

Les techniques de réhabilitation des domaines skiables

Françoise Dinger

Les recherches sur la végétalisation en haute altitude sont conduites depuis plus de quinze ans au Cemagref à Grenoble. Les premiers problèmes dont se sont saisis les chercheurs ont concerné l'érosion, consécutive aux travaux de création de pistes de ski. Par la suite, il a fallu remettre en état des sites aménagés comme l'imposaient la loi sur les études d'impact et les nouvelles règles en matière de permis de construire des pistes de ski. Pour cela, les techniques et matériels les mieux adaptés ont été mis au point.

Les aménageurs eux mêmes souhaitent appliquer des solutions de réhabilitation écologique et paysagère car l'équilibre économique des stations ne peut plus être réalisé pendant la seule saison d'hiver. Il faut accueillir les touristes en été dans un environnement de qualité.

Enfin, après l'érosion, l'écologie et le paysage, ce sont les hivers sans neige qui ont incité les responsables des domaines skiables à réaliser des travaux d'une extrême finesse et précision pour reconstituer un couvert végétal dense et pérenne.

En effet la neige, qui est depuis de nombreuses années le support d'activités touristiques importantes, peut être assimilée à un outil économique qu'il faut donc préparer, gérer, entretenir et, parfois, créer pour permettre le démarrage des activités hivernales le plus tôt possible dans la saison et en toute sécurité.

Mais réaliser un couvert végétal de qualité est extrêmement difficile en altitude compte tenu des contraintes des milieux que l'on souhaite végétaliser. Dans cet article, nous présenterons les principales contraintes liées aux conditions naturelles d'alti-



rude, les effets des travaux de construction de pistes ainsi que les restaurations nécessaires. Les résultats des recherches menées sur la revégétalisation des pistes et les techniques mises au point à leur suite sont synthétisés.

Les contraintes naturelles des domaines skiables

Les contraintes fortes sont essentiellement dues aux effets de l'altitude. Ainsi, le froid ralentit ou inhibe les fonctions vitales de tous les êtres. A 1 000 m, la température moyenne annuelle est de 8 °C, elle sera de 4 à 7 °C vers 2 100 m et de 0 °C à 3 200 m. Les périodes de végétation sont fortement diminuées surtout au-dessus de 2 000 m, où les températures sont négatives plus de six mois dans l'année. La pression atmosphérique et la teneur en oxygène diminuent aussi avec l'altitude : à 2 000 m, la pression atmosphérique diminue de 22 %, à 4 000 m de 40 %.

▲ Photo 1. -
Piste enneigée

Françoise Dinger
Cemagref
2, rue de la Papeterie
BP 76
38402 St-Martin-d'Hères

L'air est moins dense et joue moins son rôle de frein thermique car il ne s'oppose plus au rayonnement solaire. A tout cela ajoutons que le vent accentue l'assèchement des pentes.

Bien sûr les végétaux s'adaptent. Ils entrent en dormance pendant les conditions extrêmes et sont protégés par la neige, dont les chutes augmentent de 3 % par tranche de 100 mètres. A partir de 3 000 m, 80 à 90 % de l'humidité tombe sous forme de neige, à 3 800 m, il ne pleut jamais.

Tous ces facteurs liés à l'altitude ont pour conséquence principale l'érosion. Le gel/dégel désagrège les roches, provoque des éboulements et, plus généralement, une forte érosion de surface.

L'eau et la neige gonflent les argiles qui deviennent fluides et coulent sur les pentes en grosses loupes. Dans les calcaires, c'est l'activité chimique de l'eau qui donnera des formes d'érosion particulières, comme les lapiaz par exemple. Les terrains sont d'autant plus sensibles à l'érosion que le substrat en place est fragile.

Cette couche de matériaux qui sert de support, de réservoir d'eau et de nourriture pour les plantes est très peu épaisse en altitude et sa fertilité est très variable.

L'état du sol après les travaux de construction des pistes

Aux contraintes naturelles, il faut ajouter les contraintes liées à l'action humaine. En effet, les pistes de ski sont souvent créées de toute pièce par minage, bullage, reprofilage et l'homme devra tout mettre en œuvre pour reconstituer substrat et couvert végétal s'il ne veut pas voir le fruit de tous ses efforts emporté par l'érosion.

On ne peut espérer reconstituer un couvert végétal de qualité sur un terrain instable. Il faut donc, avant tout, lutter contre le ruissellement superficiel qui risque de créer une instabilité des terrains remaniés et qui s'opposerait alors à toute germination des espèces semées.

