
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Mise en œuvre des mesures environnementales dans les travaux d'aménagement des domaines skiables

KARUM ACTIONS NATURE

350 route de la Bétaz 73390 Chamoux-sur-Gelon



Tuteur entreprise :
Philippe Seauve
Cogérant

Tuteur académique :
Séraphine Grellier

Camille Gagniere
IUT
2019-2020

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Philippe SEAUVE et Monsieur Alain HALSKA, cogérants du bureau d'études KARUM, de m'avoir accepté au sein de leur structure et permis de réaliser ce stage et pour la confiance portée à mon égard durant ces trois mois de stage.

Je remercie aussi Philippe pour sa bienveillance et pour m'avoir encadré durant ce stage.

Je remercie également toute l'équipe de KARUM qui m'a accueillie à bras ouverts et dans les meilleures conditions possibles malgré cette période particulière liée au COVID-19. Merci à tous de m'avoir accompagnée et accordé du temps pour me transmettre de précieux conseils et connaissances.

Je tiens à remercier particulièrement Brice BELOUIN, pour sa patience et sa disponibilité ainsi qu'Agathe VERZENI, Jennifer MARTIN et Audrey PICHET pour m'avoir emmené avec elles sur le terrain et transmis leur expérience.

Table des matières

I. INTRODUCTION GÉNÉRALE	3
1. PRÉSENTATION DU SUJET ET DES MISSIONS DE STAGE.....	3
2. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	5
3. PRÉSENTATION DES ATTENDUS DE STAGE	6
4. MÉTHODOLOGIE	6
II. TRAVAUX À DESTINATION DE L'ENTREPRISE	10
1. CATALOGUE DES MESURES ENVIRONNEMENTALES MISES EN ŒUVRE DANS LES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT DES DOMAINES SKIABLES.....	10
I. Les mesures d'évitement.....	10
II. Les mesures de réduction.....	13
III. Les mesures de compensation.....	15
2. SYNTHÈSE DES RECHERCHES MENÉES SUR LA THÉMATIQUE DE LA VÉGÉTALISATION.....	18
I. Le problème de la végétalisation.....	18
1. La végétalisation : définition	18
2. La végétalisation : une technique ancienne	18
3. La végétalisation : quel(s) objectif(s) ?	19
4. La végétalisation : quelles contraintes ?	21
5. La végétalisation : quelle solution ?	23
II. Les éléments de réponse.....	25
1. La conception des projets d'aménagement.....	25
2. La préparation des surfaces à végétaliser.....	26
III. Le choix du matériel végétal.....	30
IV. Les méthodes d'intervention.....	30
1. Les semis.....	30
1. Le transfert de foin vert.....	32
2. Les plantations	32
3. L'étrepage (ou déplacage/replacage).....	34
V. Les problématiques associées à la végétalisation.....	34
1. La question de l'agriculture	34
2. Les impacts environnementaux de la végétalisation	35
3. Le végétal local, une alternative plus écologique pour la végétalisation ?	36
VI. Débat et perspectives.....	39
1. Les limites de la végétalisation.....	39
2. Le végétal local, un projet réaliste ?.....	40
3. La revégétalisation, une opération encore critiquée.....	41
4. Vers de nouvelles perspectives	41
5. La végétalisation face au changement climatique	41
VII. Bibliographie	43
III. CONCLUSION GÉNÉRALE	44
1. ATOUTS DU STAGE.....	44
2. LIMITE DU STAGE	45
3. COMPÉTENCES ACQUISES	46
IV. BIBLIOGRAPHIE	47
V. ANNEXES	48
Annexe 1 : Chronologie des principales évolutions réglementaires liées à la séquence ERC (La séquence « éviter, réduire et compenser », un dispositif consolidé, 2017)	48
Annexe 2 : Fiche expliquant le modèle employé pour le catalogue des mesures ERC	49
Annexe 3 : Exemple de cartes destinées au travail de terrain	50

Table des illustrations

FIGURE 1 : LE BILAN ÉCOLOGIQUE DE LA SÉQUENCE ERC (LA SÉQUENCE « ÉVITER, RÉDUIRE ET COMPENSER », UN DISPOSITIF CONSOLIDÉ, 2017).....	3
FIGURE 2 : DOMAINES D’ACTION ET MISSIONS DE L’ENTREPRISE KARUM (PROTOTYPE).....	5

I. Introduction générale

1. Présentation du sujet et des missions de stage

La loi relative à la protection de la nature, promulguée le 10 juillet 1976, déclare pour la première fois l'environnement comme un bien public : « La protection des espaces naturels et des paysages, la préservation des espèces animales et végétales, le maintien des équilibres biologiques auxquels ils participent et la protection des ressources naturelles contre toutes les causes de dégradation qui les menacent sont d'intérêt général » (*Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, art 1*).

Il est alors de l'intérêt et du devoir de chacun de veiller à la sauvegarde de ce patrimoine naturel. Dans cette optique, cette loi, composée de 43 articles répartis en 6 chapitres, définit et régit les moyens de protection des milieux naturels. Par ailleurs, elle déclare dans son Article 2 que désormais, tous travaux et projets d'aménagement entrepris par une collectivité ou soumis à autorisation, doivent désormais « respecter les préoccupations d'environnement ». Des études préalables aux projets doivent donc être réalisées afin d'apprécier toute atteinte portée à l'environnement. Ces études devront également être complétées d'une étude d'impact contenant notamment « les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement » (*Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, art 2*).

C'est dans ce contexte réglementaire qu'a été introduite pour la première fois la séquence Eviter-Réduire-Compenser (ERC). Son principe, illustré par la *Figure 1* est le suivant : éviter lorsque cela est possible toutes atteintes à l'environnement, réduire celles qui n'ont pas pu être suffisamment évitées et compenser les effets notables qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits (impacts résiduels) afin de conserver la qualité environnementale des milieux.

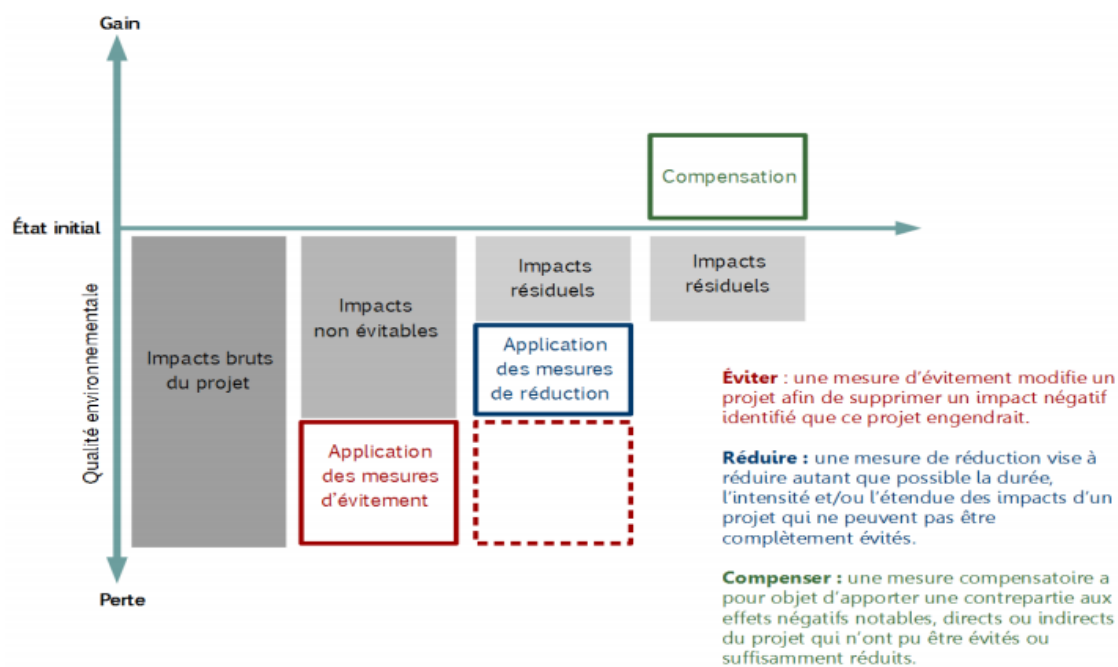


Figure 1 : Le bilan écologique de la séquence ERC
(La séquence « éviter, réduire et compenser », un dispositif consolidé, 2017)

Grâce à l'évolution des réglementations environnementales depuis 1976, dont un résumé est présenté en *Annexe 1*, la séquence ERC s'est précisée et renforcée au cours du temps.

C'est la loi relative à la reconquête de la nature et des paysages d'août 2016 qui a pour la dernière fois enrichi les principes de la séquence ERC (articles 2 et 69), avec :

- Une définition de cette séquence hiérarchisant les trois phases (L. 110-1)
- Un objectif d'absence de perte nette voire de gain de biodiversité (L. 110-1)
- Une obligation de résultats des mesures compensatoires (L. 163-1)
- La proximité fonctionnelle des mesures mises en place par rapport au site initial (L. 163-1)
- Une géolocalisation des mesures de compensation (L. 163-5)
- La non-autorisation du projet en l'état si la séquence ERC n'est pas appliquée de manière satisfaisante (L. 163-3)

C'est en réponse à cette contrainte réglementaire, qui plus est en constante évolution, que s'est déroulé mon stage intitulé "Mise en œuvre des mesures environnementales dans les travaux d'aménagement des domaines skiables". Les stations d'hiver, hautement touristiques, sont plus que n'importe où ailleurs concernées par ces réglementations et par l'application de la séquence ERC. En effet, depuis l'avènement des sports d'hiver après la seconde guerre mondiale, l'homme n'a cessé de façonner la montagne avec l'essor des domaines skiables, sans pour autant se soucier de son impact sur l'environnement. Depuis la loi de 1976 et la loi Montagne de 1985 visant à contrôler les impacts des travaux d'aménagement liés aux sports d'hiver et à l'arrivée des sports estivaux, les travaux ont diminué et l'aspect environnemental pris en considération.

Cependant, les domaines skiables sont encore aujourd'hui en constante évolution, afin de pouvoir accueillir toujours plus de personnes, dans un meilleur confort sportif, de manière à conserver leur attrait touristique.

Ce stage s'axe donc, de manière générale, sur la mise en place de ces mesures environnementales réglementées par la séquence ERC dans le cadre de ces projets d'aménagement en domaine skiable.

Afin de mener à bien ce stage, trois missions en lien avec ce sujet m'ont été confiées par le bureau KARUM :

La première, concerne le cadre réglementaire de la séquence ERC et de son évolution, notamment depuis la sortie récente (2018) d'un guide d'aide à la définition des mesures d'évitement, de réduction et de compensation. Ma mission ici consiste dans un premier temps à étudier ce guide, puis de passer en revue chacune des mesures environnementales déjà mises en place KARUM en domaines skiable afin d'en faire une liste exhaustive et de les classer pour qu'elles soient en adéquation avec la réglementation. Ma mission comprend également la rédaction de fiches techniques pour chacune des mesures, l'objectif étant d'uniformiser les futures études d'impact et de gagner du temps lors de leur rédaction puisque les fiches pourront être reprises et adaptées à chaque projet.

Ma deuxième mission, plus technique, consiste à réaliser avec les écologues du bureau KARUM des relevés faunistiques et floristiques à l'égard de différents projets d'aménagement, toujours en domaine skiable. La finalité de ces inventaires peut être différente selon les projets : réalisation d'un état initial de l'environnement dans le cadre d'une étude d'impact, suivi des mesures environnementales après travaux et mise en place ou suivi d'observatoires de l'environnement.

Enfin, ma troisième et dernière mission, consiste à réaliser au terme de mon stage une présentation à l'équipe KARUM sur la végétalisation, une mesure environnementale largement utilisée lors de projets d'aménagement (en domaine skiable notamment). L'objectif ici est d'échanger sur cette opération complexe pour laquelle les avis divergent et de faire le point sur ce qui se fait actuellement en termes de techniques, de travaux préparatoires, etc., mais aussi d'en faire ressortir les enjeux, les limites et les possibles évolutions à venir. Cette mission implique donc que je me documente suffisamment sur le sujet pour prendre du recul et être critique sur ce procédé.

2. Présentation de la structure d'accueil

Ce stage m'a été confié par l'entreprise KARUM Actions nature, un bureau d'étude spécialisé en environnement et plus particulièrement en écologie et paysage. Créé en 1996 sous le nom d'Agrestis, cette Société Anonyme à Responsabilités Limitées (SARL) est gérée en coordination par deux personnes : M. Alain HALSKA et M. Philippe SEAUVE. C'est depuis leur association en 2010 que la société Agrestis est devenue KARUM. En fait, le nom de "KARUM" provient de la plante *Carum carvi*, plus connue sous le nom de Cumin des prés, à laquelle le "C" de Carum a été transformé en "K". Le bureau d'étude KARUM est aujourd'hui basé à Chamoux-sur-Gelon en Savoie et intervient sur toute la partie Est du territoire français : région Rhône-Alpes Auvergne, Bourgogne Franche-Comté et Grand Est. Il travaille majoritairement auprès de gestionnaires de domaines skiables même s'il opère également auprès de parcs éoliens et de carrières par exemple. Ses domaines d'actions, illustrés dans la *Figure 2*, s'inscrivent dans une logique d'approche globale des enjeux environnementaux des territoires : expertise et faisabilité, études réglementaires, études et projets d'aménagement, maîtrise d'œuvre, observation et suivis.

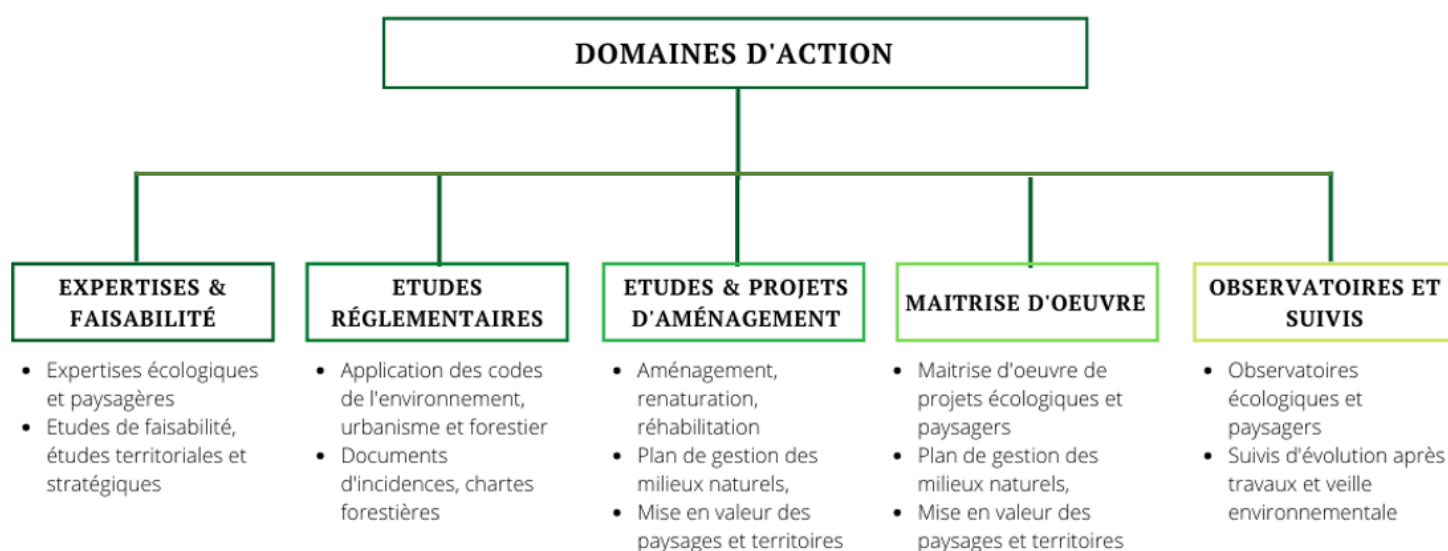


Figure 2 : Domaines d'action et missions de l'entreprise KARUM (Prototype)

Grâce à son évolution, l'entreprise possède depuis 2010 des compétences lui permettant d'intervenir sur des thématiques écologiques et paysagères, qu'elle peut traiter de manière indépendante ou combinée, afin de proposer des solutions innovantes et durables. Cette particularité, qui fait aussi son

originalité, la rend ainsi très intéressante pour des gestionnaires de station de ski ou de parc éolien par exemple, qui doivent traiter de ces deux composantes lors de la conception et/ou suivis de projets.

Par ailleurs, le bureau KARUM a été l'un des précurseurs de la mise en place d'observatoires de l'environnement en domaines skiables (2007), dont les objectifs sont 'avoir une vision globale des sensibilités environnementales d'un domaine skiable, anticiper les impacts des futurs aménagements sur ces domaines, suivre et valider l'efficacité des mesures environnementales mises en œuvre et disposer d'un outil d'aide à la décision pertinent géré via un Système d'Information Géographique (SIG). Grâce à cette initiative, l'entreprise KARUM a été récompensée par l'association Cluster Montagne dont elle fait maintenant partie.

L'entreprise compte à ce jour 17 salariés, dont 14 spécialisés en écologie et trois spécialisés dans le paysage.

3. Présentation des attendus de stage

Au terme de ce stage, trois rendus sont attendus : un catalogue de fiches techniques reprenant chacune des mesures environnementales expérimentées par KARUM et classées selon la réglementation en vigueur, une synthèse de mes recherches sur la végétalisation sur laquelle l'équipe pourra se référer ainsi que le support de ma présentation orale sur ce même sujet. En revanche, aucun rendu suite aux relevés de terrain ne m'a été demandé. En effet, la période optimale pour le travail de terrain est comprise entre début juin et fin août. De fait, le bureau KARUM est organisé de manière à effectuer tous les relevés de tous les projets sur cette période, et à analyser les relevés et rédiger les rapports le reste de l'année.

4. Méthodologie

Ce stage s'est globalement déroulé en trois temps avec la succession de mes différentes missions même si certaines ont pu être réalisées simultanément. Ces dernières étant différentes les unes des autres, trois méthodologies ont été appliquées.

Le mois de juin a été uniquement consacré à ma première mission, à savoir classer les mesures environnementales proposées par le bureau KARUM en domaines skiable, puis rédiger les fiches techniques associées à chacune d'entre elles. Pour ce faire, j'ai dans un premier temps consulté les archives de l'entreprise depuis 2015 et étudié chaque étude d'impact et/ou CNPN portant sur un projet de domaine skiable. J'ai ainsi réalisé une liste exhaustive des différentes mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées par KARUM dans ces rapports, et regroupé les mesures identiques aux différents projets. J'ai ensuite établi un premier classement de ces mesures, telles que présentées dans les rapports. Ce premier classement basé uniquement sur les rapports réalisés par l'entreprise m'a ainsi permis de mettre en évidence certaines incohérences à étudier par la suite : en fonction des rapports, une même mesure était identifiée soit comme une mesure d'évitement, soit comme une mesure de réduction voire de compensation, ce qui peut porter à confusion quant à la réelle nature de la mesure proposée.

Je me suis ensuite intéressée aux avis émis par la Mission Régionale d'Autorité Environnementale (MRAe), chargée d'étudier les études réalisées pour les projets d'aménagement de la région correspondante (il y a une MRAe par région), afin de veiller au respect des réglementations et à la bonne prise en compte de l'environnement. Bien que cette autorité ne soit pas en mesure d'interdire

un projet, elle émet néanmoins des jugements et conseils quant aux choix établis et aux mesures environnementales préconisées dans les rapports. Cette démarche m'a également permis de mettre en lumière une autre incohérence : certaines mesures jugées d'évitement pour KARUM étaient jugées de réduction pour la MRAe et inversement. J'ai donc relevé ces différents points de vue ainsi que les remarques récurrentes de l'autorité environnementale afin de faire un retour général à l'entreprise sur ses rapports.

