

comment reconstituer la flore en montagne pyrénéenne?

UN GUIDE TECHNIQUE
DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE



Pyrégraine
de NÉOU

Comment reconstituer la flore en montagne pyrénéenne ?

UN GUIDE TECHNIQUE
DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

Pyrégraine
de NÉOU



Préambule

Les gestionnaires et aménageurs de l'espace montagnard se sont toujours préoccupés de la pérennité des terrassements en altitude avec des attentes et des réponses variables. Le développement du génie végétal se fit d'abord avec des moyens locaux, les graines des prairies de fauche environnantes, puis à partir des semences du commerce lorsque les surfaces à réhabiliter ont été plus conséquentes.

Ces semences commerciales, génétiquement pauvres et rarement adaptées au contexte climatique de la haute montagne, ne garantissent pas la réussite technique et sont sources de perturbations écologiques. Peu pérennes dans le temps, les plantes disparaissent après quelques hivers. Elles laissent les zones aménagées exposées à l'érosion car l'utilisation de fertilisants minéraux peut s'avérer défavorable à la recolonisation des sites par des espèces locales.

Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées et les acteurs de l'aménagement en Pyrénées, partenaires du programme Ecovars, ont développé une approche basée sur la préservation et la valorisation de la biodiversité : utiliser

des espèces locales, adaptées aux sites aménagés, écologiquement à leur place, pour recoloniser les zones perturbées. Un travail novateur, partenarial, a permis d'intégrer les attentes de chacun, les connaissances pratiques et scientifiques, en expérimentant, en échangeant, en essayant.

Grace à des projets locaux à l'échelle de leur territoire, les partenaires gestionnaires de terrains aménagés ont développé des techniques, des méthodes et obtenus des résultats, tant sur la revégétalisation que sur la manière de travailler ensemble dans ce domaine. Les services de l'État et des Collectivités, garants des politiques de gestion et d'aménagement de l'espace, et de conservation de la biodiversité, ont pris leur part à cette démarche multi-acteurs, qui fait toute sa force.

Les guides techniques de restauration écologique **Comment reconstituer la flore en montagne pyrénéenne ?** et **Comment multiplier des semences sauvages pyrénéennes ?** permettent aujourd'hui de partager plus largement les acquis du programme Ecovars, exemplaire à l'échelle du massif des Pyrénées.

Jacques Brune, Président

Gérard Largier, Directeur

Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées

Sommaire

Préambule	P 5
Préserver le sol et restituer au couvert végétal tout son caractère pyrénéen	P 8
1. Biodiversité et sol, les interventions préalables	P 13
Fiche 1 Cartographie de la biodiversité et des sites à préserver avant les travaux	P 14
Fiche 2 Analyse des conditions écologiques du milieu à ensemercer	P 18
Fiche 3 Organiser la circulation des engins	P 20
Fiche 4 Reconstitution des horizons du sol	P 22
Fiche 5 Aménagements mécaniques contre l'érosion	P 24
Fiche 6 Préparation du substrat avant ensemencement	P 26
2. La récolte de plantes et de semences en milieu naturel	P 29
Fiche 7 Transplantation de touffes de végétaux	P 30
Fiche 8 Détermination des sites et des modes de récolte	P 32
Fiche 9 Transfert de foin vert	P 34
Fiche 10 Récolte des semences avec une « brosseuse »	P 40
Fiche 11 Récolte des semences avec une moissonneuse-batteuse	P 45
Les techniques de récolte en résumé	P 50
3. Les semis et leur fertilisation, la protection du couvert végétal	P 52
Des semences indigènes récoltées en milieu naturel, adaptées ; économes et durables	P 54
Fiche 12 Constitution des mélanges de semences	P 60
Fiche 13 Ajustement de la fertilisation organique	P 65
Fiche 14 Protection des semis par des matériaux fixateurs	P 67
Fiche 15 Organisation des travaux pour des semis à l'automne	P 70
Fiche 16 Semis à l'hydroseeder, au semoir mécanique ou à la main	P 71
Fiche 17 Mise en défens des surfaces revégétalisées	P 74
Fiche 18 Suivi et évaluation de chantier après réception	P 76
Fiche 19 Communiquer sur les opérations de revégétalisation	P 78
4. Les semences sauvages des Pyrénées utilisables pour une revégétalisation	P 81
Avoine des montagnes	P 82
Brize moyenne	P 84
Canche flexueuse	P 86
Féтуque de Gautier	P 88
Féтуque noirâtre	P 90
Pâturin alpin	P 92
Anthyllide des Pyrénées	P 94
Lotier alpin	P 96
Trèfle alpin	P 98

Achillée millefeuille	P 100
Chardon fausse carline	P 102
Plantain lancéolé	P 104
Glossaire	P 106
Bibliographie	P 109
Comment multiplier des semences pyrénéennes de revégétalisation? Un guide technique de restauration écologique	P 114
Le programme Ecovars de restauration écologique des pelouses d'altitude	P 116



Préserver le sol et restituer au couvert végétal tout son caractère pyrénéen

Aux étages subalpin et alpin, les communautés végétales sont confrontées à des conditions écologiques sévères : des températures basses avec des amplitudes très marquées, une forte insolation, des vents asséchants, un enneigement persistant, des sols pauvres, parfois squelettiques (peu épais). Les sols sont une interface primordiale pour la vie végétale mais, en altitude, ils sont fragiles : leur évolution est freinée par le froid et par une érosion constante. Dans ces conditions, les terrassements mécanisés et la circulation de véhicules provoquent très souvent :

- une déstructuration du sol et une exposition des fractions fines et de la matière organique à l'érosion hydrique et éolienne,
- une chute de la production de matière organique végétale, source d'énergie indispensable au maintien de la fertilité du sol,
- une réduction de la porosité du sol et de sa richesse en micro-organismes et en mycorhizes,

limitant l'efficacité du recyclage des nutriments (diminution des surfaces explorées par les racines, faible décomposition de la matière organique, absorption des nutriments dans des molécules complexes du sol et/ou entraînement par l'eau en profondeur, perte d'efficacité du système dans le recyclage des nutriments),

- une perte de la capacité du sol à stocker l'eau et les nutriments, induisant parfois la disparition de toute forme de vie.

Chaque terrassement en montagne peut ainsi dégrader fortement les sols et les habitats naturels. Après perturbation, les pelouses naturelles d'altitude ont besoin de temps pour retrouver un équilibre. Dans les Alpes, on estime qu'il leur faut 30 à 40 ans. Dans certains cas, les dynamiques de colonisation végétale peuvent prendre plus de temps.

La revégétalisation confrontée aux contraintes de la montagne

Beaucoup d'efforts sont déployés pour restaurer les sols et les couverts végétaux. Mais bien souvent les travaux réalisés ne permettent pas de reconstituer les propriétés bio-physico-chimiques des sols. Et faute de semences indigènes des Pyrénées sur le marché, l'essentiel des revégétalisations est réalisé avec du matériel végétal d'origine lointaine. Ces plantes ne sont pas adaptées aux conditions extrêmes de la montagne et révèlent très vite leurs insuffisances :

- une faible pérennité des couverts végétaux semés ;
- la nécessité d'apporter d'importantes doses de semis et de fertilisation ;
- un risque d'hybridation et de compétition avec la flore locale induisant une modification des communautés végétales et une artificialisation

des paysages.

Les techniques courantes de revégétalisation ne permettent donc pas la formation de couverts végétaux aussi denses et pérennes que ceux qui existent dans un milieu naturel non perturbé. La différence de recouvrement du sol est particulièrement marquée sur les sites d'altitude fortement exposés à l'érosion. Le peu de terre fine et de matière organique des sols remaniés est alors emporté par les eaux de ruissellement, réduisant ainsi les possibilités de colonisation par les végétaux. Ces processus d'érosion ne permettent pas de reconstituer rapidement les habitats naturels et les paysages. Ils peuvent entraîner des coûts élevés suite à la dégradation des aménagements réalisés sur site, ou dans des zones situées en aval.





Pour une revégétalisation écologique, avec des semences sauvages des Pyrénées

L'utilisation de semences sauvages pyrénéennes est un des facteurs déterminants de la réussite des travaux de revégétalisation. Elles sont mieux adaptées aux conditions des milieux montagnards (climat, géomorphologie, sols).

D'un point de vue écologique, leur ensemencement contribue notamment à :

- former des couverts végétaux pérennes et diversifiés,
- reconstituer des interactions entre les plantes et les micro-organismes et la faune des sols (amélioration des propriétés physico-chimiques des sols et du recyclage des nutriments),
- créer une communauté végétale dont le fonctionnement est proche de celui des habitats naturels qui ont été perturbés,
- conserver la flore locale en limitant les risques d'hybridation et de compétition liés à l'introduction de plantes exogènes.

D'un point de vue économique, l'utilisation de plantes d'origine locale permet de :

- réduire les besoins en semences et fertilisations,
- mieux conserver la neige grâce aux couverts végétaux,
- limiter les dégâts de l'érosion sur les aménagements situés à l'aval,
- conserver les paysages de montagne et leur caractère attractif.



Un guide pour reconstituer la flore et les milieux naturel perturbés

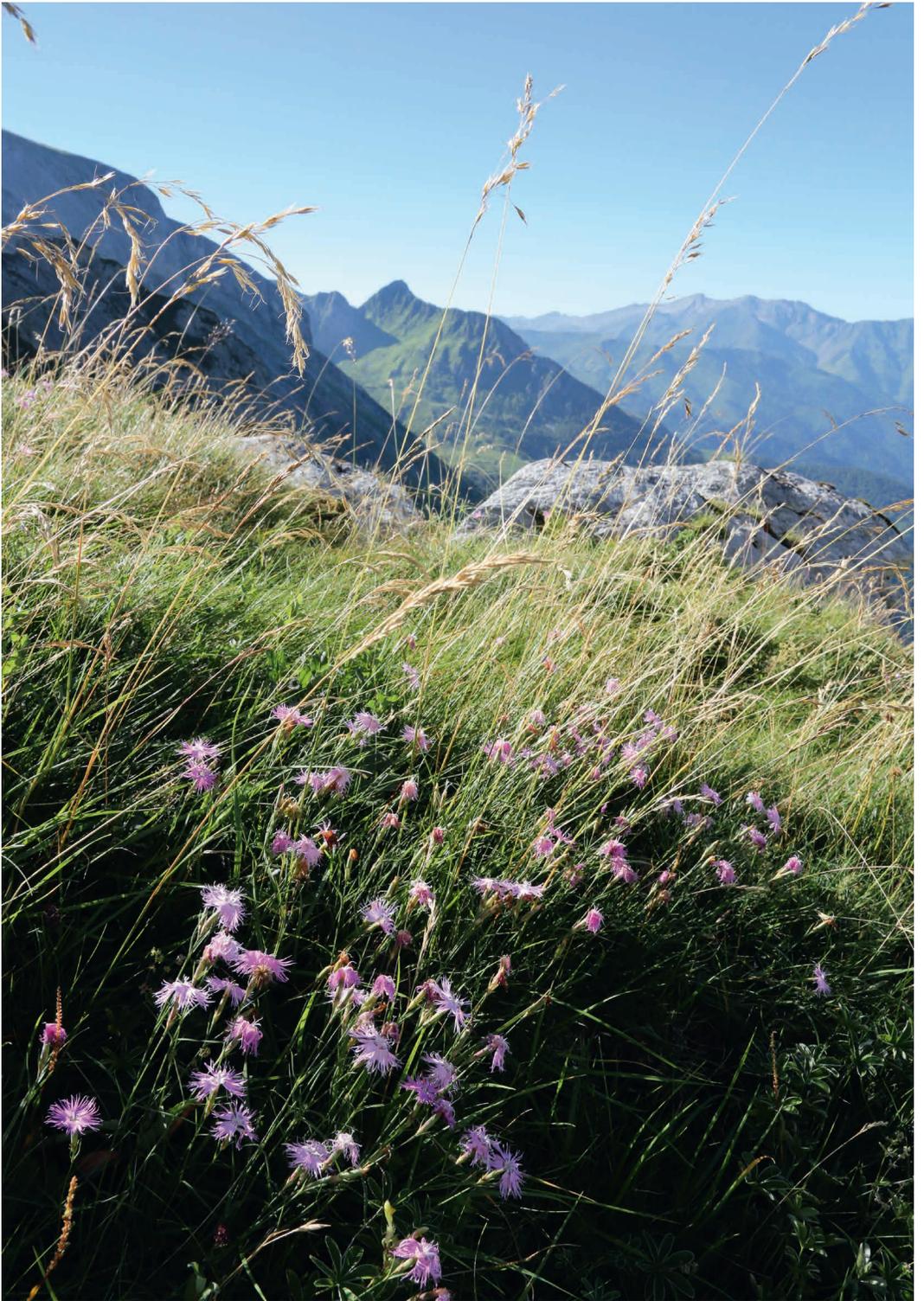
Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées accompagne depuis 2000 les aménageurs en montagne dans la mise en œuvre de techniques de préparation des sols et de revégétalisation écologiques. De 2005 à 2013, les projets Ecovars 2 et Ecovars +, financés par les Régions Midi-Pyrénées, Aquitaine et Languedoc-Roussillon, l'État et l'Union Européenne, ont permis de renforcer des dynamiques territoriales progressivement orientées vers des pratiques de restauration écologique basées sur l'utilisation de semences d'origine pyrénéenne.

Ce présent guide a pour objectif d'aider les gestionnaires d'aménagement à reconstituer la flore et les milieux naturels perturbés. Il présente un ensemble

de techniques d'ingénierie écologique à mettre en œuvre du début à la fin du projet de revégétalisation. Il a été conçu en 3 parties traitant :

- des préalables à l'aménagement : diagnostics environnementaux avant le chantier, conduite des travaux de terrassement, reconstitution des sols et préparation du substrat à ensemercer,
- de la collecte de semences sauvages pyrénéennes,
- des techniques de revégétalisation.

Sources et références utiles : Aradottir [2012], Dutoit [2012], Dinger [1997, 2001], Haselwandter [1997], Krautzer *et al* [2006], Malaval [2008], Ozenda [1994 et 2002], Salomon [2007], Urbanska [1988, 1997]



1 | Biodiversité et sol, les interventions préalables

Altitudes, reliefs, socles géologiques, sols et pratiques d'élevage, dans toute leur diversité montagnarde, sont à l'origine de mosaïques d'écosystèmes (ou habitats naturels) parfois dans des périmètres restreints. Un état des lieux des conditions écologiques des sites, et leur analyse, doivent donc être réalisés afin de définir des aménagements compatibles avec la préservation des milieux naturels sensibles et le maintien des équilibres agro-sylvo-pastoraux. Pour assurer le succès des opérations de revégétalisation, une attention particulière doit être accordée à l'évaluation des caractéristiques du sol. Ce paramètre renseigne sur son aptitude à être colonisé par les végétaux. Après un terrassement, les couches de roche et de terre doivent être repositionnées à l'identique, dans le même ordre et, si possible, dans les mêmes proportions. Le fonction-

nement géochimique et l'activité biologique du sol seront ainsi relancés.

Une attention particulière doit aussi être portée à la couche superficielle d'humus : elle est très fertile mais elle est aussi très fragile. Cette couche contient une importante banque de graines et de propagules végétatifs (boutures, rejets, stolons...), réservoir de plantes locales adaptées à une restauration rapide du site aménagé. De plus, la terre végétale comporte de nombreux micro-organismes ; leur activité est indispensable au maintien de la fertilité du sol et au développement des plantes. Les méthodes et les outils utilisés pour la conservation de cette couche superficielle, son stockage et sa réutilisation, déterminent largement la réussite des opérations de revégétalisation.

Sources : Chambers (1997), Peratoner (2006), Salomon (2007)

Inventorier les enjeux environnementaux et pastoraux avant de concevoir les aménagements.

Plutôt que de « réparer » un milieu naturel touché par des aménagements, il est préférable de réunir en amont des travaux toutes les connaissances disponibles, pour les exploiter dans le but de préserver les espèces et les habitats naturels visés par une réglementation ou un enjeu. De même, les effets de ces aménagements sur les pratiques pastorales doivent être envisagés de manière à maintenir les équilibres agro-sylvo-pastoraux de la montagne. Ces réflexions peuvent conduire à penser autrement les investissements à réaliser.

Les données sur les milieux naturels et le pastoralisme existent mais elles ne sont pas suffisamment exploitées par les acteurs de la montagne (aménagement, pastoralisme, tourisme...). Obtenues à partir de méthodes non comparables, disponibles dans des formats disparates, elles sont rarement prises en compte pour la planification des aménagements. Le renforcement des connaissances et leur synthèse sont des priorités.

INTÉRÊTS

Les chantiers en montagne ont un coût. Lorsqu'ils concernent des zones à fort intérêt écologique, ces coûts sont plus élevés car les mesures à mettre en œuvre afin d'éviter, réduire et compenser les dégradations environnementales générées sont plus nombreuses. Les effets des aménagements sur les parcours et la gestion des troupeaux doivent aussi être pris en compte pour privilégier les options peu préjudiciables aux activités pastorales. Disposer des données nécessaires et se mettre en situation de les exploiter est d'autant plus profitable.

En améliorant les connaissances naturalistes, on permet une identification des sites naturels sensibles et leur hiérarchisation : enjeu réglementaire, environnemental important ou à considérer. La réalisation des diagnostics pastoraux permet de localiser les sites clés utilisés par les gestionnaires des estives et leurs troupeaux. Ces études sur les milieux naturels et les pratiques pasto-

rales à un instant donné, pourront aussi servir à analyser les effets des aménagements réalisés sur les dynamiques des agro-écosystèmes de montagne.

CONDITIONS OPTIMALES

Ce travail est facilité lorsque des données existantes sont déjà rassemblées. Les inventaires floristiques et faunistiques récents peuvent être valorisés.

Les protocoles d'inventaire doivent être précisément définis pour automatiser la classification des enjeux environnementaux. En règle générale, un diagnostic environnemental est d'autant plus pertinent que l'intérêt écologique du site est marqué et que les données d'inventaire existantes sont incomplètes. Les sites constitués d'une faible diversité d'habitats naturels sont plus simples à inventorier.

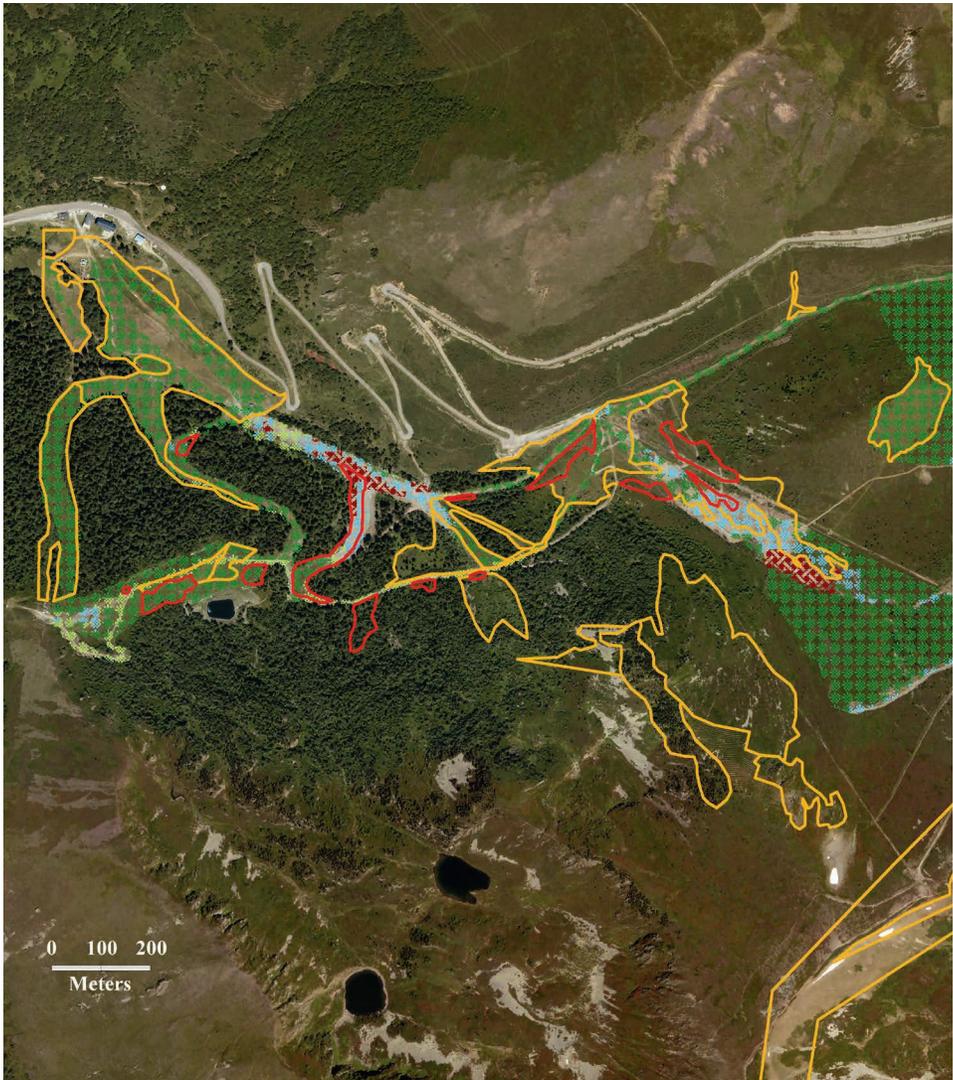
Ce travail nécessite de faire appel à des structures compétentes pour ces études spécifiques.

Recouvrement du sol (%)

-  75 - 100 %
-  50 - 75 %
-  25 - 50 %
-  0 - 25 %

Enjeux environnementaux

-  Enjeux réglementaires
-  Enjeux importants



Les domaines skiables des vallées d'Ax se sont dotés d'un système d'information géographique pour identifier les zones à enjeux et de d'adapter leurs aménagements en fonction de la biodiversité existante.

La mobilisation de personnes disposant d'une connaissance approfondie des milieux naturels ou des pratiques pastorales locales permet d'améliorer la qualité des données collectées.

Equipements et informations nécessaires

La structure ou la personne responsable de l'étude peut s'appuyer sur diverses sources d'information :

- cartes au 25/000^e (IGN), orthophotos (IGN), cartes des habitats naturels et des espèces de la directive habitats dans les sites Natura 2000, cartes des ZNIEFF, cartes géologiques et topologiques ;
- données d'inventaires de la flore, des habitats naturels et de la faune ;
- outils d'identification des habitats naturels ;
- listes des plantes protégées au niveau national, régional ou départemental : arrêtés ministériels concernant les espèces végétales protégées sur le territoire national (20 janvier 1982), en Aquitaine (8 mars 2012), en Midi-Pyrénées (30 décembre 2004) et en Languedoc-Roussillon (29 octobre 1997) ;
- liste rouge des espèces menacées en France et listes régionales ;
- diagnostics pastoraux de la zone étudiée ;
- outils d'identification des espèces (guides, flores), dont le guide des espèces protégées en Midi-Pyrénées du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées ;

La réalisation de ces études nécessite un :

- GPS et appareil photographique ;
- ordinateur et logiciel de cartographie.

MISE EN ŒUVRE

Le gestionnaire du chantier doit faire appel à une ou des structures compétentes pour ces études spécifiques. Il est conseillé de suivre les étapes suivantes :

Collecte des informations déjà disponibles

- rassembler les informations environnementales disponibles relatives à la zone d'étude (données d'inventaires en zone ZNIEFF ou Natura 2000, inventaires flore, habitats naturels et faune disponibles dans les Conservatoires botaniques, à l'Office national des forêts (ONF) et dans les bureaux d'études dans le cadre d'études d'impact) ;
- rassembler les informations pastorales disponibles pour une zone d'étude ;
- rassembler les images disponibles relatives à la zone d'étude (cartes au 25/000^{ème} (IGN), orthophotos (IGN), images satellites à haute résolution) ;

Définition d'une méthodologie d'inventaire complémentaire :

- définir une méthodologie d'inventaire et de traitement des données qui permettra de délimiter des zones naturelles en fonction de leur enjeu environnemental. Il est conseillé de délimiter 3 grands type de zones (**enjeu réglementaire** : zone comportant des populations d'espèces protégées et leurs habitats, habitats d'intérêt communautaire prioritaires (étude d'incidence à faire). Les données de présence de la faune protégée devront être analysées afin de bien délimiter les biotopes dans lesquels les espèces vivent ; **enjeu important** : zone incluant des espèces des Listes rouges et déterminantes, des habitats d'intérêt communautaire non prioritaires ou des zones humides ; **enjeu à considérer** : zones situées sur le réseau hydrographique, zones sensibles au niveau paysager (front de neige notamment), zones d'érosion intense et zones de crêtes ;
- identifier tous les habitats naturels de la zone d'étude (unités minimum d'échantillonnage de 25 000 m²) en utilisant une typologie phytosociologique. Le niveau de classification des habitats naturels utilisé sera au moins celui de l'alliance (cf. Corine biotopes manual et typologie EUNIS) ;
- inventorier les habitats naturels sensibles, notamment ceux qui abritent des espèces faunistiques protégées, rares ou menacées (zones humides, habitats naturels d'intérêt communautaire, habitats naturels prioritaires, etc..) ;
- inventorier et localiser les populations de plantes protégées rares et menacées (au niveau national, régional et départemental) sur l'ensemble du domaine d'étude ;
- estimer le nombre d'individus des espèces à statut par classe (0 à 25, 25 à 100, 100 à 1000 ou plus de 1000 individus) afin de faciliter la classification selon en fonction des niveaux d'abondance des plantes ;
- réaliser en saison estivale 3 relevés phytosociologiques par type d'habitat. Pour identifier l'ensemble des plantes présentes dans un habitat naturel, il convient de réaliser jusqu'à 3 passages sur le même site, à des périodes différentes (fin de printemps, été, et éventuellement début de l'automne) ;
- inventorier l'ensemble des écoulements hydriques, des ruisselets et des ruisseaux avec

des lignes continues pour les cours d'eau permanents et discontinues pour les cours d'eau temporaires ;

- inventorier les sites d'importance pastorale (zones de circulation et d'abreuvement des animaux, accès aux parcs de contention, reposoirs, zones ombragées, estives....) ;

Intégration et traitement des données dans un Système d'information géographique :

- mettre en œuvre un Système d'information géographique sur les sites à aménager ;
- intégrer les données collectées avec des techniques d'inventaire conformes à la méthodologie définie ;

- organiser les données sur les enjeux pastoraux par ordre d'importance ;
- organiser les données par ordre d'importance des paramètres de classification utilisés pour déterminer les niveaux d'enjeux environnementaux ;
- superposer les couches des différents relevés ;
- délimiter les zones à enjeu environnemental ;
- établir la liste des critères qualitatifs et quantitatifs qui ont permis de définir ces zones.

