun. 2013.
- [29] L. Bergès, C. Avon, R. Chevalier, and Y. Dumas, "Impact des routes forestières sur la biodiversité floristique: synthèse de 3 études menées en forêt de plaine.," *Rev. For. Fr.*, pp. 447–466, 2012.
- [30] CBNA, "Programme pluriannuel de suivi d '*Erica carnea* L . en Savoie," 2013.
- [31] "Gagea lutea (L.) Ker Gawl., 1809." [Online]. Available: http://www.pifh.fr/pifh/pifh/index.php/fiche_descriptive/OuvrirFicheDescriptive/99185-0.
- [32] "Cynoglossum germanicum Jacq., 1767." [Online]. Available: http://www.pifh.fr/pifh/pifh/index.php/fiche_descriptive/OuvrirFicheDescriptive/93830-0.
- [33] Cahiers d'habitats, "Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire: Habitats forestiers," vol. 1, 2000.

- [34] R. Z. Watkins, J. Chen, J. Pickens, and K. D. Brososke, "Effects of Forest Roads on Understory Plants in a Managed Hardwood Landscape," *Conserv. Biol.*, vol. 17, no. 2, pp. 411–419, 2003.
- [35] C. Avon, L. Bergès, Y. Dumas, and J.-L. Dupouey, "Does the effect of forest roads extend a few meters or more into the adjacent forest? A study on understory plant diversity in managed oak stands," *For. Ecol. Manage.*, vol. 259, no. 8, pp. 1546–1555, Mar. 2010.
- [36] Conservatoires botaniques nationaux alpin et du Massif central, 2015, Liste rouge de la flore vasculaire de Rhône-Alpes. UICN France, FCBN & MNHN (2012). La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Flore vasculaire de France métropolitaine : premiers résultats pour 1 000 espèces, sous-espèces et variétés. Dossier électronique

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

1. Le projet et sa justification

1.1. Localisation du projet

Carte issue de l'aménagement localisant la forêt.

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

1.2. Objectifs et intérêt du projet

L'utilité du développement de la desserte dans les forêts publiques du Trièves a été 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 du projet

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

1.4. Les solutions alternatives au projet

Le cadre général de traitement des dérogations concernant *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 recoupent effectivement le périmètre élargi du projet et des conséquences liées à la présence de ces zonages pour la construction de la desserte.

2.2. Habitat et végétation : état initial.

Zone d'étude

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

Bibliographie : Espèces et habitats potentiels

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

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

Méthodologie des inventaires réalisés

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

Flores protégées et habitats prioritaires recensées

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

Pour *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 prorata 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'*A. taurina* impactée par le projet et la surface d'*A. taurina* 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. Présentation des enjeux floristiques liés aux espèces impactées par le projet après les mesures d'évitement et de réduction.

Statut juridique

Ecologie

Répartition et fréquence

Etat de conservation local.

4.5. Mesures compensatoires

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

5.1. Mesures concernant *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.

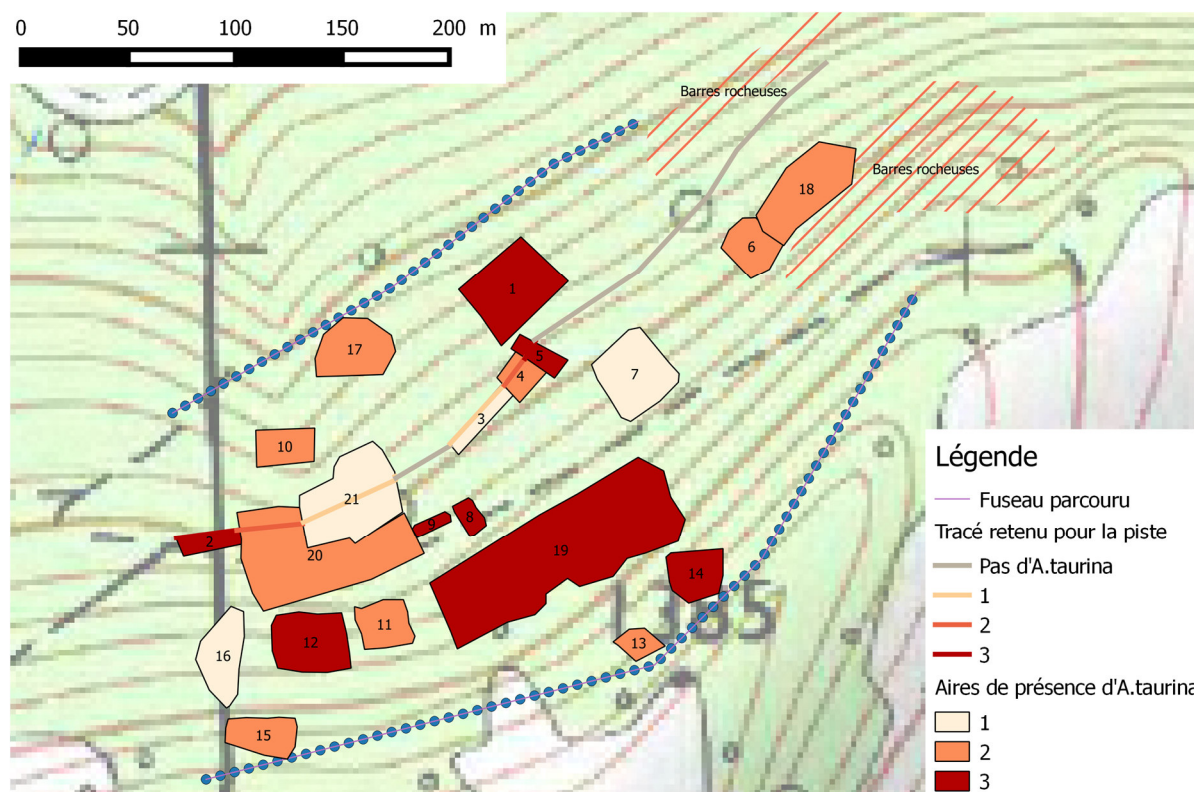
5.2. Mesures concernant les autres espèces végétales protégées impactées par le projet