Dans un troisième temps, j'ai consulté le guide établi par le Cerema en 2018 qui se définit comme une aide à la définition des mesures ERC. Ce guide, qui s'appuie sur la réglementation en vigueur, propose des clés permettant de catégoriser les différentes mesures environnementales d'une part (mesure d'évitement, de réduction ou de compensation), mais aussi de les classer en fonction de leur type (mesure géographique, technique ou temporelle) et de leur temporalité (fonctionnelle avant, pendant ou après travaux). A partir de ce guide et de mes précédentes observations, j'ai proposé au bureau KARUM une nouvelle classification de leurs mesures environnementales dont nous avons pu discuter par la suite.

Une fois le classement validé par l'entreprise, j'ai entrepris la rédaction des fiches techniques correspondant à chaque mesure que j'ai regroupé sous la forme d'un catalogue, divisé en trois parties selon la nature des mesures (évitement, réduction ou compensation).

Chacune des fiches reprend les éléments suivants :

- L'objectif de la mesure
- La description de la mesure
- Le contexte sur le site à aménager
- Les modalités et prescriptions techniques particulières s'il y en a
- La localisation de la mesure mise en place
- Le coût estimatif de la mesure
- Le retour d'expérience et le suivi de la mesure s'il y en a

Un modèle explicatif de ces fiches est présenté en *Annexe 2*.

Les mois de juillet et août, ont été quant à eux consacrés à mes deux autres missions, c'est à dire aux prospections de terrain, lorsque la météo était propice aux inventaires, et à mes recherches sur la végétalisation le reste du temps.

Pour ce qui concerne les inventaires, des recherches bibliographiques et un travail préparatoire sont nécessaires avant de se rendre sur le site à prospecter.

Il convient dans un premier temps de prendre connaissance du site d'étude, en se rendant sur Géoportail puis sur QGIS afin de préparer le fond de carte qui sera utilisé sur le terrain puis fourni dans les rapports d'étude par la suite. Cette carte, dont un exemple est présenté en *Annexe 3*, est généralement composé d'un fond BD ORTHO pour la botanique et d'une carte IGN pour la faune (parfois les deux mis en transparence pour une vue d'ensemble). Le périmètre précis de la zone à prospecter (coordonnées GPS fournies par le commanditaire) doit également apparaître. Le fond de carte créé est ensuite chargé sur une tablette de terrain, ce qui permet de se repérer une fois sur le site mais aussi de dessiner et pointer des éléments directement sur la carte.

Des recherches bibliographiques préalables aux inventaires sont également réalisées afin d'occuper la zone d'études, dont celles à enjeux (protection nationale, régionale...) notamment. Une fois ce travail préparatoire terminé, les inventaires peuvent être réalisés.

Ces trois mois de stage m'ont permis d'expérimenter trois types d'inventaires bien distincts, qui possèdent chacun un protocole spécifique : faune, flore et zone humide. Toutes les méthodes d'investigation proviennent de protocoles nationaux qui ont été expérimentés et adaptés par l'entreprise KARUM.

Les prospections faunistiques sont divisées en plusieurs catégories en fonction de l'ordre des espèces à inventorier : amphibiens, reptiles, avifaune, lépidoptères, odonates, coléoptères / saproxyliques, orthoptères, mammifères terrestres et chiroptères. J'ai ainsi pu expérimenter les méthodes d'investigation pour l'avifaune, les lépidoptères et les chiroptères.

La méthodologie employée pour l'avifaune est celle de l'Indice Ponctuel d'Abondance (IPA), une méthode permettant de calculer la richesse avifaunistique et de faire une estimation quantitative de chaque espèce en se basant sur leur comportement : on compte 0.5 couple pour un oiseau vu ou entendu criant et un couple pour un oiseau chantant ou bâtissant/occupant un nid. Cette observation et d'écoute d'une durée de 20 minutes doit être réalisée à différents points du site d'étude (nombre de points en fonction du contexte de la zone mais toujours espacés de 300 mètre minimum), à partir du lever du soleil et jusqu'à 10h30 maximum. Au bout de la période de 20 minutes, tous les contacts correspondant aux différents individus de chaque espèce observée sont additionnés donnant l'effectif de couples nicheurs estimé. L'indice IPA de chaque point sera le plus grand effectif, par espèce, obtenu lors de deux passages. Idéalement, deux passages doivent être réalisés à deux périodes différentes afin de pouvoir apprécier les nicheurs précoces (de mi-mars à mi-mai) et les nicheurs tardifs (de mi-mai à fin juin). Des jumelles sont fournies par l'entreprise et une base de données contenant des photos et les chants/cris de nombreuses espèces est disponible sur la tablette de terrain.

Pour les lépidoptères, c'est un transect avec une recherche à vue et/ou capture qui est réalisé. Cette méthode présente l'avantage d'aboutir à la fois à un inventaire qualitatif (nombre d'espèces par type de milieu) et quantitatif (espèces patrimoniales). Les transects réalisés doivent couvrir l'ensemble des milieux même si les milieux ouverts doivent être privilégiés car plus riches en espèces. Cet itinéraire est constitué d'un ensemble de lignes (si possible parallèles) espacées de 50 mètres environ afin d'éviter un double comptage. Les papillons sont identifiés à vue ou capturés au filet entomologique (espèce à identification délicate) puis relâchés. Comme pour l'avifaune, deux à trois passages sont à prévoir afin d'apprécier l'ensemble des espèces (précoces et tardives).

Enfin, les prospections de chiroptères sont réalisées à partir d'une détection ultrasonore, permettant d'effectuer un inventaire qualitatif (nombre d'espèces fréquentant un site déterminé) et un suivi de pression d'utilisation de l'habitat (niveau d'activité par espèce). Deux méthodes peuvent être utilisées séparément ou de façon combinée sur le site à étudier : une recherche active sur le terrain en réalisant des points « d'écoute » ou des transects à l'aide d'un détecteur à ultrasons portable ou une recherche passive en plaçant dans différents points des stations d'enregistrement SM2 ou SM4 BAT, pendant une nuit complète (depuis quelques minutes avant le coucher du soleil jusqu'au lever du soleil). La recherche active permet de déterminer un bon nombre d'espèces directement sur le terrain (en temps réel ou en expansion de temps) ainsi qu'un nombre de contacts de l'espèce par heure. La recherche passive permet d'obtenir des données qui seront stockées dans les cartes SD des appareils et traitées ultérieurement, notamment à l'aide du logiciel Batsound pour l'identification des espèces.

Lorsque le site à prospecter contient un milieu forestier une recherche des arbres gîtes doit venir compléter l'une des précédentes méthodes. Cette méthode permet une estimation quantitative d'arbres susceptibles d'abriter des chiroptères mais aussi de définir la fonctionnalité écologique du milieu pour les chiroptères forestiers.

Cette observation consiste à repérer et pointer à l'aide d'un GPS les arbres potentiellement favorables pour héberger des chauves-souris en période de parturition, de transit ou d'hibernation. Pour les parties hautes des arbres, les jumelles sont utilisées. Pour chaque arbre gîte doit être renseigné : son essence, son état (vivant ou mort), le type de micro-habitat (fente, loge de pic, écorce décollée, bois mort avec cavités...) et son emplacement sur l'arbre (tronc, branche...) et si des chiroptères ont pu être observés ou non.

Contrairement aux inventaires faunistiques, les relevés floristiques ne font l'objet que d'une seule procédure qui est la suivante : dans un premier temps il convient d'identifier les différents types de milieux (habitat homogène) et d'en définir le périmètre en créant une trace GPS à l'aide de la tablette de terrain (entre un et trois mètres d'erreur selon les tablettes). Une fois les milieux identifiés, chacun d'entre eux est prospecté et chacune des espèces présentes identifiées et renseignées sur la tablette. Pour ce faire, une flore numérique ainsi qu'une loupe de poche nous sont mises à disposition. Il est également possible lorsque qu'une identification rapide sur le terrain n'est pas possible, de prélever un échantillon de l'espèce afin de l'identifier au bureau le lendemain à l'aide des loupes binoculaire et autres ouvrages d'identification.

Lorsqu'une espèce protégée est identifiée, un protocole spécifique doit être suivi : si les individus sont présents de manière ponctuelle, il convient de les référencer un à un sur la tablette ce qui permet de pouvoir les dénombrer par la suite. Si un nombre important d'individus sont présents sur une surface restreinte ou s'il n'est pas possible de connaître précisément le nombre de "pied", il est nécessaire de délimiter le périmètre occupé par l'espèce à l'aide de la trace GPS de la tablette puis d'estimer la surface occupée par cette dernière (nombre d'individu au m²).

Les inventaires zones humides nécessitent, tout comme les relevés faunistiques et floristiques, un travail préparatoire en amont. Ce dernier consiste dans un premier temps à consulter les inventaires des zones humides départementaux et régionaux afin de renseigner les zones humides connues sur un fond de carte qui sera utilisé pour la suite du projet. Puis des recherches bibliographiques sont réalisées afin de s'informer sur les différentes espèces végétales susceptibles d'être rencontrées. L'identification in situ de zones humides se base sur l'article L211-1 du Code de l'environnement qui définit les zones humides comme « les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ». L'article R211-108 précise que « Les critères à retenir pour la définition des zones humides [...] sont relatifs à la morphologie des sols liée à la présence prolongée d'eau d'origine naturelle et à la présence éventuelle de plantes hygrophiles. Celles-ci sont définies à partir de listes établies par région biogéographique. En l'absence de végétation hygrophile, la morphologie des sols suffit à définir une zone humide »

Lors des prospections de terrain il convient donc dans un premier temps d'identifier les zones humides grâce aux critères hydrologiques et floristiques et d'en délimiter le périmètre précis grâce à la trace GPS de la tablette de terrain. Dans le cas où la végétation ne permettrait pas de définir précisément ses contours, des relevés pédologiques sont à prévoir puisqu'il s'agit du deuxième critère d'identification des zones humides.

Une fois cette étape réalisée, il convient de relever pour chaque zone humide identifiée les informations suivantes :

- Description : superficie, altitude moyenne

- Hydrographie : origine (cours d'eau, précipitations...), type (plan d'eau si surface > 1 m² ou pièce d'eau sinon)
- Habitats inventoriés (selon classification EUNIS)
- Intérêt écologique : faune / flore patrimoniale
- Etat de conservation : usages agricoles (fauche, pâturage), dégradations et/ou menaces d'origine naturelle (embroussaillage, espèces invasives) et anthropique (drainage, dépôts de matériel et agricoles, remblais, piétinement, fréquentation touristique)

Cette méthode permet ainsi d'aboutir à une connaissance quantitative mais aussi qualitative des zones humides présentes sur le site d'étude.

II. Travaux à destination de l'entreprise

1. Catalogue des mesures environnementales mises en œuvre dans les travaux d'aménagement des domaines skiables

Ce premier rendu est un catalogue répertoriant les fiches techniques de chacune des mesures environnementales déjà expérimentées par KARUM dans le cadre de travaux d'aménagement en domaine skiable. Ce dernier comprend trois parties correspondant aux trois types de mesures que présente la séquence ERC. La première concerne donc les mesures d'évitement (10 fiches), la seconde les mesures de réduction (50 fiches) et la dernière les mesures de compensation (17 fiches). Un préambule est également présent dans chacune des parties afin de présenter le contexte réglementaire ainsi que les clés ayant permis de classer chacune des mesures. Le catalogue dans son ensemble répertorie 77 fiches pour un total de 92 pages. C'est pourquoi je ne mettrai dans ce rapport les préambules de chaque partie ainsi qu'un exemple de fiche technique afin d'avoir un aperçu du travail réalisé.

I. Les mesures d'évitement

Les lignes directrices sur la séquence ERC définissent la mesure d'évitement comme étant une « mesure qui modifie un projet ou une action d'un document de planification afin de supprimer un impact négatif identifié que ce projet ou cette action engendrerait » ¹.

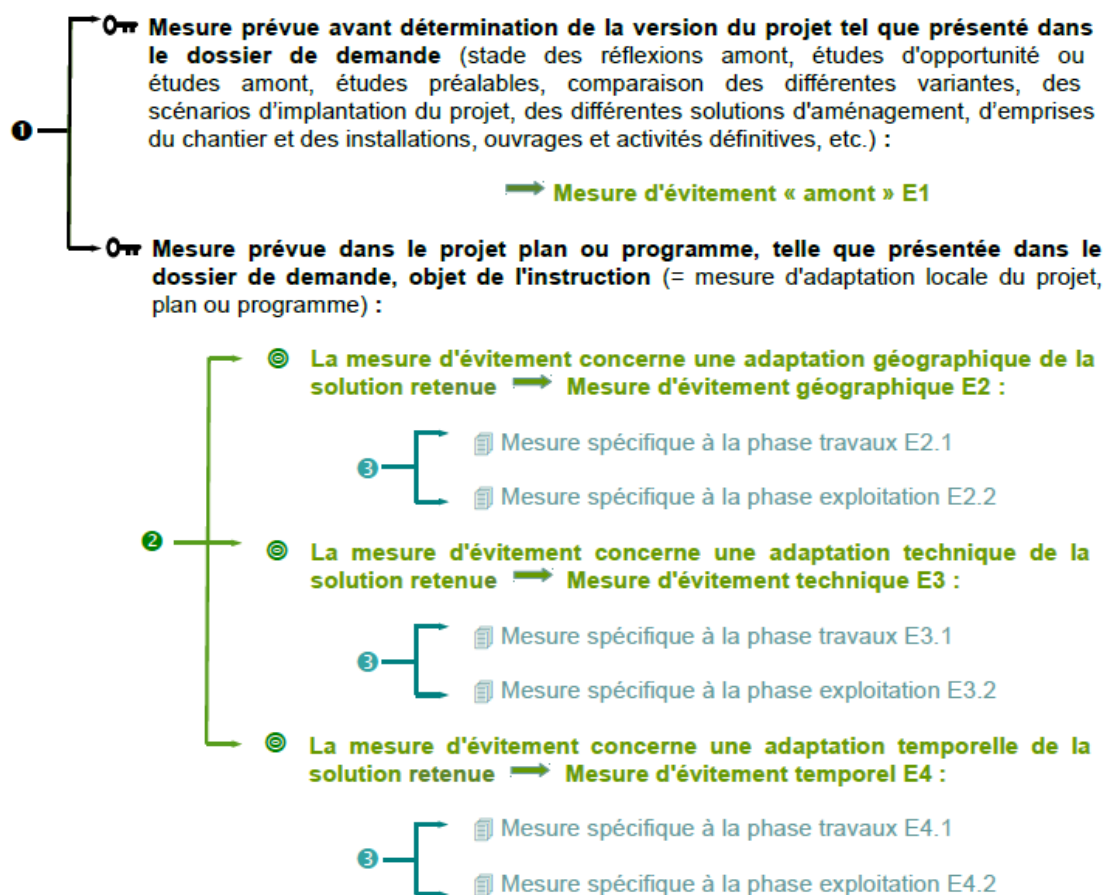
Sont donc considérées comme des mesures d'évitement les mesures n'ayant aucun impact -direct ou indirect- sur les entités considérées, celles-ci étant laissées en l'état. Des mesures d'accompagnement peuvent néanmoins être mises en œuvre en complément pour s'assurer de de l'évitement sur le long terme.

¹ Commissariat général au développement durable. (2018). *Évaluation environnementale—Guide d'aide à la définition des mesures ERC*. Ministère de la transition écologique, 134.

Selon son efficacité, une même mesure pourra être rattachée soit à de l'évitement, soit à de la réduction. Ainsi, « on parlera d'évitement lorsque la solution retenue garantit la suppression totale d'un impact. Si la mesure n'apporte pas ces garanties, il s'agira d'une mesure de réduction »²

La clef de classification des mesures d'évitement, proposée par le Commissariat Général au Développement Durable, fait une première différenciation entre les mesures ayant été prévues en amont de la version du projet comme présenté dans le dossier de demande ou celles figurant au sein de ce dernier. Par la suite, cette dernière fait une distinction entre la phase de « travaux » et la phase d'« exploitation ou fonctionnement ».

La clef proposée par le Commissariat Général au Développement Durable est ainsi la suivante :



Source : Guide d'aide à la définition des mesures ERC, 2018

➔ **Un tableau bilan de toutes les mesures d'évitement répertoriées ainsi qu'une fiche modèle comme illustrée en Annexe 2 seront présentés**

² Commissariat général au développement durable. (2018). *Évaluation environnementale—Guide d'aide à la définition des mesures ERC*. Ministère de la transition écologique, 134.

E2.1a - Balisage préventif divers ou mise en défens ou dispositif de protection d'une station d'une espèce patrimoniale, d'un habitat d'une espèce patrimoniale, d'habitats d'espèces ou d'arbres remarquables

Mesure

E R C A

E2.1 Evitement géographique en phase travaux

Thématique environnementale

Biodiversité

Paysage

Milieux physiques

Pollution et nuisance

Mise en défens des espèces protégées et des zones sensibles

➤ Objectif

Eviter tout impact sur les espèces floristiques protégées et zones humides situées à proximité des travaux.

➤ Contexte

- Présence de stations de flore protégée/de zones humides à enjeux forts sur la zone de projet. Incidence forte du projet sur l'espèce/la zone humide dû à un risque de destruction des stations proches de la zone de projet.
- Présence d'un élément patrimonial ou ayant des qualités paysagères (arbre remarquable, etc...)

➤ Description

Les stations de flore protégées et zones humides susceptibles d'être impactées lors de la phase travaux par des engins de chantier ou le stockage de matériaux seront mises en défens.

La mesure consiste à matérialiser les espaces à enjeux à l'aide de filets ou de rubalise par exemple. Il n'est pas toujours nécessaire de poser une mise en défens autour de l'intégralité du contour de la zone sensible, mais plutôt de réfléchir aux secteurs les plus exposés au risque.

Les conducteurs d'engins et personnes travaillant sur les sites seront sensibilisés sur les enjeux présents.

➤ Localisation

Carte indiquant les zones sensibles à mettre en défens



Photographie d'une zone de Lycopode des Alpes mise en défens.
Source : KARUM

➤ Préconisations techniques

La mise en défens s'effectue avant le début de la période des travaux. Elle se déroule en plusieurs étapes :

- Pose de filets de chantier, de rubans de clôture ou de rubalise à 1 mètre de la zone sensible
- Installation de panneaux explicatifs autour des zones mises en défens
- Pointage GPS et marquage au sol de la limite de la mise en défens ;
- Photographie des zones sensibles et de leur mise en défens dans le cadre du suivi de chantier
- Vérification par un écologue du bon état et du maintien du dispositif en cours de travaux
- Enlèvement du dispositif en fin de chantier et évacuation dans les filières appropriées

➤ Budget estimatif

500 € à 2000 € par mètre linéaire à moduler suivant la longueur de la protection.