Sources et références utiles : Bissardon et Guibal (1997), Devillers *et al.* (1991), Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (2011), Olivier *et al.* (1995), Roux *et al.* (2012).



Entre biodiversité et pastoralisme, la montagne pyrénéenne a trouvé son équilibre. Il convient de ne pas les rompre par des aménagements sans précautions environnementales.

Adapter les réponses techniques aux enjeux de conservation et aux contraintes de terrain.

Le plus souvent, les interventions proposées par les entreprises de revégétalisation ne sont pas conçues spécifiquement pour chaque site à revégétaliser. Elles sont fréquemment inspirées par les recommandations faites en plaine pour créer des gazons artificiels ; elles ne répondent pas aux exigences des milieux montagnards. Une prise en compte des contraintes de terrain est essentielle : elle est nécessaire à la conservation de la flore locale et elle détermine la réussite technique des revégétalisations.

INTÉRÊTS

L'exercice vise à caractériser les propriétés des sols, les communautés végétales, les conditions climatiques et les risques d'érosion du site à revégétaliser. Ce diagnostic agro-environnemental permettra de choisir les techniques et les produits de revégétalisation les mieux adaptés au site.

CONDITIONS OPTIMALES

Les sites à ensemer n'ayant pas déjà fait l'objet d'études des conditions écologiques nécessitent un diagnostic. Celui-ci est facilité lorsque les habitats naturels concernés par le chantier sont peu diversifiés. Ce travail nécessite de faire appel à une structure compétente.

Equipements et informations nécessaires

- matériel de collecte d'échantillons et d'analyse de sol ;
- flore et/ou résultats d'inventaires botaniques du milieu concerné ;
- études environnementales, agricoles et touristiques déjà réalisées sur le site (géomorphologie, pédologie, végétation, faune, gestion pastorale, activités touristiques...)

MISE EN ŒUVRE

- faire appel à une structure compétente pour ce type d'étude ;
- rassembler les informations sur les caractéristiques des sols, la géomorphologie, la flore, la faune, les pratiques pastorales et usages touristiques ;
- analyser les conditions écologiques du milieu : altitude, pente, exposition, roche mère, type de sol (composition, texture, pH, épaisseur de l'horizon organo-minéral), flore et habitats naturels présents autour du site aménagé ;
- caractériser et cartographier les communautés végétales ou les habitats naturels et/ou les zones dont les caractéristiques nécessitent d'adapter les techniques de revégétalisation ;
- cartographier les zonages agro-écologiques du site impacté ;
- envisager une gestion de chantier compatible avec une reconstitution des sols et de la végétation aux conditions écologiques locales.

Sources et références utiles : Malaval *et al.* (2008)



Les zones humides rendent la revégétalisation complexe du fait de l'engorgement et des problèmes d'érosion. Il est donc conseillé de les préserver.

Eviter de dégrader les végétations existantes et de mettre les sols à nu.

La circulation d'engins de chantiers ou de véhicules de service sur des sols sensibles peut induire un dommage très important aux pelouses de montagne. Dans certaines conditions d'humidité ou sur certains types de sols, le passage d'un seul véhicule peut conduire à une mise à nu des zones impactées. Des phénomènes érosifs pourront alors s'intensifier et s'avéreront irréversibles sans une action réparatrice.

INTÉRÊTS

Planifier des voies de circulation permet de préserver les sites environnant la zone de travaux et de limiter le tassement des sols sur le chantier. La circulation sur le chantier sera optimisée, ce qui ne sera pas neutre d'un point de vue économique.

CONDITIONS OPTIMALES

Disposer de cartes présentant les enjeux environnementaux (milieux naturels, faune et flore, risques d'érosion, instabilité des sols), traduisant les reliefs, indiquant les secteurs inaccessibles et/ou dangereux, facilitera l'identification des zones de déplacement.

MISE EN ŒUVRE

- sur un périmètre englobant le site aménagé, cartographier les milieux naturels (les habitats, la flore protégée, rare, menacée, etc.) et les zones de sensibilité à l'érosion (observer la forme et la surface des bassins-versants, les pentes, les couverts végétaux et les chemins habituels de l'eau) ;
- évaluer toutes les possibilités de réduction des distances à parcourir et/ou du nombre de voies de circulation hors du chantier ;

- faire un plan précis des zones de circulation et des accès au chantier et le présenter au maître d'ouvrage ;
- définir une zone de roulement d'environ 2,50 m de large avec des zones pour le croisement des véhicules ;
- pendant toute la durée du chantier, en plus du plan de circulation, matérialiser et protéger les zones les plus sensibles à l'aide de piquets et de « rubalise » (populations de plantes protégées, zones humides...) ;
- matérialiser les interdictions d'accès aux pistes hors chantier ;
- programmer une visite conjointe du maître d'ouvrage et de l'entreprise réalisant les travaux pour vérifier le respect du plan de circulation ;
- obtenir en cas de dégradation de zones non comprises dans le plan d'aménagement une garantie de remise en état et de reconstitution de la couverture végétale. Le maître d'œuvre peut aussi fixer des pénalités ;
- intégrer tout ou partie des zones de circulation définies pendant le chantier dans le plan définitif du site après travaux.

Sources et références utiles : Malaval (2008)



Les voies de circulation doivent être économes en espace, notamment pour obtenir une bonne intégration paysagère.

Remettre en place les substrats rocheux et la terre végétale pour favoriser la revégétalisation.

Le fonctionnement géochimique et biologique du sol est complexe. Il résulte d'un long processus d'évolution qui a donné naissance à de nombreuses interactions entre les composantes physiques, chimiques et biologiques. Après remaniement, il est donc impossible de reconstituer un sol tel qu'il était avant les travaux. Sa structure originelle doit cependant être maintenue pour permettre à l'écosystème du sol de fonctionner et d'accueillir des plantes. Il est donc préconisé de superposer des couches de sol remanié (ou différents horizons) tels qu'elles étaient avant travaux.

INTÉRÊTS

La reconstitution des couches du sol est nécessaire à la stabilisation des aménagements. Elle vise aussi à permettre l'infiltration des eaux de pluies. Et elle contribue à la relance de l'activité biologique, au maintien de la capacité du sol à produire et stocker les ressources minérales nécessaires aux plantes.

Lorsqu'un terrassement est opéré sur des substrats rocheux, des blocs massifs peuvent être ramenés en surface. Leur concassage permet de créer un horizon minéral plus homogène sur lequel les couches de terre minérale et végétale pourront être déposées. Cette technique stabilise le sol superficiel et facilite le drainage. Elle favorise l'altération naturelle du substrat rocheux en éléments minéraux utilisés par les plantes.

CONDITIONS OPTIMALES

Les travaux doivent être localisés et planifiés précisément pour reconstituer les sols dans des conditions sèches. Il est profitable aussi d'évaluer la profondeur des horizons de sol impactés, d'estimer les volumes de chaque substrat à

déplacer, à stocker et à épandre. Il est plus aisé de réhabiliter des sols profonds, légers et secs. Les sites peu pentus et sans grandes irrégularités topographiques se prêtent aussi plus facilement à la restauration des sols.

Equipements nécessaires

- une pelle mécanique pour creuser et replacer les substrats ;
- éventuellement un bulldozer pour déplacer la terre ;
- éventuellement un tracteur de forte puissance muni d'un concasseur arrière à marteaux fixes, branché sur la prise de force du tracteur (pour broyer des blocs rocheux) ;
- éventuellement un camion avec benne pour transporter les substrats.

MISE EN ŒUVRE

La reconstitution d'un sol nécessite de procéder en plusieurs étapes :

Etudier les caractéristiques du milieu et organiser les travaux

- évaluer les risques et cartographier les zones sensibles à l'érosion ;
- identifier les zones à enjeux environnementaux (voir fiche 1) ;

- identifier les voies de circulation des engins, les lieux de concassage et de stockage des substrats remaniés (voir fiche 2) ;
- caractériser les sols (différents terrassements, matière organique, texture, humidité...) ;
- définir les techniques adaptées de reconstitution du sol ;
- concevoir un modelé souple des terrassements s'intégrant au site, évitant les formes géométriques ;
- déterminer l'épaisseur des couches de substrat à repositionner (roche, terre minérale et végétale) et estimer les volumes ;

Décaper et stocker la terre végétale

- définir précisément les modalités de décapage et de stockage de la terre végétale (par le maître d'ouvrage ou contradictoirement avec l'entreprise, par carottage du sol) ;
- prélever les touffes de végétaux pour les utiliser directement ou les stocker et les réutiliser en fin de travaux (voir fiche 7) ;
- évaluer l'épaisseur et la quantité de terre végétale à décapier et à stocker ;
- par temps sec, décapier une couche de terre végétale la plus épaisse possible, avec une pelle mécanique ;
- pour réduire les coûts de transport, si possible, repousser la terre végétale de quelques dizaines de mètres (éviter son tassement) ;
- stocker la terre végétale en andains d'une hauteur maximum de 1 m à 1,50 m ; la protéger contre le tassement ou le passage d'engins pendant toute la durée de stockage ;

- stocker à part les éventuelles poches plus profondes de terre végétale, en appliquant les mêmes règles ;

Décaper la terre minérale

- évaluer l'épaisseur et la quantité de terre minérale à décapier et à stocker ;
- décapier la terre minérale en fonction du modelé recherché ;
- stocker la terre minérale en andains ou en tas ;

Eventuellement, concasser la roche

- concasser les blocs de roche remontés en surface en utilisant une concasseuse ou le godet d'une pelle mécanique ;
- répartir la roche concassée ou les graviers importés en couches homogènes ;

Epanner la terre minérale puis la terre végétale

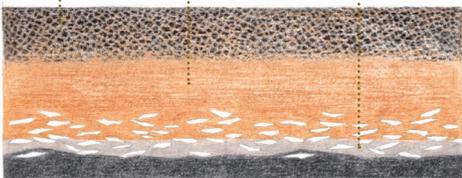
- épanner les couches de terre minérale de manière à obtenir le modelé recherché et à pouvoir déposer une couche de terre minérale suffisamment épaisse ;
- épanner ensuite les éventuelles couches plus profondes de terre végétale, pour créer une interface entre le sol minéral et la couche d'horizon humique ;
- épanner enfin la terre végétale superficielle et préparer le sol pour le semis.

Sources et références utiles : Dinger (1997), Perry *et al.* (2003), Salomon (2007).

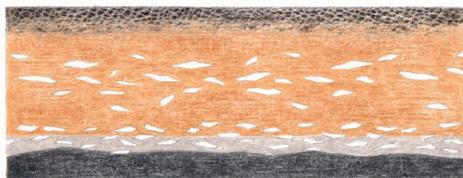
Horizon organo-minéral

Horizon minéral

Zone d'altération de la roche



Structure d'un sol avant terrassement



Structure d'un sol reconstitué après terrassement

Maîtriser les écoulements profonds et superficiels, en attendant une couverture végétale complète.

En montagne, les sols sont soumis à d'intenses processus d'érosion du fait du relief mais aussi de la durée limitée de la période de croissance végétative (climat, pauvreté des sols). Les terrassements induisent une désagrégation de leurs éléments constitutifs. La terre mise à nue, plus instable, est très sensible à l'érosion hydrique. Des ravines profondes peuvent se former. La matière organique des sols s'appauvrit. Pour éviter l'échec des revégétalisations, il faut donc limiter les processus d'érosion en aménageant les substrats remaniés et les zones situées en amont, et ceci tant que les couverts végétaux ne sont pas reformés et pleinement efficaces.

INTÉRÊTS

La mise en place de systèmes anti-érosifs permet de dissiper les écoulements d'eau profonds et superficiels. Elle contribue à la stabilisation des sols terrassés.

CONDITIONS OPTIMALES

Ces aménagements sont nécessaires sur les talus hauts et pentus dont la stabilité est menacée par des résurgences d'eau souterraine ou une concentration de ruissellement. Ils le sont aussi lorsque les aménagements croisent ou constituent des chemins privilégiés pour les eaux de ruissellement.

Equipements nécessaires

- pelle mécanique pour creuser des cunettes ou des rigoles et positionner les matériaux des systèmes anti-érosifs.

MISE EN ŒUVRE

Identifier des risques d'érosion et des techniques antiérosives

- observer la forme et la surface des bassins-versants, les pentes, les couverts végétaux et les chemins habituels de l'eau ;

- caractériser la circulation des eaux, les différentes formes d'érosion et les risques encourus ;
- déterminer et localiser les techniques anti-érosives adaptées au site ;

Créer des zones d'infiltration et de répartition des flux d'eau

- réaliser des fascines revégétalisées sur des zones de concentration du ruissellement, des ravines ou des rigoles ;
- installer des cordons pierreux en quinconce ou avec des blocs de tailles variables pour ralentir les flux d'eau et favoriser leur infiltration ;
- installer des masques drainants ou des rondins de bois sur des talus ou des sites très pentus ;

Créer des revers d'eau ou des cunettes de réorientation des écoulements d'eau

- définir l'écartement entre les cunettes en fonction des contraintes hydriques, de la pente, de la largeur, de la surface et de la granulométrie du site ;
- creuser les cunettes en travers de la piste de sorte que leur pente se situe aux alentours de 4%. Au-delà, les cunettes seront soumises à des processus d'érosion, entraînant les matériaux



Les incidences des écoulements d'eau peuvent être maîtrisées en coupant les pistes de ski de cunettes légèrement pentues.

constitutifs. Plus les éléments du sol sont fins, plus les cunettes doivent être rapprochées ;

- si nécessaire, installer des collecteurs et exutoires à l'aval des cunettes afin de collecter et répartir les écoulements d'eau. Ces petits aménagements peuvent être réalisés en disposant des pierres ou en creusant des rigoles de déviation des eaux ;

Maintien et entretien des aménagements

- si les cunettes sont endommagées par l'érosion, et si la végétation ne permet pas de ralentir les flux hydriques et de favoriser leur infiltration dans le sol, les curer et les profiler à nouveau.

Sources et références utiles : Dinger (1997), Malaval (2008)

Réduire les écoulements d'eau, favoriser la germination et la croissance des plantules.

A la surface du sol, les graines semées sont soumises à d'importantes forces érosives même lorsque des substances fixatrices sont utilisées lors du semis. Les sols doivent être bien préparés pour stabiliser les semences et créer des conditions favorables à la germination et à l'établissement des plantules. Cette étape est décisive pour la réussite de la revégétalisation.

INTÉRÊTS

La préparation du sol permet d'obtenir, s'il contient des complexes argilo-humiques, un lit de semences fin et grumeleux. Les irrégularités topographiques ainsi créées facilitent l'adhésion des semences. Elles offrent aussi des conditions d'humidité et d'aération des sols favorables à la germination des semences et aux développements des plantules.

CONDITIONS OPTIMALES

La couche de terre végétale disponible doit être suffisamment épaisse. Pour faciliter un enracinement profond des plantules, elle doit être meuble et ne doit pas contenir de grosses mottes de terre, mais pour rester stable et éviter le dessèchement des racines, elle doit être très légèrement compactée.

Equipements nécessaires

- pelle mécanique ou bulldozer pour épandre la terre végétale;
- chenille ou godet de la pelle mécanique pour créer des rainures ;
- tracteur équipé d'une herse ou d'un autre outil de travail superficiel du sol.

MISE EN ŒUVRE

- préparer les substrats en début du printemps, en fin d'été ou en début d'automne afin d'ensemencer le plus tôt possible après la fin des travaux, dans des conditions climatiques favorables ;
- épandre la couche superficielle de manière homogène (voir fiche 4) ;
- travailler le sol superficiellement si, avant le semis, celui-ci est compacté ;
- si le sol n'est pas grumeleux et sur fortes pentes, créer des rainures superficielles perpendiculaires à la pente pour faciliter la fixation des semences. Ces rainures peuvent être réalisées en passant avec un engin à chenille léger dans le sens de la pente ou avec l'extrémité du godet d'une pelle mécanique sur des talus de moins de 2,5 m de haut ;
- apporter une fumure organique si la fertilisation n'est pas prévue au semis. Cet apport améliorera la capacité de rétention en eau et en nutriments des sols limoneux, sableux ou caillouteux. Sur les sols contenant une proportion d'argile élevée, la fertilisation organique favorisera la formation de complexes argilo-humiques et d'agrégats. Leur porosité sera ainsi améliorée. Dans tous les cas,

cet apport favorisera l'activité biologique et la restructuration naturelle des sols. Il compensera les pertes en matière organique liées au remaniement du sol et à l'érosion consécutive ;

- si nécessaire, tasser légèrement le sol reconstitué pour assurer sa stabilité.

Sources et références utiles: Chambers (1997), Isselin et Bédécarrats (2004), Malaval (2008), Perry *et al.* (1989), Urbanska (1997)



La fixation des semences peut être facilitée par des rainures superficielles pratiquées sur le sol, orientées perpendiculairement à la pente.



2 | La récolte de plantes et de semences en milieu naturel

Nombre de revégétalisations sont opérées avec des mélanges de semences exogènes. L'absence de mélanges de provenance pyrénéenne sur le marché en est la principale explication. A celle-ci s'ajoute la difficulté de récolter des semences ou des boutures en milieu naturel. La récolte de semences en prairies pour recréer des associations de plantes locales sur des terrains à revégétaliser est pourtant possible. Les

techniques existent. En Italie, en Allemagne, en Autriche et en Suisse, on récolte des semences de graminées, de légumineuses et d'autres plantes à fleurs sur des communautés végétales semi-naturelles. Plusieurs d'entre elles ont été mises en œuvre depuis 2005 sur des prairies et pelouses de montagne des Pyrénées.

Sources : Feucht *et al.* (2012), Scotton *et al.* (2012).

Accélérer la cicatrisation en repositionnant un couvert végétal riche en semences, plantules et micro-organismes.

Certaines plantes peuvent se multiplier par voie végétative. En décapant le sol et en stockant des touffes au cours des travaux de terrassement d'un site, on peut donc disposer de matériel végétal très utile à sa revégétalisation. Il convient de planifier les tâches pour optimiser cette valorisation de la végétation locale.

INTÉRÊTS

Cette technique permet une restauration très rapide de la couverture végétale. Elle ne peut être utilisée que de manière ponctuelle, en complément de techniques de revégétalisation par semis.

Les touffes transplantées constituent des micro-écosystèmes riches en semences, plantules, mousses et micro-organismes du sol. Elles accélèrent la formation de couverts végétaux diversifiés et denses. Elles favorisent l'infiltration des eaux de ruissellement.

CONDITIONS OPTIMALES

La récupération des touffes de végétaux en vue d'une réutilisation (sur le même site ou sur un autre) se fait dès le début des travaux. Il convient de s'intéresser aux graminées telles que le Gispet (*Festuca eskia*), mais aussi aux légumineuses comme le Trèfle alpin (*Trifolium alpinum*), aux arbustes buissonnants comme la Callune (*Calluna vulgaris*), toutes ces espèces s'enracinant très bien une fois transplantées.

Cette technique est très adaptée à des pentes modérées où une intervention à la pelle mécanique est possible. Elle est particulièrement indiquée

pour des zones sensibles à l'érosion et/ou d'intérêt paysager.

Equipements nécessaires

- pelle mécanique avec godets de taille adaptée à la grosseur des touffes à prélever, transporter, stocker et réimplanter ;
- éventuellement, excavateur équipé d'une pelle frontale pour prélever les touffes ;
- éventuellement, camion pour le transport ;
- bêche, pelle, fourche et brouette pour réaliser ces opérations manuellement.

MISE EN ŒUVRE

- identifier un site permettant de stocker les touffes en limitant leur exposition au vent et au soleil (l'opération est à réaliser avant la sécheresse estivale, et si elle doit l'être l'été, le repositionnement des touffes devra se faire au début de l'automne) ;
- arracher des touffes en conservant les racines dans une motte de terre (une épaisseur de sol d'au moins 10 cm), ceci à l'aide du godet de la pelle mécanique ou à la pelle bêche. Les touffes doivent avoir un diamètre de plus de 30 cm pour les arbustes buissonnants. Des touffes de 20



Les touffes de végétaux déplacées sur un chantier peuvent être précieuses. Bien repositionnées, elles accélèrent la reconstitution du couvert.

- cm de diamètre peuvent suffire s'il s'agit d'un ensemble de graminées et de mousses. Leur taille est en fait à déterminer en fonction du type de végétation sur le site de collecte, des modes de croissance et de l'abondance des espèces ciblées ;
- installer directement les touffes sur le site à revégétaliser, de préférence. Plaquer leur partie racinaire, en conservant les mottes de terre, sur un substrat bien préparé. Tasser ensuite légèrement les touffes ;
- si stocker est nécessaire, le faire pour une du-

rée limitée : 3 semaines en période sèche (sans précipitations), jusqu'à 4 mois si un arrosage régulier est assuré ;

- stocker les touffes en andains (au maximum 1 m de large sur 50 à 60 cm de haut) ;
- réimplanter les touffes stockées sur le site à revégétaliser. Plaquer leur partie racinaire sur un substrat bien préparé, en conservant les mottes de terre, et tasser légèrement.

Sources et références utiles : Aradottir (2012), Scotton *et al.* (2012), Malaval (2008)

Disposer des semences adaptées aux sites à revégétaliser et optimiser la récolte.

Le succès d'une revégétalisation passe par l'utilisation de plantes adaptées sur un substrat bien préparé. Faute de semences indigènes des Pyrénées sur le marché, les revégétalisations sont essentiellement réalisées avec du matériel végétal d'origine lointaine, non adapté. La récolte de semences est pourtant possible dans les prairies proches des sites à revégétaliser, à condition de bien les choisir et d'adopter les techniques adéquates.

INTÉRÊTS

Une analyse de la composition floristique des sites de récolte possibles permet d'identifier les prairies les plus indiquées. Il est en effet primordial d'utiliser des semences de plantes caractéristiques des milieux à revégétaliser. Adaptées aux conditions locales, elles s'implanteront durablement et ne déstabiliseront pas la flore locale. Le choix des techniques de récolte est induit par les contraintes ou les caractéristiques des sites choisis. Il vise bien entendu à réduire le plus possible le coût de récolte.

CONDITIONS OPTIMALES

Les semences doivent être récoltées à proximité du site à revégétaliser, sur des sites qui ne sont pas séparés de celui-ci par une barrière géographique. Il s'agit en effet de conserver les compositions végétales et la spécificité génétique des plantes. Les sites faciles d'accès, plats et peu pâturés sont les plus appropriés. Les prairies riches en graminées de taille homogène donnent les meilleurs rendements. Disposer de matériels de récolte diversifiés permet d'opter sur chaque site pour la technique la plus adaptée et d'améliorer les performances technico-économiques.

PRÉCAUTIONS RÉGLEMENTAIRES

Avant de se lancer dans une récolte de matériel végétal (boutures, touffes ou semences), il convient de s'assurer que le site n'est pas protégé par la réglementation (cœur de parc national, réserve naturelle, etc) ou de demander une autorisation spéciale à l'autorité compétente.

Le collecteur doit bien entendu obtenir l'accord du propriétaire, l'informer des modalités et des objectifs de l'opération. Il peut alors contacter des experts en botanique ou le Conservatoire botanique national pour une validation de la liste des espèces à récolter et s'assurer que la collecte ne constituera pas une menace pour la flore locale. Les espèces collectées ne doivent pas contenir d'espèces protégées au niveau national, régional ou départemental [arrêtés ministériels concernant les espèces végétales protégées sur le territoire national (20 janvier 1982), en Aquitaine (8 mars 2012), en Midi-Pyrénées (30 décembre 2004) et en Languedoc-Roussillon (29 octobre 1997)]. Il est aussi recommandé de ne pas collecter des espèces considérées comme rares mais ne bénéficiant pas de statut de protection.



Les estives peu pentues et riches en graminées offrent les conditions idéales pour une récolte de semences de revégétalisation.

MISE EN ŒUVRE

- avant le début des travaux, inventorier sur le site à revégétaliser les espèces végétales et caractériser les habitats naturels ;
- identifier les espèces et les communautés végétales adaptées aux conditions édapho-climatiques du site et aux objectifs de revégétalisation ;
- rechercher des sites de collecte proches du site à revégétaliser, accessibles, situés dans la zone de récolte-utilisation, comportant les espèces et les communautés végétales attendues ;
- estimer les surfaces des sites à revégétaliser et à récolter ;

- identifier les techniques de récolte adaptées et évaluer leur faisabilité technico-économique (coûts d'utilisation du matériel, production attendue, intérêts écologique et économique des semences, incidences sur l'organisation du chantier de revégétalisation).