6 Précautions prises lors de la phase chantier

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.



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 ci-dessous 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_Aires de présence			4053,45

Le tableau ci-dessous 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_APiste				597,64

Soit R le ratio tel que :

$$R = \frac{Total\ S_{APiste}}{Total\ S_{Aires\ de\ présence}}$$

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

Annexe 3 : Protocole de relevé terrain – Quel impact de la desserte sur *Asperula taurina*.

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

The Impact of Forest Paths upon Adjacent Vegetation: Effects of the Path Surfacing Material on the Species Composition and Soil Compaction[24]

50 transects choisis dans des zones présentant :

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

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

The Impact of a Road Upon Adjacent Heathland Vegetation: Effects on Plant Species Composition[27]

5 sites prospectés

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

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

Impacts of Forest Road on Plant Species Diversity in a Hyrcanian Forest, Iran.[23]

10 transects réalisés le long d'une même route.

Chaque transect mesure 100m de long et comporte :

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

Influence of Skid Trails and Haul Roads on Understory Plant Richness and Composition in Managed Forest Landscapes in Upper Michigan, USA.[26]

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

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

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

Effects of Forest Roads on Understory Plants in a Managed Hardwood Landscape[34]

6 sites prospectés.

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

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

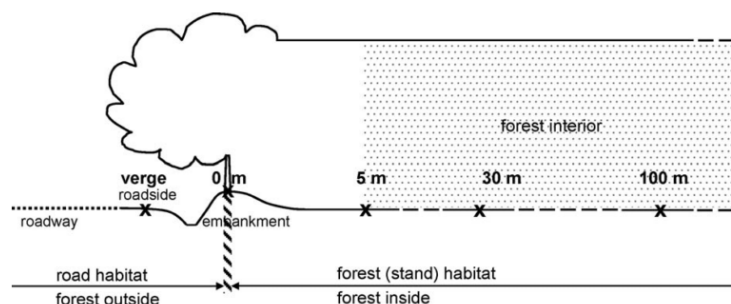
Pour chaque placette, on réalise un relevé floristique avec les coefficients d'abondance/dominance. On détermine également l'épaisseur de la litière, la pente, l'exposition, le pourcentage de couvert arboré, le nombre de souches et de bois mort au sol.

Does the Effect of Forest Roads Extend a Few Meters or More into the Adjacent Forest? A Study on Understory Plant Diversity in Managed Oak Stands[35]

Réalisation de 20 transects

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

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



2 Protocole retenu :

Choix des sites :

L'objectif est de prospecter 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...)

Démarche sur chaque site :

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

Sur chacun de ces transects sont installées 6 placettes de 1*1m se trouvant à 10m 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 fréquence d'occurrence des espèces herbacées compagnes d'*Asperula taurina*. Cette liste a été déterminée à partir d'une analyse par le CBNA de 29 relevés phytosociologiques avec présence d'*Asperula taurina* réalisés dans le Trièves et le Devoluy, en retenant les espèces présentes dans plus de 60% des relevés. Ces espèces sont :
 - *Dryopteris filix-mas*, la fougère mâle
 - *Galium odoratum*, l'Aspérule odorante
 - *Cardamine heptaphylla*, la Cardamine à sept folioles
 - *Stellaria nemorum*, la Stellaire des bois

Pour chaque transect est également relevé :

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

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'AFL.	Variable continue exprimée en m².

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
Aval : 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	Pcouvert	Freq
Min. : 0.00	Min. : 0.00	Min. : 0.000	Min. : 0.000	Min. : 0.00	Min. : 0.0000	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. : 0.0000	1st Qu. : 0.00
Median : 51.52	Median : 25.00	Median : 16.667	Median : 3.000	Median : 70.00	Median : 0.6875	Median : 0.00
Mean : 52.39	Mean : 28.01	Mean : 19.606	Mean : 3.318	Mean : 57.15	Mean : 0.5669	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. : 0.9062	3rd Qu. : 18.75
Max. : 95.24	Max. : 62.50	Max. : 56.250	Max. : 7.000	Max. : 85.00	Max. : 1.0312	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

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 Erable 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.