➤ Modalités de suivi envisageables

Vérification par un écologue du bon état et du maintien du dispositif en cours de travaux

Cette mesure peut s'accompagner de la mise en place d'un plan de circulation des engins qui tienne compte des secteurs sensibles

II. Les mesures de réduction

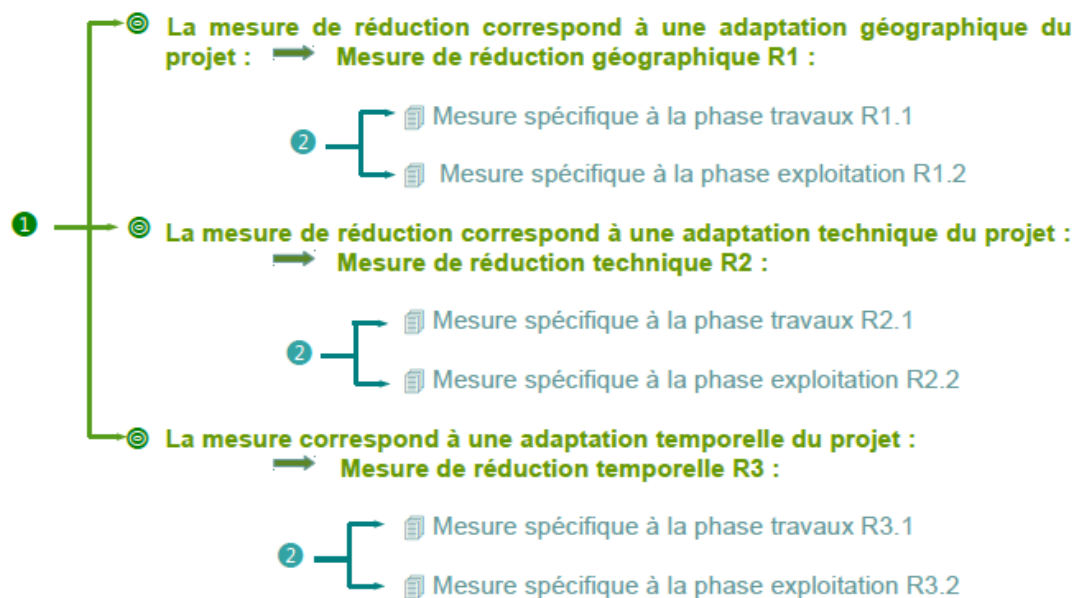
Les lignes directrices sur la séquence ERC définissent la mesure de réduction comme une « mesure définie après l'évitement et visant à réduire les impacts négatifs permanents ou temporaires d'un projet sur l'environnement, en phase chantier ou en phase exploitation. »³

Ces mesures peuvent être employées pour des fins différentes selon l'impact ciblé : réduction de sa durée, de son intensité, de son étendu, ou la combinaison de plusieurs de ces éléments.

La clé de classification des mesures de réduction est similaire à celle des mesures d'évitement. Ainsi, une distinction est également faite entre la phase « travaux » et la phase « exploitation / fonctionnement ». S'il s'agit de mesures de réduction propres à la phase « travaux », elles devront être mises en œuvre au plus tard au démarrage de la phase travaux (à l'exception des mesures de repli du chantier lorsqu'elles sont présentes).

S'il s'agit de mesures de réduction propre à la phase « exploitation », elles devront être effectives au plus tard à la mise en service ou au démarrage de l'exploitation.

La clé de classification des mesures de réduction proposée par le Commissariat Général au Développement Durable est la suivante :



Source : Guide d'aide à la définition des mesures ERC, 2018

➔ **Un tableau bilan de toutes les mesures de réduction répertoriées ainsi qu'une fiche modèle comme illustrée en Annexe 2 seront présentés.**

³ Commissariat général au développement durable. (2018). *Évaluation environnementale—Guide d'aide à la définition des mesures ERC*. Ministère de la transition écologique, 134.

R2.1o - Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces

Mesure

E R C A

Réduction technique en phase travaux

Thématique environnementale

Biodiversité

Paysage

Milieus physiques

Pollution et nuisance

Déplacement des pontes, chenilles et chrysalides

➤ Objectif

Le déplacement des pontes, chenilles et chrysalides détectées permet de réduire le risque de mortalité des individus issus de la saison de reproduction précédente

➤ Contexte

Les terrassements sont susceptibles d'occasionner la mortalité d'œufs, chenilles ou chrysalides de papillons protégés éventuellement présents dans les habitats favorables.

➤ Description

Les opérations de déplacement des papillons protégés devront être réalisées sur les zones à terrasser, préalablement marquées. La ou les zones de relâcher auront été préalablement identifiées par l'écologue, en concertation avec le domaine skiable. Ces zones doivent être situées dans le domaine skiable, suffisamment éloignées des zones de chantier, favorables (présence de plantes hôtes, voire présence de l'espèce de papillon), pérennes et dans un état de conservation satisfaisant, c'est-à-dire non impactées par un projet futur ou une gestion inadaptée (surpâturage, entretien des pistes...). Ces critères seront vérifiés par une visite de terrain du ou des sites pressentis, avant les opérations de déplacement. Les déplacements se feront à une période cumulant les critères suivants :

- Avant les travaux de terrassement
- A un stade où la végétation est suffisamment développée pour être reconnaissable
- Avant la période de vol de l'Apollon, qui correspond à la période de ponte
- Lorsque la majorité des individus d'Apollon sont au stade chenille.

➤ Localisation

Emplacement des zones de relâchés / habitats favorables (carte)

➤ Prescriptions techniques

Description de l'espèce et de son cycle de vie

La période d'intervention correspond donc à XXX, et devra être affinée en fonction de l'altitude, des conditions d'enneigement et de météo, et du calendrier des travaux.

Le protocole de l'opération de capture-relâcher est le suivant :

- La recherche et la capture seront effectuées à pieds par des écologues naturalistes.

Les individus sous forme d'œufs, de chenilles et de chrysalides seront capturés à la main avec précaution, puis disposés dans une boîte entomologique. Les éventuels œufs ou chrysalides seront placés sur leur support dans une autre boîte.

- Les individus ne seront pas marqués.
- Les individus capturés seront relâchés immédiatement sur des milieux favorables à l'accomplissement de leur cycle biologique annuel (landes à vaccinium), situés à proximité du périmètre concerné (moins de 250 mètres) et ne nécessitant pas d'effectuer de grands déplacements.

➤ Budget estimatif

N jours d'intervention d'écologues, soit environ X euros (intégré au cout du suivi de chantier)

➤ Modalités de suivi envisageables

Opération réalisée par des écologues. Suivi des populations de papillons concernés à N+1, N+5 et N+10.

III. Les mesures de compensation

Avant la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages promulguée le 08 août 2016, les mesures compensatoires citées dans l'article R. 122-14 du code de l'environnement étaient définies de la manière suivante : « Les mesures compensatoires ont pour objet d'apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs ou indirects du projet qui n'ont pu être évités ou suffisamment réduits. Elles sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité de celui-ci afin de garantir sa fonctionnalité de manière pérenne. Elles doivent permettre de conserver globalement et, si possible, d'améliorer la qualité environnementale des milieux » ⁴.

Puis, avec la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages de 2016, les principes de la séquence ERC (L. 163-1 du code de l'environnement) ont été renforcés avec :

- Une définition de la séquence ERC hiérarchisant les trois phases (L. 110-1)
- Un objectif d'absence de perte nette voire de gain de biodiversité (L. 110-1)
- Une obligation de résultats des mesures compensatoires (L. 163-1)
- La proximité fonctionnelle des mesures mises en place par rapport au site initial (L. 163-1)
- Une géolocalisation des mesures de compensation (L. 163-5)
- La non-autorisation du projet en l'état si la séquence ERC n'est pas appliquée de manière satisfaisante (L. 163-3)

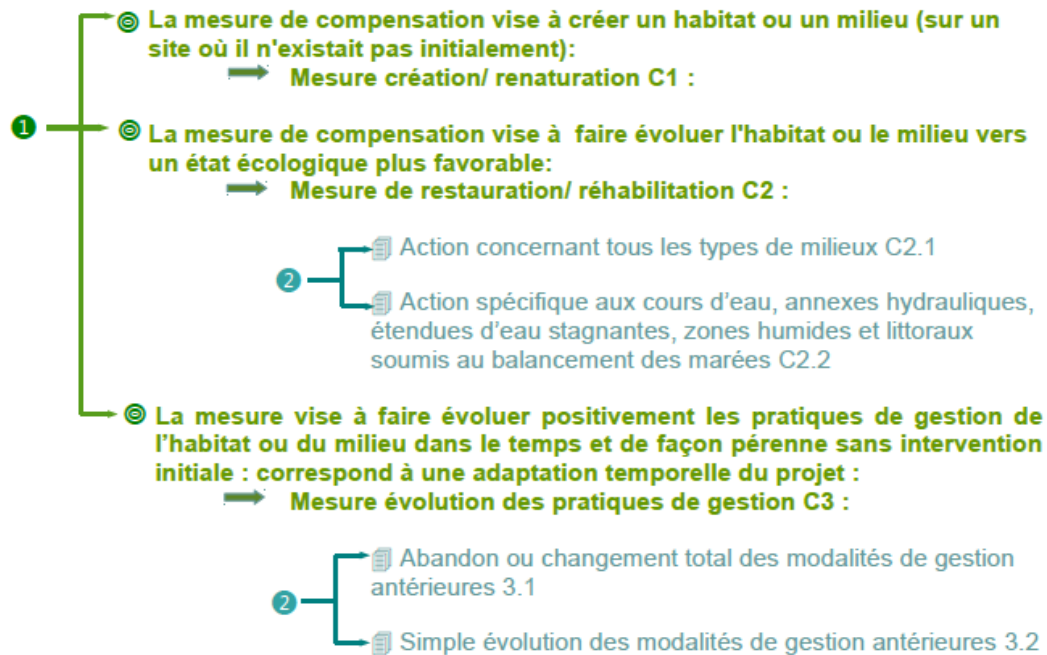
Comme pour les autres catégories de mesures, la réglementation n'apporte pas d'indication sur la nature précise d'une mesure compensatoire. Il est cependant nécessaire de rappeler que chaque mesure compensatoire est conçue en réponse à un impact résiduel notable.

Les directives nationales apportent cependant des précisions quant à la nature des mesures compensatoires : « Les mesures compensatoires font appel à une ou plusieurs actions écologiques : restauration ou réhabilitation, création de milieux et/ou, dans certains cas, évolution des pratiques de gestion permettant un gain substantiel des fonctionnalités du site de compensation. Ces actions écologiques sont complétées par des mesures de gestion afin d'assurer le maintien dans le temps de leurs effets. » ⁵

La clef proposée pour les mesures compensatoires se base donc sur cette ligne directrice et les trois modalités qu'elle identifie : création, restauration/réhabilitation et évolution des pratiques de gestion.

⁴ - ⁵ Commissariat général au développement durable. (2018). *Évaluation environnementale—Guide d'aide à la définition des mesures ERC*. Ministère de la transition écologique, 134.

La clé de classification des mesures de compensation proposée par le Commissariat Général au Développement Durable est la suivante :



Source : Guide d'aide à la définition des mesures ERC, 2018

→ Un tableau bilan de toutes les mesures de compensation répertoriées ainsi qu'une fiche modèle comme illustrée en Annexe 2 seront présentés

C1.1a - Création ou renaturation d'habitats et d'habitats favorables aux espèces cibles et à leur guild

Mesure

E R C A

C1 : Création / renaturation de milieux

Thématique environnementale

Biodiversité

Paysage

Milieux physiques

Pollution et nuisance

Reconstitution d'une zone humide

> Objectif

Compenser la destruction de de zone humide par les terrassements de la piste de ski.

> Contexte

137 m² de zone humide ont été détruits par les terrassements de la piste de ski.

> Description

Sur le plan réglementaire, la superficie de zone humide impactée par le projet d'environ 137 m² reste très inférieure au seuil déclaratif de 1 000 m² définie par la rubrique 3.3.1.0 de la nomenclature Loi sur l'Eau (Article 214-1 du code de l'environnement).

Néanmoins, il est proposé de recréer une zone humide, dans le même bassin versant, équivalente sur le plan fonctionnel et sur le plan biologique, à hauteur d'une valeur de l'ordre de 200% de la surface perdue. Cette zone humide se situera à proximité d'une zone humide plus importante, qui est en dehors de la zone d'étude. Avant le début des terrassements prévus pour la gare de départ, la nouvelle zone humide sera préparée et la terre sera légèrement gratté/retourné afin de créer une interface favorable à la réception des mottes étrepées.

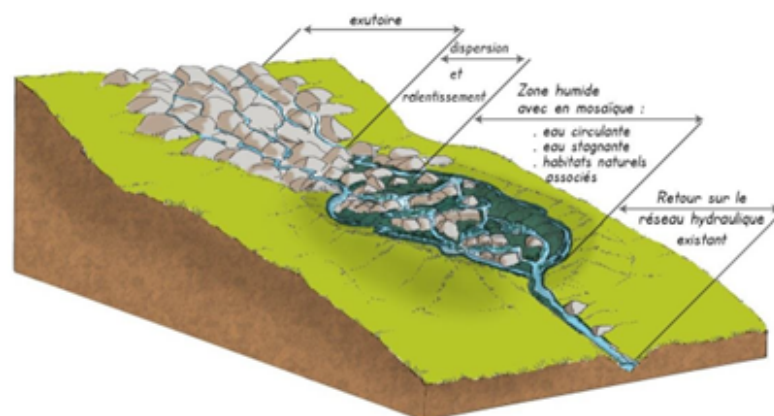
> Localisation

Sur la piste de ski

Localisation de la zone humide à recréer

> Prescriptions techniques

Une cunette sera créée à proximité de l'emplacement de la zone humide détruite, sur une zone de déblais (ou sur un site plus approprié selon la topologie, mais à proximité de la zone humide importante). Son exutoire se situera du côté de la zone humide plus importante. Quelques blocs seront disposés à l'exutoire de la cunette, afin de réduire l'écoulement des eaux.



Source : KARUM

Après les blocs, suivant la topologie du site, un replat sera aménagé pour favoriser la stagnation de l'eau provenant de la cunette, suivant le modèle ci-dessous. La zone humide créée pourra être interconnectée avec la zone humide plus importante.

Avant le début des terrassements, les mottes de zone humide seront étrepées puis redéposées sur la zone humide nouvellement créée.

> Budget estimatif

Environ 2000 €

> Modalités de suivi envisageables

Présence d'un écologue lors de la réalisation des travaux (étrépage/reconstitution de la zone humide)
Suivi de la bonne reprise de la végétation et de l'efficacité de la mesure après travaux

2. Synthèse des recherches menées sur la thématique de la végétalisation

Ce second rendu, destiné à l'équipe KARUM (écologues + paysagistes), est une synthèse sur la technique de la végétalisation et à laquelle ils pourront se référer dans le cadre de futurs projets.

Même s'il s'agit d'une présentation générale, j'ai axé mes recherches sur son application en milieu montagnard et dans les domaines skiables puisqu'il s'agit de la spécialité de KARUM.

Malheureusement, ce rendu n'est pas encore abouti puisqu'il me reste à l'heure actuelle deux semaines de stage pour compléter mon travail. De fait, certains paragraphes sont incomplets, tout comme et les références bibliographiques au sein du texte.

Ma présentation PowerPoint se basant sur ce travail, elle n'est pas non plus présentée dans ce rapport. Mon rendu présente également une première page de couverture ainsi qu'un sommaire que je n'ai pas intégré à ce rapport.

I. Le problème de la végétalisation

1. La végétalisation : définition

Le terme de végétalisation définit de manière générale, un procédé qui consiste à remettre en place une végétation sur un terrain, généralement remanié par l'Homme, qui en est dépourvu. Elle apparaît ainsi comme un processus volontaire de reconstitution du sol des terrains perturbés par l'Homme.

La végétalisation correspond de fait à la dernière étape d'un projet d'aménagement car elle permet de restituer un couvert végétal à l'issue des travaux.

2. La végétalisation : une technique ancienne

Ce sont les acteurs de la Restauration des Terrains de montagne (RTM) qui ont été les précurseurs de la notion de végétalisation, avec la mise en place d'actions de régénérations végétales par le boisement (1860) ou le gazonnement (1864) afin de lutter contre l'érosion des pentes mises à nu et fragilisées par le surpâturage et la déforestation. L'objectif était de fait essentiellement celui de la protection des biens et des personnes.

Cependant, la notion de végétalisation telle qu'on l'entend aujourd'hui est arrivée bien plus tard avec l'artificialisation du milieu montagnard et l'essor des stations de ski. Le concept français des stations de sport d'hiver a vu le jour en 1954, après la Seconde guerre Mondiale, où a débuté l'ère de l'aménagement des pistes de ski. Les domaines skiables ont donc été aménagés de manière à accueillir la population dans de bonnes conditions de sécurité mais aussi de confort sportif. De fait, de nombreux hectares d'alpages ont dû être terrassés. Dans une perspective de croissance rapide, l'état a instauré dès 1960 des Plans neige pour les principales stations de sport d'hiver afin de les aider financièrement dans leur développement.

Malgré une forte artificialisation des milieux naturels, la priorité était à l'économie et de fait, la végétalisation absente des Plan neige. Ce n'est qu'avec la Loi Montagne de 1985 que la réhabilitation du couvert végétal va commencer à être prise en considération.

En 1976, la loi de protection de la nature déclare l'environnement comme un bien public. Dès lors, la directive Montagne instaurée en 1977 vise à contrôler les impacts des travaux d'aménagement liés aux sports d'hiver ainsi que ceux liés à l'arrivée des sports mécaniques estivaux. Parallèlement, avec le

développement des activités d'été il devient impératif de conserver une montagne verdoyante et attrayante afin de pouvoir développer le tourisme estival. Dès lors, cette directive rend obligatoire la réalisation d'études d'impact avant tout projet d'aménagement au travers de la procédure "Unité Touristique Nouvelle". Le 9 janvier 1985 la loi Montagne précise cette directive et impose que tout nouvel aménagement doit être accompagné de mesures réparatrices afin de réhabiliter les terrains d'alpage. C'est donc dans ce contexte réglementaire qu'est née la notion de végétalisation.

Les travaux effectués sur les stations depuis le Plan Neige, que ce soit pour créer, élargir les pistes de ski ou implanter des infrastructures, ont accéléré le processus d'érosion naturelle et accroissent les risques d'éboulements liés à l'instabilité des sols. La conservation des sols et la lutte contre l'érosion ont donc été les premiers objectifs des gestionnaires de la station. Pour répondre à cet objectif, les espèces implantées devaient proliférer rapidement et présenter une bonne capacité à retenir le sol par un enracinement profond. Par la suite, la végétalisation a également montré d'autres avantages, notamment celui d'améliorer le maintien et la stabilité du manteau neigeux. De fait, une piste végétalisée pourra être ouverte avant une piste qui ne l'a pas été et la quantité de neige nécessaire au maintien du manteau neigeux est deux fois moins importante.

Un autre avantage de la restauration du couvert végétal est qu'elle assure un aspect esthétique en restaurant un paysage proche de celui d'origine durant la période estivale permettant ainsi de préserver l'attrait touristique.

La revégétalisation telle que nous la connaissons aujourd'hui apparaît donc premièrement comme une forme de réparation du territoire, qu'elle soit technique (lutte contre l'érosion du sol) ou visuelle (attrait touristique). L'aspect écologique de ces interventions n'était cependant pas pris en considération.