Sources et références utiles : Bissardon et Guibal (1997), Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (2011), Devillers *et al.* (1991), Goliska *et al.* (2012), Olivier *et al.* (1995), Roux *et al.* (2012)

Introduire des associations de plantes fraîchement récoltées et créer un mulch facilitant la germination.

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

INTÉRÊTS

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

Le foin vert contient 0,5 à 2% de graines, le reste étant constitué de tiges et de feuilles. En réglant la barre de coupe de manière à ne collecter que les parties hautes des plantes, cette technique permet d'obtenir un matériel végétal pouvant contenir de 10 à 30% de semences (cas d'une prairie homogène, dominée par des graminées de même hauteur).

Les taux de germination observés en laboratoire, pour des mélanges de semences issus de foin vert et pour une période étalée sur un mois, varient de 40 à 80%. 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 40kg/ha peut s'élever suffisante même dans le cas de sols peu fertiles. Cette technique permet de surcroît de transférer, sur le site à revégétaliser, de la matière organique et des micro-organismes qui favorisent les cycles biogéochimiques. C'est la plus adaptée pour restaurer des couverts végétaux fonctionnels sur des sols sableux, pauvres ou légèrement compactés et/ou exposés au dessèchement.

CONDITIONS OPTIMALES

Le transfert de foin vert est intéressant lorsque les sites de récolte et les sites d'utilisation sont proches l'un de l'autre, peu pentus et peu accidentés, et accessibles pour les machines agricoles. Cette technique peut être facilement mise en œuvre en s'appuyant sur des éleveurs proches, disposant du matériel et du savoir-faire nécessaires. Utiliser de petites bottes de foin facilitera le transport manuel. Les boules rondes de taille moyenne ont pour avantage de pouvoir être facilement déroulées pour les semis.

Les prairies et les pelouses de récolte riches en épis de graminées et en infrutescences de dicotylédones donnent de meilleurs rendements. Elles devront avoir été peu pâturées durant les deux mois qui précèdent la fauche. Le sol du site à revégétaliser sera si possible ameubli avant le semis, dans le but de favoriser la fixation biologique du foin et la levée des plantules.

Equipements nécessaires

- râteau, pelle mécanique ou tracteur équipé d'une herse pour préparer le site à revégétaliser ;
- faux, moto-faucheuse ou tracteur équipé d'une faucheuse ;
- fourche ou andaineuse pour rassembler les foin ;
- ramasseuse-presse à botte de foin carré ou round-baller pour conditionner les andains ;
- tracteur équipé d'un chargeur de foin et d'une remorque pour le transport ;
- épandeur à fumier, pailleuse ou fourche pour l'épandage ;
- sur les endroits ventés, disposer du bois, des cailloux ou des mottes de terre pour stabiliser la couche de foin. Une pluie ou un arrosage du foin épandu peuvent aussi s'avérer suffisant.



Le produit du fauchage est à la fois un stock de semences et un mulch avantageux.

MISE EN ŒUVRE

- évaluer la surface du site de récolte en fonction de la végétation recherchée, des rendements estimés et des besoins en semences. Le ratio entre le site de récolte et le site à revégétaliser dépend de la proportion de graines contenues dans la biomasse végétale récoltée. Ce ratio correspond à la surface à collecter pour semer 1 ha. Il peut être de 0,5 à 0,9 pour les foin épais et riches en graines, et proche de 1,2 pour des pelouses peu denses en infrutescences (cf. tableau ci-dessous) ;
- lorsque les prairies et les pelouses intéressantes pour une collecte sont pâturées, **évaluer les possibilités de limiter la pression de pâturage** en se concertant avec les éleveurs (changement des parcours des animaux ou mise en défens temporaire des parcelles).
- dans le cadre de la concertation avec les éleveurs, proposer une indemnisation qui tienne compte des pertes de fourrage occasionnées pour les utilisateurs des prairies et pelouses concernées ;

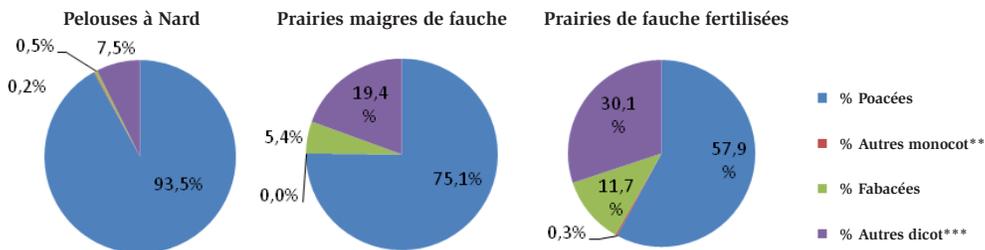
- si le sol du site à revégétaliser est compacté en surface, **commencer par l'ameublir**, au râteau ou à la herse, sur 5 à 10 cm de profondeur. L'objectif est d'obtenir un lit de semences plus fin et grumeleux ;
- **faucher** 4 à 5 jours peu avant que les graines des principales graminées de la prairie ne soient à maturité ; andainer rapidement le foin ;
- charger directement le foin en vrac sur une remorque (sans le laisser sécher) ou le presser avec une botteuse à bottes carrées ou un round baller
- le plus rapidement possible après la récolte, **étaler le foin sur 3 à 8 cm d'épaisseur** sur le site à revégétaliser. Pour obtenir une couverture végétale dense, le volume de foin épandu doit permettre un semis de graines proche de 2 grammes/m².

Sources et références utiles : Birade (2004), Kirmer *et al.* (2012), Krautzer *et al.* (2006a), Krautzer *et al.* (2012), Scotton *et al.*, (2009), Scotton *et al.* (2012), Mezard (2017)



En séchant une grande diversité de semences finissent leur maturation et tombent au sol.

Type de végétation	Performances environnementales			Performances techniques				
	Nbre d'espèces inventoriées	Nbre d'espèces récoltées	% d'espèces récoltées	% de semences récoltées sur masse totale de semences matures	% de semences pures dans le mélange après tamisage	Rdt/ha semences pures (kg)	% de germination des semences	Surface à collecter pour semer 1 ha (dose de 40 à 80 kg/ha)
Pelouses à Nard (1 700 à 2 200 m d'altitude)	21-34	11-23	52-68	95	0,52-0,62	63-65 (N*=2)	35-43	0,6-1,3 ha
Prairies maigres de fauche (1 300 à 1 700 m d'altitude)	28-36	25-28	78-89	95	0,81-2,03	91-101 (N=4)	65-75	0,4-0,9 ha
Prairies de fauche fertilisées (1 300 à 1 700 m d'altitude)	31-50	27-33	54-66	95	0,76-1,22	130-200 (N=2)	52-73	0,2-0,6 ha



Performances techniques et environnementales des récoltes au moyen du transfert de foin vert. Observations du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (N*= Nombre d'observations réalisées)
(monocot** = plantes monocotylédones / dicot*** = plantes dicotylédones)

Pelouses subalpines			Prairie maigre de fauche		Prairie de fauche fertilisée	
	Espèces	% présence*	Espèces	% présence*	Espèces	% présence*
Poacées 1	<i>Festuca rubra</i>	45,4	<i>Festuca rubra</i>	56,8	<i>Festuca rubra</i>	25
Poacées 2	<i>Festuca nigrescens</i>	29,82	<i>Poa pratensis</i>	6,64	<i>Poa pratensis</i>	8
Poacées 3	<i>Festuca eskia</i>	10,6	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	6	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	6
Poacées 4	<i>Avenella flexuosa</i>	6	<i>Helictotrichon sedenense</i>	3,7	<i>Helictotrichon sedenense</i>	4
Poacées 5	<i>Nardus stricta</i>	1,7	<i>Agrostis capillaris</i>	2	<i>Agrostis capillaris</i>	3,1
Sous total		93,52		75,14		46,1
Autres monocot 1	<i>Carex caryophyllea</i>	0,18			<i>Carex caryophyllea</i>	0,3
Autres monocot 2	<i>Luzula campestris</i>	0,007				
Sous total		0,187				0,3
Fabacées 1	<i>Lotus corniculatus</i>	0,37	<i>Trifolium pratense</i>	1,4	<i>Trifolium pratense</i>	8
Fabacées 2	<i>Trifolium pratense</i>	0,06	<i>Lathyrus pratensis</i>	0,9	<i>Trifolium repens</i>	3
Fabacées 3	<i>Trifolium repens</i>	0,04	<i>Vicia sativa</i>	0,9		
Sous total		0,5		3,2		11
Autres dicot 1	<i>Plantago alpina</i>	2,6	<i>Plantago lanceolata</i>	7,2	<i>Centaurea nigra</i>	0,03
Autres dicot 2	<i>Conopodium majus</i>	0,29	<i>Silene vulgaris</i>	3,78	<i>Campanula rotundifolia</i>	0,03
Autres dicot 3	<i>Achillea millefolium</i>	0,04	<i>Rhinanthus angustifolius</i>	2,3	<i>Cerastium arvense</i>	0,02
Autres dicot 4	<i>Scorzoneroides duboisii</i>	0,03	<i>Achillea millefolium</i>	2	<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	0,02
Autres dicot 5	<i>Veronica chamaedris</i>	0,012	<i>Dianthus deltoides</i>	1,2	<i>Rumex acetosa</i>	0,02
Sous total		2,972		16,48		0,12
Total espèces principales		97,1		94,8		57,5

Principales espèces récoltées au moyen du transfert de foin vert. Observations du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées
(% de présence* = masse de l'espèce sur la masse totale du mélange, en %)



Quelques semaines après avoir été étendu, le mulch constitué par le foin laisse apparaître les premières plantules.

Retrouver, dans le couvert végétal, les associations de plantes observées dans les prairies et les pelouses proches.

La « brosseuse » est une machine sur trois roues, relativement légère et souple, que l'on tracte à l'aide d'un quad, un véhicule tout-terrain ou un tracteur. Elle est équipée d'un axe sur lequel tourne en sens inverse, une brosse en hérisson de 1,2 m de longueur (parfois plus). Celle-ci est composée de plusieurs bandes de tiges de plastique de 20 à 30 cm, à la fois fines et dures, et étroitement rapprochées. Selon les modèles, la hauteur de la brosse peut être ajustée à celle de la végétation. Les graines matures des épis et des inflorescences sont arrachées pendant la rotation de la brosse et sont ensuite propulsées dans le caisson arrière de la machine.

INTÉRÊTS

Cette technique permet de récolter les semences matures de plusieurs plantes des prairies et des pelouses naturelles : 20 à 75% des graines d'une parcelle, principalement les graminées. Elle permet donc de recréer des communautés de plantes proches de celles des parcelles récoltées. La « brosseuse » est particulièrement adaptée à la montagne : elle fonctionne sur des terrains pouvant être pentus (jusqu'à 20%) et présentant des irrégularités topographiques.

En récoltant seulement les graines et les débris végétaux, cette pratique diminue faiblement la ressource fourragère. Toutefois, les roues des machines couchent 15 à 30% du foin, qui devient alors plus compliqué à récolter.

Les semences collectées peuvent être utilisées directement, ou bien tamisées, séchées puis stockées. Dans de bonnes conditions, les graines pourront ainsi être stockées pendant plus de 2 ans. Au delà, leur capacité germinative commence à diminuer. Si un tri est opéré, les semis pourront être réalisés avec un hydroseeder ou au semoir agricole. Dans le cas contraire, le semis devra se faire à la main.

Pour l'achat d'une « brosseuse », l'investissement est de l'ordre de 9 000€, hors frais de livraison.

CONDITIONS OPTIMALES

La zone de récolte doit être facilement accessible et sa pente doit être faible. Les prairies et les pelouses naturelles sélectionnées doivent être riches en épis de graminées. Les meilleurs récoltes se font dans les parcelles peu ou pas pâturées (l'année où la récolte est envisagée). Les parcelles doivent être bien couvertes de graminées dont les épis s'élèvent entre 30 et 60 cm au dessus du sol. Plus la hauteur des plantes et de leurs épis est irrégulière, moins le rendement est élevé : les épis ne sont « brossés » que s'ils sont légèrement plus haut que l'axe de la brosse. Dans les Pyrénées, les meilleurs rendements ont été obtenus sur d'anciennes prairies de fauche, situées à 1 700m d'altitude (49 kg/ha de semences pures).

Equipements nécessaires

- « brosseuse » pour collecter les semences ;
- quad, véhicule tout-terrain ou petit tracteur pour tracter la « brosseuse » ;
- matériel de séchage, de tri et de stockage des semences ;

MISE EN ŒUVRE

- évaluer la surface du site de récolte en fonction de la végétation recherchée, des rendements estimés et des besoins en semences (tenir compte de la différence de rendement selon les types de végétation). Le ratio entre le site de récolte et le site à revégétaliser dépend de la richesse en graines facilement « brossables » dans les prairies et les pelouses récoltées. Il peut être de 1,6 à 2,4 pour les prairies de fauche riches en graminées et de 3,1 à 6 pour les pelouses peu denses en épis ;
- lorsque les prairies et les pelouses intéressantes à récolter sont pâturées, évaluer les possibilités de limiter la pression de pâturage en se concertant avec les éleveurs (changement des parcours des animaux, mise en défens temporaire des parcelles) ;
- dans le cadre de la concertation avec les éleveurs, proposer une indemnisation qui tienne compte des pertes de fourrage occasionnées pour les utilisateurs des prairies et pelouses concernées ;
- identifier les dates auxquelles les semences recherchées arriveront à maturité (fermeté et couleur des graines) et fixer les dates de récolte une ou deux semaines en amont ;

Attention :

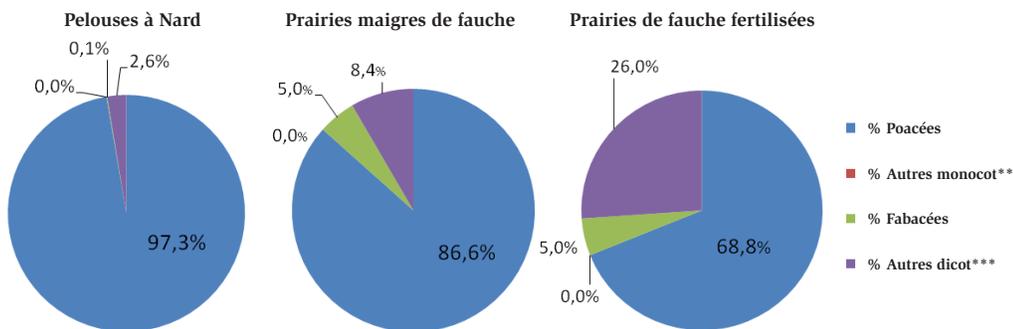
- pour obtenir un maximum de graines en un seul passage, choisir une période de récolte correspondant à la maturité des semences des espèces prédominantes ;
- pour obtenir des semences représentatives de la diversité des espèces présentes dans les prairies et les pelouses, identifier les dates de maturité des différents groupes de végétaux et procéder à plusieurs récoltes sur la parcelle ; (des récoltes manuelles ou des multiplications de semences difficiles à brosser peuvent aussi être envisagées pour compléter les mélanges) ;
- organiser la récolte par temps sec et après évaporation de la rosée du matin ;
- suivre les consignes d'utilisation fournies par les constructeurs. La vitesse de passage, la hauteur et le régime de rotation de la brosse doivent être ajustés en fonction de la densité et de la hauteur des couvertures végétales ;
- tamiser et faire sécher 3 à 4 jours les semences sur des bâches ou des tissus dans un local sec et aéré. Si la couche obtenue est épaisse, la remuer quotidiennement ;

Sources et références utiles : Ceriani *et al.* (2017), Krautzer *et al.* (2012), Malaval (2011), Mézard (2017), Scotton *et al.* (2009), Scotton *et al.* (2012)



Des parties d'inflorescences et d'infrutescences sont aussi collectées lors du passage de la « brosseuse ».

Type de végétation	Performances environnementales			Performances techniques				
	Nbre d'espèces inventoriées	Nbre d'espèces récoltées	% d'espèces récoltées	% de semences récoltées sur masse totale de semences matures	% de semences pures dans le mélange après tamisage	Rdt/ha semences pures (kg)	% de germination des semences	Surface à collecter pour semer 1 ha (dose de 40 à 80 kg/ha)
Pelouses à Nard (1700 à 2200 m d'altitude)	21-34	11-23	52-68	20-28	52-62	13-26 (N*=16)	35-43	3,1-6 ha
Prairies maigres de fauche (1300 à 1700 m d'altitude)	28-36	18-21	58-64	21-42	58-78	21-49 (N=23)	65-75	1,6-3,9 ha
Prairies de fauche fertilisées (1300 à 1700 m d'altitude)	31-50	17-28	34-56	14-24	46-54	20-34 (N=8)	52-73	2,4-4 ha



Performances techniques et environnementales des récoltes à la « brosseuse ». Observations du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (N*= Nombre d'observations réalisées) (monocot** = plantes monocotylédones / dicot*** = plantes dicotylédones)

Pelouses subalpines			Prairie maigre de fauche		Prairie de fauche fertilisée	
	Espèces	% présence*	Espèces	% présence*	Espèces	% présence*
Poacées 1	<i>Festuca nigrescens</i>	58	<i>Festuca rubra</i>	75,9	<i>Festuca rubra</i>	24,41
Poacées 2	<i>Festuca rubra</i>	28,2	<i>Trisetum flavescens</i>	3,4	<i>Trisetum flavescens</i>	15
Poacées 3	<i>Festuca flexuosa</i>	4,5	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	3	<i>Dactylis glomerata</i>	8
Poacées 4	<i>Avenella eskia</i>	3,5	<i>Poa pratensis</i>	1,55	<i>Agrostis capillaris</i>	4
Poacées 5	<i>Agrostis capillaris</i>	3,1	<i>Agrostis capillaris</i>	1,5	<i>Poa pratensis</i>	4
Sous total		97,3		85,35		55,41
Fabacées 1	<i>Lotus corniculatus</i>	0,1	<i>Trifolium pratense</i>	2	<i>Trifolium pratense</i>	3
Fabacées 2	<i>Trifolium pratense</i>	0,004	<i>Vicia sativa</i>	2	<i>Vicia sepium</i>	2
Fabacées 3			<i>Vicia sepium</i>	1		
Sous total		0,1		4		5
Autres dicot 1	<i>Achillea millefolium</i>	1	<i>Silene vulgaris</i>	2,5	<i>Centaurea nigra</i>	3,95
Autres dicot 2	<i>Dianthus deltoides</i>	0,7	<i>Rhinanthus angustifolius</i>	1,5	<i>Leontodon sp.</i>	3
Autres dicot 3	<i>Jasione montana</i>	0,3	<i>Plantago lanceolata</i>	1,2	<i>Ranunculus gouanii</i>	3
Autres dicot 4	<i>Plantago alpina</i>	0,2	<i>Dianthus deltoides</i>	0,8	<i>Silene vulgaris</i>	2,93
Autres dicot 5	<i>Conopodium majus</i>	0,18	<i>Rumex acetosella</i>	0,5	<i>Crepis sp.</i>	2
Sous total		2,38		6,5		14,88
Total espèces principales		99,8		95,9		75,3

Principales espèces récoltées à la « brosseuse ». Observations du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées
 (% de présence* = masse de l'espèce sur la masse totale du mélange, en %)



Au domaine skiable de Peyragudes, des parcelles sont chaque année mises en défens en accord avec les éleveurs pour qu'une « brosseuse » récolte des semences.

Optimiser les rendements en graines lorsqu'on dispose de pelouses ou de prairies suffisamment planes.

La majorité des semences de graminées de prairies peuvent être récoltées à l'aide des moissonneuses-batteuses, pourvu que les réglages adaptés à la collecte de petites semences soient réalisables. Lorsqu'elle est possible, cette technique peut donner de très bons rendements et des mélanges de semences relativement propres.

INTÉRÊTS

Le premier intérêt de cette technique, c'est l'utilisation de matériel agricole sur une surface de récolte accessible et plane. Sa productivité est la plus élevée de tous les modes de récolte (4 à 6 heures de collecte/ha, rendements élevés).

Les semences peuvent être utilisées directement ou séchées, stockées pour être semées ultérieurement. Dans de bonnes conditions, les semences pourront être conservées pendant plus de 2 ans. Au delà, leur capacité germinative commence à diminuer. Les semis se feront à l'hydroseeder, au semoir (après tri) ou manuellement.

Cette technique permet de recréer, sur les sites à revégétaliser, des communautés de plantes proches de celles des parcelles de récolte : 25 à 80% des semences mûres de diverses plantes peuvent ainsi être récoltées.

CONDITIONS OPTIMALES

La zone de récolte doit être facilement accessible, sa pente faible et sa surface plane. Les prairies et les pelouses naturelles sélectionnées doivent être riches en épis de graminées. Les meilleures récoltes se font dans les parcelles peu ou pas pâturées.

Les prairies de fauche permanentes sont des végétations très intéressantes pour obtenir des semences diversifiées en quantité avantageuse. En montagne, il existe peu de prairies et pelouses exploitable au moyen de moissonneuses-batteuses classiques. Des modèles réduits adaptés à des productions de semences de plantes à petites graines sont souvent plus adaptés. Plus légers et plus compacts, ils peuvent être transportés sur des remorques. Ils présentent l'avantage de moins tasser les sols.

Equipements nécessaires

- moissonneuse-batteuse standard pour le blé, avec possibilité de réglage de la ventilation.
- petite moissonneuse-batteuse conçue pour des récoltes de semences de plantes à petites graines (plantes maraîchères, fourragères ou horticoles) ou conçue pour des expérimentations agricoles.

MISE EN ŒUVRE

- évaluer la surface du site de récolte en fonction de la végétation recherchée, des rendements estimés et des besoins en semences (tenir compte de la différence de rendement en fonction des

végétations). Le ratio entre le site de récolte et le site à revégétaliser dépend de la richesse en graines facilement « moissonnables » dans les prairies et les pelouses récoltées. Il peut être de 1,6 à 2,4 pour les prairies de fauche riches en graminées et riches en graines, et de 3,1 à 6 ha pour les pelouses moins denses en épis ;

- lorsque les prairies et les pelouses intéressantes à récolter sont pâturées, évaluer les possibilités de limiter la pression de pâturage en se concertant avec les éleveurs (changement des parcours des animaux ou mise en défens temporaire des parcelles) ;
- dans le cadre de la concertation avec les éleveurs, prendre en compte les pertes de fourrage éventuelles et les dégradations occasionnées par les roues de la moissonneuse-batteuse ;
- adapter la hauteur de coupe, la vitesse de battage, les mailles des grilles de tamisage et la ventilation à la taille réduite et à la faible densité des semences ;

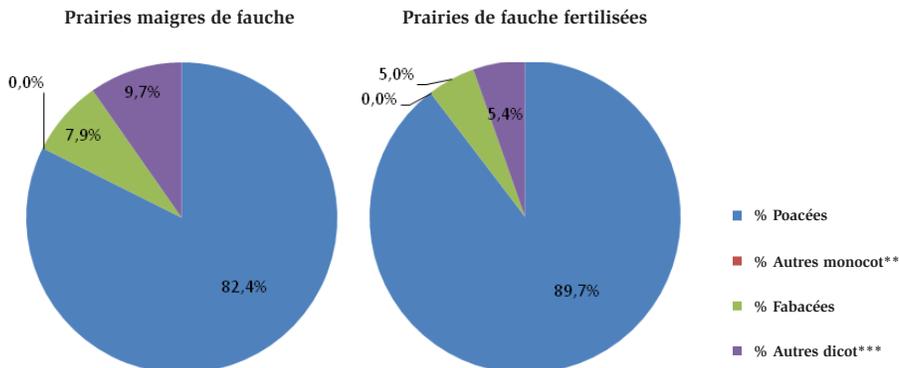
- **récolter la prairie en un seul passage** lorsque la quantité et la hauteur de la végétation permettent un battage optimisé des semences ;
- lorsque la végétation est dense et haute, **surélever la barre de coupe à 20 ou 30 cm** (pour ne pas bloquer le fonctionnement d'une petite moissonneuse-batteuse). Seules les graines situées à plus de 20 cm de hauteur seront alors récoltées ;
- lorsque la végétation est dense avec des graines légères et difficiles à extraire de leurs épis lors du battage, **faucher la végétation à 10 cm de hauteur juste avant maturité** des semences, et andainer le foin ainsi obtenu. **Récolter le foin à la moissonneuse-batteuse un ou deux jours plus tard.**
- **sécher les graines à l'air libre** dans un endroit sec et sombre.

Sources et références utiles: Mézard (2017), Scotton *et al.* (2009, 2012)



Récolte de semences à la moissonneuse-batteuse. Le rendement est élevé mais la moissonneuse-batteuse ne peut être utilisée que sur des terrains plats et peu accidentés.

Type de végétation	Performances environnementales			Performances techniques				
	Nbre d'espèces inventoriées	Nbre d'espèces récoltées	% d'espèces récoltées	% de semences récoltées sur masse totale de semences matures	% de semences pures dans le mélange après tamisage	Rdt/ha semences pures (kg)	% de germination des semences	Surface à collecter pour semer 1 ha (dose de 40 à 80 kg/ha)
Prairies maigres de fauche (1300 à 1700 m d'altitude)	28-36	21-24	67-73	48-55	61-86	46-52 (N*=2)	65-75	1,5-1,7 ha
Prairies de fauche fertilisées (1300 à 1700 m d'altitude)	31-50	18-26	36-52	21-25	61-79	24-34 (N=2)	52-73	2,3-3,4 ha



Performances techniques et environnementales des récoltes à la moissonneuse-batteuse. Observations du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (N*= Nombre d'observations réalisées) (monocot** = plantes monocotylédones / dicot*** = plantes dicotylédones)

Prairie maigres de fauche			Prairie de fauche fertilisée		
	Espèces	% présence*	Espèces	% présence*	
Poacées 1	<i>Festuca rubra</i>	67,1	<i>Festuca rubra</i>	26,4	
Poacées 2	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	5,6	<i>Dactylis glomerata</i>	14	
Poacées 3	<i>Poa pratensis</i>	3,2	<i>Festuca nigrescens</i>	12	
Poacées 4	<i>Trisetum flavescens</i>	3	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	8,7	
Poacées 5	<i>Agrostis capillaris</i>	2,4	<i>Agrostis capillaris</i>	1,6	
Sous total		81,3		62,7	
Fabacées 1	<i>Vicia sepium</i>	3,1	<i>Trifolium pratense</i>	2,8	
Fabacées 2	<i>Trifolium pratense</i>	3	<i>Trifolium repens</i>	2,2	
Fabacées 2	<i>Trifolium repens</i>	1,1	<i>Lathyrus montanus</i>	0,001	
Fabacées 3	<i>Lotus corniculatus</i>	0,7			
Sous total		7,9		5,001	
Autres dicot 1	<i>Plantago lanceolata</i>	1,3	<i>Plantago lanceolata</i>	1,3	
Autres dicot 2	<i>Rhinanthus angustifolius</i>	0,315	<i>Rumex acetosa</i>	0,8	
Autres dicot 3	<i>Achillea millefolium</i>	0,435	<i>Leontodon sp.</i>	0,77	
Autres dicot 4	<i>Silene vulgaris</i>	0,003	<i>Viola cornuta</i>	0,759	
Autres dicot 5	<i>Dianthus deltoides</i>	0,005	<i>Conopodium pyrenaicum</i>	0,62	
Sous total		2,058		4,249	
Total espèces principales		91,3		72,0	

Principales espèces récoltées à la Moissonneuse-batteuse. Observations du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées
 (% de présence* = masse de l'espèce sur la masse totale du mélange, en %)



Les mélanges de semences obtenus au moyen de la moissonneuse batteuse sont relativement propres et diversifiés

Les techniques de récolte, en résumé

Identifiez rapidement la technique de récolte la plus adaptée à vos objectifs et à vos contraintes.

TECHNIQUES	SITUATIONS ADAPTÉES	CRITÈRES D'ÉVALUATION		OBSERVATIONS
Transfert de foin vert	Zones peu pentues, prairies ou pelouses riches en épis de graminées.	Qualité du matériel végétal	++	60 à 90% des semences sont récoltées sur prairie en plaine. Transfert de semences de qualité, d'un mulch et de micro-organismes.
		Ressource fourragère	-	Réduction de la ressource fourragère l'année de fauche. Une récolte du regain de foin peut être envisagée.
		Facilité de récolte	+	Masse et volume de foin à transporter élevés.
		Durée des travaux	-	Coupe, collecte, chargement, transport, épandage.
		Coût/kg	+	A réaliser avec du matériel agricole. Chargement, transport et épandage du foin moins coûteux avec des machines adaptées.
Récolte des semences avec une « brosseuse »	Zones peu pentues, prairies ou pelouses riches en épis de graminées.	Qualité du matériel végétal	++	28 à 78 % des semences sont collectées sur prairie en plaine (5 à 82 kg/ha de semences dans les Pyrénées).
		Ressource fourragère	+	Seules les graines mûres sont récoltées. La qualité fourragère du foin après récolte est plus faible qu'en début d'épiaison.
		Facilité de récolte	++	Adapter les réglages et la conduite.
		Durée des travaux	+	Nécessite un passage avec un quad et la « brosseuse ». Dépend de la densité du couvert végétal. De 6 à 12 h/ha.
		Coût/kg	++	Collecte rapide et investissement matériel raisonnable.
Récolte des semences avec une moissonneuse-batteuse	Zones planes, prairies ou pelouses riches en épis de graminées.	Qualité du matériel végétal	++	Les graines mûres peuvent être récoltées dans leur quasi-totalité.
		Ressource fourragère	-	Seules les graines mûres sont exportées. Le foin fauché sur la parcelle peut être utilisé mais sa qualité fourragère est plus faible qu'en début d'épiaison.
		Facilité de récolte	++	Adapter les réglages et la conduite.
		Durée des travaux	++	Un passage ou deux (fauche puis récolte et battage) si la végétation est dense. De 4 à 8 h/ha.
		Coût/kg	--	Elevé. Dépend du prix d'achat ou de location de la machine, de ses coûts de transport, des surfaces à récolter.

Très intéressant	++	Intéressant	+	Moyennement intéressant	-	Peu intéressant	--
------------------	----	-------------	---	-------------------------	---	-----------------	----

Sources et références utiles : Kirmer *et al.* (2012), Khiel *et al.* (2010), Krautzer *et al.* (2006a), Scotton *et al.* (2012)





3 | **Les semis et leur fertilisation, la protection du couvert végétal**

Après une préparation soignée du substrat, les techniques et les produits d'ensemencement doivent être adaptés aux caractéristiques écologiques de chaque site. Sur un site pentu, fortement exposé à l'érosion, on privilégie l'utilisation de filets ou de mulch à fibres longues afin de fixer les semences au sol mais aussi pour humidifier celui-ci, l'enrichir légèrement en matière organique et ainsi favoriser le développement des plantules. Pour ce type de site, les espèces végétales utilisées doivent être capables de pousser dans des conditions de sol pauvre et sec et de stabiliser le talus avec un système racinaire puissant. Sur un

terrain moins pentu au sol plus fertile et frais, les semis ne nécessitent pas obligatoirement le recours à des agents fixateurs ou à des fertilisants.

D'autre part, les jeunes plantes étant particulièrement sensibles aux gelées, à l'érosion, à l'engorgement des sols, au pâturage et au piétinement, les périodes de semis et les mesures de protection des parcelles sont des facteurs déterminants.

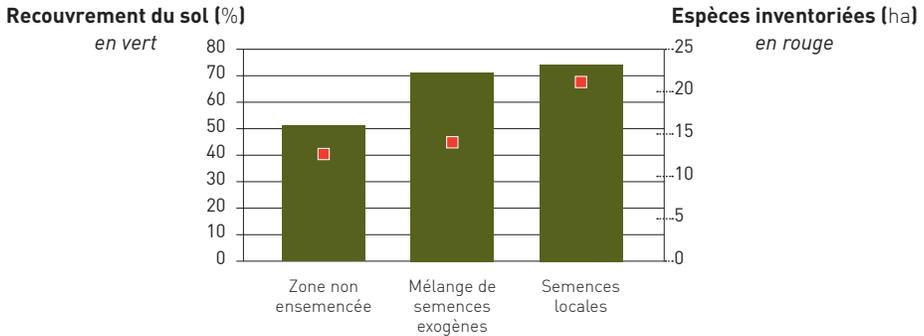
En fin de chantier, des activités de gestion du site seront indispensables pour sécuriser le développement de la végétation implantée et évaluer les facteurs de succès et d'échec des opérations mises en œuvre.

Des semences indigènes récoltées en milieu naturel, adaptées, économes et durables

En altitude, les mélanges de semences exogènes provenant du commerce ne se développent pas aussi facilement et durablement que les mélanges de semences indigènes provenant d'un site de récolte proche du site revégétalisé. Les conditions climatiques et la pauvreté des sols ne leur permettent pas de survivre. Aux étages subalpin et alpin, certaines espèces peuvent couvrir les sols les deux premières années mais elles tendent ensuite à disparaître, laissant des zones sensibles à l'érosion. C'est particulièrement le cas du Ray-grass anglais. Il est certes possible de pratiquer une fertilisation secondaire sur les sites revégétalisés avec des mélanges de semences exogènes provenant du commerce, mais cela ne conduirait qu'à une artificialisation prolongée du sol et de la strate herbacée, et à un retour tardif des pelouses naturelles. Les fertilisations doivent donc rester transitoires.

En fait, les mélanges de semences exogènes provenant du commerce doivent être semés à des densités plus élevées (200 à 250 kg/ha) que les mélanges de semences indigènes récoltées en milieu naturel (80 à 160 kg/ha) pour obtenir à brève échéance un résultat de revégétalisation comparable.

Sur une échéance plus longue, le maintien des couverts végétaux obtenus à partir de semis de mélanges de semences exogènes provenant du commerce devient aléatoire. Dans les Alpes françaises, 4 ans après des revégétalisations opérées à l'étage alpin, les taux de recouvrement des sols n'étaient que de 5 à 20%, taux insuffisants pour les préserver de l'érosion. Des mélanges de semences indigènes récoltées en milieu naturel, au développement plus régulier, on conduit à l'implantation de structures végétales plus diversifiées, denses et stables.



- Résultats d'expérimentations conduites sur des parcelles situées à 2000 mètres d'altitude (domaine skiable de Peyragudes) : suivi de recouvrement et inventaire floristique réalisés en 2013, 5 ans après le semis.
- Les espèces inventoriées ont été les suivantes [en 1, zone non ensemencée ; en 2, zone semences exogènes ; en 3, zone semences locales] : Achillée millefeuille [2], Agrostis capillaire [1,2,3], Campanule de Scheuchzer [3], Laïche des lièvres [2,3], Angélique des Pyrénées [3], Conopode dénudé [3], Petite euphrase [1,2,3], Euphrase raide [3], Gispet [1,3], Fétuque rouge [2], Fétuque noirâtre (souche sauvage) [1,2,3], Epervière [3], Jasione lisse [2,3], Liondent hispide [2,3], Nard raide [1,2,3], Paronique à feuilles de renouées [1,3], Plantain lancéolé [3], Pâturin alpin [3], Potentille dressée [1,2,3], Petite oseille [2], Scléranthe à crochets [1], Silène des rochers [3], Spergulaire rouge [1], Stellaire à feuilles de graminée [3], Pissenlit [1], Thym à nervures saillantes [1], Trèfle alpin [1,2,3], Trèfle hybride [2], Trèfle blanc [1,2,3]
- La Campanule de Scheuchzer, l'Angélique des Pyrénées, le Conopode dénudé, l'Euphrase raide, le Gispet, la Paronique à feuilles de renouées et le Trèfle alpin sont des espèces caractéristiques des pelouses d'altitude. On les trouve dans la zone ensemencée avec des semences d'origine locale mais, à l'exception du Trèfle alpin, pas dans celle qui a été ensemencée avec des semences exogènes. Celle-ci accueille en revanche une Fétuque rouge et du Trèfle hybride. Dans la zone non ensemencée, devenue beaucoup plus caillouteuse, on trouve des espèces peu exigeantes en eau (xérophiles) telles la Scléranthe à crochets et le Thym à nervures saillantes. Faute de couvert végétal dense, une plante annuelle parvient à s'y implanter : la Spergulaire rouge.
- Observations Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.



Les semences mères destinées à la multiplication doivent être récoltées manuellement, espèce par espèce, afin d'optimiser leur taux de pureté.

Des semences issues des estives, génétiquement compatibles

Les mélanges de semences exogènes actuellement commercialisés sont mal contrôlés. Leur origine géographique est parfois inconnue. Certaines espèces peuvent exister dans les Pyrénées, mais les populations introduites sont d'origine si lointaine qu'elles diffèrent génétiquement. Une Achillée millefeuille originaire de Nouvelle-Zélande n'a pas la capacité d'adaptation d'une pyrénéenne aux condi-

tions locales (elle n'en a pas non plus l'apparence). En revanche, des populations de Pâturin alpin originaires des Alpes, adaptées elles aussi au climat montagnard, peuvent coloniser un terrain pyrénéen. Elles peuvent se reproduire avec des populations pyrénéennes de la même espèce mais pour donner des individus génétiquement intermédiaires. Le risque est élevé pour la biodiversité locale.



L'association Estivade d'Aspe Pyrénées a assuré les premières multiplications des semences de la marque Pyrégraine de néou. Ici, la récolte des semences de première génération.

Des semences aux différences génétiques marquées, entre l'ouest et l'est des Pyrénées

Une plante est qualifiée d'indigène dans son territoire phytogéographique d'appartenance. La géomorphologie, le climat, la nature des habitats naturels (ou formations végétales), la répartition des espèces et les spécificités génétiques des populations végétales, le caractérisent. Dans le cas d'une problématique de revégétalisation, ce territoire phytogéographique d'appartenance peut servir à délimiter des zones de récolte-utilisation. Respecter cette zone de récolte-utilisation, c'est collecter des semences à proximité des sites à revégétaliser pour les semer directement ou après multiplication sur le site en question.

Dans le cadre de la démarche Ecovars ayant donné lieu à la création de la marque Pyrégraine de nèou, deux zones de récolte-utilisation ont été identifiées dans les Pyrénées. Cette segmentation vise à prendre en compte les différences génétiques marquées qui ont été observées entre les populations orientales et occidentales de trois espèces : le Gispet (*Festuca eskia*), la Fétuque de Gautier (*Festuca gautieri*) et le Trèfle alpin (*Trifolium alpinum*). Une zone de récolte-utilisation centro-occidentale des Pyrénées comporte toutes les surfaces situées à plus de 1000 m d'altitude entre le Pic d'Anie dans les Pyrénées-Atlantiques et l'ouest de la vallée du Salat en Ariège. La zone de récolte-utilisation orientale des Pyrénées comporte toutes les surfaces situées à plus de 1000 m d'altitude de l'est de la vallée du Salat jusqu'aux dernières montagnes

des Pyrénées-Orientales. Aucun mélange entre provenances n'est opéré et ceci à aucune étape de la collecte, de la production ou de l'utilisation des semences ou des plantes. Les collectes réalisées dans le bassin versant du Salat ne sont utilisées que dans celui-ci.

Des multiplications de semences indigènes récoltées en milieu naturel en zone centro-occidentale des Pyrénées sont en cours. Elles permettent depuis 2012 de disposer de mélanges de semences correspondant à cette zone de récolte-utilisation. Les mélanges peuvent être composés pour répondre aux exigences des sols des sites à revégétaliser. Ces semences sont disponibles sous la marque collective de semences sauvages des Pyrénées, déposée par le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées en 2010 : « Pyrégraine de nèou ». Ce signe de qualité traduit une éthique ; il réunit des producteurs, des collecteurs, des utilisateurs de semences. Le respect d'un cahier des charges ou règlement d'usage, contrôlé par le régulateur, assure la traçabilité des semences, la garantie de leur provenance et de leur qualité. Le tableau ci-joint résume les procédures définies par ce cahier des charges.

Sources : Bussery (1989), Cornier *et al.* (2011), Malaval *et al.* (2010)

Pyrégraine de nèou, les exigences d'une marque de semences

	POUR BÉNÉFICIER DE LA MARQUE	SUIVI/CONTRÔLE
Collecte en milieu naturel	Collecter des semences en milieu naturel (3 sites à plus de 1000 m d'altitude dans la zone de récolte-utilisation)	Les noms des sites, de la commune de la zone de collecte doivent être renseignés dans une base de données. Les sites doivent si possible être géolocalisés avec un GPS
	↓	
Multiplication sur des parcelles agricoles	Ne pas dépasser 3 cycles de multiplication (pas plus de 4 générations de semences (B1, B2, B3 et B4)	Le régulateur vérifie les espèces et les lots de semences multipliés sur les champs.
	Aller collecter de nouvelles semences de base en milieu naturel après 3 cycles de multiplication	
↓		
Suivi de la qualité et traçabilité des semences	Tester la qualité en laboratoire.	Après la récolte, le régulateur analyse ou fait analyser la pureté spécifique et la capacité germinative des semences.
	Trier des semences en fonction de leur qualité et mesurer les quantités produites.	Une base de données de suivi des lots de semences est alimentée par les producteurs ou le régulateur. Elle doit régulièrement être contrôlée et peut être accessible en ligne.
	Créer et numéroter les lots de semences.	Les vendeurs de semences ou le régulateur actualisent la base de données des semences vendues en mentionnant les noms des acheteurs et les sites d'utilisation.
↓		
Vente et utilisation dans la zone d'origine	Étiqueter les lots de semences vendues en mentionnant : l'origine des semences (provenance et lieu de multiplication), la pureté en semence, les taux de germination.	Le régulateur vérifie les correspondances entre l'étiquetage des lots de semences et la base de données.
	Vérifier que les semences vendues seront bien utilisées dans la bonne zone de récolte utilisation.	



Implanter des communautés végétales s'intégrant dans les écosystèmes et assurant un retour durable du couvert végétal.

Le mélange de semences doit être si possible d'origine pyrénéenne et adapté aux conditions écologiques du site à ensemercer.

Faute de semences indigènes sur le marché, les mélanges de semences exogènes peuvent être envisagés pour obtenir une couverture végétale transitoire, seulement si les espèces choisies ne présentent pas de risques majeurs pour la flore locale. Les espèces exogènes peuvent entrer en compétition avec les plantes locales. Elles accroissent les risques d'hybridation. Les espèces naturellement présentes sur le site mais introduites à partir de semences ne provenant pas d'une zone de récolte proche, seront à l'origine de croisements : les individus ne posséderont plus toutes les spécificités génétiques de leurs parents autochtones qui étaient eux adaptés aux conditions locales. L'utilisation de semences certifiées sélectionnées en plaine depuis plusieurs générations est moins risquée que celle de semences non certifiées d'origine inconnue. Leur sélection étant plus ancienne et artificielle, leur diversité génétique s'est érodée.

INTÉRÊTS

Dans un premier temps, des espèces capables de pousser rapidement sur des sols dégradés sont intéressantes pour assurer leur protection rapide et relancer leur activité biologique.

L'utilisation d'espèces naturellement présentes sur le site permet de conserver les communautés végétales. Des associations à bénéfices mutuels se mettent en place entre plantes et entre plantes et organismes du sol (bactéries, champignons, insectes...). Une grande diversité des espèces favorise la production de biomasse végétale de la prairie, le sol améliorant sa capacité d'accueil.

CONDITIONS OPTIMALES

Il est important de disposer d'une large gamme de semences sauvages d'origine pyrénéenne (ou d'espèces qui ne le sont pas mais qui ne présentent pas de risques de compétition et d'hybridation avec la flore locale). Les conditions écologiques du site à ensemercer doivent faire l'objet d'un diagnostic complet ; il permettra de déterminer les espèces adaptées, à inclure dans les mélanges, et les périodes de semis.

Les mélanges de semences sauvages d'origine pyrénéenne, comme ceux qui sont proposés par la marque Pyrégraine de nèou, peuvent être composés de graines multipliées dans des parcelles agricoles. Le cahier des charges de la marque impose des procédures qui limitent les risques d'évolution génétique des plantes (3 cycles de multiplication à partir des semences mères au maximum, traçabilité, tests de pureté).



Le retour naturel du couvert végétal peut prendre du temps (au premier plan); le réensemencement avec des espèces provenant de sites proches permet d'obtenir à court terme 70% de couvert végétal (au second plan).

MISE EN ŒUVRE

- définir l'objectif de la revégétalisation et recenser les facteurs qui influenceront sur le développement des plantes sélectionnées ;
- réaliser une fiche récapitulatif ce qui a déterminé la composition du mélange de semences adapté aux conditions écologiques locales ;
- choisir des semences conformes au paragraphe 2.2.4.2 du fascicule 35 du Cahier des clauses techniques générales (CCTG). Les CCTG applicables aux marchés publics de travaux rassemblent l'ensemble des dispositions techniques relatives aux travaux de bâtiment et de génie civil. Ces documents sont approuvés par un arrêté du ministre chargé de l'économie et des ministres intéressés. Ils se présentent comme une collection de fascicules traitant chacun d'un thème spécialisé. Le fascicule 35 « Aménagements paysagers. Aires de sports et de loisir de plein air » a pour objet de rationaliser les commandes de fournitures ou de travaux dans ce domaine. Suite à l'arrêté du 30 mai 2012, de nouveaux documents ont été annexés au fascicule n° 35 du cahier des clauses techniques générales du 15 février 1999 pour fixer

les dispositions contractuelles d'ordre technique applicables aux prestations. Le paragraphe 2.2.4.2 porte sur le choix et la qualité des semences de revégétalisation. Ces dispositions sont destinées à être intégrées au marché passé entre un maître d'ouvrage et un entrepreneur ;

- se limiter à 8 à 10 espèces ou variétés ;
- inclure 10 à 20 % de légumineuses ;
- vérifier que les mélanges de semences ne contiennent pas d'espèces sauvages qui ne sont pas garanties d'origine pyrénéenne ;
- s'il n'est pas possible d'obtenir des semences d'origine pyrénéenne, utiliser des mélanges composés exclusivement de semences certifiées (inscrites au catalogue officiel des espèces et variétés végétales), livrés avec les certificats d'origine du Service officiel de contrôle et de certification (SOC) du Groupement national interprofessionnel des semences et plants (GNIS) ;
- sur les sacs de semences, faire préciser au fournisseur la composition spécifique du mélange, l'origine géographique de provenance et de production, le degré de pureté et la faculté germinative de chaque espèce ;

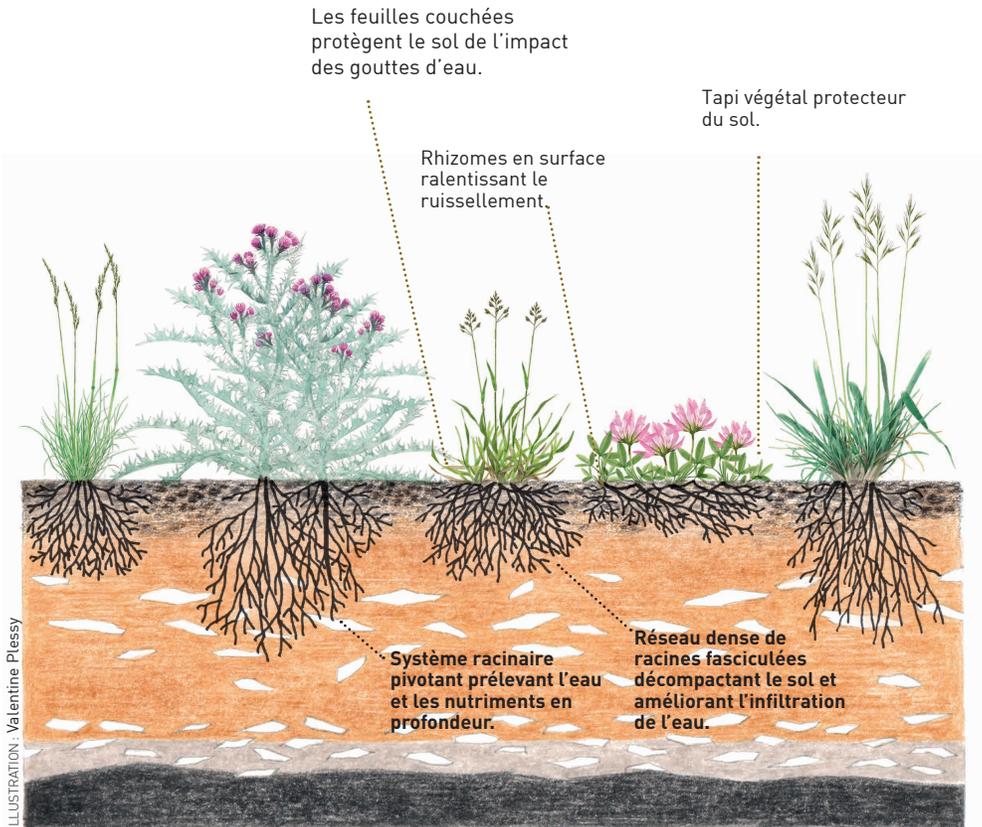
Exemples de mélanges de semences sauvages des Pyrénées (recommandations de la marque Pyrégraine de néou)

NOMS COMMUNS	NOMS SCIENTIFIQUES	% (SUBSTRAT ACIDE)	% (SUBSTRAT CALCAIRE)
Fétuque noirâtre	<i>Festuca nigrescens</i> (Lam) subsp. <i>nigrescens</i>	30	5
Fétuque de Gautier	<i>Festuca gautieri</i> (Hack.) K. Richt	0	30
Pâturin alpin	<i>Poa alpina</i> L.	20	0
Brize intermédiaire	<i>Briza media</i> L.	5	20
Canche flexueuse	<i>Deschampsia flexuosa</i> L.	5	0
Avoine des montagnes	<i>Helictotrichon sedenense</i> (Clarion ex DC.) Holub.	10	20
Anthyllide des Pyrénées	<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>boscii</i> Kerguelen	5	10
Lotier alpin	<i>Lotus alpinus</i> (DC.) Schleich. Ex Ramond	5	10
Trèfle alpin	<i>Trifolium alpinum</i> L.	10	
Achillée millefeuille	<i>Achillea millefolium</i> L.	5	
Chardon fausse carline	<i>Carduus carlinoides</i> (Gouan) subsp. <i>carlinoides</i>	2,5	5
Plantain lancéolé	<i>Plantago lanceolata</i> L.	2,5	
TOTAL		100	100

- vérifier l'adaptation du mélange de semences aux conditions écologiques du site à revégétaliser (consulter le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées) ;
- réaliser le semis à l'automne, de préférence, à raison de 100 à 200 kg/ha pour les mélanges de semences d'origine pyrénéenne (de 150 à 200 kg/ha pour les mélanges de semences qui ne le sont pas). Renforcer si nécessaire au printemps suivant, si possible avant le mois de

juin, par un semis supplémentaire de 50 kg/ha (ou de 50 à 100 kg/ha si les semences ne sont pas originaires du massif). Si le premier semis intervient au printemps, opérer le renforcement à l'automne.