Par crainte de voir les espèces introduites devenir envahissantes et parce que les espèces utilisées n'étaient pas nécessairement les plus adaptées, les chercheurs et écologues se sont très rapidement intéressés à la composante écologique de la végétalisation. Dès lors, les techniques mises au point ont moins visé à simplement réparer les interventions de l'Homme sur le territoire mais devaient à long terme, entraîner le retour des espèces autochtones afin rétablir les fonctionnalités écologiques d'origine.

Aujourd'hui, c'est la collectivité ou le domaine skiable qui intègre les opérations de végétalisation dans les projets qu'elle souhaite réaliser. La réhabilitation du couvert végétal est prise en considération dès le début du projet : le maître d'œuvre réalise en premier lieu une étude d'impact puis s'assure de la conformité réglementaire du projet en veillant à ce que ce dernier soit conforme aux attentes exprimées.

Les modalités sont écrites dans le cahier des clauses techniques qui est établi en amont du projet par le maître d'ouvrage et qui définit notamment toutes les étapes des opérations de végétalisation : technique employée, remise en place ou non de la terre d'origine, type de semence utilisé ou encore les délais de livraison du chantier.

La végétalisation n'est donc pas un acte isolé dans les travaux d'aménagement, bien au contraire. Cependant, sa réussite ne dépend pas uniquement des semences et les techniques utilisées, mais aussi de toutes les étapes antérieures et postérieures : piétinement du sol, circulation d'engins, pâturage... La végétalisation doit donc tenir compte à la fois des objectifs à atteindre, des contraintes rencontrées, sans oublier le caractère vivant du matériel végétal et la complexité de ses réactions.

3. La végétalisation : quel(s) objectif(s) ?

Il convient avant toute chose d'identifier quels seront les objectifs de la végétalisation car c'est de cela dont dépendra le reste des opérations. Les objectifs de la végétalisation peuvent être imposés par le projet lui-même, son milieu mais aussi résulter d'un choix délibéré. Même si la plupart des objectifs sont complémentaires, il faut être très attentifs aux possibilités de conflits. Bien définir les objectifs et les classer par ordre de priorité est primordial afin de choisir des solutions qui seront les plus adaptées. Les objectifs régulièrement rencontrés dans le cadre des opérations de végétalisation sont les suivants :

- **Stabilisation des sols**

Cet objectif est très souvent exprimé car l'érosion superficielle due à la pluie, au vent ou à l'altération des roches est la cause non seulement de la détérioration des surfaces par la formation de ravines mais également des systèmes qui collectent et évacuent les eaux de ruissellement (à cause du colmatage). La réintroduction d'un couvert végétal est donc l'un des meilleurs moyens de réduire cette érosion superficielle : système racinaire maintenant les sols, effet de couverture des parties aériennes, cycle végétatif long...

- **Sécurité**

Cet objectif concerne surtout les aménagements routiers sur lesquels la végétation peut avoir un rôle dans le renforcement du niveau de sécurité : augmentation de la visibilité du parcours, écrans anti-éblouissement... Elle peut également être utilisée pour résoudre certains problèmes plus spécifiques comme la fixation de la neige sur les talus pour limiter le glissement de plaques sur la route.

La végétalisation reste une opération complexe qui peut aussi représenter un risque si elle est mal réalisée : arbres trop proches de la chaussée (obstacle), manque de visibilité...

- **Paysage**

Toute intervention sur les sols et sur le couvert végétal a un effet "destructeur" sur le paysage nécessitant une « réparation ». Cette finition paysagère, qui s'appuie essentiellement sur la végétalisation, peut ainsi faire intervenir différents types d'action : cicatriser les plaies, mettre en valeur un site ou encore masquer des zones "indésirables".

- **Gestion**

L'entretien représente une charge très importante pour le gestionnaire. Or, la végétation permet dans de nombreux cas de réduire ces coûts d'entretien. Cet objectif repose donc surtout sur le choix des espèces végétales ainsi que de leur association. Les couverts strictement herbacés, l'emploi d'espèces horticoles ou la disposition d'arbustes isolés par exemple, nécessiteront plus d'entretien que l'installation d'espèces autochtones.

- **Exploitation**

La végétalisation de parcelle peut également permettre leur exploitation future, que ce soit pour une production de bois ou pour une production agricole.

- Production de bois : cet objectif peut être recherché dans le cas de surfaces importantes que l'on peut placer en "gestion forestière" sans risques pour le paysage. Les revenus ainsi obtenus pourront également permettre de compenser les frais liés à la gestion de l'aménagement.
- Production agricole : la végétalisation de terrains, principalement en milieu montagnard, offre une possibilité aux agriculteurs d'étendre leur zone de pâturage et de champs.

- **Ecologie**

Cicatriser et masquer les dommages engendrés par les travaux d'aménagement n'est généralement pas suffisant. Dans de nombreux cas, il est nécessaire de rétablir des conditions écologiques satisfaisantes pour les milieux perturbés. Cet objectif est très difficile à atteindre car la bonne volonté n'est pas suffisante pour obtenir des résultats efficaces. En effet, son succès repose sur de très nombreux paramètres et seules des études poussées et réalisées par des spécialistes peuvent aboutir à une renaturation adaptée.

- **Divers**

Enfin, les opérations de végétalisation peuvent avoir d'autres objectifs dans des cas spécifiques :

- Fixation des poussières et/ou pollutions à proximité des carrières
- Réduction de la pollution issue des véhicules
- Épuration des eaux dans les bassins de récupération des eaux polluées issues des chaussées
- Protection contre le bruit
- Atténuation des chutes de pierre en réduisant le risque de détachement de ces dernières et en leur empêchant de prendre de la vitesse.

4. La végétalisation : quelles contraintes ?

Une analyse des contraintes rencontrées lors d'un projet de végétalisation est indispensable car elle permet dans un second temps, de définir les actions à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs retenus. Ces contraintes, très diverses, peuvent néanmoins être regroupées en 4 catégories :

- **Les contraintes réglementaires**

De nombreux textes législatifs encadrent les opérations de végétalisation et ont de fait des implications directes sur le choix des espèces, leur implantation ou encore sur les techniques d'entretien. Ils sont par conséquent à prendre en considération dès le début du projet.

- **Les contraintes géométriques**

Les possibilités concernant l'implantation du couvert végétal sont grandement liées à la géométrie des versants. En effet, cette dernière détermine l'intensité de l'érosion, et par conséquent, la difficulté d'ancrage de la végétation : plus la pente est forte et la ligne de pente longue, plus l'érosion est importante et plus l'implantation du couvert végétal sera complexe. Pour les cas critiques, il faudra choisir un mélange de graines constitué majoritairement d'espèces présentant à la fois un développement rapide de manière à fixer rapidement les sols mais aussi une pérennité faible pour permettre aux espèces plus lentes mais plus durable de s'installer.

Le relief et la topographie sont par ailleurs deux facteurs déterminants concernant la faisabilité technique de l'opération : en fonction de l'intensité de la pente et la facilité d'accès aux surfaces à végétaliser, le coût des techniques de préparation du terrain, d'ensemencement et des travaux d'entretien vont fortement varier.

- **Les contraintes de milieu**

Les contraintes environnementales exercées par le milieu vont être déterminantes dans le choix des espèces à planter. Ces contraintes découlent principalement de deux composantes du milieu naturel : le substrat et le climat.

►► **Les substrats**

Le substrat peut être défini comme la couche de matériau qui sert de support, de réservoir d'eau et de nourriture pour les végétaux. Dans le milieu naturel c'est le sol qui joue ce rôle. Son épaisseur et sa fertilité vont être très variables en fonction du type de milieu. Dans le cadre d'opérations de végétalisation, deux types de substrats doivent être considérés : les sols bruts et les substrats revêtus. Les sols bruts sont constitués par les différents horizons du sol ainsi que les couches géologiques sous-jacentes. Leur aptitude à être végétalisé va dépendre de nombreux paramètres : pente, texture (un sol fin est plus favorable à la germination des graines), structure (un sol fracturé et granuleux est plus favorable au développement racinaire), perméabilité et capacité de rétention de l'eau (un sol qui se draine trop vite ou au contraire pas assez va être défavorable à la végétation), pH ou encore la richesse en éléments nutritifs et matière organique. Procéder à des analyses physico-chimiques du sol peut donc être très utiles dans le cadre d'opération de végétalisation.

Les substrats revêtus sont les surfaces résultant des terrassements (sol but) qui ont été recouvertes par des matériaux différents du substratum. Ces matériaux peuvent être de différents types en fonction des besoins du sol : nappages de matériaux à texture fine ou grossière lorsque les sols sont respectivement à granulométrie trop importante ou trop fine (afin d'améliorer les possibilités d'enracinement), ou nappage de terre végétale (généralement un mélange d'horizons superficiels meubles) de qualité variable (valeur agronomique des horizons, condition de prélèvement et de stockage...).

Les sols en milieu montagnard sont, plus qu'ailleurs, très variables même s'ils restent globalement squelettiques, acides et peu évolués du fait des conditions climatiques extrêmes. La genèse de ces sols est très longue, la matière organique se dégrade très lentement et sont de fait peu épais et très sensibles à toute perturbation. Si la végétation est détruite lors des travaux, le sol n'est plus protégé et est soumis à des risques d'érosion accrus. En effet, les phénomènes de gel/dégel désagrègent les roches ce qui provoque des éboulements et l'eau/la neige gonfle les argiles qui deviennent fluides et coulent sur les pentes.

►► **Le climat**

Les paramètres climatiques vont avoir une forte influence sur les possibilités de végétalisation, que ce soit pour le choix des espèces ou pour la période d'intervention. Il faudra pour cela tenir compte du macro-climat (régional), du méso-climat (local) et surtout du microclimat (site).

Pour ce qui est du milieu montagnard par exemple, les contraintes sont principalement dues aux effets de l'altitude. En effet, le froid ralentit ou inhibe les fonctions vitales des êtres vivants. Les périodes de végétations sont donc fortement diminuées. L'exposition du site et son versant va également faire varier la température ambiante et la durée d'enneigement, influençant tous deux la période de végétation. A tout cela s'ajoute également le vent, qui accentue l'assèchement des pentes. Par ailleurs, la pression atmosphérique et la teneur en O₂ diminuent avec l'altitude. Par conséquent, l'air qui sera moins dense ne jouera pas le rôle de bouclier face au rayonnement solaire qui devient alors direct et intense.

La végétation doit donc être adaptée aux conditions climatiques extrêmes et à la fois paradoxales avec des précipitations importantes et de la sécheresse extrême.

►► **L'écologie des végétaux**

Une bonne connaissance de l'écologie des espèces et de leur association est nécessaire si l'on souhaite aboutir à un couvert végétal pérenne et stable. En effet, elle permet de choisir les végétaux les plus

adaptés au milieu et de prévoir leur évolution dans le temps. Pour cela, il est indispensable de prendre en compte : l'amplitude écologique, les facteurs limitants et l'adaptation au milieu des chaque espèce, les concurrences et compétitions, l'aire biogéographique, les génotypes/phénotypes ainsi que le dynamisme de la végétation.

➤ **Les contraintes techniques**

Comme cité précédemment, le relief et la pente, en rendant la zone facilement accessible et/ou praticable ou non, peuvent créer des contraintes techniques qui détermineront une part importante des coûts des travaux. Cependant, les techniques les plus adaptées à une situation ne sont pas toujours réalisables pour des questions de coûts et d'emploi du temps.

Par ailleurs, certaines techniques de végétalisation nécessitent de l'eau en grande quantité. Il est donc nécessaire de s'assurer de cette disponibilité sur le site ou à proximité pour le bon déroulement des opérations.

➤ **Les contraintes commerciales**

Ces contraintes découlent principalement du coût du matériel végétal, de leur production (quantité suffisante et homogène) et leur disponibilité sur le marché. Cette contrainte impose donc à l'aménageur d'anticiper au maximum l'opération de végétalisation et de veiller à sa compatibilité avec le calendrier des travaux.

5. La végétalisation : quelle solution ?

Selon les objectifs à atteindre et les contraintes identifiées, les méthodes techniques d'intervention seront différentes. Le processus de végétalisation sur un site peut se produire de deux manières, en fonction du degré d'implication de l'Homme : la non-intervention ou végétalisation dite "naturelle" et l'intervention avec la végétalisation dite "artificielle".

• **La non-intervention ou végétalisation dite "naturelle".**

La végétalisation naturelle consiste à ne pas introduire artificiellement d'espèces végétales sur le terrain à revégétaliser. Ce procédé repose ainsi sur les processus de sélection naturelle des plantes les plus adaptées au milieu. Avec une préparation du terrain adéquate et la mise en place d'une gestion adaptée, il est possible d'utiliser la non-intervention pour favoriser l'implantation d'espèces colonisant naturellement les substrats dénudés.

Cependant, ce processus de végétalisation ne peut être une solution que dans des cas exceptionnels :

- Lorsque la dynamique de la végétation environnante est suffisamment forte localement pour que ce "laisser faire" remplace efficacement l'intervention humaine
- Lorsque l'érosion des sols est très faible et l'aspect paysager n'est pas prioritaire
- Lorsque le support ne se prête pas à une recolonisation végétale
- Lorsqu'il n'existe pas de solutions techniques utilisant du matériel végétal

Comme chaque technique, celle-ci possède des avantages mais aussi ses limites. Ainsi, le tableau présenté ci-dessous résume les avantages et inconvénients de la végétalisation naturelle :

+	-
• Coût et temps de mise en œuvre plus faible car il n'y a pas besoin de s'approvisionner en plants / semences et donc de les planter • Sélection naturelle des plantes les plus adaptées au milieu • Participe à la conservation de la biodiversité à tous les niveaux (écosystémique, spécifique, phytocénotique ou génétique)	• Processus long • Pas applicable dans tous les cas de figure : ne peut pas être applicable lorsque le substrat ne peut rester à nu (érosion trop importante, espèces envahissantes, stabilisation rapide du substrat, contraintes d'aménagement spécifique)

• ***L'intervention ou végétalisation dite "artificielle"***

Contrairement à la végétalisation naturelle, la végétalisation artificielle fait intervenir l'Homme qui définit lui-même le couvert végétal du site et les espèces qu'il souhaite y implanter. Diverses techniques d'intervention peuvent être réalisées en fonction du couvert végétal souhaité et de l'objectif à atteindre.

Dans le cadre de la végétalisation artificielle, le matériel végétal provient d'une zone extérieure à celle des travaux. Ce dernier peut être directement récoltés sur d'autres sites ou achetés à des professionnels. L'achat de graines/mélanges à des semenciers est très apprécié par les aménageurs car il permet d'obtenir rapidement des semences en grande quantité et de bonne qualité technique tout en apportant des garanties sur les taux de germination et de pureté de semences. Ainsi, la majorité des opérations de végétalisation ont recours à des graines issues de zones géographiques différentes, en fonction de l'approvisionnement des semenciers.

La végétalisation artificielle a donc pour objectif de recouvrir rapidement les sols dénudés et de contribuer ainsi au maintien de la structure du sol, de répondre à une demande esthétique en contexte urbain et périurbain et de masquer les impacts d'aménagements sur le paysage.

Comme pour la végétalisation naturelle, le tableau présenté ci-dessous résume les avantages et inconvénients de la végétalisation artificielle :

+	-
• Processus rapide	• Coût et temps de mise en œuvre plus élevé (dépend également de la technique choisie) • Faible maintien à moyen et long terme • Effets néfastes sur la biodiversité locale possibles

II. Les éléments de réponse

1. La conception des projets d'aménagement

Les opérations de végétalisation ne peuvent être efficaces si les terrains à végétaliser sont hostiles à la végétation. C'est pourquoi ces dernières doivent être anticipées le plus possible afin que les terrains à végétaliser soient préparés à accueillir un couvert végétal dans des conditions optimales.

- **Reconnaissance du site et drainage profond**

Il convient en premier lieu de faire une reconnaissance précise du terrain, bien avant l'intervention des engins, afin d'identifier d'éventuelles zones humides et sources, même intermittentes. En effet, la présence d'eau en profondeur fragilise le terrain et compromet la réussite des opérations, c'est pourquoi elle doit être évacuée. Ce drainage en profondeur, avec des drains et exutoires adaptés, protégera ainsi les aménagements contre les risques de glissement et contre divers processus d'érosion plus ou moins profonds.

La reconnaissance du site doit se faire dans la mesure du possible au printemps, période à laquelle le niveau d'eau est le plus élevé, de manière à pouvoir observer la totalité des venues d'eau et évaluer les dimensions adaptées aux ouvrages nécessaires.

- **Matérialisation des accès au chantier**

Les aménagements en altitudes concernent généralement des espaces ouverts, propices à la divagation des engins de chantier pendant les travaux. Il est donc également important de créer des itinéraires particuliers pour permettre aux engins d'accéder aux différents points du chantier et ne pas impacter davantage, le milieu naturel.

Ce réseau doit s'intégrer le plus possible dans l'environnement du domaine skiable. S'il est nécessaire de couper les pistes, il convient de choisir les secteurs les moins pentus.

Ces pistes de circulation pourront être conservées après la réalisation des aménagements si elles doivent par la suite servir à son entretien estival ou hivernal. Ces accès pourront également être utilisés l'été pour différentes pratiques comme la randonnée ou le VTT, il faudra donc veiller à ce que la pente n'excède pas les 12 %.

Comme pour n'importe quel aménagement, il faudra veiller à leur drainage puis, en fin de chantier, à la végétalisation de la bande de roulement et des talus.

- **La géométrie des versants et talus**

Les terrassements, en modifiant l'inclinaison et la forme des versant, perturbent l'équilibre des terres et les écoulements hydrauliques. Une des premières conditions pour assurer la réussite d'une opération de végétalisation est donc le maintien de la stabilité des pentes. Cette dernière dépendant de la mécanique des sols et des roches, elle ne peut être obtenue par les végétaux. Il est donc inutile de végétaliser une pente qui n'a pas été stabilisée au préalable car la végétation risquerait d'être détruite par des glissements de terrain et coulée de boue.

En revanche, la mise en place d'un couvert végétal assurera la stabilisation superficielle de ces sols : fixation des particules susceptibles d'être emportées par les eaux de ruissellement, diminution de l'énergie des eaux de ruissellement sur les versants et talus, protection du sol de l'impact des gouttes de pluie et ralentissement de l'altération des roches.

2. La préparation des surfaces à végétaliser

a) Les travaux de préparation du sol avant végétalisation

Une fois le terrain à végétaliser stabilisé, il est nécessaire de préparer dans un second temps sa surface qui servira de support à la végétation et son substrat. Pour cela, diverses techniques sont envisageables.

- **La lutte contre le ruissellement superficiel**

Comme évoqué précédemment, la stabilité de l'ouvrage repose sur la connaissance et la maîtrise des écoulements hydrauliques. Il est donc aussi nécessaire de lutter contre le ruissellement superficiel en éliminant l'eau de surface par un drainage superficiel.

Pour cela, des revers d'eau doivent être créés en travers des pentes. Leur inclinaison ne doit pas excéder 4 % (risque d'érosion dans la rigole) et leur espacement sera fonction de la largeur et de la surface à drainer.

Il est également nécessaire de veiller à la modification des collecteurs et exutoires associés étant donné que ces ouvrages doivent permettre d'absorber ce surplus d'eau sans pour autant déplacer le risque d'érosion vers l'aval.

Ces revers seront progressivement effacés des sites lorsque la végétation installée absorbera une partie des précipitations répartira les écoulements entre ruissellement superficiel et eaux d'infiltration.