Sources : Bussery (1989), Cornier *et al.* (2011), Gauthier (1997), Henry *et al.* (2011), Krautzer *et al.* (2006), Lumaret (1999), Malaval (2008), Malaval *et al.* (2010)



Evaluation de quelques espèces présentes dans les mélanges de semences exogènes proposés sur le marché de la revégétalisation

NOMS COMMUNS	NOMS SCIENTIFIQUES	EXEMPLE DE MÉLANGES DE SEMENCES CERTIFIÉES			OBSERVATIONS	CONSEILLÉ / À ÉVITER
		Mél. 1 (%)	Mél. 2 (%)	Mél. 3 (%)		
Fétuque traçante	<i>Festuca rubra</i> subsp. <i>rubra</i>	18	10	15	Se maintiennent au moins 3 ans après semis à l'étage alpin. Les graines n'arrivent pas à maturité. Provenance inconnue, peut-être issues de plantes sauvages de montagne.	A éviter. Peuvent s'hybrider ou échanger des gènes (introgressions) avec des populations de plantes pyrénéennes de la même espèce ou du même genre.
Fétuque rouge	<i>Festuca rubra</i> L.	10	15			
Fétuque élevée	<i>Festuca arundinaceus</i> (Schreb.)			20		
Ray-grass anglais	<i>Lolium perenne</i> L.	15	20	15,5	N'est pas adaptée : meurt après 2 ou 3 ans et ne termine pas son cycle biologique. Provenance inconnue.	Conseillée. Ne présente pas de risques majeurs d'hybridation ou de concurrence avec des plantes pyrénéennes.
Fléole des prés	<i>Phleum pratense</i> L.	15	30	15	Se maintient 3 ans après semis à l'étage alpin. Les graines n'arrivent pas à maturité. Provenance inconnue.	A éviter. Peut s'hybrider ou échanger des gènes (introgressions) avec les souches pyrénéennes.
Dactyle	<i>Dactylis glomerata</i> L.	15		15	Certaines variétés ne terminent pas leur cycle biologique.	A éviter. Peut s'hybrider ou échanger des gènes (introgressions) avec les souches pyrénéennes.
Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i> L.	4	2		Difficulté de germination et de développement en altitude. Provenance inconnue.	A éviter. Peut s'hybrider ou échanger des gènes (introgressions) avec les souches pyrénéennes.
Lotier corniculé	<i>Lotus corniculatus</i> L.	2		5	Provenance inconnue.	A éviter. Peut s'hybrider ou échanger des gènes (introgressions) avec les souches pyrénéennes de <i>Lotus alpinus</i> . Précédents dans les Alpes.
Achillée millefeuille	<i>Achillea millefolium</i> L.	1		0,5	Provenance inconnue.	A éviter. Peut s'hybrider ou échanger des gènes (introgressions) avec les souches pyrénéennes.
Trèfle hybride	<i>Trifolium hybridum</i> L.		3	4	Trèfle issu d'un croisement entre deux espèces de trèfles de provenance inconnue.	A éviter. Peut s'hybrider ou échanger des gènes (introgressions) avec les souches pyrénéennes.

Eviter le gaspillage d'engrais minéraux en favorisant le retour d'une végétation adaptée aux conditions locales.

En altitude, les processus d'érosion consécutifs aux remaniements des sols provoquent une forte diminution de leur fertilité. Il peut donc être nécessaire de compenser les 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.

INTÉRÊTS

Les fertilisations organiques contribuent à l'amélioration de la structure des sols à long terme. Elles sont d'autant plus adaptées qu'elles favorisent leur activité biologique. Libérés progressivement dans les sols, les nutriments sont ainsi prélevés plus efficacement par les plantes, favorisant la formation du couvert végétal et limitant leur perte par l'érosion.

CONDITIONS OPTIMALES

Il est nécessaire d'évaluer d'abord la fertilité initiale du sol et de comparer ses propriétés biologiques, physiques et chimiques à celles des sols non perturbés situés à proximité du site à ensemercer. On peut ensuite ajuster la présence de certains nutriments et éléments pour mieux répondre aux besoins des espèces qui seront semées. Les apports massifs d'engrais chimiques sont à éviter pour en réduire l'impact environnemental mais aussi en raison de leur coût.

Une fumure organique est indispensable sur un sol pauvre en matière organique ; elle favorisera l'activité biologique du sol et améliorera ses propriétés physico-chimiques à long terme. Une ferti-

lisation organique ou des amendements calcaires amélioreront la teneur en ions positifs (K+, Ca²⁺) et en phosphore (sous sa forme assimilable par les plantes) d'un sol carencé en nutriments. Des engrais azotés, phosphorés ou potassiques pourront alors être utilisés en complément pour redresser la fertilité chimique du sol.

Lorsque le sol est sableux ou rocailleux, très drainant, les engrais sont lessivés en profondeur. L'absence de complexe argilo-humique et le peu d'activité biologique ne permettent pas la rétention des éléments fertilisants.

Equipements nécessaires

- matériel pour réaliser des analyses de sol ;
- cuve avec mélangeur d'engrais.

MISE EN ŒUVRE

Caractériser la fertilité du sol à ensemercer

- mesurer et/ou évaluer les éléments caractéristiques de la fertilité initiale du sol (pH, teneur en matière organique, azote, rapport quantité de carbone sur quantité d'azote (C/N), capacité d'échange cationique (CEC) et bases échan-

geables, teneur en P et en K...). Si des mesures sont trop coûteuses, utiliser des données de relevés effectués sur des sites soumis à des conditions semblables. Dans certains cas, la fertilité du sol peut aussi être évaluée en observant sa coloration marron foncé, liée à la présence de matière organique. L'abondance et la forme des agrégats de sol ou des complexes argilo-humiques témoignent d'une activité biologique importante et d'une bonne circulation de l'air et de l'eau. La diversité des plantes et le niveau de production de biomasse végétale peut aussi renseigner. Enfin, certaines plantes indiquent les caractéristiques des sols : la Canche flexueuse, par exemple, révèle une faible teneur en nutriments.

Caractériser les risques d'érosion (ruissellement et lessivage en profondeur)

- évaluer les risques d'érosion et de lessivage des engrais minéraux par le ruissellement superficiel ou par les eaux souterraines. La forme et la surface des bassins versants, les pentes, les couverts végétaux et les chemins habituels de l'eau en amont du site sont des indications utiles.

Gérer la fertilisation

- éviter l'utilisation de fertilisants minéraux sur des sols très drainants et caillouteux : ils sont facilement lessivés par les eaux et emportés en profondeur sous forme soluble ou solide ;
- ne pas utiliser de fertilisants minéraux à proximité de zones humides ou tourbeuses ;
- déterminer le type de fertilisation et, si possible, la quantité de matière organique souhaitable

et le nombre d'unités fertilisantes en azote, phosphore et potassium adaptées aux sites et aux exigences des plantes. Il est conseillé de prendre en compte les caractéristiques des sols non perturbés situés à proximité du site à ensemen- cer ;

- demander au fournisseur une fiche technique décrivant les fertilisants proposés ;
- fertiliser avec une fumure de plus de 1000 kg/ha en la complétant ou non par des engrais minéraux, pour stimuler la croissance du couvert végétal, notamment dans le cas d'un semis de mélanges issus du commerce ;
- privilégier des engrais dont la teneur en éléments recherchés est élevée (nutriments N → ou égal à 4%, P → ou égal à 4%, K → ou égal à 4%,...). L'analyse du rapport entre les quantités de carbone et d'azote (rapport C/N) est utile pour ne pas bouleverser les processus de maintien de la fertilité du sol. Si la fertilisation a lieu pendant le semis, ou juste avant, un rapport C/N inférieur ou égal à 15 sera recherché afin que les plantules ne manquent pas d'azote. L'apport d'une quantité de carbone trop élevée par rapport aux quantités d'azote entraîne une chute temporaire des concentrations d'azote disponible pour les plantes dans le sol. Ce dernier est alors mobilisé par les populations de micro-organismes qui se développent pour décomposer la nouvelle source de carbone organique. Ce phénomène, appelé « faim d'azote », entraîne une indisponibilité temporaire en azote minéral dans le sol. Il doit être évité en période de semis car cette carence pénalise fortement le développement des plantules ;

Sources : Krautzer *et al.* (2006), Salomon (2007)

Créer un environnement favorable à la survie et à la croissance des plantules.

Avant leur germination, les semences sont exposées à de fortes variations climatiques et soumises à d'importantes forces érosives. Les plantules le sont tout autant. Il est capital de les protéger.

INTÉRÊTS

Les agents fixateurs de type colloïde font adhérer les semences et les engrais au substrat.

Un paillage manuel protège le sol et les semences de l'érosion provoquée par l'impact des gouttes d'eau et par le ruissellement. Il est avantageux d'utiliser du foin ou de la paille provenant d'une exploitation agricole proche.

Les filets en toile de jute ou de coco ont en plus l'intérêt de limiter l'érosion due au vent. Ils stabilisent les semences, favorisent le développement des plantules en limitant les amplitudes thermiques et hydriques ; ils conservent l'humidité à la surface du sol.

Un mulch à fibres longues forme une membrane végétale qui favorise le maintien des semences au sol, leur offre un environnement protecteur et des conditions de croissance favorables. Il épouse les irrégularités du substrat à ensemercer. Il peut être incorporé au mélange de semences, de fertilisants et d'agents fixateurs et être projeté à l'hydroseeder ; son installation est donc moins longue et moins coûteuse que celle de filets en toile de jute ou de coco.

Un mulch à fibres longues colorées facilite le dosage du produit lors de l'application. Son efficacité varie de 2 à 8 mois.

CONDITIONS OPTIMALES

Ces techniques sont adaptées à des sites exposés à l'érosion et à des conditions hydriques et thermiques contrastées. Les substrats doivent être bien préparés pour une bonne adhésion des produits utilisés.

Les agents fixateurs sont particulièrement utiles dans les zones pentues, soumises à des phénomènes érosifs intenses.

Le paillage manuel convient aux zones sensibles à l'érosion due à l'impact des gouttes de pluie sur le sol. Très léger et non fixé au sol, il est instable sur les sites très pentus et ne convient pas à des sites soumis à des vents forts ou à d'intenses ruissellements.

Les filets en toile de jute ou de coco sont par contre adaptés aux sites pentus, à fort ruissellement, sensibles à l'érosion. Un mulch à fibres longues, efficace lui aussi sur des sites soumis à d'intenses processus d'érosion, est particulièrement adapté à des sols irréguliers et difficiles d'accès.

Equipements nécessaires

- produits utilisés, cuve ou bac pour réaliser les mélanges ;
- épandeur à fumier ou fourche pour le paillage manuel ;
- agrafes et marteau pour fixer les filets de toile de jute ou de coco ;
- hydroseeder pour projeter un mulch à fibre longue.

MISE EN ŒUVRE

Utiliser des agents fixateurs

- utiliser de préférence un fixateur composé de colloïdes à base d'alginate ;
- faire conditionner les agents fixateurs dans des sacs ou des bidons fermés portant mention de leur nature, de leur composition et de leur concentration. Demander aux fournisseurs les fiches techniques des produits ;
- respecter les doses indiquées par le fournisseur afin de ne pas nuire à la capacité de germination des semences et de levée des plantules ;

Installer un paillage manuel

- un paillage manuel doit être réalisé sur des pentes faibles et à l'abri du vent. L'épaisseur de la couche de paille ou de foin ne doit pas dépasser 3 à 5 cm (300 à 700 g/m²) et laisser passer la lumière. Une colle organique légère peut être utilisée ;

Installer des filets en toile de jute ou de coco

- consulter les recommandations d'utilisation propres aux différents produits existants ;
- mettre en place des filets de protection, les agraffer sur les talus ou sur les zones de forte pente présentant des phénomènes d'érosion superficielle.

cielle. S'il n'est pas possible d'en poser sur tout le talus, ces filets peuvent être installés en haut de celui-ci (sur l'épaule) pour enrayer l'érosion régressive et stabiliser les bourrelets ;

Utiliser un mulch à fibre longue

- faire conditionner des additifs dans les sacs ou des bidons fermés portant mention de leur nature, de leur composition et de leur concentration ;
- consulter les recommandations d'utilisation propres aux différents produits existants ;
- équilibrer le dosage en semences, en engrais et en agents fixateurs en fonction des caractéristiques du site à ensemercer ;
- dans des situations aux fortes amplitudes thermiques, utiliser une pâte cellulosique pour constituer un mulch ou intégrer un mulch à fibres longues dans l'hydroseeder, en respectant les consignes du fournisseur (exemples : Flexterra™, Soil Guard) ;
- adapter le volume de mulch à fibre longue à la pente et à la sensibilité à l'érosion du site (110 à 220 bottes/ha ; 1 botte = 22,7 kg) ;
- projeter le mélange de semences, de fertilisants, d'agents fixateurs et de mulch sur le talus ou sur la pente à stabiliser ;
- après les premières projections, vérifier le mélange et l'épaisseur de mulch afin d'ajuster les dosages et la vitesse d'épandage.

Sources : Euro-Tec (2011), Haselwandter (1997), Magnin (2003), Malavat *et al.* (2008), Perry *et al.* (1989), Scheier France (2011)



La protection des semis par des filets en toile de jute ou de coco est recommandée sur les pentes les plus prononcées (comme ici, à droite).

Permettre le développement des plantules avant le gel.

Les semis doivent être faits à une période qui permettra aux plantes de profiter des journées propices à la photosynthèse. Elles ont quelques semaines pour développer des feuilles et des racines qui leur permettront de résister à de grandes amplitudes hydriques et thermiques, hivernales ou estivales, au gel ou à la sécheresse.

INTÉRÊTS

Un semis automnal, plusieurs semaines avant les premiers gels, permettra aux plantules de germer et de se développer dans des conditions climatiques favorables. Les plantules développées en automne seront ensuite protégées par la neige et pourront pleinement profiter de leur première saison estivale. Les semences qui ont besoin d'une période d'humidité et de froid pourront germer en début du printemps. Les semis précoces de printemps peuvent aussi être efficaces si les conditions édapho-climatiques permettent un développement des plantules suffisant avant les sécheresses de l'été.

CONDITIONS OPTIMALES

Les produits et les techniques d'ensemencement doivent être adaptés aux sites (substrats, risques d'érosion). Le succès de cette opération passe en règle générale par la préparation d'un lit de semences grumeleux, l'utilisation d'agents fixateurs et, si besoin, d'un mulch protecteur contre l'érosion et les variations thermiques et hydriques.

Un semis au début de l'automne permet aux espèces à levée rapide de développer un premier couvert végétal qui sera protégé des amplitudes thermiques

par le manteau neigeux jusqu'au printemps. Il permet aussi aux plantules de se développer suffisamment pour affronter les premiers gels de fin d'année. Les espèces plus tardives bénéficient d'une mise au froid favorable à la levée de dormance des semences.

MISE EN ŒUVRE

- organiser les travaux pour que le premier semis ait lieu entre fin août et début octobre ;
- semer au printemps si les travaux n'ont pas été terminés avant l'hiver. Le faire dès le déneigement, le plus tôt possible, avant le début de l'été.
- vérifier la concordance entre la commande de semences et la livraison (qualité, composition et origine) ;
- utiliser les techniques de semis les plus adaptées aux caractéristiques du sol à ensemercer, à son exposition, à l'érosion et aux variations thermique et hydrique ;
- après un premier semis à l'automne, réaliser le second au printemps suivant. Après un premier semis au printemps, réaliser le second à l'automne.

Sources : Malaval (2008)

Ensemencer rapidement sur des pentes intermédiaires et accessibles.

Il n'y a pas de méthodes de semis généralisable. Chacune présente des avantages et des inconvénients selon la configuration du terrain. Le semoir mécanique permet une régularité du semis mais il ne peut être utilisé qu'en zone plane. Le semis à l'hydroseeder se substituera à lui sur des zones pentues et permet d'incorporer un mulch et/ou des adjuvants fixateurs en plus des fertilisants.

INTÉRÊTS

Le semis à l'hydroseeder permet d'installer rapidement et efficacement un couvert végétal. Les semences sont projetées dans un mélange d'eau, de fertilisants, d'agents fixateurs ou de mulch à fibres longues. Cette solution favorise l'adhérence des semences au sol et crée des conditions favorables à leur développement. Le mulch, protecteur et biodégradable, améliore les sols de mauvaise qualité. Un semoir mécanique est adapté à des sols plans ou peu pentus, grumeleux. Son usage permet de bien répartir les semences et simultanément de répandre de l'engrais. Ce dernier, localisé près des semences, profite rapidement aux jeunes plantules. L'ensemencement mécanique est plus rapide que l'ensemencement hydraulique ; son coût est abordable (35 €/ha pour des outils de 3 m de largeur, hors coûts de main d'œuvre). Les semoirs centrifuges ne sont pas conseillés, le vent pouvant emporter les semences, très légères. Le semis manuel (« à la volée ») peut donner de bons résultats sur des sols peu exposés à l'érosion et grumeleux en surface, et ceci à moindre coût.

CONDITIONS OPTIMALES

L'ensemencement à l'hydroseeder est possible dans un rayon d'un peu plus de 40 mètres, de la longueur de la lance à eau. Sur des sols peu pentus, compactés et modérément exposés à l'érosion, l'introduction d'un simple agent fixateur dans le mélange de semences suffit à le faire adhérer. Avec un mulch à fibres longues, cette technique permet de revégétaliser efficacement des zones escarpées où la préparation du sol est difficile, voire impossible. Le mulch à fibres longues est en effet adapté aux sols pentus et/ou fortement exposés à l'érosion. L'hydroseeder, monté sur un véhicule, doit pouvoir accéder au site à revégétaliser. L'usage d'un semoir mécanique est possible sur des sites peu pentus, sans irrégularités topographiques, si les sols sont fins, grumeleux et secs. Le site doit être suffisamment ouvert et vaste pour éviter que des bordures ne soient pas ensemencées. Des semoirs conçus pour le blé (de type Brillion) conviennent à la mise en œuvre de cette technique, comme sont aussi adaptés les semoirs de plantes fourragères ou maraîchères. Le semis manuel est moins coûteux, adapté aux sites de petite dimension, et permet d'intervenir



Eau, semences, fertilisants et agents fixateurs sont mêlés pour être projetés à l'hydroseeder sur la pente à revégétaliser.

là où les véhicules ne peuvent accéder. Comme il n'est pas accompagné d'agents fixateurs, il n'est pas efficace sur des zones sensibles à l'érosion. La technique n'est pas applicable en cas de vent. Les graines doivent être recouvertes d'une fine épaisseur de terre après semis.

Equipements nécessaires

- hydroseeder pour semis hydraulique ;
- semoir mécanique simple ou pneumatique ;
- combiné rotatif et semoir en ligne ;
- outils à dents équipés d'une trémie de semoir à céréales et de tubes de descente. Les dépôts de semences doivent être effectués entre les dents et le rouleau plombeur.

MISE EN ŒUVRE

Le semis à l'hydroseeder

- choisir les agents fixateurs les plus adaptés au site, à la pente, au substrat receveur, à l'exposition à l'érosion (colle naturelle, mulch à fibres longues...);
- mêler eau, semences, fertilisants et agents fixateurs dans le réservoir à agitation mécanique de l'hydroseeder ;
- régler la buse et la pression de l'hydroseeder pour réaliser un ensemencement suffisant et homogène du site. La vitesse d'arrosage peut être adaptée au dosage de semence ;

Le semis au semoir mécanique

- régler le semoir en fonction des doses et des tailles de semences. Ajuster la profondeur de semis pour une bonne levée de l'ensemble des espèces du mélange de semences. Bien mélanger les semences avec les fertilisants ou des matériaux inertes (sables, semoules...) pour maîtriser la dose de semis utilisée, la taille des semences sauvages étant souvent plus petite que celle des plantes cultivées ;
- en cas de fertilisation minérale lors du semis, régler le semoir pour un apport adapté de fertilisants à proximité des semences ;

Le semis manuel

- estimer le nombre de poignées de semences pour un surface donnée, ceci pour respecter le dosage recommandé ;
- semer à la volée de façon homogène ;
- recouvrir les semences d'une fine épaisseur de terre.

Sources : Krautzer *et al.* (2006)

Protéger du piétinement et du pâturage trop précoce.

Le pâturage et le piétinement des zones fraîchement semées peuvent faire échouer une revégétalisation. Les troupeaux de bovins et d'ovins apprécient les jeunes pousses. Ils peuvent endommager les zones revégétalisées. Une protection temporaire est donc indispensable. Elle réduira aussi les passages répétés des randonneurs sur les couverts végétaux.

INTÉRÊTS

Une jeune plante, souvent très appétente, est extrêmement sensible au fait d'être broutée. De plus, elle supporte difficilement le piétinement par les animaux, ses racines n'étant pas encore assez développées. Une protection lui est profitable.

CONDITIONS OPTIMALES

Une mise en défens est nécessaire pendant au moins deux ans

Equipements nécessaires

- piquet en bois ou en fer,
- clôture électrique (fil électrique, anneaux isolants) ou clôture en grillage,
- fil de fer, tenaille, clou, marteau,
- batterie pour alimenter la clôture électrique et bâche de protection.

MISE EN ŒUVRE

- négocier des zones mises en défens avec les éleveurs et les groupements pastoraux en visant une reconstitution de la productivité en fourrage de la pelouse ou de la prairie ;
- expliquer aux usagers du site les précautions à prendre ;
- adapter le modèle de clôture en fonction du temps et des objectifs de l'installation ;
- utiliser des plaquettes en ursus pour que les galliformes évitent de heurter les clôtures ;
- mettre en défens le site pendant les deux printemps suivant le semis. Prolonger la mise en défens si la végétation présente toujours des signes de fragilité après deux étés ;
- communiquer auprès des randonneurs sur la mise en défens (signalétique sur les zones sensibles, communications sur les sites touristiques...).

Sources : Malaval (2008)



Une protection des semences, des plantules et même des jeunes plantes est nécessaire à leur installation et à leur développement.

Évaluer les résultats des semis et, en cas de taux de couverture insuffisant, procéder à un réensemencement.

Le taux de recouvrement végétal d'un site permet d'évaluer la réussite d'une opération de revégétalisation. Ce paramètre peut être affiné par d'autres, plus difficiles à quantifier, comme la composition et la densité de la végétation, l'intégration paysagère, l'appétence pour les animaux et la conservation de la neige. Il est généralement admis par les scientifiques qu'un taux de recouvrement végétal de 70 à 80 % est efficace contre l'érosion en montagne. Des mélanges de semences proposés dans le commerce, fortement fertilisés, permettent d'atteindre ce niveau en deux ans, mais le résultat n'est pas durable, les plantes semées étant incapables d'effectuer leur cycle biologique complet en altitude. L'évaluation de l'évolution des couverts végétaux sur une période de 2 à 5 ans permet aussi de mieux comprendre les facteurs écologiques et humains qui déterminent la réussite des revégétalisations.

INTÉRÊTS

Le suivi des parcelles après semis permet d'évaluer l'efficacité des travaux de revégétalisation à moyen terme. Il permet de mieux comprendre les facteurs de réussite des travaux de revégétalisation et de valider l'adaptation des techniques utilisées au site revégétalisé. Celles-ci pourront être ajustées pour les futures opérations. Le suivi permet de vérifier l'état de la couverture végétale et sa capacité à limiter l'érosion.

CONDITIONS OPTIMALES

Les systèmes d'information géographique et de suivi photographique facilitent l'évaluation globale des opérations de revégétalisation. A la fin du chantier, il est important de définir un protocole de suivi/évaluation et de programmer les observations de terrain. Sur des sites favorables à la croissance des végétaux, ce travail peut être réalisé moins finement et/ou prendre moins de temps. Si la dynamique de colonisation du milieu est plus lente, il convient d'évaluer les facteurs écologiques limitant la croissance de végétaux pour adopter des techniques de revégétalisation plus appropriées.

Equipements nécessaires

- outils de mesure des taux de recouvrement ;
- guide d'identification de la flore locale ;
- GPS et logiciel de cartographie.

MISE EN ŒUVRE

- définir un plan d'échantillonnage tenant compte de la diversité des situations rencontrées sur la zone revégétalisée (taille des parcelles de suivi et localisation et périodicité des mesures) ;
- dans les 6 mois suivant le semis, puis après deux hivers, évaluer la pérennité du couvert végétal (pourcentage de recouvrement par les plantes du mélange de semences utilisé, ou comptage du nombre de plantules au décimètre carré) ;
- au cours de l'été suivant le deuxième ensemencement, et l'été suivant, réaliser un suivi du recouvrement du sol en présence de représentants du prestataire qui a revégétalisé et du maître d'ouvrage (à faire contradictoirement) ;

Évaluer si la couverture végétale est suffisante ;

- si les milieux environnants sont constitués de pelouses fermées, de landes ou de forêts, s'assurer que le semis recouvre plus de 75% de la

surface ensemencée non rocheuse. Le nombre de plantules observées par décimètre carré (dm²) doit alors être supérieur à 15 ;

- si la zone revégétalisée est constituée partiellement d'éboulis et de rochers, le taux de recouvrement à atteindre doit être estimé sur une zone proche non aménagée. Un écart de - 10% peut être admis ;
- si la couverture observée est suffisante, le maître d'ouvrage peut réceptionner le chantier 2 ou 3 ans après les premiers semis.