- **Le sous-solage**

Le sous solage est une méthode permettant de fissurer un terrain rocheux à l'aide d'un ripper lourd à une dent ou à l'explosif. Cette méthode reste peu utilisée et concerne principalement les aménagements de chaussée.

- **Le décompactage**

La réalisation de terrassements dans des sols argileux entraîne le compactage et le lissage des surfaces par les engins de terrassement. Ces surfaces deviennent ainsi impropres à recevoir des semis. Leur décompactage doit donc être réalisé très rapidement après les travaux. Il être réalisé de différentes manières : avec des griffes agricoles, à la dent du ripper ou même simplement en faisant évoluer un boueur à chenilles suivant les lignes de plus grande pente de façon à cranter la surface. Si le terrain comporte beaucoup de pierres et rochers, il est possible d'avoir recours à un épierrage ou à un broyage de ces derniers avant d'enherber.

- **Ramassage, ratissage ou concassage des pierres**

L'épierrage manuel a été pendant longtemps l'unique méthode permettant à la plante de coloniser un maximum de surface afin d'obtenir un couvert végétal le plus dense possible. Aujourd'hui cette technique est de plus en plus remplacée par l'emploi de concasseurs, plus rapides et moins coûteux que l'épierrage manuel.

Le concasseur présente d'autres avantages, notamment celui d'être moins exigeant sur la qualité de la terre végétale récupérée car il permet de pouvoir réutiliser une terre même fortement chargée en

Pierre. Cette technique permet aussi d'en utiliser moins car cette dernière est incorporée dans le substrat en place.

b) La préparation de la terre végétale

La dernière étape de la préparation du sol consiste à préparer la terre végétale qui servira de support et de ressource nutritive à la végétation. Pour intégrer au mieux les aménagements dans l'environnement, l'objectif est de recréer un substrat favorable à l'installation et au maintien de la végétalisation. Il est recommandé de chercher, dans un premier temps, à valoriser le sol en place avant de rapporter des matériaux exogènes.

C'est pourquoi, avant tous travaux de terrassement il est préconisé de récupérer la terre végétale naturellement présente, surtout en altitude où elle se fait rare. Si la terre végétale peut être prélevée du milieu naturel puis réutilisée, elle permet de s'affranchir des conditions écologiques parfois hostiles des milieux perturbés par les travaux.

S'il n'a pas été possible de récupérer la terre avant les travaux, des amendements existent et peuvent contribuer au succès des opérations de végétalisation s'ils sont bien choisis.

L'arbre de décision présenté ci-dessous illustre le raisonnement pouvant être suivi lors de la préparation des surfaces à végétaliser :



Source : Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans les projets d'aménagement, Rapport final, 2012

• **Le décapage et le stockage de la terre végétale**

Le décapage consiste à retirer la partie superficielle du sol, après l'avoir débarrassé de sa végétation. L'épaisseur de cette couche est variable selon les milieux, allant d'une trentaine de centimètres en plaine à quelques centimètres en altitude.

Le décapage doit être réalisé en dehors des périodes de précipitation. Au cours de cette opération, il faut veiller à ne pas contaminer la terre prélevée par incorporation de matériaux étrangers ou de

décaper en même temps les horizons sous-jacents qui ne sont pas de la terre végétale. Ainsi, de manière générale, on considère que le décapage se fait sur 30 cm maximum.

Il faut également s'assurer ne pas pousser la terre sur des distances trop importantes car des phénomènes de tassement la rendrait difficile à réutiliser.

En fonction de la nature des sols du milieu, de leurs caractéristiques et des aménagements souhaités, la terre décapée peut être conservée puis réutilisée ou non.

Il faut cependant être vigilant lors du stockage car la terre mal stockée se détériore très rapidement. Cette dégradation est principalement due à un manque d'oxygène causé par le tassement des sols. Ce manque d'oxygène empêche le maintien de la vie microbienne (en aérobie) et provoque la formation de substances toxiques issues de la décomposition anaérobie de la matière organique.

Afin de stocker la terre végétale dans les meilleures conditions, il faut donc veiller à déposer la terre en andains de moins de 2 m de hauteur, par déversement aux camions ou par retroussage, en évitant de faire circuler les engins sur ces tas. Pour un stockage de courte durée (moins de 6 mois), la hauteur du dépôt peut être égale à la hauteur de déversement des engins utilisés. Si la terre doit être conservée plus de 6 mois il est impératif de limiter les andains à une hauteur de 1.50 m maximum et à une largeur de 3 m. Il sera par la suite nécessaire d'ensemencer avec un mélange rustique de graminées et légumineuses.

- **Mise en place de la terre végétale**

Avant de réutiliser la terre, il faudra procéder à un décompactage de cette dernière, et si besoin, de l'enrichir avec des engrais adaptés afin de « rebooster » les fonctions biologiques du sol.

L'incorporation d'engrais est conseillée en cas de stockage long ou en tas de hauteur supérieure à 2 .00 mètres.

Il faut éviter de régaler la terre végétale sur une épaisseur trop importante, en particulier sur les talus de déblais car cela peut entraîner des problèmes de stabilité, parfois plusieurs années après l'enherbement (les racines ne descendent pas dans le substrat). Une épaisseur de 5 à 15 cm est l'idéal pour un enherbement de talus. Dans le cas de plantations, une épaisseur minimale de 15 cm est requise.

- **Les amendements**

Lorsque la terre végétale présente est pauvre en nutriments ou matière organique, et donc peu fertile, des amendements peuvent être utilisés afin de fertiliser les sols et augmenter le succès des opérations de végétalisation. Les amendements utilisés peuvent être de deux nature : calcaires ou organiques.

Ce sont essentiellement les amendements organiques qui intéressent la végétation en altitude.

» **Les amendements minéraux calcaires**

Ce sont des matériaux qui sont utilisés soit pour modifier la texture du sol "support" soit pour réaliser une alcalinisation des sols acides.

Ceux qui sont les plus couramment utilisés sont les éboulis et les déchets des carrières. Le nappage d'éboulis consiste à répandre, sur une surface particulièrement défavorable à l'implantation de la végétation (sol argileux ou sol rocailleux) une couche de granulométrie plus favorable à la végétation. D'autres d'amendements minéraux calcaires largement utilisés sont issus de produits commercialisés, répondant à des normes précises.

► **Les amendements organiques**

Les amendements organiques sont constitués de matières composées principalement de combinaisons carbonées d'origine végétale (compost), animal et végétal (fumier) voire même de boues d'épuration. L'objectif de l'amendement organique est d'assurer, en plus d'un apport de matière organique et certains minéraux, l'activation biologique des substrats.

Les amendements organiques s'incorporent dans les 20 à 30 premiers centimètres du sol mais ne doivent en aucun cas être introduits en profondeur.

• **La revalorisation des déchets**

Bien que la majorité des amendements réalisés soient des amendements organiques industriels (car généralement très concentrés), les opérations de végétalisation (y compris en altitude) se tournent de plus en plus vers des amendements organiques issus de la valorisation des déchets : les boues d'épuration.

Ces dernières peuvent être utilisées sous deux formes :

- Les boues maturées : boues issues d'un long stockage (2-3 ans) leur ayant fait perdre leur eau et se présentant sous forme d'un terreau facile à épandre. Cette maturation permet ainsi d'augmenter leur teneur en matière sèche et donc de les rendre plus concentrées.
- Les boues compostées : boues issues d'une décomposition aérobie des déchets grâce à des microorganismes, permettant à la matière organique de se transformer en humus et éléments minéraux. Cette transformation qualifiée de « thermophile », va libérer de la chaleur et ainsi permettre l'assèchement des boues, également sous forme d'un terreau et facilement épandable.

Bien qu'il s'agisse d'une bonne alternative, leur utilisation est réglementée et il est impératif de s'assurer qu'elles ne contiennent aucun métaux lourds, polluants, pesticides ou pathogènes avant leur utilisation.

• **Les engrais**

Après avoir réintroduit la terre végétale stockée ou utiliser des amendements ayant permis de modifier l'état structural du sol, il faut également apporter les nutriments nécessaires au bon développement des végétaux, surtout sur les sols pauvres comme en altitude.

Les engrais sont des matières fertilisantes dont la principale fonction est d'apporter aux plantes les éléments directement utiles à leur nutrition. La législation française n'autorise le nom d'engrais que pour un produit qui garantit un dosage de l'un des trois éléments fertilisants qu'elle reconnaît : azote, potassium et phosphore. Ces engrais peuvent être qualifiés d'organiques, s'ils proviennent de la transformation de déchets animaux ou végétaux ou d'engrais minéraux.

De manière générale on associe l'emploi des engrais minéraux pour l'apport d'azote indispensable à l'implantation des espèces et l'emploi des engrais organiques pour l'entretien à plus long terme.

En altitude, les processus d'érosion consécutifs aux remaniements des sols provoquent une forte diminution de leur fertilité. Il n'est donc pas rare de compenser ces pertes de matière organique et de nutriments. Toutefois, les fertilisants et plus particulièrement les engrais minéraux sont très sensibles au ruissellement superficiel. La fertilisation doit donc être raisonnée en fonction des conditions écologiques du site à ensemercer.

Après préparation du sol, il est impératif de toujours intervenir avant que l'hiver ne se passe afin de limiter l'érosion, la pousse de "mauvaises herbes" et le colmatage du sol.

III. Le choix du matériel végétal

Le choix des espèces à planter est primordial afin d'assurer la réussite et la pérennité des opérations de végétalisation. Il est fonction de l'objectif visé par l'opération et des caractéristiques du milieu.

Dans le cas spécifique des pistes de ski, les espèces végétales utilisées sont uniquement des herbacées car l'objectif est d'obtenir un couvert ras, dru et capable de retenir la neige. Cette couverture est aussi conçue pour s'opposer au processus d'érosion. Les espèces sont également choisies pour préparer le retour des espèces autochtones qui seront les seules à garantir l'intégration écologique et paysagère des sites aménagés.

Ces espèces doivent présenter une bonne capacité d'implantation sur des sols très pauvres. Elles doivent également présenter une bonne capacité à retenir le sol grâce à un enracinement profond et si possible une bonne capacité de multiplication naturelle afin de recouvrir rapidement le terrain. Face aux contraintes climatiques liées à l'altitude, les espèces doivent résister au froid, aux contrastes thermiques, et à une longue période d'enneigement. Les espèces composant la pelouse alpine sont adaptées : elles entrent en dormance lorsque le milieu devient hostile et sont protégées par la neige mais il n'en est pas de même des espèces commerciales qui seront utilisées pour la végétalisation à ces mêmes altitudes.

Dans la pratique, seules les graminées et légumineuses sont utilisées à grande échelle. Dans le commerce, deux principales sources d'approvisionnement sont disponibles pour la végétalisation des espaces dégradés : les espèces fourragères (graminées et légumineuses) et les espèces à gazon (graminées). Cependant, les espèces commercialisées ne constituent pas forcément le matériel végétal le mieux adapté.

Chacune d'entre elle fait l'objet d'une réglementation concernant son conditionnement et sa qualité qui se définit par :

- La faculté germinative ou taux de germination
- La pureté spécifique, exprimée en poids de l'espèce considérée
- Le dénombrement des espèces indésirables

IV. Les méthodes d'intervention

1. Les semis

L'ensemencement consiste à répandre sur le sol des graines de diverses espèces végétales. On distingue deux principales techniques d'ensemencement selon qu'elle soit mécanique ou manuelle. Ces méthodes peuvent également être accompagnées de la pose d'un géotextile biodégradable (tissé ou non), car il permet :

- De protéger les graines et le sol des processus de lessivage et d'érosion
- De favoriser un démarrage optimal de la végétation par le micro-effet de serre qu'ils engendrent et les capacités de rétention en eau qu'ils possèdent (maintien d'une humidité au sol favorable)

- D'accompagner le développement des végétaux à moyen terme en libérant au cours de leur décomposition des substances susceptibles de participer à la fertilisation du sol (rôle d'engrais)

- ***L'ensemencement mécanique***

La technique d'ensemencement la plus utilisée est l'ensemencement hydraulique, aussi appelée hydroseeding. Elle est utilisée lorsque les surfaces à ensemençer sont importantes (surfaces supérieures à 1 ha). La nécessité de réaliser rapidement l'ensemencement de grandes surfaces inaccessibles aux engins agricoles a motivé l'emploi de semoirs hydrauliques ou hydroseeders. Ces derniers sont constitués d'une cuve, munie à l'intérieur d'un malaxeur et d'une pompe actionnée par un moteur, le tout installé sur un camion ou une remorque tractée. Ils permettent, en utilisant l'eau comme support de projection, de pulvériser un mélange :

- D'eau à raison de 1L /m²
- De graines dont la densité varie en fonction du milieu et du nombre de passage
- D'un amendement organique à raison de 800 kg à 1 tonne /ha
- D'un engrais à raison de 60 à 80 unités d'azote /ha
- D'un fixateur à raison de 500 kg à 800 kg /ha, de fertilisant et de fixateur sous pression. L'eau étant utilisée comme support, cette technique permet l'épandage du semis en un seul passage.

Une variante de cette technique est l'hydromulching : la différence réside dans la composition du mélange auquel on ajoute un mulch (paille fixée au bitume) permettant de favoriser la germination et protéger les semences d'un éventuel lessivage et de l'érosion.

Un ensemencement hydraulique, à plus forte raison s'il est accompagné de la pose d'un géotextile au sol, peut se réaliser toute l'année, excepté par temps de gel et lorsqu'il existe une couverture neigeuse.

- ***L'ensemencement manuel***

Lorsque les surfaces à traiter sont faibles (< 1 ha), le semis manuel est plus économique. Dans certains cas particuliers, lorsque l'accès est difficile pour les engins d'ensemencement hydraulique, il s'agit de la seule technique possible. Cette méthode consiste simplement à épandre à la main les graines choisies. Il convient cependant de procéder par gestes croisés de façon à obtenir une bonne répartition de semences qui sont de poids différents et ainsi avoir à terme un couvert végétal homogène.

Le semis manuel doit dans la plupart des cas être protégé, soit par un géotextile soit par un paillage.

La paille présente les mêmes avantages que le géotextile mais reste plus contraignante dans son utilisation : risque d'envol, augmentation du rapport C/N, obstacle à la germination si quantité trop importante.

Dans le cas où un géotextile biodégradable est mis en place au sol, l'ensemencement intervient en principe en deux temps : avant la pose de ce dernier, puis après la pose avec les quantités restantes.

L'ensemencement manuel est peu coûteux mais la période de semis doit être judicieusement choisie, au cours de périodes très favorables (généralement au printemps ou à l'automne) lors desquelles la germination des graines sera rapide et l'ensemencement réalisé juste après la mise en place de la terre végétale car rarement réalisé avec des colloïdes favorisant son adhérence au sol.

- ***Les doses de semis***

La densité de graines utilisées pour les semis est fortement variable en fonction des contraintes environnementales du milieu, des espèces sélectionnées et de l'objectif visé.

Des densités de semis allant de 200 à 300 kg/ha étaient couramment employées jusqu'à ces dernières années mais des études et expérimentations ont permis de diminuer ces doses de moitié grâce à une

meilleure réflexion sur les choix d'espèces et leur adaptation au milieu. Ainsi, les densités moyennes d'ensemencement en fonction des objectifs poursuivis sont résumées dans le tableau suivant :

Objectifs	Densité (kg/ha)
● Intégration du substrat ● Choix d'espèces très spécialisées	< 50
● Cicatrisation du milieu ● Risques d'érosion réduits ● Colonisation arborescente souhaitée ● Choix d'espèces spécialisées	50
● Cicatrisation du milieu ● Risque d'érosion ● Colonisation spontanée souhaitée ● Mélange spécialisé	100 à 150
● Cicatrisation du milieu ● Risque d'érosion ● Mélange "commun"	150 à 200

1. Le transfert de foin vert

Le recours au transfert de foin vert, issu des prairies environnant le site à revégétaliser, est idéal pour recréer des prairies et des pelouses naturelles diversifiées. Elle permet de transférer de 60 à 95% des graines de la surface récoltée. Cette technique est particulièrement adaptée aux surfaces aménagées ou dégradées, peu pentues et situées à proximité de prairies de fauche. Le foin vert contient 0,5 à 2% de graines, le reste étant constitué de tiges et de feuilles. En ne collectant que les parties hautes des plantes, cette technique permet d'obtenir un matériel végétal pouvant contenir de 10 à 30% de semences. Les taux de germination observés en laboratoire, pour une période étalée sur un mois, varient de 40 à 80%. Cependant, en milieu naturel les conditions sont plus favorables à la levée de dormance des espèces au fil du temps. Le foin étendu sur le sol à revégétaliser le protège de l'érosion et des variations de température. Il favorise la germination des graines qu'il contient, comme celle des futures plantules. Une dose de semis de l'ordre de 40 kg/ha peut s'avérer suffisante même dans le cas de sols peu fertiles.

2. Les plantations

Différentes techniques de plantation sont envisageables pour la végétalisation de terrains dégradés. Parmi elles on retrouve principalement l'utilisation de jeunes plants forestiers, le bouturage et le fascinage.

● Plantation de ligneux et reboisement

Les plans forestiers sont des plans issus de semis de moins de 2 ans en provenance de peuplements classés et contrôlés par l'Administration. Seules les principales espèces forestières et de nombreux résineux sont disponibles sous cette forme.

Le choix de l'espèce est fondamental. Il convient de sélectionner celle qui va s'épanouir, en tenant compte du lieu, de l'altitude, du sol, de l'exposition et aussi du paysage environnant. Mais, il est fréquent d'aller encore plus loin dans l'expertise pour rechercher des espèces dites « remarquables », c'est-à-dire des sujets avec une typicité et une rusticité spécifiquement adaptée au contexte local.

La durée de stockage de ces plants doit être la plus courte possible. Leur faible prix de revient permet des plantations denses, nécessaires pour compenser les pertes dues à leur relative fragilité. Ainsi, les densités courantes sont de 1 à 2 arbres pour 10 m² et de 2 à 4 arbustes pour 10 m².

- **La transplantation**

À l'image de la transplantation de ligneux, la transplantation d'herbacées est également possible et présente un grand intérêt dans le cadre de la végétalisation de milieux humides. Des plants ou des parties entières de végétation avec leur substrat peuvent être ainsi transportées d'un site à un autre afin de favoriser le développement spontané de la végétation issue de ces plants. Cela peut être effectué à l'aide d'un simple godet ou bien avec l'usage d'engins plus sophistiqués permettant de découper des dalles de végétation d'un mètre sur deux (voire plus), avec un disque découpeur, puis de les sortir à l'aide d'un godet chargeur adapté.

- **Le bouturage**

Chez certaines espèces, des parties de la plante possèdent le pouvoir de reconstituer une plante à partir d'un fragment de pied mère. On appelle donc "bouture", un segment de branche d'espèce ligneuse ayant une forte capacité de rejet, que l'on met en terre et qui, par reproduction végétative, va former un réseau racinaire et de nouvelles branches.

Pour le reboisement et la stabilisation des talus et des berges de torrents en montagne, les techniques de bouturage sont fréquemment utilisées à l'étranger (Autriche et Suisse).

En France étaient très utilisées par les Services de Restauration des Terrains de Montagne (MAI) mais sont aujourd'hui en grande partie oubliées. Pourtant, cette technique est facile à mettre en place, peu coûteuse et fournit un matériel végétal bien adapté au milieu.