En cas de litige ou d'échec

- en cas de litige entre le prestataire et le maître d'ouvrage, un organisme tiers devra être consulté. Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées pourra alors aider à évaluer les causes d'échec et proposer des modes de revégétalisation plus adaptés ;
- réensemencer les zones à couverture végétale déficiente en utilisant des techniques et

des produits de revégétalisation adaptés, entre septembre ou octobre ou le plus tôt possible au printemps, à un moment favorable au développement des plantules ;

Suivi des dynamiques de colonisation végétale

- si un des objectifs est de mieux comprendre les dynamiques de colonisation végétale sur les sites revégétalisés, un protocole d'inventaires floristiques prenant en compte les pourcentages de recouvrement des sols par les différentes espèces observées pourra être mis en œuvre sur plusieurs années. Le suivi de l'évolution des communautés végétales permettra d'ajuster les proportions des différentes plantes incluses dans les mélanges de semences afin d'obtenir rapidement une couverture végétale ou de recréer des associations de plantes caractéristiques des milieux herbacés naturels.

Sources : Bussery (1989), Malaval (2008)



Le suivi et l'évaluation du chantier permet aussi de mesurer les dynamiques de colonisation végétale.

Révéler aux habitants, aux professionnels, aux touristes, le sens des investissements réalisés.

La perception d'un aménagement réalisé en montagne et de la revégétalisation qui l'accompagne diffère selon la position des publics. Un randonneur considérera le tout comme une atteinte à l'environnement, un skieur pourra être indifférent, un élu local en attendra une performance technique, un éleveur verra la chose comme une ressource perdue, etc. Dans tous les cas, ces publics sont en demande d'information. Les travaux peuvent être bien intentionnés, mais en les réalisant sans en expliciter le sens on s'expose à des incompréhensions. En commençant par des mises en défens contestées ou non respectées...

INTÉRÊTS

Dans un premier temps, une communication sur les opérations de revégétalisation peut donner de la cohérence aux actions : être comprises par les éleveurs et parvenir à des compromis satisfaisants pour tous les acteurs, être comprises par les techniciens sur le terrain qui ajusteront leurs interventions, être expliquées par les élus locaux, etc.

Elle permet ensuite la construction auprès du public (habitants du territoire, touristes et randonneurs l'été, skieurs l'hiver, etc.) d'une image juste des opérations de revégétalisation : existence de pratiques de revégétalisation, complexité des interventions, nécessité de revégétaliser avec des espèces sauvages provenant des Pyrénées, objectifs des protections mises en place, etc. A terme, les démarches de communication peuvent contribuer à un changement des regards, sur la nature, sur l'impact des activités humaines. Elles peuvent aussi bénéficier à l'image des territoires de montagne, à celle des acteurs du tourisme.

CONDITIONS OPTIMALES

La réflexion sur une stratégie de communication doit intervenir dès l'origine des projets d'aménagement et de revégétalisation.

MISE EN ŒUVRE

- identifier les publics qui seront confrontés aux travaux d'aménagement et de revégétalisation (élus locaux, éleveurs, techniciens, habitants, touristes, randonneurs, skieurs...) et préciser les objectifs de communication généraux ou spécifiques à chaque cible (compréhension des enjeux de la revégétalisation, information sur le chantier et les techniques mises en œuvre, sensibilisation et comportements, image de marque des acteurs de la revégétalisation, etc) ;
- identifier les supports de communication adaptés aux cibles et aux objectifs, élaborer le discours sur le fond (plus que sur la forme), le segmenter, le planifier, etc ;
- traduire ensuite le discours de façon créative sur les supports de communication sélectionnés (relations presse, lettre d'information, signalétique...);
- veiller à concevoir une communication en cohérence avec les intentions de la revégétalisation (respect de l'environnement, intégration paysagère de la signalétique, etc).

Sources : Henry *et al.* [2011]

OUI

à la réintroduction des Semences sauvages des Pyrénées



Revégétalisation des talus de la route du Port de Balès

Pour réduire les effets de l'érosion, le Conseil général de la Haute-Garonne a expérimenté ici plusieurs techniques de revégétalisation avec des semences récoltées dans la nature, à proximité de cette route. Préférer des semences sauvages, c'est en effet choisir celles qui ont la génétique la plus adaptée au site, celles qui peuvent réussir. C'est aussi préserver l'équilibre de la biodiversité. Des graines de graminées ont ainsi été récoltées dans les estives, à la machine, puis projetées avec un hydroseeder. Des semis ont été stabilisés par des filets en toile de jute. Parfois, on a simplement étendu du foin vert capable de libérer ses graines et de former un mulch protecteur.

Repérez les talus revégétalisés. L'érosion y est stoppée, les espèces semées colonisent le substrat, d'autres plantes se sont même installées naturellement.



Le chantier de graminées et de légumineuses



Le résultat des semis

Pyrégraine de NÉOU



www.semences.fr



Un exemple de signalétique informant sur un chantier de revégétalisation en bord de route. Cibles : grand public (habitants et touristes l'été), institutionnels... Objectifs : impact auprès des automobilistes passant sur le site, information sur les expérimentations réalisées, sensibilisation aux enjeux d'une revégétalisation écologique.



4 | Plantes sauvages des Pyrénées profitables en revégétalisation

Il est tout d'abord recommandé d'identifier des espèces dont le potentiel d'utilisation est important.

L'abondance et la répartition des plantes dans les milieux aménagés constituent des critères importants de sélection. Dans les Pyrénées où les conditions de milieux sont variées, plusieurs espèces caractéristiques des principales communautés végétales affectées par les chantiers peuvent être utilisées. En général, il est pertinent d'utiliser des semences d'espèces qui ont de fortes capacités d'adaptation à différentes conditions écologiques. Les espèces pionnières et/ou qui tolèrent des sols pauvres et secs et d'importantes variations de températures sont très intéressantes. Cependant, le choix des espèces dépend des objectifs de revégétalisation. Ces derniers peuvent consister à recréer des habitats naturels proches de ceux qui préexistaient, à recouvrir rapidement les sols pour les protéger de l'érosion, à fournir des pâturages de qualité, etc. En règle générale, la sélection des espèces végétales multipliées résulte de la recherche d'un équilibre entre des impératifs écologiques et des considérations techniques et économiques.

Parmi les critères d'évaluation des plantes, citons :

- la capacité d'adaptation aux conditions édapho-

- climatiques des sites à revégétaliser,
- l'intérêt écologique (conservation de la flore et de la faune, fertilité des sols...);
- la rapidité de croissance ;
- la stabilisation des sols ;
- la résistance à la coupe, au pâturage et au piétinement ;
- la valeur fourragère et l'appétence ;
- la facilité de collecte ;
- la facilité de multiplication (itinéraires techniques, longueur du cycle, rendements) ;
- la facilité de tri et de stockage, conservation de la capacité germinative ;
- l'importance et les fonctions écologiques de l'espèce dans un mélange de semences locales ;
- l'équilibre entre l'intérêt écologique de la plante, le coût de production et son prix de vente potentiel.

Les fiches suivantes décrivent les principales caractéristiques biologiques des plantes multipliées dans le cadre de la marque Pyrégraine de nèou et utilisées en revégétalisation. Leurs techniques de culture sont disponibles sur www.ecovars.fr ; elles sont destinées à des agriculteurs ou à des multiplicateurs de semences.

Avoine des montagnes | *Helictotrichon sedenense*
(Clarion ex DC.) Holub.

Une graminée passe-partout, adaptée aux sols caillouteux et profondément enracinée.



Peu commune mais présente de l'étage montagnard à l'étage alpin, l'Avoine des montagnes peut pousser sur des sols modérément compactés voire sur des fentes de parois. Elle s'adapte à différents substrats, qu'ils soient d'origine siliceuse ou calcaire. Elle tolère les sols pauvres en nutriments et/ou à réserve en eau

souvent déficitaire. Son système racinaire puissant et dense améliore la structure du sol. Cette plante fournit cependant un fourrage de qualité médiocre. Graminée vivace cespiteuse aux tiges élevées, d'un vert proche du bleuté, l'Avoine des montagnes fleurit de mai à août et fructifie de juin à septembre.

DESCRIPTION BOTANIQUE	
Famille	Graminées
Taille	De 30 à 70 cm
Tiges	Couchées tout à fait à la base, puis coudées et redressées, glabres
Feuilles	Vertes, pruneuses, légèrement bleutées, glabres et courtes à limbe d'abord plan puis en gouttière ou enroulé, rugueuses et marquées de stries profondes sur la face supérieure. Ligule à la base de la feuille courte (0,5 mm), tronquée, avec des cils très petits
Inflorescences et fleurs	Panicules longues (5-10cm), dressées ou penchées, panachées de violet. Epillets dressés ou obliques de 1 cm de long environ possédant 2 à 3 fleurs fertiles. Glumelle inférieure échancrée à l'extrémité avec deux petites pointes, portant sur le dos une longue arête coudée et tordue sur elle-même, insérée vers le milieu
Graines	Poids de 1 000 graines : de 0,8 à 1,8 g

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE	
Région	Alpes, Cévennes, Auvergne et ensemble de la chaîne des Pyrénées
Altitude/étage	De l'étage montagnard à l'étage subalpin (de 1 500 m à 2 500 m)

AUTO-ÉCOLOGIE	
Tempérament	Espèce héliophile, mésoxérophile à mésophile
Sol (roche mère, pH)	pH basique à légèrement acide
Sol (humidité)	Sol à réserve en eau souvent déficitaire
Sol (humus, fertilité chimique)	Humus : mull, sol riche en base et plus ou moins pauvre en nutriments
Sol (texture)	Rochers, cailloux, limons ou argiles plus ou moins caillouteux
Communautés végétales	Pelouses calcicoles subalpines et alpines (<i>Seslerietalia caeruleae</i> , <i>Oxytropido-Elynetalia</i>), fentes des parois (<i>Asplenieta</i>), éboulis (<i>Thilpietea</i>)

Sources : Coste (1937a), Bolòs *et al.* (2001), Krautzer *et al.* (2004), Rameau *et al.* (1993), Saule (1991), Villar *et al.* (2001).

Brize moyenne | *Briza media* L.

Une herbe frêle, optimale lorsque le pâturage est extensif, stabilisant la couche d'humus.



La Brize moyenne est présente de l'étage montagnard inférieur à l'étage subalpin. Elle préfère les sols basiques mais s'implante aussi sur des sols légèrement acides, pauvres en nutriments. Son système racinaire très superficiel explore principalement la couche d'humus. L'espèce fournit un fourrage apprécié mais peu abondant, et elle ne supporte pas le pâturage intensif. Sur pelouses et prairies sans fertilisa-

tion, elle est stimulée par les fauches d'entretien. La Brize moyenne est une graminée vivace, de taille moyenne, à rhizome rampant émettant des stolons. Elle peut être confondue avec la Brize mineure ou Petite amourette : panicules lâches, épillets ovoïdes qui pendent et s'animent au moindre souffle de vent. Cette plante fleurit de mai à juillet et fructifie de juin à septembre.

DESCRIPTION BOTANIQUE

Famille	Graminées
Taille	De 30 à 60 cm, peut atteindre 1 m
Tiges	Dressées
Feuilles	Tronquées, à limbe assez court et rugueux et à ligule courte, comme coupée en travers
Inflorescences et fleurs	Panicules lâches et étalées. Epillets en forme ovoïde (entre 4 et 7 mm de longueur), pendants à l'extrémité de rameaux très fins
Graines	Petites graines à l'intérieur des cônes des glumelles Poids de 1 000 graines : de 0,5 à 0,7 g

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

Région	Europe et Asie, sur l'ensemble de la chaîne des Pyrénées
Altitude/étage	De l'étage inférieur jusqu'à la base de l'étage subalpin

AUTO-ÉCOLOGIE

Tempérament	Espèce héliophile, mésoxérophile à hygrophile
Sol (roche mère, pH)	Sol alcalin (rendzines) à moyennement acide
Sol (humidité)	Sol sec à humide (très large amplitude hydrique)
Sol (humus, fertilité chimique)	Mull carbonaté, mull à moder riche en humus
Sol (texture)	Sol argileux, limoneux ou limono-sableux
Communautés végétales	Prairies, pelouses mésophiles, tourbières basses alcalines, oligotrophes à meso-eutrophes (<i>Arrhenatheretalia elatioris</i> , <i>Agrostio-Arrhenatheretea</i>), pelouses à dominance d'hémicryptophytes, mésoxérophiles à xérophiles, parfois sur substrats carbonatés ou basiques (<i>Festuca-Brometa</i>), pelouses calcicoles subalpines (<i>Festuco-Seslerietea</i>)

Sources : Bolòs *et al.* (2001), Coste (1937a), Doré (1995), Krautzer *et al.* (2004), Saule (1991), Villar *et al.* (2001)

Canche flexueuse | *Deschampsia flexuosa* L.

Une vivace à efficacité limitée contre l'érosion, mais acceptant des sols déficients en nutriments.



Peu compétitive et adaptée aux sols pauvres, la Canche flexueuse colonise souvent les sols bruns sur roche mère acide (granite, schistes, grès...). Son feuillage et son système racinaire sont peu développés ; ils n'assurent pas une protection optimale contre une érosion des sols provoquée par la pluie et le ruissellement.

La Canche flexueuse est une graminée de taille faible à moyenne qui se développe en touffes gazonnantes. Elle est reconnaissable à ses tiges dressées, ses feuilles filiformes lisses, sa ligule tronquée et ses panicules très lâches, composées de petits épillets violacés. Elle fleurit de mai à août et fructifie de juin à septembre.

DESCRIPTION BOTANIQUE	
Famille	Graminées
Taille	De 30 à 80 cm
Tiges	Dressées, grêles, très peu feuillées
Feuilles	Enroulées, filiformes à section hexagonale sous la loupe, à ligule courte, large de 2 mm et tronquée. Vertes, devenant rougeâtres, non rugueuses de la pointe à la base
Inflorescences et fleurs	Panicules très lâches et composées d'épillets teintés de violet et de blanc de 5 mm environ, disposés sur de longs rameaux flexueux qui se resserrent près de l'axe après la floraison. Chaque épillet contient deux fleurs bisexuées à glumelle inférieure accompagnée d'une touffe de poils et portant, près de la base du dos, une arrête coudée dépassant nettement le haut de l'épillet
Graines	Fruit de l'enveloppe de 2,5 à 3,5 mm de long et de 0,6 à 0,9 mm de large Poids de 1 000 graines : 0,5 - 0,7 g

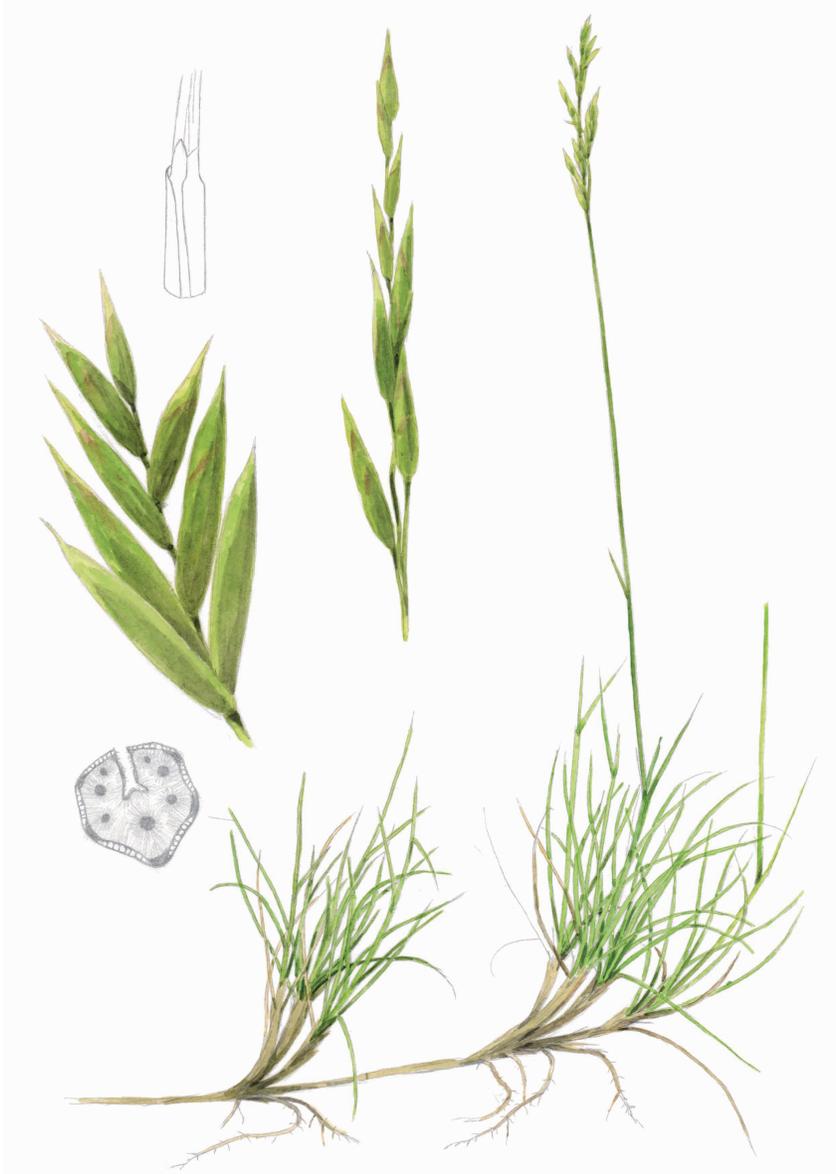
DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE	
Région	Europe, jusqu'à l'hémisphère austral, euro-sibérienne. Présente sur l'ensemble de la chaîne des Pyrénées
Altitude/étage	De l'étage planitiaire à l'étage subalpin

AUTO-ÉCOLOGIE	
Tempérament	Espèce hémihéliophile (optimum en ourlet)
Sol (roche mère, pH)	Sol acide et décalcifié
Sol (humidité)	Sol sec à frais
Sol (humus, fertilité chimique)	Oligomull à mor, sols bruns acides, podzols
Sol (texture)	Sol limoneux ou sableux
Communautés végétales	Pelouses préforestières et lisières sur sols acides oligotrophes (<i>Melampyro-Holcetea</i>), pelouses acidiphiles subalpines et alpines (<i>Festucion eskiae</i> , <i>Nardion strictae</i>), pelouses acidiphiles oligotrophes (<i>Violion caninae</i>), pelouses à dominance d'hémicryptophytes, mésoxérophiles à xérophiles, parfois sur substrats basiques (<i>Chamaespartio-Agrostidenion</i>)

Sources : Bolòs *et al.* (2001), Coste (1937a), Krautzer *et al.* (2004), Saule (1991), Villar *et al.* (2001)

Fétuque de Gautier | *Festuca gautieri* (Hack.) K. Richt

Une plante touffue, à croissance lente, idéale pour stabiliser les sols calcaires en altitude.



La Fétuque de Gautier est typique des pelouses en gradins sur sols calcaires pauvres en humus et relativement secs. Elle colonise des pelouses plus ou moins rocailleuses et des éboulis calcaires pentus, de préférence bien exposés. Elle est peu présente dans les dépressions et les versants trop longtemps enneigés. Ses touffes épaisses, solidement ancrées et développées en

larges toisons envahissantes, en font une plante stabilisatrice.

Cette graminée est une plante vivace à souche fibreuse et rhizome de taille moyenne. Ses tiges sont courbées à la base et ses feuilles, fines mais rigides et piquantes, sont de couleur vert clair. La Fétuque de Gautier fleurit de juillet à août et fructifie de juillet à septembre.

DESCRIPTION BOTANIQUE	
Famille	Graminées
Taille	Faible à moyenne, de 20 à 50 cm
Tiges	Glabres, lisses, courbées à la base
Feuilles	Arquées, dures, aiguës, piquantes, d'un vert clair tirant sur le jaune, à section ovale Ligule de 1 à 2 mm, obtuse ou tronquée, ce qui la différencie de <i>Festuca eskia</i>
Inflorescences et fleurs	Panicules de fleurs d'un vert jaunâtre. Aspect zébré des inflorescences typique de la section <i>Eskia</i> (dû aux glumes scarieuses). Les épillets sont parcheminés, marron clair avec des reflets argentés et bleutés, longs de 9,5 à 12 mm et possèdent 3 à 6 fleurs fertiles. La glumelle inférieure, largement membraneuse avec une pointe très courte (mucron), mesure 6 à 7,7 mm
Graines	Poids de 1 000 graines : 0,8 à 1,4 g, moyenne de 1,1 g

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE	
Région	Pyrénées et péninsule ibérique
Altitude/étage	Etage montagnard à alpin, de 100 à 2800 m

AUTO-ÉCOLOGIE	
Tempérament	Espèce héliophile, pionnière des terrains pierreux et instables
Sol (roche mère, pH)	Calcaire, pH neutre à basique (pour la sous-espèce <i>scoparia</i> ; l'amplitude est plus large pour la sous-espèce <i>gautieri</i>)
Sol (humidité)	Sol à réserve en eau variable, bilan hydrique favorable
Sol (humus, fertilité chimique)	Mull carbonaté à mull mésotrophe, riches en bases et plus ou moins pauvres en éléments nutritifs
Sol (texture)	Argileux ou limoneux, graveleux ou rocailleux
Communautés végétales	Pelouses subalpines à dominance d'hémicryptophytes mésoxérophiles à xérophiles sur substrats carbonatés ou basiques (<i>Festucion scorpariae</i>), végétation des éboulis calcaricoles de montagne (<i>Thlaspietalia rotundifolii</i>)

Sources : Bolòs *et al.* (2001), Portal (1999), Rameau *et al.* (1993) Saule (1991), Villar *et al.* (2001)

Fétuque noirâtre | *Festuca nigrescens* (Lam) subsp. *nigrescens*

Une graminée peu exigeante, appréciant le soleil et le sec, profitable aux troupeaux.



Acidophile, oligotrophile et peu exigeante en nutriments, la Fétuque noirâtre est présente sur tous types de roche, de l'étage montagnard à l'étage alpin. Elle préfère cependant les stations ensoleillées et plutôt sèches. Elle pousse plus lentement dans les prairies

et pelouses très humides. Très bonne espèce fourragère, la Fétuque noirâtre supporte bien le pâturage.

Graminée vivace cespiteuse de taille moyenne, elle forme des touffes d'un vert franc. Elle fleurit de mai à août et fructifie de juillet à septembre.

DESCRIPTION BOTANIQUE

Famille	Graminées
Taille	30-60 cm peut atteindre 90 cm
Tiges	Minces, érigées ou géniculées, lisses et sans poils
Feuilles	Vertes à section polygonale, molles, à gaines soudées et entières jusqu'au sommet ; feuilles caulinaires planes mais très étroites, ligule très courte
Inflorescences et fleurs	Panicules dressées, étroites ou lancéolées de 10 cm au plus, épillets de 8 à 9 mm de long, verts ou violacés. Glumelle inférieure ciliée au bord supérieur, à arête légèrement supérieure à sa demi longueur
Graines	Poids de 1 000 graines : de 1 à 1,4 g, moyenne de 1,2 g

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

Région	Endémique des Pyrénées et des montagnes cantabriques
Altitude/étage	De l'étage montagnard à l'étage alpin

AUTO-ÉCOLOGIE

Tempérament	Espèce héliophile, mésoxérophile à mésohygrophile
Sol (roche mère, pH)	Pousse sur tout type de roche, neutre à acide, pH : 5,5 à 6,8
Sol (humidité)	Sol à bonne réserve en eau mais peu humide et non engorgé
Sol (humus, fertilité chimique)	Oligomull à moder, plus ou moins riche en bases et en éléments nutritifs
Sol (texture)	Limons sableux ou purs
Communautés végétales	Pelouses acidiphiles montagnardes à subalpines (<i>Nardetea strictae</i>) incluant principalement <i>Nardion</i> , <i>Festucion eskiae</i> , <i>Galio-Festucion</i> , <i>Agrostion curtisii</i> , <i>Violion caninae</i> , <i>Nardon-Juncion</i>

Sources : Bolòs *et al.* (2001), Coste (1937a), Krautzer *et al.* (2004), Portal (1999), Rameau *et al.* (1993), Saule (1991), Villar *et al.* (2001)

Pâturin alpin | *Poa alpina* L.

Une excellente fourragère, pionnière et précoce, dotée d'un système racinaire stabilisant les sols.



Le Pâturin alpin pousse naturellement sur des sols secs ou humides, légèrement acides et riches en humus. Il est tolérant à des niveaux de nutriments élevés et au froid. Sur les sols terrassés avec un humus peu acide, il est une plante pionnière. Il stabilise bien les sols grâce à ses puissantes racines. Il produit des touffes

denses, résistantes au pâturage, très appréciées des animaux, et ceci rapidement.

Cette graminée vivace est constituée de touffes de taille faible à moyenne et de rhizomes. Entourées de gaines foliaires, ses tiges ressemblent légèrement à celles de petits poireaux longilignes. Le Pâturin alpin fleurit de mai à juin et fructifie de juin à août.

DESCRIPTION BOTANIQUE

Famille	Graminées
Taille	De 10 à 40 cm
Tiges	Erigées ou coudées, glabres avec deux à quatre nœuds
Feuilles	Feuilles étroites et allongées, glauques, à limbe plan de 3 à 12 cm de longueur et de 2,5 à 5 mm de largeur, aplati et élargi, avec des pointes se rétrécissant soudainement Souche à gaines épaisses constituées des restes des feuilles des années précédentes
Inflorescences et fleurs	Panicules de 1 à 5 cm avec 1 à 2 ramifications inférieures, minces et flexueuses, portant des épillets oblongs et ovoïdes de 3-6 mm, réunissant 5 à 10 fleurs violettes, panachées de blanc et de vert
Graines	Graines avec enveloppes de 2 à 4 mm de longueur et de 0,6 mm de largeur et d'épaisseur, lancéolées, ovales et pointues Poids de 1 000 graines : 0,4-0,5 g, moyenne de 0,47 g

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

Région	Répandu dans tout l'hémisphère nord. Sur l'ensemble de la chaîne des Pyrénées
Altitude/étage	De l'étage montagnard jusqu'à l'étage alpin

AUTO-ÉCOLOGIE

Tempérament	Espèce pionnière héliophile (supportant la mi-ombre)
Sol (roche mère, pH)	Riche en humus et peu acide, pH entre 5,6 et 7,2
Sol (humidité)	Sec ou humide
Sol (humus, fertilité chimique)	Mull à moder, moyennement fertile, résiste à des niveaux élevés de nutriments
Sol (texture)	Limoneux, limono-argileux
Communautés végétales	Prairies, plus rarement pelouses subalpines mésophiles ou mésohygrophiles eutrophes (<i>Poion alpinae</i>), pelouses à dominance d'hémicryptophytes subalpines sur substrats carbonatés ou basiques (<i>Festucio-Seslerieta</i>), pelouses acidiphiles subalpines et alpines (<i>Nardion strictae</i>)

Sources : Bolòs *et al.* (2001), Bussery (1989), Krutzer *et al.* (2004), Rameau (1993), Saule (1991), Villar *et al.* (2001)

Anthyllide des Pyrénées | *Anthyllis vulneraria* subsp. *boscii*
Kerguélen

Une légumineuse sobre en nutriments, au solide système racinaire, appréciant les stations chaudes.



L'Anthyllide des Pyrénées est adaptée aux milieux calcaires ou légèrement acides. Les zones semi-arides et pierreuses lui conviennent bien, de même que les talus exposés. Elle est présente de l'étage montagnard jusqu'à la base de l'étage alpin. Elle protège le sol efficacement, son système racinaire étant développé, ses tiges et ses feuilles étant étalées. Cette légumineuse n'exige que peu de nutriments. Elle fixe

l'azote de l'air du sol et le libère lors de la décomposition de ses tissus morts. Cet azote peut alors profiter à d'autres plantes de son entourage ou bénéficier aux micro-organismes du sol.

Cette plante a des tiges aériennes assez courtes, légèrement ligneuses à la base, couchées, rampantes puis dressées, portant des feuilles composées et des fleurs de couleur rose fuchsia. Elle fleurit de mai à août et fructifie de juillet à octobre.

DESCRIPTION BOTANIQUE	
Famille	Fabacées
Taille	De 5 à 50 cm
Tiges	Couchées ou redressées, simples ou rameuses, pubescentes
Feuilles	Composées imparipennées (8 à 14 paires de folioles lancéolées et une foliole terminale plus grande que les autres, en particulier sur les feuilles inférieures)
Inflorescences et fleurs	Inflorescences denses rose fuchsia, rougeâtres ou blanches, munies à la base d'une bractée verte, découpée en folioles disposées en éventail et portées par un long pédoncule. Calice enflé, velu, qui se dilate après la floraison, avec un bord oblique muni de deux lèvres : la supérieure à deux dents et l'inférieure à trois dents
Graines	Graines assez plates, oblongues acuminées, tronquées à l'apex, striées dans la longueur, de couleur gris argent. Longueur : 1,4 à 2,5 mm ; largeur : 0,8 mm ; épaisseur : 0,3 mm environ Poids de 1000 graines : de 2,7 à 3,9 g

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE	
Région	Europe et Afrique du Nord. Ensemble de la chaîne pyrénéenne
Altitude/étage	De l'étage montagnard jusqu'à l'étage subalpin

AUTO-ÉCOLOGIE	
Tempérament	Espèce orophyte, héliophile, mésoxérophile à mésophile
Sol (roche mère, pH)	Sol basique à légèrement acide ; pH : 5,5 et 7,5
Sol (humidité)	Sol à réserve en eau faible ou légèrement déficitaire
Sol (humus, fertilité chimique)	Mull, moyennement à peu fertile
Sol (texture)	Argiles de décarbonatation, limons
Communautés végétales	Pelouses calcicoles subalpines (<i>Seslerietalia caerulea</i>), pelouses atlantiques à subatlantiques à dominance d'hémicryptophytes, xérophiles à mésoxérophiles sur substrats carbonatés ou basiques (<i>Brometalia erecti</i>)

Sources : Bolòs *et al.* (2001), Bussery (1989), Krautzer *et al.* (2004), Rameau (1993), Saule (1991), Villar *et al.* (2001)

Lotier alpin | *Lotus alpinus* (DC.) Schleich. Ex Ramond

Une légumineuse polyvalente, acceptant les sols rocailleux et secs, qui améliore la fertilité des sols.



Le Lotier alpin est commun en altitude, sur les pelouses ou les talus. Il pousse sur des sols acides comme sur des sols calcaires. Peu exigeant en eau, il s'implante facilement sur des sols rocailloux et secs. Son système racinaire articulé autour d'un pivot, très développé en profondeur, ramifié, protège les sols de l'érosion, tout comme son port rampant. Le Lotier fixe l'azote de l'air comme la plupart des légumineuses. Il le restitue ensuite au sol et facilite ainsi la colo-

nisation végétale du milieu par d'autres plantes autochtones.

Cette plante vivace de petite taille, stolonifère, glabre forme un tapis végétal. Le Lotier alpin se distingue du Lotier corniculé par ses fleurs unitaires, jaunes teintées de roux et de pourpre foncé sur les extrémités. Certains auteurs considèrent qu'il en est un écotype. Il fleurit de juin à août et fructifie de juillet à octobre.

DESCRIPTION BOTANIQUE	
Famille	Fabacées
Taille	De 5 à 15 cm
Tiges	Simple ou rameuses, entièrement herbacées. Ses stolons couchés donnent des rejets de souche
Feuilles	Feuilles découpées en folioles réduites (moins de 7 mm)
Inflorescences et fleurs	Ombelles simples. Fleurs unitaires, jaunes avec des teintes rousses et pourpre foncé sur les extrémités
Graines	Le fruit est une gousse allongée rectiligne Poids de 1 000 graines : 0,8 à 1,2, moyenne 1,1 g

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE	
Région	Alpes et Pyrénées
Altitude/étage	De l'étage subalpin à l'étage alpin (1 500 m à 2 980 m)

AUTO-ÉCOLOGIE	
Tempérament	Espèce orophile, héliophile, mésoxérophile à mésophile
Sol (roche mère, pH)	Sol acide à basique ; pH : 5,5 et 7,5
Sol (humidité)	Sol à réserve en eau souvent déficitaire
Sol (humus, fertilité chimique)	Sol plus ou moins évolué et fertile, voire pauvre en nutriments
Sol (texture)	Rochers, limons ou argiles plus ou moins caillouteux
Communautés végétales	Pelouses acidiphiles subalpines et alpines (<i>Caricetea curvulae</i>), pelouses calcicoles subalpines (<i>Seslerietalia caerulea</i>), prairies, plus rarement pelouses, subalpines mésophiles ou mésohygrophiles eutrophes (<i>Poion alpinae</i>)

Sources : Coste (1937b), Gauthier (1997), Rameau *et al.* (1993), Saule (1991), Villar *et al.* (1997).

Trèfle alpin | *Trifolium alpinum* L.

Une fourragère bien enracinée, libérant de l'azote utile aux pelouses d'altitude.



Le Trèfle alpin est présent dans les pelouses d'altitude des montagnes granitiques. Il ne tolère pas les sols calcaires. Il accompagne souvent le Gispet dans des formations de pente, ou le Nard lorsque les sols sont plus profonds et plus riches en matière organique. Son système racinaire puissant et son port rampant sont efficaces contre l'érosion. Comme les autres légumineuses, il fixe l'azote de l'air et le libère lorsque ses tissus morts se décomposent. Cet azote profite alors aux

plantes qui l'entourent ou bénéficie aux micro-organismes du sol.

Les tiges du Trèfle alpin sont très courtes. Elles portent de grandes fleurs de couleur rose vif ou pourpre. Les rhizomes sont épais et ligneux, souvent ramifiés. Ils émettent des fascicules de feuilles trifoliolées, longuement pétiolées. Les restes fibreux à la base des tiges sont ceux des feuilles des années précédentes. Le Trèfle alpin fleurit de juin à août.

DESCRIPTION BOTANIQUE

Famille	Fabacée
Taille	Faible à moyenne (4 à 20 cm)
Tiges	Plante acaule, feuilles et pédoncules naissant de la souche
Feuilles	Composées de folioles allongées, lancéolées, longues de 2 à 7 cm, glabres, à bord entier et munies de stipules soudées
Inflorescences et fleurs	Grande inflorescence composée de 3 à 12 fleurs de couleur rose vif ou pourpre, rarement blanche, longues de 1,5 à 2 cm, pédicellées, odorantes. Pédoncules longs et dressés. Gousses généralement aplaties et assez larges contenant deux graines
Graines	Semences ovoïdes à rondes, 2,5 mm de long, 2 mm de large et 1,5 mm d'épaisseur. Radicule dépassant visiblement. Tégument épais, brun verdâtre à brun légèrement brillant ou terne Poids de 1 000 graines : de 4,1 à 4,5 g, moyenne de 4,3 g

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

Région	Endémique des montagnes du centre et du sud de l'Europe
Altitude/étage	De l'étage montagnard jusqu'à l'étage alpin

AUTO-ÉCOLOGIE

Tempérament	Orophyte, héliophile
Sol (roche mère, pH)	Sol légèrement à franchement acide sur roche siliceuse et/ou granitique
Sol (humidité)	Sol humide bien drainé
Sol (humus, fertilité chimique)	Sol riche en matière organique
Sol (texture)	Limono-argileux, limoneux, pierreux
Communautés végétales	Pelouses acidiphiles subalpines et alpines (<i>Caricetea curvulae</i> , <i>Festucion eskiae</i> , <i>Nardion strictae</i>)

Sources : Bolòs *et al.* (1984) Coste (1937b), Doré (2000), Krautzer *et al.* (2004), Krautzer *et al.* (2006b), Peratoner *et al.* (2007), Saule (1991), Thébaud *et al.* (1987), Villar *et al.* (1997)

Achillée millefeuille | *Achillea millefolium* L.

Une vivace à germination rapide, couvrant bien les sols drainés et résistante au piétinement.



L'achillée millefeuille a une grande capacité d'adaptation, depuis l'étage inférieur jusqu'à l'étage subalpin. Elle préfère les sols légèrement acides à neutres, moyennement fertiles. Les sols très humides, mal aérés et tourbeux ne lui conviennent pas. Elle germe rapidement mais sa croissance est modérée. Ses racines forment un réseau dense, favorisant l'infiltration de l'eau et limitant ainsi l'érosion des sols. L'achillée millefeuille résiste à la coupe et au piétinement ; le

bétail la consomme modérément.

Les rhizomes de cette plante vivace émettent des stolons. Les tiges sont de taille moyenne à élevée, dressées et plus ou moins velues. L'inflorescence en corymbe est composée de capitules ovoïdes composés de fleurs en tube jaune, entourés de ligules blanches, rosées ou pourprés. L'achillée millefeuille fleurit de juin à septembre et produit de nombreuses graines de juillet à début novembre.

DESCRIPTION BOTANIQUE	
Famille	Astéracées
Taille	De 20 à 120 cm
Tiges	Dressées, simples ou rameuses, plus ou moins velues, parfois laineuses
Feuilles	Velues, parfois laineuses, devenant glabres, deux fois divisées, à divisions primaires très nombreuses sur 2 rangs (plus de 15 paires en général), presque égales ou de longueur légèrement décroissante du bas vers le haut de la feuille. Feuilles de la base et des rejets pétiolées
Inflorescences et fleurs	Capitules ovoïdes composés de fleurs en tube jaunes, entourées de ligules blanches, rosées ou pourprés, en petit nombre (5 le plus souvent) et aussi larges que longues, rapprochées en corymbe très dense et relativement plan. Réceptacle garni d'écaillés entre les fleurs. Bractées de l'involucre brunes et velues, à marge pâle
Graines	Graines très petites (de 1,4 à 2,5 mm de longueur, de 0,8 mm de largeur et de 0,3 mm d'épaisseur), assez plates, oblongues acuminées, tronquées à l'apex, de couleur gris argent, légèrement striées dans la longueur Poids de 1 000 graines : de 0,15 à 0,25 g, moyenne de 0,18 g

AUTO-ÉCOLOGIE	
Tempérament	Espèce héliophile, mésohygrophile à mésoxérophile
Sol (roche mère, pH)	Sol à pH basique à moyennement acide
Sol (humidité)	Sol légèrement humide et bien aéré
Sol (humus, fertilité chimique)	Mull à moder, sol moyennement fertile
Sol (texture)	Limoneux, graveleux ou rocailleux
Communautés végétales	Prairies, plus rarement pelouses mésophiles ou mésophiles à mésohygrophiles, mésotrophes à eutrophes (<i>Arrhenatheretea elatioris</i>), pelouses acidiphiles oligotrophes (<i>Nardetea strictae</i>), pelouses à dominance d'hémicryptophytes, parfois sur substrats carbonatés ou basiques (<i>Festuco-Brometea</i>), pelouses calcicoles subalpines (<i>Seslerietalia caeruleae</i>)

Sources : Coste (1937b), Krautzer *et al.* (2004), Rameau *et al.* (1993), Saule (1991), Villar *et al.* (2001)

Chardon fausse carline | *Carduus carlinoides* (Gouan) subsp. *carlinoides*

Une plante pour les sols remaniés, qui se dissémine et favorise le retour d'autres espèces.



Le Chardon fausse carline est présent sur des sols pauvres à fertiles, bien drainés, reposant sur du calcaire, du schiste, du grès, de l'andésite, etc. Pionnier mais peu compétitif, il est considéré comme une plante nurse car il favorise l'installation d'autres espèces dans son voisinage. Son feuillage – ses feuilles mortes en particulier – protège le sol de l'érosion provoquée par la pluie et le ruissellement. Son système racinaire, articulé autour d'un pivot central profond, stabilise le sol, en particulier les couches superficielles.

Ses fleurs sont butinées par de nombreux pollinisateurs, utiles pour la reproduction des autres plantes à fleur.

Cette plante vivace de taille moyenne est composée de tiges courbées et ramifiées et feutrées de poils blancs. Les feuilles oblongues, de couleur vert pâle et feutrées de poils blancs, sont très découpées et très épineuses. L'inflorescence est un capitule ovoïde à fleurs de couleur rose vif. Le Chardon fausse carline fleurit de juin à août et fructifie de juillet à octobre.

DESCRIPTION BOTANIQUE	
Famille	Astéracées
Taille	Moyenne, de 20 à 50 cm au plus
Tiges	Dressées, très ramifiées et épineuses, largement ailées et feuillées jusqu'au sommet
Feuilles	Oblongues, assez étroites, très découpées et très piquantes, dont le limbe se prolonge sur la tige. Feuilles de couleur vert pâle tirant sur le gris bleuté, plus larges à la base et organisées en rosette
Inflorescences et fleurs	Corymbes assez denses de petits capitules sessiles ou sub-sessiles, ovoïdes, à fleurs de couleur rose vif tubulées, sur des pédoncules très courts ou nuls
Graines	Akène surmonté d'une aigrette à soies denticulées blanches non plumeuses Poids de 1 000 graines : de 3,2 à 4,3 g, moyenne de 3,9 g

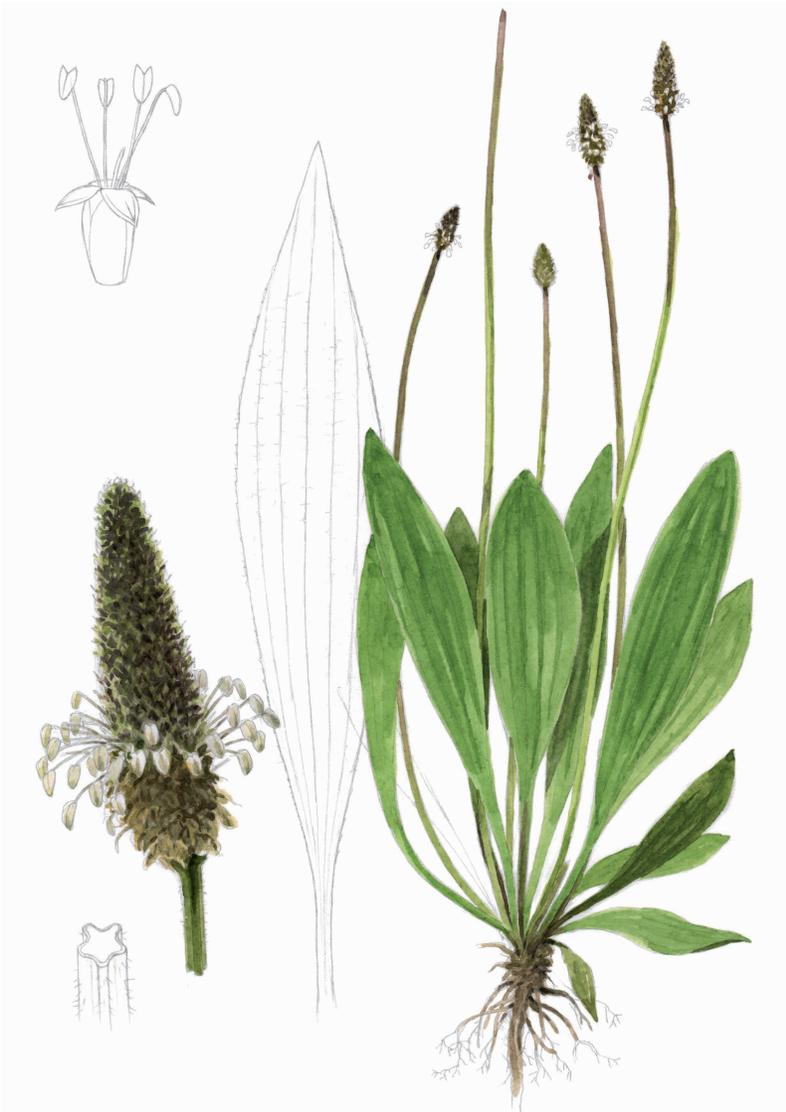
DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE	
Région	Endémique des Pyrénées
Altitude/étage	De l'étage montagnard jusqu'à l'étage alpin (de 1 600 à 2 850 m)

AUTO-ÉCOLOGIE	
Tempérament	Espèce héliophile, pionnière
Sol (roche mère, pH)	Calcaire, schiste, grès ou andésite
Sol (humidité)	Sec à légèrement humide
Sol (humus, fertilité chimique)	Sol pauvre à moyennement fertile
Sol (texture)	Limoneux, limono-argileux, graveleux ou rocailleux
Communautés végétales	Végétation des éboulis calcaricoles de montagne (<i>Thlaspietalia rotundifolii</i>), pelouses à dominance d'hémicryptophytes mésoxérophiles à xérophiles sur substrats carbonaté ou basique (<i>Festucion scorpariae</i>), friches subalpines (<i>Rumicion pseudoalpinii</i>).

Sources : Bolòs *et al.* (1995), Cano (2000), Coste (1937b), Saule (1991), Villar *et al.* (2001)

Plantain lancéolé | *Plantago lanceolata* L.

Une plante pionnière acceptant les sols soumis à la sécheresse ou en excès d'humidité.



Le Plantain lancéolé est très présent de l'étage collinéen jusqu'à l'étage subalpin. Il apprécie les sols peu acides et riches en humus. Résistant à la sécheresse et aux inondations ponctuelles, il peut coloniser des sites perturbés, exposés à de fortes amplitudes thermiques et hydriques. Le Plantain lancéolé est doté d'un système racinaire fort qui lui permet d'explorer le sol en profondeur. Il contribue ainsi à stabiliser les couches superficielles du sol. Grandes et plus ou moins étalées sur le sol, les feuilles assurent une protection contre l'érosion provoquée par la pluie

et le ruissellement. Elles constituent un fourrage de qualité moyenne.

Plante vivace de taille moyenne, à rhizome, le Plantain lancéolé est composé de feuilles en rosette basale, lancéolées, plus ou moins dressées, structurées par 3 à 7 nervures. Au bout d'une hampe dressée, nue et à 5 angles, l'inflorescence consiste en un épi allongé, portant des fleurs ovoïdes dont les étamines jaunes pâles et saillantes sont insérées sur les lobes de la corolle. Le Plantain lancéolé fleurit d'avril à octobre et fructifie deux à trois semaines plus tard.

DESCRIPTION BOTANIQUE

Famille	Plantaginacées
Taille	Taille moyenne, de 10 à 70 cm
Tiges	Hampe dressée à 5 angles marqués, dépassant largement les feuilles en général
Feuilles	Lancéolées, vertes, plus ou moins couvertes de poils courts, à long pétioles à 3 à 7 nervures, disposées en rosette
Inflorescences et fleurs	Epis de fleurs ovoïdes ou allongés (jusqu'à 5 cm) dépassant longuement les feuilles. Corolle blanchâtre découpée en 5 lobes ovales.
Graines	Fruit en capsule ellipsoïde, à déhiscence circulaire, de 3 à 5 mm de long, renfermant une à trois graines. Graines oblongues-ellipsoïdes, de 2,5-3 mm de long, brun jaune à brun foncé, mucilagineuses lorsque humides Poids de 1 000 graines : de 1,6 à 2,2 g, moyenne de 1,9 g

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

Région	Europe et Asie. Répandu sur l'ensemble de la chaîne des Pyrénées
Altitude/étage	De l'étage collinéen jusqu'à l'étage subalpin

AUTO-ÉCOLOGIE

Tempérament	Espèce héliophile, [supporte la mi-ombre]
Sol (roche mère, pH)	Sol légèrement acides sur roche siliceuse, granitique
Sol (humidité)	Résiste à la sécheresse et tolère l'asphyxie racinaire
Sol (humus, fertilité chimique)	Mull à moder, sol de fertilité faible à élevée
Sol (texture)	Limoneux, argileux ou rocailleux
Communautés végétales	Prairies, plus rarement pelouses mésophiles ou mésohygrophiles, mésotrophes à eutrophes (<i>Arrhenatheretalia elatioris</i>), pelouses à dominance d'hémicryptophytes, mésoxérophiles à xérophiles, parfois sur substrats carbonatés ou basiques (<i>Mesobromion Bromion erecti</i>)

Sources : Coste (1937c), Krautzer *et al.* (2004), Saule (1991), Villar *et al.* (2001)

Glossaire

COMMUNAUTÉ VÉGÉTALE :

Une communauté végétale correspond à un ensemble de plantes qui se développe en un lieu défini par des caractères écologiques homogènes (sol, eau, pente, etc) et éventuellement des pratiques de gestion.

BIODIVERSITÉ :

Le terme de biodiversité est issu directement de l'anglais biodiversity, néologisme créé en 1985 à partir de la forme biological diversity. Il permet de décrire la richesse des formes du vivant de la biosphère (ou d'une partie). Cette richesse de forme s'appréhende à différentes échelles de fonction de l'unité considérée : biomes, paysages, communautés animales et végétales, espèces, gènes (diversité intra-spécifique).

ÉCOSYSTÈME :

Un écosystème est un milieu de vie spécifique : une mare, une forêt, une prairie, une rivière, etc. Il est constitué du lieu de vie (ou biotope), caractérisé par des conditions physiques et chimiques (sol, eau, climat local, etc) et par l'ensemble des êtres vivants qu'il héberge (ou biocénose).

ESPÈCE INDIGÈNE :

Une espèce végétale est dite indigène (ou native) lorsqu'elle a colonisé un territoire (ici, la région) par des moyens naturels. On considère également comme indigènes les espèces introduites par l'homme dans le territoire considéré avant l'an 1 500 ap. JC. et qui se sont naturalisées.

FACTEURS ÉCOLOGIQUES :

La présence d'une plante ou d'une communauté végétale en un lieu précis est liée à l'influence de différents facteurs écologiques. Ces derniers conditionnent, favorisent ou limitent son développement. On distingue deux catégories de facteurs écologiques :

- les facteurs abiotiques, c'est-à-dire physiques ou chimiques (sol, climat, topographie, etc) ;
- les facteurs biotiques, liés aux êtres vivants.

Ces êtres vivants agissent sur la plante ou la communauté végétale au travers de relations positives (pollinisation, dissémination, absorption racinaire) ou négatives (consommation, compétition, parasitisme). La gestion par l'homme, considérée comme un facteur biotique (souvent qualifié d'anthropique), peut avoir un effet bénéfique ou, au contraire, néfaste sur la végétation.

HABITAT NATUREL :

Conditions physiques et biotiques dans lesquelles se maintient une espèce à l'état spontané. L'habitat est un ensemble indissociable, comprenant un compartiment stationnel, une flore et une faune associées.

INGÉNIERIE ÉCOLOGIQUE :

« L'ingénierie écologique a vocation à devenir pour l'écologie ce que la médecine est à la biologie ». L'objectif est de retrouver une biodiversité perdue, mais aussi d'optimiser les services écologiques qu'un écosystème peut rendre à l'homme.

ORIGINE DE PRODUCTION :

Zone géographique de multiplication des semences.

PLANTE CERTIFIÉE :

Une plante certifiée est une espèce ou une variété qui a été inscrite par un organisme au Catalogue officiel des plantes et variété. Cette inscription fait suite à l'obtention d'un Certificat d'Obtention Végétale délivré par le Groupement national interprofessionnel des semences et plants (GNIS). Ce droit à produire et à commercialiser des semences ne peut être obtenu qu'à condition de démontrer que 3 critères sont respectés :

- différences notables par rapport aux espèces et variétés déjà inscrites,
- homogénéité, stabilité des espèces proposées,
- augmentation de la production par rapport aux espèces déjà inscrites.