Cette technique est cependant à réserver aux milieux bien alimentés en eau (climat et sol) et seules certaines espèces peuvent être bouturées (aulnes, bouleaux, frêne, peuplier, saule, tremble...).

Les deux périodes de mise en place des boutures sont :

- Le début du printemps pour que la bouture fasse des racines et soit suffisamment résistante pour affronter l'hiver :
- L'automne mais il faudra veiller à ce que le gel ne soulève pas les brins en hiver. Il sera parfois nécessaire de les remettre en place à la fin de la période de gel.

Une variante de cette technique est le marcottage, un mode de multiplication végétale par lequel une tige aérienne est couchée au sol et maintenue en place de manière à obtenir une extension de son système racinaire et de ses parties aériennes.

- **Le fascinage**

Plusieurs techniques de stabilisation de pente faisant appel à du génie végétal ont été regroupés sous ce terme.

Le fascinage à proprement parlé fait appel à des piquets de bois morts ou vifs entre lesquels on tisse des branchages de saule, aulne ou autre et que l'on recouvre de matériaux terreux compactés. Ce système peut être complété par un lit de boutures placé sur la terre entre eux fascines.

La technique des “brosses vivantes” est employée sur fortes pentes. Elle utilise des végétaux bouturables couchés dans des gradins ouverts à partir du bas du versant. Les végétaux plantés avec cette technique présentent une grande résistance à l’arrachement.

Les haies et cordons est une autre technique très similaire aux brosses vivantes, à la différence qu’elle utilise des plants racinés et non plus des boutures.

Ces différentes techniques stabilisent les surfaces des talus mais ne résolvent pas les problèmes d’instabilité en profondeur. Elles font appel à de très grandes quantités de matériel végétal vivant qui doit être prélevé à proximité, et à une main d’œuvre qualifiée c’est pourquoi elles peuvent être très coûteuses. De fait, leur utilisation se limite généralement à des surfaces réduites ou pour résoudre des problèmes très particulier et délicats.

3. L’étrepage (ou déplacage/replacage)

La revégétalisation peut également prendre la forme de l’étrepage ou déplacage-replacage de mottes herbeuses reconditionnées. Le principe est simple : avant tous travaux, la couche supérieure du terrain (10 à 20 cm) sera enlevée à l’aide d’une pelle équipée d’un godet plat. À l’aide du godet plat, les mottes de terres herbeuses vont être minutieusement récupérées par plaque et vont être conservées sur des palettes en bois qui vont être placées, de préférence, dans une zone ombragée. Le stockage s’effectue en altitude, non loin du chantier, dans un lieu choisi au préalable par le maître d’ouvrage, souvent en concertation avec le maître d’œuvre.

Le stockage est une opération aussi délicate qu’importante tout comme leur entretien. Les mottes herbeuses doivent être arrosées quotidiennement afin d’éviter tout risque de sécheresse des plantes. Une fois les travaux terminés, les mottes sont replaquées une par une sur leur sol d’origine.

Cette technique est idéale pour conserver le biotope initial, il n’y a pas besoin de réengazonner, il suffit éventuellement de ré-amender le terrain s’il existe un manque de matière organique. Cette technique fonctionne bien et est adaptable aux larges surfaces. Moins rapide que l’hydroseeding, elle reste tout aussi efficace et à l’avantage que les résultats soient plus rapides. Cette technique est souvent utilisée lorsque l’on veut conserver un écosystème particulier ou une espèce particulière. Cependant, l’étrepage est plus cher qu’un simple engazonnement classique.

V. Les problématiques associées à la végétalisation

1. La question de l’agriculture

La végétalisation répond aux besoins des stations, certes, mais également à celle des agriculteurs. On ne peut pas dissocier la revégétalisation du pastoralisme. En effet, Les agriculteurs participent aussi à une certaine image que se font les touristes de la montagne : des alpages verdoyants où pâturent les troupeaux. De plus l’agriculture maintient une vie dans la station, une économie locale avec les produits du terroir.

Dans ce contexte, la revégétalisation a été l’objet d’un travail de « mise en compatibilité » avec l’activité pastorale au travers d’ajustements réciproques et d’adaptations techniques. En effet, les éleveurs ne perçoivent pas de manière négative les travaux de terrassements et de revégétalisation des pistes de ski. Nombre d’entre eux y voient une possibilité d’étendre leur zone de pâturage, de champs. La remise en herbe revêt une dimension importante pour la profession agricole.

Ainsi, depuis peu, les écologues réfléchissent à la possibilité d'utiliser les troupeaux pour optimiser le retour du couvert végétal, en faisant des animaux des « ingénieurs de l'écosystème », capables d'affecter le fonctionnement de l'écosystème en modifiant les structures physiques et chimiques du milieu (Jones et al. 1994). En effet, selon des travaux récents, menés notamment au Cemagref (Isselin-Nondedeu, 2005), le passage des troupeaux favoriserait la constitution de stocks de graines dans les sols notamment par le piégeage des graines dans les empreintes laissées par les sabots. Le pâturage stimulerait également l'activité des micro-organismes du sol et le cycle de l'azote (les fèces d'animaux agissant comme un fertilisant naturel), favorisant la reprise de la végétation sur des terrains peu fertiles. Le projet « Pastoralisme et revégétalisation » vise ainsi à évaluer les effets de la présence des troupeaux (chargement et date de passage) sur le recouvrement du sol et sur la diversité végétale et à savoir dans quelle mesure elle pourrait favoriser le retour de plantes autochtones. L'appétence des plantes pour les troupeaux a donc progressivement été prise en compte et a conduit à une légère modification du mélange utilisé pour supprimer certaines espèces non comestibles. Il faut toutefois que les bergers respectent une période de mise en défens de deux ou trois ans, qui est le temps nécessaire au terrain pour se stabiliser et aux plantes pour devenir moins fragiles.

2. Les impacts environnementaux de la végétalisation

Comme évoqué précédemment, les travaux de revégétalisation sont aujourd'hui essentiellement effectués par ensemencement à partir de mélanges de graines issues de la multiplication d'espèces non locales et peu diversifiées. C'est d'autant plus vrai dans les milieux montagnards où les conditions environnementales particulières ne permettent pas d'avoir recours à un très large choix dans les techniques de végétalisation. Ainsi, même si globalement les semences remplissent bien leur rôle vis-à-vis des enjeux de lutte contre l'érosion et de la restauration paysagère, ce n'est malheureusement pas le cas du point de vue écologique.

En effet, l'introduction d'espèces non indigènes peut provoquer de nombreuses altérations de l'écosystème local. Ces espèces, si elles parviennent à s'adapter au milieu, peuvent présenter un pouvoir colonisateur important empêchant d'une part les espèces locales de se développer et risquent d'autre part de se développer sur des zones où elles sont non désirées. De nombreuses conséquences peuvent alors en découler, que ce soit en termes de paysage ou au niveau spécifique. Au niveau paysager, une espèce n'appartenant pas au cortège d'espèces locales fait perdre au paysage sa spécificité et son identité : les mêmes végétaux se retrouvent dans tous les milieux, banalisant ainsi la diversité des végétations régionales. Comme évoqué précédemment, au niveau spécifique, les espèces non indigènes peuvent proliférer au détriment des espèces locales. Les zones humides restent les plus touchées car trop souvent remaniées, laissant ainsi des sols nus propices à la colonisation de ces espèces parfois envahissantes. Les végétaux possèdent également une bonne capacité de modification de leur génome. C'est ainsi qu'une espèce va pouvoir, dans certains cas, s'adapter rapidement à de nouvelles régions et de nouveaux milieux auxquels elle était étrangère et développer des capacités de colonisation. Contrairement aux animaux, l'hybridation entre des végétaux de génomes proches n'est pas rare. Bien souvent ces hybrides sont fertiles, pouvant ainsi se développer et parfois prendre la place de leurs parents autochtones s'ils s'avèrent être plus vigoureux que ces derniers. Ce changement peut alors avoir de fortes répercussions sur le reste de l'écosystème.

Cependant de nombreuses espèces ne peuvent s'adapter aux conditions écologiques d'un milieu particulier comme le milieu montagnard par exemple. En effet, de nombreuses plantes se développent mieux ou ont besoin de pousser et vivre avec des organismes symbiotes. Or, les espèces exogènes

semées ou transplantées manquent généralement de la communauté d'espèce nécessaire à leur bonne survie. Des différences régionales et locales de populations ectomycorhiziennes expliquent certains échecs ou succès spectaculaires de revégétalisation.

De fait, alors possible qu'à terme ces espèces disparaissent ou ne se développent tout simplement pas si elles sont implantées sous forme de graines. Ainsi, une végétalisation réalisée à partir d'un mélange de graines issues du commerce contiendra inévitablement des espèces peu adaptées au milieu et présentera d'une part, une faible pérennité du couvert végétal induisant un fort risque d'érosion des sols peu protégés, et d'autre part un risque pour les espèces locales.

3. Le végétal local, une alternative plus écologique pour la végétalisation ?

Face à ce constat, il devient impératif d'évoluer vers de nouvelles pratiques prenant mieux en compte les enjeux d'intégration du site dans le paysage, mais plus encore assurant la pérennité des espèces autochtones avec le rétablissement d'un écosystème proche de l'originel. C'est pourquoi des expérimentations sont menées depuis quelques années pour utiliser des semences d'origine locale, récoltées dans la zone géographique des espaces à revégétaliser et dans des milieux correspondant aux objectifs de revégétalisation. Ces plantes, récoltées dans leur zone bioclimatique, seront ainsi adaptées aux conditions de sol et de climat de leur milieu. Elles permettent également de favoriser la biodiversité locale en assurant un brassage génétique entre les souches autochtones et de fait maintient leur capacité d'évolution. Du point de vue paysager, un mélange d'espèce présentant une large gamme de floraison assure également le maintien de paysages diversifiés.

Un label "Végétal local" créé par l'Agence Française pour la biodiversité à vue le jour en 2015 et certifie que les semences et plants sont collectés en milieu naturel dans leur périmètre de région bioclimatique, parmi les 11 identifiés, et cultivés selon des techniques qui maximisent la biodiversité. A l'échelle régionale ou plus local, divers programmes ont été lancés, toujours dans cette optique : c'est le cas du programme Ecovars 3D dans les Pyrénées ou encore Sem' les Alpes dans les Alpes.

Le programme Sem' les Alpes qui a pris fin en 2018 a fait suite à deux programmes expérimentaux lancés en 2013 : Semences du Mont Blanc pour la récolte et la multiplication de semences, et Alp 'Grain pour la récolte et l'utilisation directe en mélange.

Dans le cadre du projet Alp 'Grain, la faisabilité d'une méthode qui consiste à récolter les graines locales par fauchage ou brossage et à les redéposer directement sur le terrain dégradé a été démontré. Le projet Sem' les Alpes a permis de mener une étude de marché afin de connaître la demande potentielle en semences, identifier les potentialités du marché et ainsi constituer un réseau de partenaires. Grâce à ces programmes, le Conservatoire Botanique National Alpin, partenaire du projet, a pu établir une liste d'espèces qui seraient les plus adaptées à une revégétalisation locale.

• Les techniques expérimentées

Différentes techniques de récoltes de graines et d'ensemencement ont ainsi été mises en pratique à travers ces programmes.

La récolte des graines peut s'effectuer en mélange puis les graines semées directement, ou en espèces pures où les graines sont mises en culture afin d'être multipliées par des professionnels puis vendues en mélanges, ou mélangées à des semences d'autres espèces et directement semées.

Lorsque des prairies ou pelouses écologiquement semblables à celles que l'on souhaite restaurer sont disponibles à proximité, il est possible d'y récolter les graines en mélange puis de les appliquer

directement sur la zone à restaurer. Différentes méthodes se sont développées afin d'optimiser la récolte et de disposer de semences adaptées aux sites à revégétaliser :

► **Le transfert de foin vert :**

L'herbe est fauchée à maturité des graines des principales graminées, juste avant le stade de dissémination, puis le foin porteur de graines est épandu sur la zone à restaurer, sur une épaisseur maximale de 2 cm. Le foin récolté doit être épandu rapidement après la fauche, si possible dans la même journée ou le lendemain. Il est également possible d'utiliser du foin sec, mais les graines sèches ont tendance à tomber et leur pouvoir germinatif diminue avec le temps, ce qui réduit l'efficacité de la méthode. La mise en œuvre de la méthode de transfert de foin vert a l'avantage d'être reproductible dans des contextes variés, mais nécessite de l'anticipation de la part de l'aménageur qui doit dans un premier temps identifier les prairies à faucher dont la première fauche pourra être retardée pour constituer un stock de graines, puis de planifier la récolte avec l'exploitant de la parcelle.

Le recours au transfert de foin vert, issu des prairies environnant le site à revégétaliser, est une solution très efficace. Cette technique est particulièrement adaptée aux surfaces aménagées ou dégradées, peu pentues et situées à proximité de prairies de fauche.

Cette technique est idéale pour recréer des prairies et des pelouses naturelles diversifiées car elle permet de transférer de 60 à 95% des graines de la surface récoltée.

► **La récolte de semences en mélange :**

Quand les graines ont atteint un stade optimal de maturité, celles-ci peuvent être récoltées avec des machines de type brosseuse, aspirateurs ou à la moissonneuse-batteuse. Les brosseuses et aspirateurs, qui ne récoltent que la semence et un faible volume de fragments de tiges et de feuilles, permettent de maintenir la ressource fourragère en place. La récolte doit néanmoins être différée par rapport aux dates habituelles, ce qui cause une légère réduction de production fourragère, de l'ordre de 14 % selon des essais réalisés en vallée d'Aoste. Les rendements et les productivités restent variables selon le type de machine utilisée et selon le site de collecte. Ce dernier doit être sélectionné en fonction de ses caractéristiques écologiques et de sa composition floristique.

► **L'utilisation des « fonds de grange » :**

Lors du stockage de foin en grange, les graines tombent et s'accumulent au sol. En balayant les fonds de grange, on obtient ainsi des mélanges grainiers. Le transfert de graines peut avoir lieu après plusieurs mois/ années de stockage, mais leur pouvoir germinatif diminue au cours du temps. Pour compenser la perte de germination, il est nécessaire de semer de grandes quantités de fonds de grange sur 2 cm d'épaisseur maximum.

• **Les retours d'expérience**

Afin de tester et améliorer ces différentes méthodes, 10 opérations de végétalisation ont été réalisées au cours de ce programmes qui ont dans la plupart des combinés plusieurs méthodes permettant ainsi de comparer leur efficacité.

- **Saint Léger les Mèlèzes** : cette opération a été réalisée à partir de foin vert, de foin sec, de mélange de semences locales et de boues d'épuration. Après un an, le couvert végétal se développe quel que soit la méthode utilisée mais est plus important pour le foin vert et le foin sec. La richesse spécifique des parcelles végétalisées est également plus importante avec ces deux méthodes ainsi que celles des boues d'épuration. Cependant avec cette dernière méthode

on remarque très peu d'espèces prairiales, les espèces cibles pour ce projet, contrairement à la méthode du foin vert. La revégétalisation avec du foin vert est donc ici une réussite tant du point de vue de la composition en espèces végétales que du rendu paysager.

- **Molines en Queyras** : cette opération a été réalisée à partir de foin vert et de mélange de semences pures et a nécessité la pose d'un géotextile en toile coco afin de maintenir les graines au sol (vents importants en haute altitude). La parcelle végétalisée par foin vert, présente un recouvrement de végétation plus important et une diversité très abondante un nombre d'espèces typiques de la zone de 94,4 %. Ce cas montre également qu'il est possible de végétaliser des terrains de hautes altitudes avec ces méthodes.
- **Courchevel** : cette opération a été réalisée à partir de foin vert uniquement mais le suivi porte sur cette zone et une deuxième zone habituellement semée avec des graines exogènes. La parcelle végétalisée au foin vert présente à la fois un meilleur couvert végétal mais également une meilleure richesse spécifique. Le foin vert apparaît donc une fois de plus comme une méthode adaptée.
- **Valjouffrey** : cette opération a été réalisée à partir de foin vert, de foin sec et de fond de grange. Le couvert végétal est plus important avec le foin vert, le foin sec et le fond de grange que sans semis. Les richesses spécifiques sont maximales avec le fond de grange mais le maximum d'espèces « cibles » prairiales sont obtenues avec la méthode de foin vert (58.5 %) contre 51 % pour le foin sec, 41.7 % pour le fond de grange et 34.6 % pour le témoin non semé. Le transfert de foin vert apparaît donc ici aussi comme la méthode la plus efficace pour reconstituer la prairie de fauche d'origine.
- **Site classé du Mont Blanc** : cette opération a été réalisée à partir d'un mélange spécifique de graminées et fabacées complété par 9 espèces de dicotylédones. Après deux périodes de végétation le couvert végétal reste faible mais tend à augmenter (28 % en 2016 et 40 % en 2017). Cependant, il s'agit d'un site au pied de glacier avec des conditions environnementales difficiles.
- **Blaitière** : cette opération a été réalisée à partir d'un mélange de 8 espèces. Un sur-semis a été réalisé mais la reprise du couvert végétal est largement visible.
- **Glières** : cette opération a été réalisée à partir d'un mélange spécifique, de semences récoltées sur place et de foin vert. L'évaluation effectuée en juillet 2017 met en évidence une très bonne reprise du couvert végétal (90 %) MAIS aucune comparaison entre les différents types de semis n'a été communiquée.
- **Seraussaix** : cette opération a été réalisée à partir de deux mélanges spécifiques : un mélange de type pelouse maigre (18 espèces) sur le haut de pente, et un mélange de type pâturage gras à tendance humide (21 espèces) sur le replat. De 2015 à 2018, une nette augmentation générale du taux de recouvrement de la végétation (+ 20 % environ) et de la richesse spécifique (+ 24 espèces) est observée. Parmi les espèces ensemencées, une seule n'a pas été retrouvée.
- **Trebentaz** : cette opération a été réalisée à partir d'un mélange spécifique. Le terrain étant situé en pente, dans une zone de rocaïlle sujette à de l'érosion ponctuelle, la densité de semis fixée est plutôt élevée pour ce type d'ensemencement : entre 7 et 10 g/m².

• **Conclusion**

Les chantiers réalisés au cours de ce programmes a démontré la faisabilité d'utiliser des semences locales pour une végétalisation optimale et ce, même sur des terrains présentant des conditions environnementales difficiles. Cela est dû au fait que semences locales sont plus adaptables (résistance aux conditions extrêmes à 2600m d'altitude) et donc plus efficaces (reprise de végétation rapide sur

les prairies de fauche de Valjouffrey). Dans le cas de semis de graines exogènes, certaines espèces disparaissent au bout de quelques années, ce qui diminue la couverture du sol à moyen et long terme et peut laisser la place à l'érosion, un enjeu particulièrement fort dans les Alpes avec la multiplication des aléas liés au changement climatique. Finalement, même si les trois méthodes se sont révélées être convaincantes, une d'entre elle a été particulièrement efficace : la méthode du foin vert. En effet, cette dernière semble répondre aux différentes attentes, que ce soit du point de vue du couvert végétal ou de la richesse spécifique. Étant une technique simple à réaliser, il pourrait être intéressant de réaliser d'autres chantiers et études sur cette pratique afin de l'optimiser au maximum.

VI. Débat et perspectives

1. Les limites de la végétalisation

Bien que la végétalisation soit aujourd'hui une étape incontournable des opérations d'aménagement, elle n'en reste pas moins une technique assez contraignante qui possède ses limites. La première est sa période restrictive de mise en œuvre. En effet, les techniques ayant recours à l'utilisation d'espèces ligneuses telles que le bouturage par exemple, doivent être mise en œuvre durant la période de repos de la végétation, soit entre la fin septembre et la mi-avril. De la même manière, les méthodes ayant recours aux graines doivent être effectuées durant les périodes favorables à la germination, soit à l'automne et au printemps. Chaque méthode possède donc son calendrier "optimal" ce qui peut compliquer la combinaison de techniques différentes. Cela nécessite également une grande anticipation de la part de l'aménageur qui doit s'assurer de la bonne compatibilité des opérations de végétalisation avec le calendrier des travaux.

Une autre limite vient du fait que l'efficacité des opérations de végétalisation n'est pas optimale dès sa mise en œuvre puisque la végétation met du temps à se développer. Ainsi, les ouvrages fraîchement réalisés ne pourront connaître une efficacité comparable à celle représentée par un développement végétal adapté après quelques mois, voire quelques années. Cela peut s'avérer être problématiques pour les travaux ayant un très fort impact paysager ou pour ceux qui nécessiteraient des résultats presque immédiats.

La végétalisation est aussi une opération exigeante en main d'œuvre ce qui peut limiter la volonté de leur utilisation. Or il est primordial d'avoir recours à des personnes dûment formées ainsi qu'à un encadrement scientifique et technique compétent et sérieux. Or, les entreprises et main d'œuvre qualifiées dans ce domaine sont peu nombreuses.

Selon l'échelle du milieu considéré et son contexte, le développement végétal peut nécessiter un entretien régulier. Cet entretien, parfois long et coûteux peut être un frein pour les gestionnaires.

Aussi, la végétalisation est très complexe et sa réussite dépend d'un grand nombre de facteurs :

- Conception : trop d'opérations sont réalisées sans réel "diagnostic" du terrain au préalable et les techniques préconisées ne sont que très peu détaillées en termes de modalités de réalisation et de choix des matériaux (y compris des végétaux).
- Méthode de réalisation : la mise en place d'opérations végétales fait appel à des savoirs faire et outillages spécialisés. L'emploi d'engins peu adaptés, une mauvaise préfabrication des structures (pieux, caissons...) et l'endommagement des végétaux durant leur transport ou manipulation peuvent amener à la faible réussite des opérations de végétalisation.
- Travaux préparatoires : les végétaux ont besoin de conditions environnementales adaptées pour se développer. De fait, il est primordial de s'assurer de la compatibilité du milieu et du

matériel végétal choisi et de préparer le terrain en amont afin de le rendre favorable à la végétation. Le travail du sol est bien qu'indispensable est trop souvent négligé. Une mauvaise préparation du terrain compromet donc toute opération de végétalisation.

- Période d'intervention : la réalisation des opérations de végétalisation doit impérativement se faire sur une période favorable à la reprise de la végétation. Cette dernière doit donc être adaptée au matériel végétal choisi.
- Connaissance des végétaux : le choix des espèces à utiliser dans le cadre d'opération de végétalisation est primordial pour assurer sa pérennité à long terme. La connaissance botanique de la part du personnel en charge de cette tâche est donc indispensable.
- Conditions de prélèvement et de manipulation des végétaux : les techniques de végétalisation ayant recours à du matériel vivant, il est primordial de suivre les règles de manipulation, que ce soit pour les phases de prélèvement, de transport, de stockage et de mise en place afin d'éviter tout risque de dessèchement ou d'endommagement des végétaux.
- Connaissances fondamentales d'écologie : en vue d'obtenir un taux de reprise optimal des végétaux, il est essentiel de respecter les relations entre les différentes composantes des milieux naturels comme le sol, l'eau, l'air et la lumière dans la conception des aménagements.
- Gestion des ouvrages et des végétaux : même si les choix de conception doivent chercher à limiter les opérations futures de soins et d'entretien des végétaux implantés, il existe des cas où l'absence de suivi de la part des entreprises mandataires durant les premières années après travaux serait la cause d'échecs.

2. Le végétal local, un projet réaliste ?

Bien que la question du végétal local et les expériences menées par le programme Sem' les Alpes semblent à priori prometteuses, certains points méritent réflexion.

Premièrement, la notion du "local" est à relativiser. En effet, si l'on se réfère au découpage réalisé par l'AFB, le territoire français est scindé en 11 régions biogéographiques seulement. Les différentes régions sont donc très larges et comprennent de fait des milieux très différents. Par exemple, la région "Alpes" comprends l'intégralité de la chaîne alpine. Or, des différences concernant les conditions environnementales et les espèces sont notables en fonction de si l'on se trouve dans les Alpes du Nord ou dans les Alpes du Sud. La question de la pollution génétique et de la concurrence reste donc présente, d'autant plus si ces espèces sont cultivées afin d'obtenir des semences. En effet, même si les plants d'origine proviennent du milieu naturel, une pression humaine a été réalisée de manière à sélectionner, comme dans les commerces, les espèces les plus faciles à cultiver et les individus les plus productifs. De la même manière, les semences issues du label "végétal local" sont certifiées, notamment au niveau du taux de germination des graines.

Un autre problème auquel se heurt cette initiative est celui de la quantité de production et du nombre de semencier. Si on prend l'exemple des Alpes, seulement trois semenciers possèdent la certification du végétal local sur toute la région. Or, même s'il a été estimé qu'avec des semences locales la densité de semis (en g/m²) pouvait être divisée par 2, se sont près de 80 tonnes de semences qu'il faudrait produire en se basant sur l'année 2016. Avec une préoccupation environnementale et écologique grandissante, la demande de semence a très probablement augmenté depuis 2016. Il apparaît donc difficile si ce n'est impossible, de produire une quantité de graines suffisante pour subvenir à l'intégralité des projets nécessitant une végétalisation dans les Alpes.

3. La revégétalisation, une opération encore critiquée

Les opérations de végétalisation sont souvent critiquées autour de la question de la réalité de leurs bienfaits environnementaux à cause :

- De la consommation d'énergie engendrée par ces opérations : "c'est vrai que dans le paysage, c'est plus joli, mais après il faut tout prendre en compte, pour savoir si écologiquement cela se justifie. Parce que revégétaliser des secteurs ça engendre beaucoup de consommation d'énergie. S'il faut consommer une quantité énorme de fioul pour mettre en place des machines qui vont éclater les pierres, ensuite monter des camions et des camions de terre végétale, pour gagner quelques tonnes d'herbes pour nourrir les animaux... » ⁶
- Des effets néfastes que pourrait avoir le compost utilisé : celui employé à l'Alpe d'Huez par exemple, provient de boues d'épuration afin de contribuer au développement durable. Or les éleveurs s'interrogent sur le fait que les animaux amenés à pâturer sur les zones enrichies par ce compost puissent subir des effets sanitaires dommageables : « Normalement les boues sont traitées. Donc elles ne sont normalement pas nocives pour les animaux mais bon. Ce ne sont pas des choses qu'on aime bien, voilà. Il y a eu un peu de débat, oui mais cela n'a pas été vraiment tranché au niveau des assurances sur la nocivité de ces boues. Mais la question reste quand même posée. » ⁷

4. Vers de nouvelles perspectives

Même si le programme Sem' les Alpes s'avère être à posteriori peu réaliste, il a néanmoins démontré l'efficacité de certaines techniques de végétalisation dans le cadre d'opération de végétalisation en altitude.

En effet, le transfert de foin vert s'est avéré être la technique la plus efficace parmi celles qui ont été expérimentées.

Etant donné que le foin utilisé provient de parcelles agricoles situées à proximité du site à revégétaliser, cette pratique ouvrirait sur des possibles collaborations avec les agriculteurs locaux. Cette entraide procurerait ainsi plusieurs avantages et bénéfices pour ces opérations : **A rédiger**

5. La végétalisation face au changement climatique

La végétalisation, déjà rendue complexe par les nombreux facteurs dont elle dépend, va rapidement être confrontée à une nouvelle problématique : le changement climatique.

Depuis les années 1980, des changements rapides du climats sont enregistrés à l'échelle mondiale : augmentation des températures, modifications du régime de précipitation, fréquence et intensité des phénomènes climatiques extrêmes et des catastrophes naturelles...

Cependant, ce phénomène croissant semble être encore plus rapide et plus intense dans le milieu montagnard. En effet, l'augmentation des températures conduit à la fonte des neiges et des glaces réfléchissant les rayons du soleil au profit des zones rocheuses plus sombres qui accumulent la chaleur. Le réchauffement climatique y est donc plus important.

^{6 - 7} Granjou, C., Gaucherand, S., & Chanteloup, E. (2010). *De la réparation à la restauration : La revégétalisation des pistes de ski à l'Alpe d'Huez*. Revue de géographie alpine, 98-3.

A l'échelle des Alpes par exemple, la hausse des températures au cours du XXème siècle (+2°C en moyenne) a été deux fois supérieure à celle enregistrée dans l'hémisphère nord ou même à l'échelle de la France (+1,4°C). Ce phénomène s'est intensifié depuis les années 80 avec une augmentation de +0,5°C en moyenne par décennie. (ATLAS Mont Blanc). La pluviométrie n'a en revanche pas montré de modèle global d'évolution mais tend à évoluer vers des différences marquées selon les régions : diminution des précipitations annuelles dans le sud des Alpes contre une augmentation des précipitations hivernales dans le nord des Alpes.

Cette hausse des températures couplée à un déficit des précipitations ont pour conséquence la remontée de la limite pluie/neige et une diminution des durées d'enneigement. Ainsi, la période d'enneigement pour le massif du Mont-Blanc a diminué de 25 jours environ entre les périodes 1964-75 et 2005-2015 pour une altitude comprise entre 1500 et 2500 m.

Cependant, la survie et le cycle de vie de nombreuses espèces dépendent également de ces facteurs climatiques. De fait, pour survivre à ces changements les espèces n'ont pas d'autres choix que de migrer pour suivre les conditions climatiques qui leur conviennent, ou bien de changer leur physiologie et comportement saisonnier pour s'adapter aux nouvelles conditions environnementales. Pour la végétation, cette hausse des températures et la fonte plus précoce du manteau neigeux permet d'une part, pour la majorité des espèces, un développement plus précoce et donc une saison de végétation plus longue mais rend également le milieu alpin plus favorable à la colonisation de nombreuses espèces. Dès lors, deux problèmes se posent :

Premièrement, lorsque le climat se réchauffe, les végétaux tendent à se déplacer en altitude. Il y a donc une colonisation des espaces qui étaient autrefois hostiles à la végétation. Cependant, du fait que les sommets des montagnes soient plus étroits que leurs bases, lorsque des espèces montent en altitude, elles occupent des zones généralement plus petites, ont des populations plus réduites et par conséquent deviennent plus vulnérables aux pressions génétiques et environnementales. Cela pourrait donc affecter grandement l'abondance et la survie des espèces endémiques dont les aires de répartition naturelle sont déjà confinées aux hautes altitudes. Par exemple, pour la renoncule des glaciers, une espèce adaptée aux conditions extrêmes, on estime qu'en 2100 il faudra monter de 1200 m pour retrouver les conditions favorables à l'espèce ce qui impliquera une perte de 70% des surfaces disponibles pour cette dernière. Parallèlement, les zones aujourd'hui occupées par ces espèces endémiques deviennent aussi propice au développement d'autres espèces. En effet, on retrouve aujourd'hui dans de nombreuses régions montagnardes deux fois plus d'espèces qu'au siècle dernier. Il y a donc une perte de la biodiversité locale au profit d'espèces plus concurrentielles qui pourraient à terme remplacer les espèces montagnardes. La montée en altitude des espèces d'altitude n'est donc pas durable à long terme. Une étude, menée par une collaboration européenne impliquant Wilfried Thuillier, chercheur au LECA, montre que cette migration en altitude n'est pas aussi simple que cela car elle dépend de nombreux facteurs : aires favorables aux espèces, capacité de dispersion de ces mêmes espèces... Ainsi, d'après leur modèle testé sur 150 espèces de haute montagne, d'ici la fin du siècle ces plantes auront perdu de 57 à 66 % de leur occupation actuelle en fonction de leur aptitude de dispersion. Cette étude va plus loin en démontrant que cette perte de surface n'affecterait pas les espèces de manière égale : les espèces alpines seraient plus affectées que les espèces subalpines et d'autant plus si elles sont endémiques de la zone. Finalement, cette étude pointe le fait que les modèles de prévision actuels ne sont pas réalistes car ne prennent pas en compte un assez grand nombre de facteurs, et que si l'on se base sur leur nouveau modèle, les pertes seraient plus importantes que celles attendues.

Deuxièmement, toutes les espèces n'ont pas les mêmes exigences environnementales et ne réagiront pas de la même manière à ces changements. De fait, des déplacements auront lieu en fonction du besoin de chaque espèce et de sa capacité de dispersion mais non pas de l'écosystème dans sa globalité. À terme, les associations d'espèces pourront donc être modifiées et les écosystèmes désynchronisés.

Les phénomènes engendrés par le changement climatique, en affectant la végétation locale, affecteront indéniablement les opérations de végétalisation. En effet, la répartition des espèces et leur richesse sera différente. De ce fait, le choix des espèces qui seront utilisées devra tenir compte des nouvelles conditions environnementales du milieu et des végétaux les plus adaptés mais devra également anticiper au maximum l'évolution future du milieu.

VII. Bibliographie

- Adam, P., France, & Ministère de l'écologie et du développement durable. (2008). *Le génie végétal : Un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques*.
- Carlson, B. (s. d.). *Understanding spatial patterns of diversity and productivity in alpine plant communities : Application of high-resolution imagery in the French Alps*. 232.
- Carlson, B. Z., Corona, M. C., Dentant, C., Bonet, R., Thuiller, W., & Choler, P. (2017). Observed long-term greening of alpine vegetation—A case study in the French Alps. *Environmental Research Letters*,
- Chaix, C., Dodier, H., & Nettiér, B. (s. d.). *Une production du réseau Alpes Sentinelles*. 25.
- Chatain, M., & Payany, M. (1994). *La végétation, outil d'aménagement : guide technique*. SETRA.
- CREA Mont-Blanc. (2019). *Le changement climatique et ses impacts dans les Alpes*. ATLAS Mont-Blanc.
- Dinger, F. (1997). *Végétalisation des espaces dégradés en altitude*. Cemagref.
- Dinger, F., & Bédécarrats, A. (s. d.). *Rapport final de recherche*. 56.
- Dullinger, S., Gatttringer, A., Thuiller, W., Moser, D., Zimmermann, N. E., Guisan, A., Willner, W., Plutzer, C., Leitner, M., Mang, T., Caccianiga, M., Dirnböck, T., Ertl, S., Fischer, A., Lenoir, J., Svenning, J.-C., Psomas, A., Schmatz, D. R., Silc, U., ... Hülber, K. (2012). Extinction debt of high-mountain plants under twenty-first-century climate change. *Nature Climate Change*, 619-622.
- Duveau. (2017, décembre 18). *Les Rencontres de l'AFB - Semer et planter local : Un défi pour la biodiversité*
- Granjou, C., Gaucherand, S., & Chanteloup, E. (2010). *De la réparation à la restauration : La revégétalisation des pistes de ski à l'Alpe d'Huez*. *Revue de géographie alpine*, 98-3.
- Haubner, E. (2002). *Le changement climatique et les Alpes*. 12.
- Huc, S. (2019). *Pourquoi, comment revégétaliser ? Choisir des semences locales*. 35.
- Id, H. (s. d.). *Les techniques de réhabilitation des domaines skiables*. 9.
- La reconquête des pistes de ski par des espèces natives*. (s. d.). 9.
- Labonne, S. (2018). *Forêts de montagne et changement climatique : Impacts et adaptation*. 7.

Rixen, C., & Freppaz, M. (s. d.). *Winter sports : The influence of ski piste construction and management on soil and plant characteristics*. 3.

Yoccoz, N. G., Delestrade, A., & Loison, A. (2011). Impact of climatic change on alpine ecosystems : Inference and prediction. *Revue de géographie alpine*, 98-4.

III. Conclusion Générale

A l'heure du bilan, je dirai en tout premier lieu que ce stage réalisé au sein du bureau KARUM a été une expérience très formatrice, qui m'a permis de mettre en pratique et exploiter les savoirs que j'ai pu acquérir au cours de mon parcours universitaire. Cette première expérience au sein d'un bureau d'étude et dans le domaine de l'écologie, m'a ainsi permis d'être confrontée à la réalité du milieu professionnel propre à ce domaine, mais aussi d'en tirer des points positifs comme des points négatifs, qui orienteront indéniablement mon avenir professionnel.

1. Atouts du stage

Le premier atout de ce stage était à mon sens la diversité des missions qui m'ont été confiées. En effet, j'ai pu traiter de sujets variés (qui restaient malgré tout en lien les uns avec les autres) et alterner entre le travail de bureau et de terrain. Ce changement de dynamique au cours de ces trois mois a ainsi rendu mon travail moins redondant et plus stimulant. Cette alternance entre le travail de terrain et de bureau m'a aussi permis d'expérimenter et d'observer différentes missions pouvant être réalisées par les chargés d'études et de fait, connaître la pratique réelle de cette profession au sein d'un bureau d'étude.

Le fait d'avoir pu participer à des inventaires à la fois floristiques et faunistiques a également contribué à cette dynamique de stage. Les protocoles étant différents selon les espèces ciblées, j'ai pu appliquer des méthodologies diversifiées mais aussi bénéficier des connaissances et de l'expérience des différents écologues que j'ai accompagnés.

Aussi, réaliser ces inventaires dans le cadre de projet divers implique également de travailler dans des milieux et habitats différents possédant chacun leurs spécificités. Ainsi, même si la méthodologie générale est identique, ce n'est pas le cas du travail effectué puisque les espèces rencontrées diffèrent entre les projets et des adaptations dues aux contraintes du milieu sont souvent nécessaires. Il y a donc toujours de quoi améliorer ses connaissances et compétences sur chacun des terrains. Ce dernier point constitue un autre atout de ce stage et de ce métier de manière générale.

Le fait d'avoir pu travailler en totale autonomie (hors travail de terrain) s'est finalement révélé être un autre point positif du stage, même si cela a été déroutant les premières semaines. En effet, étant assez scolaire, j'apprécie généralement lorsque le travail est cadré et suivi régulièrement ce qui n'a pas été le cas car mon maître de stage était surchargé de travail. Néanmoins, cela m'a donné une certaine liberté dans le choix de mon organisation de travail et dans la méthodologie à suivre pour arriver à l'objectif fixé par mon maître de stage. M. SEAUVE était également très ouvert quant au rendu de mon travail, ce qui m'a permis d'être libre de choisir sa forme et d'émettre des propositions, suggestions ou pistes d'amélioration pour la continuité de mon travail après le stage.

Finalement, j'ai beaucoup apprécié les missions que m'ont confié KARUM et la chronologie dans laquelle elles ont été réalisées car chacune d'entre elle apportait des connaissances essentielles à la mission suivante : la réalisation des fiches pour les mesures ERC m'a permis de lire de nombreuses études d'impact, de comprendre leur fonctionnement et leur déroulé puis de me familiariser avec les différentes mesures environnementales qui pouvaient être employées et dans quelle situation. Cette première documentation m'a permis d'être plus efficace sur le terrain puisque je savais pour quelle phase du projet les inventaires avaient lieu et quels étaient leurs objectifs (diagnostic environnemental dont dépendra le choix des mesures ERC à mettre en œuvre ou au contraire un suivi de l'efficacité de ces mesures). La végétalisation faisant partie des mesures de réduction et de compensation, ces déplacements *in situ* m'ont à leur tour permis de me rendre compte de la réalité du terrain et des contraintes exercées par le milieu impactant indéniablement la faisabilité ou non de certaines techniques. Cela m'a donc permis *in fine* de pouvoir prendre du recul pour la rédaction de ma note de synthèse.