PLANTE DITE « SAUVAGE » :

Le qualificatif « sauvage » est souvent utilisé comme un argument commercial. Mais il ne signifie pas obligatoirement que les espèces proposées sont de provenance locale. Et surtout, il est fréquent que celles-ci ont été sélectionnées et multipliées par l'homme. Les espèces en question présentent donc des différences génétiques notables qui peuvent les conduire à nuire à la véritable flore sauvage locale. On s'accorde donc sur l'attribution du qualificatif « sauvage » aux seules espèces indigènes, prélevées et utilisées dans un périmètre proche.

PLANTE PIONNIÈRE :

Une plante pionnière est une espèce capable de coloniser un milieu instable, très pauvre en matière organique et aux conditions édaphiques et climatiques difficiles. Au fur et à mesure qu'elles modifieront le milieu, les plantes pionnières seront remplacées par d'autres espèces moins spécialisées ou plus exigeantes. Les espèces pionnières sont donc caractéristiques des milieux transitoires ou aux conditions extrêmes (montagne, falaise, etc.).

PROVENANCE :

Zone géographique de prélèvement dans le milieu naturel (pour les semences non certifiées), ou zone d'obtention d'origine des variétés commerciales des semences (semences certifiées).

RÉGION DE MULTIPLICATION DU MATÉRIEL VÉGÉTAL :

La région de multiplication est la région où la semence a été multipliée (parfois stockée et commercialisée).

RÉGION D'ORIGINE DU MATÉRIEL VÉGÉTAL :

Zone de collecte dans la nature du matériel végétal et des semences mères pour la culture de multiplication.

RÉHABILITATION :

C'est l'ensemble des actions entreprises pour permettre à un écosystème de retrouver ses fonctions essentielles et d'évoluer en équilibre avec les paramètres environnementaux. Il existe plusieurs techniques de réhabilitation.

RESTAURATION ÉCOLOGIQUE :

La restauration écologique est une nouvelle discipline qui permet de « réparer » les écosystèmes que les activités humaines ont détruits ou endommagés. Elle est aussi une profession au carrefour de l'écologie appliquée, de l'économie environnementale et des sciences sociales dont le but est de reconstituer des écosystèmes fonctionnels et dynamiques.

REVÉGÉTALISATION :

La revégétalisation est un processus d'installation de plantes herbacées sur des terrains perturbés par l'homme ou suite à une catastrophe naturelle en vue de reverdir et de protéger les sols de l'érosion.

SEMENCES D'ORIGINE LOCALE OU SEMENCES LOCALES :

Les semences d'origine locale sont issues de collectes dans un territoire phytogéographique donné (Pyrénées orientales, Pyrénées occidentales...).

Elles proviennent d'espèces naturellement présentes dans la zone géographique à revégétaliser, des prairies et des pelouses d'altitude pour la majorité des cas.

TERRITOIRE PHYTOGÉOGRAPHIQUE :

Unité géographique caractérisée par la répartition de certaines espèces et populations végétales. Sa délimitation s'appuie sur divers paramètres : la géologie et la géomorphologie, les composantes du climat, la nature des paysages et la distribution connue des espèces végétales et de leurs populations.

ZONE DE RÉCOLTE-UTILISATION :

La dénomination « zone de récolte-utilisation » se réfère au fait que l'on collecte des semences pour les multiplier ou les réimplanter directement à une distance proche garantissant des conditions écologiques semblables et conservant la spécificité des habitats naturels. Dans les Pyrénées, pour certaines espèces, deux zones de récolte-utilisation distinctes ont pu être identifiées de part et d'autre de la vallée du Salat : les différences génétiques sont très marquées entre les populations situées à l'est et celles qui sont à l'ouest.



Bibliographie

- Aradottir A., 2012. Turf transplants for restoration of alpine végétation : does size matter ? *Journal of applied ecology*, 49, 439-446.
- Bissardon M., Guibal L., 1997. Corine biotopes. Version originale. Types d'habitats français. ENGREF, Nancy, 217 p.
- Badin E., Zeitoun C., 2012. Ingénieuse écologie. *In* : CNRS, *Le journal*, Ravaud M., 266, mai-juin 2012, 20-27.
- Blaschke H., 1991. Multiple mycorrhizal associations of individual calcicole host plants in the alpine grass-heath zone. *Springler-Verlag, Mycorrhiza* 1, vol 1, 1, 31-34.
- Bolòs O. d., Vigo J., 2001. Flora dels països catalans. Ed. Barcino, Barcelone, vol 4, 749 p.
- Bolòs O. d., Vigo J., 1984. Flora dels països catalans. Ed. Barcino, Barcelone, vol 1, 736 p.
- Bolòs O. d., Vigo J., 1995. Flora dels països catalans. Ed. Barcino, Barcelone, vol 3, 1238 p.
- Bussery M. P., 1989. Bases écologiques pour l'utilisation de *Poa alpina* L. dans la revégétalisation des terrains perturbés de l'étage alpin. Thèse Université Grenoble I, spécialité biologie, 196 p.
- Cano L., 2000. Revégétalisation des espaces perturbés dans les Pyrénées : approche écologique et expérimentale en vue de l'utilisation d'espèces pionnières autochtones. Mémoire de D.E.S.U., Université Paul Sabatier, Toulouse III, 58 p.
- Coste H., 1937a. Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. Ed. Flahaut. C.H., lib. sci. et tech. Albert Blanchard, Paris, vol. 3, 807 p.
- Coste H., 1937b. Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. Ed. Flahaut. C. H., lib. sci. et tech. Albert Blanchard, Paris, vol. 1, 416 p.
- Coste H., 1937c. Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. Ed. Flahaut, CH., Lib. sci. et tech. Albert Blanchard Paris, vol. 2, 627 p.
- Chambers J. C., 1997. Restoring alpine ecosystems in the western United States : environmental constraints, disturbance characteristics and restoration success. *In* : Restoration ecology and sustainable development, Urbanska K. M., Webb N. R., Edwards P. J. (eds), Cambridge University Press, 161-187.
- Cornier T., Toussaint B., Duhamel F., Blondel C., Henry E., Mora F., 2011. Guide pour l'utilisation d'arbres et d'arbustes pour la végétalisation à vocation écologique et paysagère en région Nord-Pas de Calais – Centre régional de phytosociologie / Conservatoire botanique national de Bailleul, pour le Conseil régional Nord-Pas de Calais et la DREAL Nord-Pas de Calais, Bailleul, 48 p.
- Devillers P., Devillers-Tersuren J., Ledant J. -P. & coll., 1991. Corine biotopes manual. Habitats of the European Community. Data specifications – Part 2. EUR 12587/3 EN. European Commission, Luxembourg, 300 p.
- Dinger F., 1997. Végétalisation des espaces dégradés en altitude. Ed. Cemagref, 144 p.
- Dinger F., Bédécarrats A., 2001. Etude de l'évolution et du fonctionnement des sols reconstitués en altitude au niveau des pistes de ski, ainsi que de la dynamique de reconquête de ces espaces par les espèces natives – Le cas des stations savoyardes. *In* : Recréer la nature : réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes. Principaux résultats scientifiques et opérationnels, Chapuis J. L., Barre V., Barnaud G. (eds). MATE/MNHN, Paris, 135-142.
- Dorée A., 1995. Flore pastorale de montagne. tome 1 : Les graminées. Cemagref, groupement de Grenoble. Ed. Cemagref, Saint-Martin-d'Hères, 207 p.
- Dorée A., 2000. Flore pastorale de montagne, tome 2 : Les légumineuses et autres plantes fourragères, Cemagref, groupement de Grenoble. Ed. Cemagref, Saint-Martin-d'Hères, 227 p.

Dutoit T., 2012. Espoirs et limites de l'ingénierie écologique. *Le Courrier de la Nature*, 270, 22-29.

Euro-Tec, 2011. Euro-Seeding®, mulch cellulosique, hydro-mulch, www.euro-tec.fr, 2 p.

Feucht B., Rieger E., Tamegger C., Janhn F., Jongepierová I., 2012. Agricultural production of seeds from regional provenance. *In* : Practical handbook for seed harvest and ecological restoration of species-rich grasslands, Scotton M., Kirmer A., Krautzer B. (eds), 33-38.

Fischesser B., Dupuis-Tate M. F., 1996. *Le guide illustré de l'écologie*. 319 p.

Fons F., Gargadennec A., Rapior S. 2008. Culture of plantago species as bioactive components resources : a 20-year review and recent applications. *Acta botanica gallica*, 155 (2), 277-300.

Gauthier P., 1997. Variation altitudinale, écologique et génétique, et recherche de la différenciation écotype chez deux espèces végétales alpines : *Lotus alpinus* (DC.) Schleicher et *Dactylis glomerata* L. Thèse, Université Paul Valéry, Montpellier III, 139 p.

Golinska B., Golinski P., Chalupová P., 2012. Selection of donor sites. *In* : Practical handbook for seed harvest and ecological restoration of species-rich grasslands, Scotton M., Kirmer A., Krautzer B. (eds.), 8-12.

Haselwandter K., 1997. Soil micro-organisms and restoration ecology. *In* : Restoration ecology and sustainable development. Urbanska K. N., Webb N. R., Edwards P. J. (eds), Cambridge University Press., 33-64.

Henry E., Cornier T., Duhamel F., Blondel C., 2011. Guide pour l'utilisation de plantes herbacées pour la végétalisation à vocation écologique et paysagère en région Nord-Pas de Calais. Centre régional de phytosociologie / Conservatoire botanique national de Bailleul, pour le Conseil régional Nord-Pas de Calais et la DREAL Nord-Pas de Calais, Bailleul, 56 p.

Isselin F., Bédécarrats A., 2004. Microtopography and disturbances can enhance biodiversity restoration on ski trails. *In* : Proceedings of the 16th International conference on ecological restoration, Victoria, British Columbia, 24-26.

Kiehl K., Kirmer A., Donath T. W., Rasran L., Hölzel N., 2010. Species introduction in restoration projects. Evaluation of different techniques of the establishment of semi-natural grasslands in central and northwestern Europe. *Basic and applied ecology*, vol. 11, 4, 285-299.

Kirmer A., Mann S., Stolle M., Krautzer B., Graiss W., Haslgrübler P., Sevcikova M., Scotton M., 2012. Techniques for the establishment of species-rich grasslands. *In* : Practical handbook for seed harvest and

ecological restoration of species-rich grasslands, Scotton M., Kirmer A., Krautzer B. (eds.), 43-58.

Krautzer B., Graiss W., Haslgrübler P., Golinski P., 2012. Site assessment and preparation on receptor sites. Practical handbook for seed harvest and ecological restoration of species-rich grasslands. *In* : Scotton M., Kirmer A., Krautzer B. (eds.), 39-43.

Krautzer B., Graiss W., Peratoner G., 2006. Seed production of subalpine and alpine *leguminosae*. Quality legume-based forage systems for contrasting environment. *In* : Proceedings of the final meeting 30th august - 3rd september 2006, Helgadottir Á., Pötsch E.M. (eds), AREC Raumberg-Gumpenstein, Austria, 197-201.

Krautzer B., Peratoner G., Bozzo F., 2004. Site specific grasses and herbes. Seed production and use for restoration of mountain environments. FAO, Rome, 111 p.

Krautzer B., Wittmann H., Peratoner G., Graiss W., Partl C., Parente G., Venerus S., Rixen C., Streit M., 2006. Site-specific high zone restoration in the alpine region : the current technological development. Federal research and education centre (HBLFA), Raumberg-Gumpenstein, Irdning, Austria, 135 p.

Lumaret R., 1999. Invasion of natural pastures by a cultivated grass (*Dactylis glomerata* L.) in Galicia (Spain) ; process and consequence on plant-cattle

interactions. *In* : Biological invasions in Europe and the mediterranean Basin, Kluwer Acad. Press, Dortrecht, 389-395.

Malaval S. (coord.), 2008. Un guide pour de meilleures pratiques de revégétalisation dans les Pyrénées. Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Bagnères de Bigorre, 42 p., www.ecovars.fr

Malaval S., 2011. Native seed production for pyrenean habitats : seed propagation and harvesting in semi-natural grassland. *In* : Using species rich-semi-natural grassland to obtain seed for the restoration of degraded areas. Conference proceedings, Scotton M., Dal Buono C., Timoni A. (eds). Departement of environmental agronomy and crop production, University of Padova, Italy, 50-57.

Malaval S., Lauga B., Regnault R., Largier G., 2010. Combined definition of seed transfer guidelines for ecological restoration in the french Pyrenees. *Applied vegetation science* 13, 113-124.

Malplanche M., 2006. Etude de la cultivabilité d'espèces sauvages des Pyrénées : production de semences pour la revégétalisation. Rapport de stage de BTSa, option technologies végétales, FNAMS, Condom, 63 p.

Mézard M., 2017. Les prairies de fauche de montagne, entre abandon

et restauration. Rapport de stage de Licence professionnelle GAEMP, Université Toulouse Jean Jaurès, 55 p.

Olivier L., Galland J.-P., Maurin H. (coord.), Roux J.-P. (réd.), 1995. Livre rouge de la flore menacée de France, tome 1 : espèces prioritaires. Col. Patrimoines naturels, vol. 20. SPNSPN/IEGB/MNHM, Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, Ministère de l'Environnement, Paris, 485 p.

Ozenda P., 1994. Végétation du continent européen, Delachaux et Niestlé, Lausanne, 269 p.

Ozenda P., 2002. Perspectives pour une géobiologie des montagnes, Col. biologie, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 195 p.

Perry D. A., Amaranthus M. P., Borchers J. G., Brainerd R. E., 1989. Bootstrapping in ecosystems, Internal interactions largely determine productivity and stability in biological systems with strong positive feedback, *Bioscience*, 39 (4), 230-237.

Peratoner G., 2003. Organic seed propagation of alpine species and their use in ecological restoration of ski runs in mountain regions. Dissertation Universität Kassel, Witzenhausen, Germany, 238 p.

Peratoner G., 2006. Extreme sites and their restoration requirements

in arctic-alpine climatic regions. *In* : Proceeding of the conference soil-bioengineering : Ecological restoration with native plants and seed material, Krautzer B., Hacker E. (eds). Raumberg-Gumpstein, Autriche, 37-42. Peratoner G., Rainer G. J., Günter S., 2007. Growth of *Trifolium alpinum* : Effects of soil properties, symbionts and pathogens. Elsevier, Ecological engineering, 30, 349-355.

Portal R., 1999. Festuca de France, Robert Portal, Vals-près-le-Puy, France, 371 p.

Portal R., 2005. Poa de France, Belgique et Suisse, Robert Portal, Vals-près-le-Puy, France, 300 p.

Rameau J. C., Mansion D., Dumé G., Lecomte A., Tunbal J., Dupont P., Keller R., 1993. Flore forestière française, guide écologique illustré, tome 2, montagne. Institut pour le développement forestier, France, 2421 p.

Rey F., 2009. L'écologie de la restauration au service de l'ingénierie écologique : application au contrôle de l'érosion en montagne, IRSTEA, Unité de recherche écosystèmes montagnards, Grenoble, 17 p.

Roux J. P., Bertille V., 2012. Liste rouge de la flore vasculaire de France métropolitaine : premiers résultats pour 1000 espèces, sous-espèces et variétés. Dossier de presse, 34 p.

Salomon D., 2007. Aménagements et techniques de revégétalisation en milieu alpin : impacts écologiques sur le processus d'humification et d'agrégation des sols anthropiques (piste de ski), comparaison avec les sols naturels. Thèse, Université de Savoie, Chambéry, BU sciences, 407 p.

Saule M., 1991. La grande flore illustrée des Pyrénées. Ed. Milan – Randonnées Pyrénéennes, Toulouse, 762 p.

Scheier France, 2011. Technique de revégétalisation, Flexguard, Scheier France, Hydroseeding technology, 2 p., www.scheier.fr/produits-vegetalisation/flexguard

Scotton M., Piccinin L., Dainese M., Sancin F., 2009. Seed production of an *Arrhenatherion eliatoris* hay-meadow in the eastern Italian Alps. Grass and forage science, 64, 208-218.

Scotton M., Rieger E., Feucht B., Tamegger C., Jahn F., Ševčíková M.

Semanová I., Krautzer B., Graiss W., Haslgrübler P., Kirmer A., Stolle M., 2012. Techniques for harvesting seeds and plant material in species-rich grassland. In : Pratical hand-book for seed harvest and ecological restoration of species-rich grasslands, Scotton M., Kirmer A., Krautzer B. (eds), 21-42.

Ceriani R., Pierce S., Ferrario A., Villa Mauro, Caccianiga, Cerabolini B., 2017. E.L. In : National Native Seed Conference, 25-29 September, Poster, Centro Flora Autoctona, Galbiate, Italy.

Thébaud G., Ettlicher B., 1987. Les nardaias à *Trifolium alpinum* des Monts du Forez et leur biotope à congère tardive. Acta botanica gallica, tome 144, fascicule 2, 217-230.

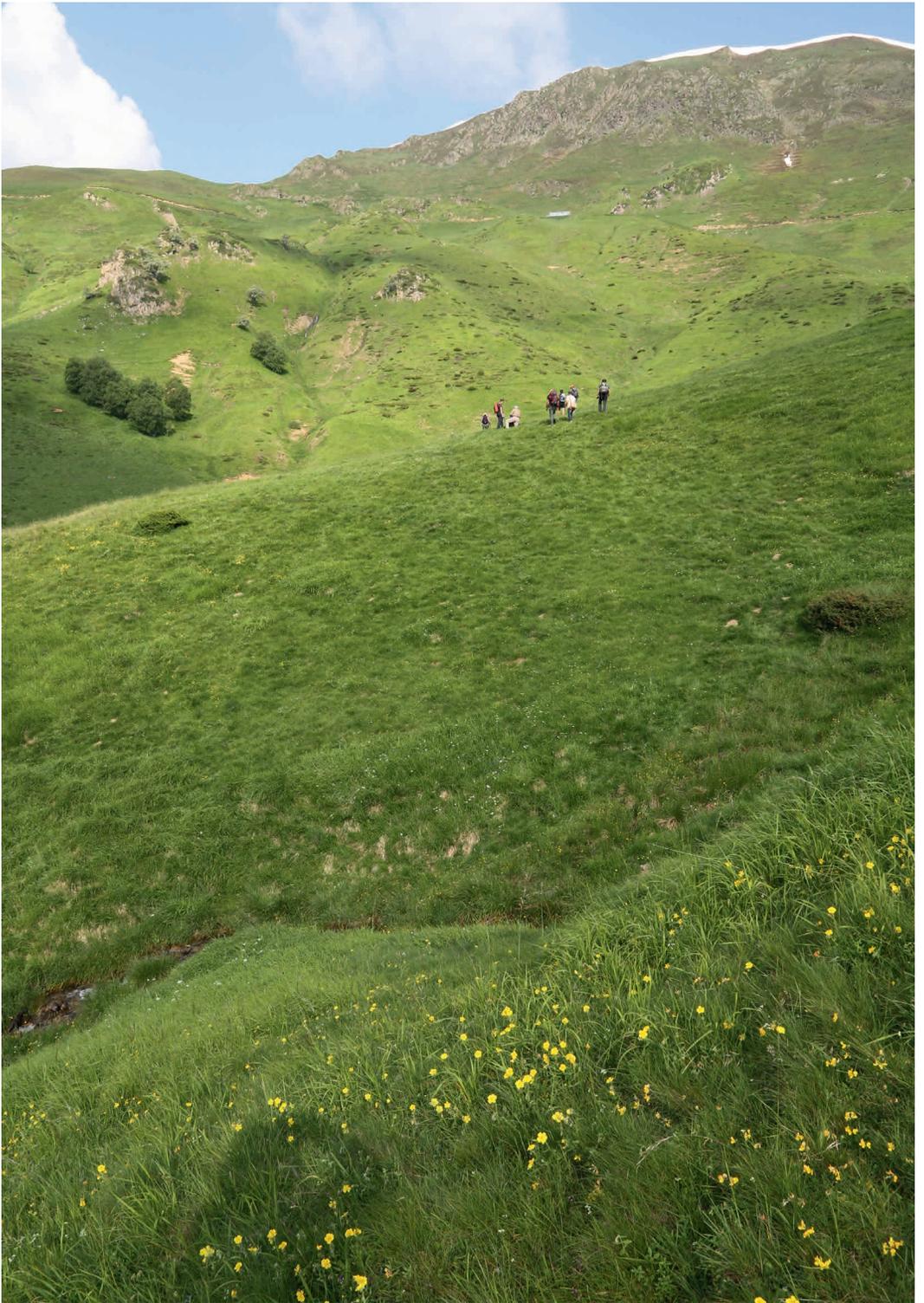
Urbanska K. M., 1988. High altitude revegetation research in the Swiss Alps : experimental establishment and performance of native plant populations in machine – graded ski runs

above the timberline. In : Proceedings high altitude revegetation workshop n°8, Keammer W. R., Brown L. F. (eds). Colorado water resources research Institute information series, 59, 115-128.

Urbanska K. M., 1997. Restoration ecology research above timberline : colonization of safety islands on a machine-graded alpine ski run. Biodiversity and conservation, 6 (2), 1655-1670.

Villar L., Sesé J. A., Ferrández J. V., 1997. Atlas de la flora des Pirineo aragonés. Ed. CPNA-IEA, Zaragoza et Huesca, vol. I, 648 p.

Villar L., Sesé J. A., Ferrández J. V., 2001. Atlas de la flora des Pirineo aragonés. Ed. CPNA-IEA, Zaragoza et Huesca, vol. II, 790 p.



Comment multiplier des semences sauvages pyrénéennes?

UN GUIDE TECHNIQUE DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

Ce guide est destiné aux semenciers et aux agriculteurs intéressés par la multiplication de semences. Il complète le présent guide en précisant les techniques de multiplication, en fournissant des itinéraires techniques, et en proposant des repères pour la mise en place d'une filière de production.

Il est disponible sur **www.ecovars.fr** ou auprès du Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées.

comment multiplier des semences sauvages pyrénéennes?

UN GUIDE TECHNIQUE
DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE



Pyrégraine
de NÉOU

www.ecovars.fr

Le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées est un outil scientifique et technique, agréé par le Ministère de l'écologie, géré par des collectivités territoriales dans le cadre d'un syndicat mixte, missionné pour **renforcer la connaissance de la flore sauvage** et pour **accompagner les politiques de conservation des espèces et des habitats naturels**.

Ses botanistes procèdent à des inventaires (général, espèces rares et protégées, champignons, mousses...) qui alimentent une base de données. Celle-ci est ensuite exploitée pour situer les populations végétales, mesurer les évolutions, identifier les menaces. Le Conservatoire n'est pas gestionnaire d'espaces naturels ; il apporte

un concours technique aux propriétaires, aux collectivités territoriales, à l'État, afin qu'ils mettent en œuvre les mesures de gestion les plus appropriées à la conservation des espèces et des milieux naturels.

Il a initié en 2000 une dynamique pour des pratiques de revégétalisation préservant la flore sauvage et les milieux naturels. Partenaires et financeurs l'ont soutenue dans le cadre des programmes Ecovars, Ecovars 2 et Ecovars+.

Pour plus d'informations :

www.cbnmp.fr

et www.ecovars.fr

Contact

Mission de restauration écologique au

Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées

Tél : 05 62 95 85 35

sandra.malaval@cbnmp.fr
brice.dupin@cbnmp.fr



Pyrégraine
de NÉOU

Les acteurs des programmes Ecovars

AMIDEV

Ce bureau d'étude spécialisé dans la protection des milieux est un des promoteurs de l'utilisation de semences locales en revégétalisation. Il est un partenaire clé de la démarche Ecovars.

Assemblée pyrénéenne d'économie montagnarde

Cet organisme a conceptualisé et développé un outil de connaissance et de protection de la biodiversité pour les domaines skiables.

Comité de massif

L'Europe, l'État, les régions Aquitaine, Midi-Pyrénées et Languedoc-Roussillon soutiennent politiquement et financièrement Ecovars, de façon coordonnée dans le cadre du Comité de massif, animé par le Commissariat à l'aménagement des Pyrénées.

Communauté de communes des Vallées d'Ax

Les quatre domaines skiables de cette collectivité disposent d'un outil informatique géo-référencé permettant de connaître et de protéger la biodiversité. Et de planifier en conséquence les revégétalisations.

Conseil général des Pyrénées-Atlantiques

Il s'est engagé dans le développement d'une filière de production de semences pyrénéennes en soutenant l'association Estivade. Il a adopté de meilleures pratiques de revégétalisation pour chacun des aménagements, routiers ou touristiques, qu'il entreprend.

Estivade

Cette association d'insertion située près d'Oloron Sainte-Marie a produit de 2009 à 2012 une première génération de semences locales bénéficiant de la marque Pyrégraine de nèou. Production en agriculture biologique.

Lycée Adriana

Pour lancer la production de l'association Estivade, ce lycée horticole a produit en agriculture biologique des jeunes plants d'espèces sauvages des Pyrénées.

N'Py

Depuis 2009, les stations de ski pyrénéennes réunies sous cette identité récoltent des semences sur des estives situées au cœur de leurs domaines. Elles ont entrepris de contractualiser la production de mélanges de semences pyrénéennes afin de disposer de plus grandes quantités.

Parc naturel régional des Pyrénées catalanes

Il fait émerger une filière de production de semences locales spécifique à la partie orientale du massif pyrénéen.

Plan SAS - Les Gazons de France

Cette société expérimente depuis 2010 une production de semences pour les domaines skiables N'Py. Des semences marquées Pyrégraine de nèou.

Zygène

Depuis 2005, la démarche Ecovars bénéficie des conseils techniques et du savoir-faire de cette société productrice de semences sauvages.

Les financeurs des programmes Ecovars





www.ecovars.fr

Pyrégraine

de Néou



Un programme d'actions
en restauration écologique
animé par le Conservatoire
botanique national des
Pyrénées et de Midi-Pyrénées