2. Limite du stage

Paradoxalement, certains atouts se sont révélés être aussi des limites de ce stage. En effet, le fait de prospecter à la fois pour la faune et la flore m'a certes permis de diversifier mon travail mais ne m'a en revanche pas permis de me "spécialiser" dans un domaine. Or, cela peut être un critère de sélection dans la suite de mon projet professionnel. De même, le fait de suivre de nombreux projets à différentes étapes a été très enrichissant mais je n'ai pas pu suivre un même projet dans son intégralité. Cependant, ce dernier point est presque impossible à mettre en œuvre dans le cadre d'un stage puisque la mise en œuvre d'un projet peut prendre plusieurs années (commande, diagnostic écologique et début des travaux). De même pour le suivi après travaux qui s'effectue généralement sur plusieurs années.

Toujours en lien avec les prospections de terrain, le fait de ne pas avoir pu analyser les données récoltées lors des inventaires constitue à mon sens une autre limite de ce stage. En effet, il est assez frustrant de n'avoir aucun retour sur le travail qui a été réalisé et dont dépend la suite d'un projet. Cela m'aurait également permis de pouvoir utiliser d'autres logiciels de traitement et acquérir (ou du moins améliorer) d'autres compétences.

Par ailleurs, le travail de terrain peut s'avérer contraignant pour plusieurs raisons. Premièrement, sa planification est difficile puisqu'il dépend des conditions météorologiques qui sont peu prévisibles à l'avance. Il faut donc être en mesure de rebondir rapidement et d'organiser son travail autrement en cas d'imprévu. Deuxièmement, les horaires de travail sont également variables et peuvent aller de six heures du matin à 18h selon les espèces ciblées. Les journées sont donc longues et fatigantes.

Une autre limite de ce stage se trouve dans les difficultés que j'ai pu rencontrer durant ma première mission lors de la catégorisation des mesures environnementales. En effet, dans certains cas une même mesure relève soit de l'évitement soit de la réduction, la distinction entre les deux étant très subtile et difficile à appréhender pour quelqu'un qui n'a pas beaucoup d'expérience dans ce domaine. Il s'est également avéré que cette distinction faisait souvent polémique entre les autorités environnementales, qui ont une vision « théorique » et idéaliste de la mesure en question, et les professionnels du bureau KARUM, plus pragmatiques, pouvant affirmer ou infirmer l'efficacité et la faisabilité de certaines mesures par rapport aux expériences de terrain. Bien évidemment en cas de doute je me suis directement référée à mon maître de stage afin que nous puissions émettre nos avis respectifs et trancher.

3. Compétences acquises

Ces trois mois de stage m'ont beaucoup apporté, que ce soit sur le plan professionnel ou sur le plan personnel.

Sur ce premier point, il m'a d'abord permis d'approfondir mes connaissances générales en écologie, et plus particulièrement de développer celles liées à la botanique et au droit de l'environnement, deux thématiques que j'ai étudié au cours de mon cursus universitaire et que j'ai pu mettre à profit lors de ce stage. Mes différentes missions m'ont également permis d'en acquérir de nouvelles, que ce soit dans la conduite de projet, dans la mise en œuvre de mesures environnementales ou en faunistique, d'autres thématiques abordées dans mon parcours mais pour lesquelles mes connaissances étaient très limitées et plutôt théorique.

Souhaitant exercer dans le secteur de l'écologie, il était indispensable pour moi de renforcer mes connaissances naturalistes. En effet, étant issue d'une école assez généraliste mes savoirs sont certainement moins pointus que ceux d'autres jeunes issus de cursus plus spécialisés, ce qui peut être désavantageux pour la suite de mon parcours professionnel.

En termes de compétences techniques, j'ai pu grâce aux prospections de terrain, apprendre de nouvelles méthodes d'échantillonnage en faunistique et à utiliser les tablettes de terrain ainsi que les applications qui leur sont propre. Avec ces nouvelles compétences (faunistiques) et celles que j'ai pu acquérir au cours de mes études (botanique, bureautique et traitement de données) je suis désormais polyvalente, ce qui peut être un avantage non négligeable pour mon avenir. J'ai également eu la chance de pouvoir évoluer dans le milieu particulier qu'est la montagne, un milieu que je côtoie depuis mon enfance et dans lequel j'aimerais me spécialiser. Cette expérience m'ouvre donc aussi de nouvelles perspectives pour mon avenir professionnel.

Sur le plan personnel, ce stage m'a permis de prendre de l'assurance et confiance en mes capacités. Grâce à cela j'ai été en mesure de faire mes propres choix et de proposer des idées ou pistes d'amélioration à l'entreprise pour les travaux auxquels j'ai participé. J'ai également pu améliorer mon sens de l'organisation avec les sorties sur le terrain et mon adaptation puisque ces dernières ne dépendaient pas que de moi, mais également des écologues qui avaient de nombreux projets à gérer ainsi que de la météo bien évidemment. Travailler en binôme a également été une opportunité de m'ouvrir aux autres et de développer mon esprit d'équipe ainsi que mon sens du relationnel.

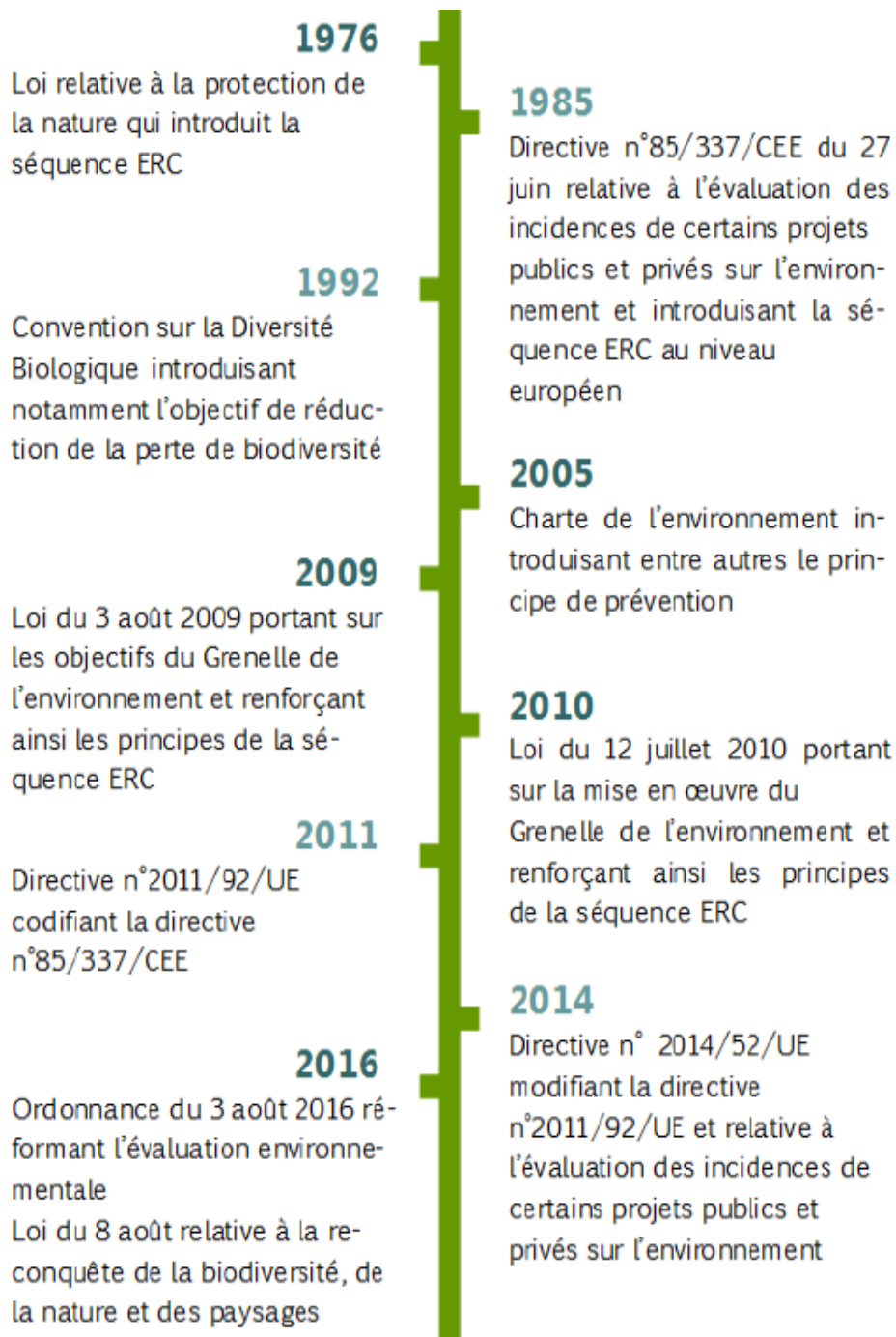
Finalement, ce stage n'a fait que renforcer l'attrait que j'ai pour le domaine naturaliste, surtout lorsqu'il touche au milieu montagnard. Il a également confirmé mon projet professionnel et ma volonté d'exercer dans un bureau d'étude spécialisé en écologie tel que KARUM. Cependant, un travail de bureau uniquement ne me conviendrait pas. Je sais désormais qu'il est primordial pour moi de trouver un poste où je serais également amenée à prospecter sur le terrain.

IV. Bibliographie

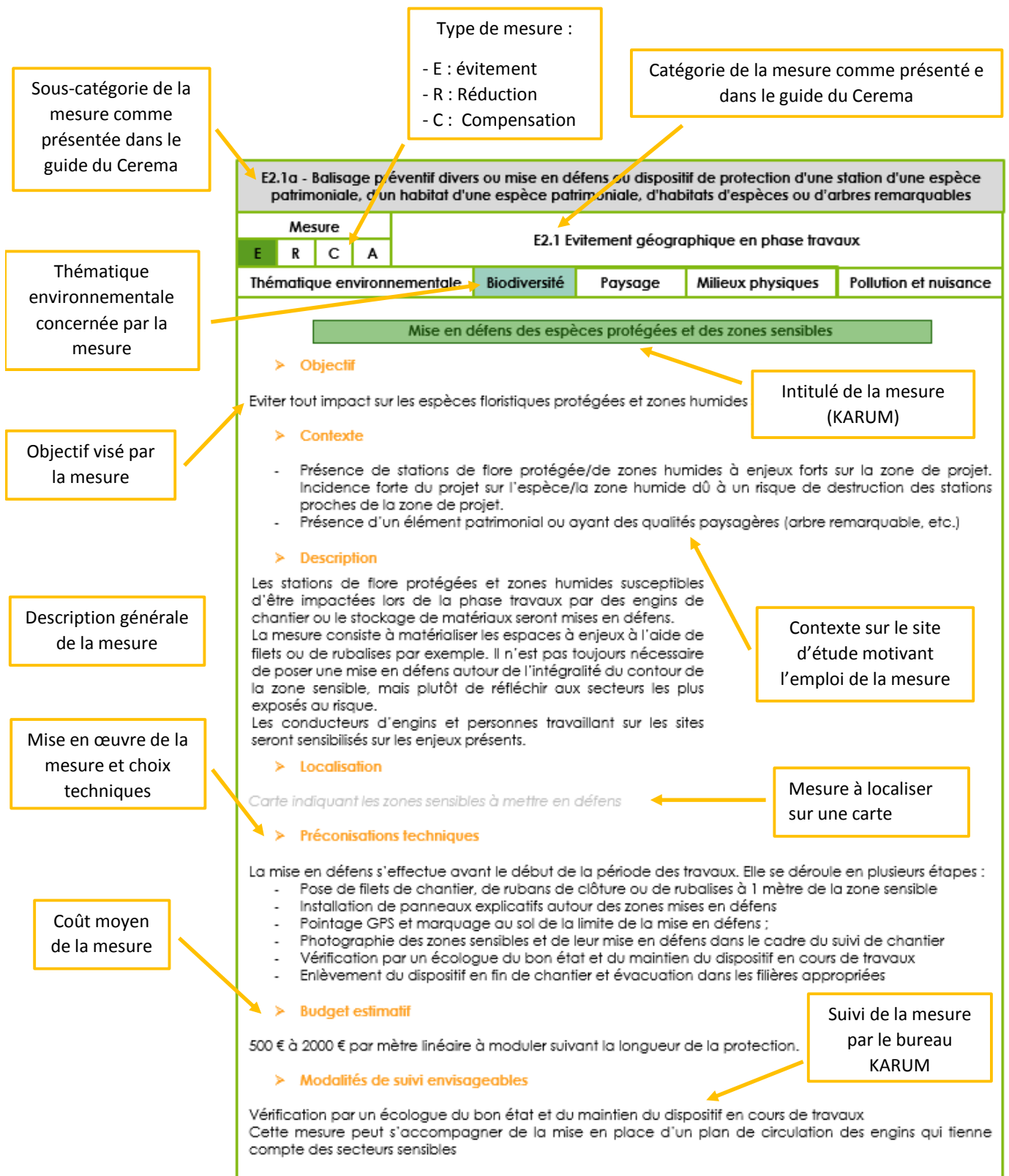
- Commissariat général au développement durable. (2017). *La séquence « éviter, réduire et compenser », un dispositif consolidé*. Ministère de la transition écologique, 4.
- Commissariat général au développement durable. (2018). *Évaluation environnementale—Guide d'aide à la définition des mesures ERC*. Ministère de la transition écologique, 134.
- Granjou, C., Gaucherand, S., & Chanteloup, E. (2010). *De la réparation à la restauration : La revégétalisation des pistes de ski à l'Alpe d'Huez*. *Revue de géographie alpine*, 98-3.
- Ministère de l'Environnement. *Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature*. Journal officiel de la république française, n°4203 du 13 juillet 1976

V. Annexes

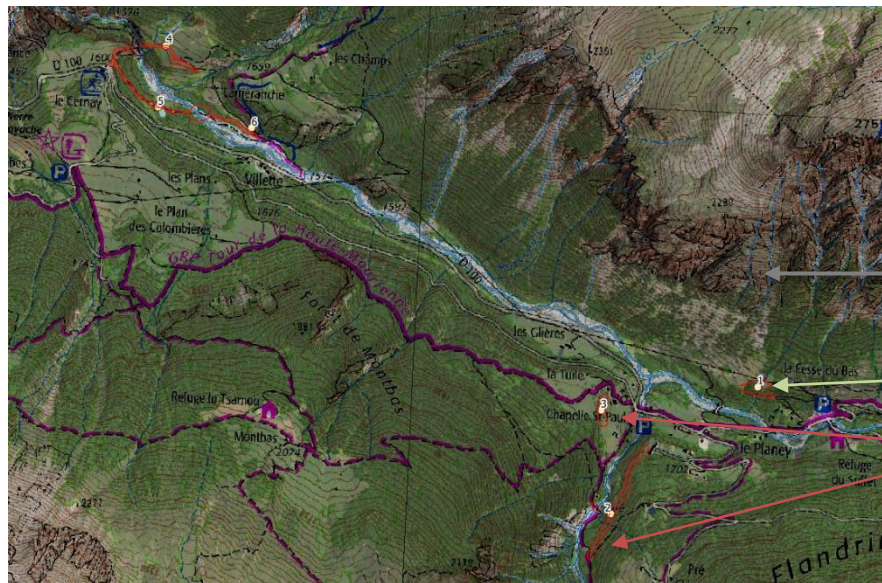
Annexe 1 : Chronologie des principales évolutions réglementaires liées à la séquence ERC (La séquence « éviter, réduire et compenser », un dispositif consolidé, 2017)



Annexe 2 : Fiche expliquant le modèle employé pour le catalogue des mesures ERC



**Annexe 3 : Exemple de cartes destinées au travail de terrain
(réalisées sur QGIS)**

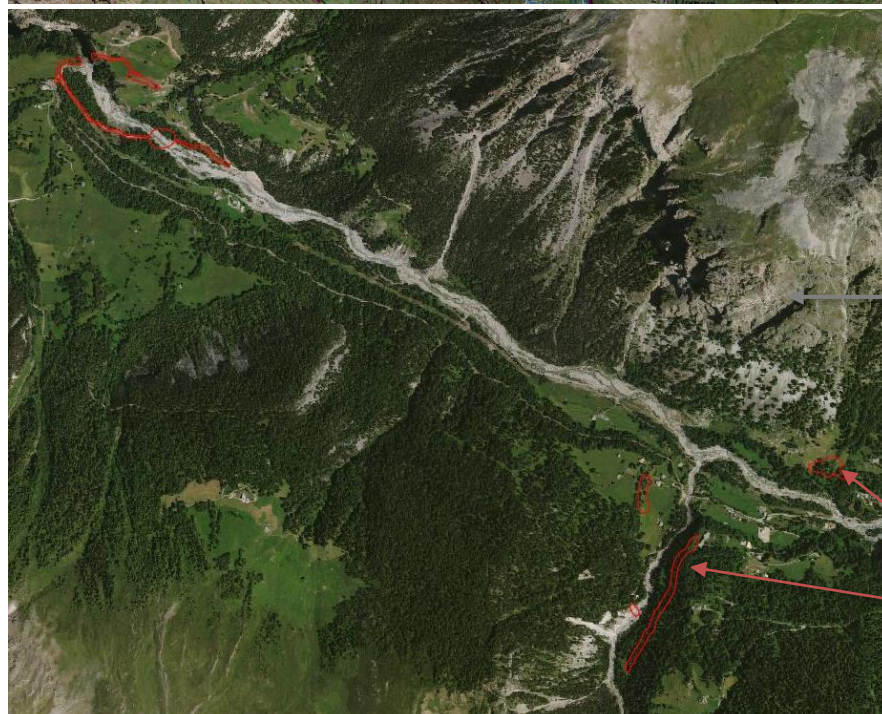


**Carte destinée aux
prospections faunistiques**

Fond : Carte IGN (Scan25)

Point d'écoute avifaune (IPA)

Zones à prospecter



**Carte destinée aux
prospections floristiques**

Fond : Orthophoto

Zones à prospecter



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Camille Gagniere
UIT
2019-2020

Mise en œuvre des mesures environnementales dans les travaux d'aménagement des domaines skiables

Ce stage réalisé au sein du bureau d'étude KARUM avait pour objectif l'étude et la mise en pratique de mesures environnementales définies par les principes de la séquence Eviter – Réduire – Compenser. Pour l'atteindre, trois missions m'ont été confiées : une étude réglementaire de cette séquence avec la classification des différentes mesures environnementales, des prospections naturalistes en vue de leur mise en place ou de leur suivi ainsi qu'une analyse ciblée sur une des mesures les plus couramment utilisées, la végétalisation.

A travers ce stage, j'ai ainsi pu évoluer auprès de différents écologues et bénéficier de leurs expériences pour compléter ma formation et m'orienter pour mon projet professionnel.

Mots Clés : Projet - Environnement - Paysage - Règlementation

KARUM ACTIONS NATURE :
350 route de la Bétaz 73390 Chamoux-sur-Gelon

Tuteur entreprise :
Philippe Seauve
Cogérant

Tuteur académique :
Séraphine Grellier