Des revers d'eau sont construits en travers des pistes. Ils seront progressivement effacés des sites lorsque la végétation installée absorbera une partie des précipitations et répartira les écoulements entre ruissellement superficiel et infiltration.

Il faut ensuite préparer un lit de semences le plus fin et le plus riche possible.

Autrefois, on épierrait manuellement les pistes ; aujourd'hui, on concasse même les roches les plus coriaces. Le concassage permet d'économiser les apports de terre végétale si on a eu la sagesse de la récupérer et de la stocker avant le tracé de la piste. En effet, le concassage permet d'en utiliser moins puisque le broyage l'incorpore dans le substrat.

Si l'on n'a pas pu récupérer suffisamment de terre végétale, il faudra pourtant recréer un support pour la plante.

Une logique d'intervention sur les zones aménagées en altitude a été mise au point. A l'époque, l'équipe du Cemagref chargée du développement de l'outil végétal dans la lutte contre l'érosion a acquis une partie de ses compétences grâce aux nombreux appuis techniques réalisés auprès des stations de ski et par l'organisation de stages de formation des personnels des services des pistes.

Les recherches sur les techniques de végétalisation

Rapidement, les échanges d'expériences se sont avérés insuffisants pour progresser. Il a fallu engager les premières recherches qui ont porté sur le choix du matériel végétal. Dans un deuxième temps, l'utilisation d'amendements appropriés pour recréer un support physique et biologique adapté à l'installation des espèces semées a été expérimentée.

■ *Le matériel végétal : identifier les mélanges d'espèces adéquats*

Les espèces végétales utilisées sur les pistes de ski sont uniquement des herbacées car la couverture végétale souhaitée est un tapis ras, dru, capable de retenir la neige et permettre la pratique du ski par faible enneigement. Il faut bien évidemment choisir le matériel végétal le mieux adapté aux contraintes de l'altitude et qui soit capable de s'opposer aux processus d'érosion. Ce matériel devra aussi permettre le retour des populations autochtones qui seront les seules à garantir l'intégration écologique et paysagère des sites aménagés.

Dans ce contexte, les graminées et légumineuses du commerce ne constituent pas forcément le matériel végétal le mieux adapté. En effet, si nous connaissons bien leur comportement en plaine et

en semis pur, des recherches n'ont pas véritablement été engagées pour faire progresser la connaissance de leur comportement en altitude et en association.

C'est donc à partir des années 80 que les premières études ont été engagées sur le thème de la végétalisation en altitude. On parlait de « reverdissement » et les aménageurs n'avaient à leur disposition que les variétés de semences à gazon issues de la sélection variétale. Notre démarche était essentiellement développée en direction des acteurs de terrain. Le bilan réalisé sur les pratiques en 1978 avait révélé que près de vingt graminées et dix légumineuses étaient utilisées. La fléole des prés était l'espèce la plus employée, de 5 à 80 % dans les mélanges, le ray-grass anglais était employé systématiquement, jusqu'à 40 %, les fétuques rouges entraient dans de nombreuses compositions avec essentiellement des variétés traçantes.

À partir de ce constat, il est apparu important d'améliorer le choix des mélanges avec les variétés du commerce disponibles à l'époque. Vingt-sept variétés qui nous semblaient, de par leur description, être susceptibles de s'implanter en altitude ont été testées dans plusieurs stations (Auron, Val d'Isère et Courchevel).

On a alors constaté que le ray-grass anglais s'installait rapidement mais disparaissait aussi assez vite. Il convient donc de le prévoir en faible quantité dans les mélanges. Les fétuques rouges avaient un excellent comportement. Elles sont les principales bénéficiaires de la disparition du ray-grass et constituent la base de tous les mélanges utilisés en altitude. La fléole, réputée pour préférer les milieux humides, se comportait cependant bien sur l'ensemble des sites. Elle est aussi maintenant proposée dans tous les mélanges.

Pour compléter les mélanges, l'introduction de légumineuses nous est apparue très vite souhaitable. Leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et à en faire bénéficier les graminées les rendent indispensables.

Les résultats de nos essais sont, aujourd'hui encore, à la base des mélanges dits « pistes de ski », ils comportent donc :

- 10 % de ray-grass,
- de 20 à 50 % de fétuques rouges,
- 10 % de fléole des prés,
- 20 à 30 % de légumineuses (lotier corniculé,



▲ Photo 2. – Piste terrassée avant végétalisation

trèfles) et, suivant le type de sol, on conseille l'introduction des agrostides, du dactyle ou de la fétuque ovine.

Par rapport aux pratiques des années 60-70, nous avons donc recommandé l'introduction des légumineuses en quantités relativement importantes (de 10 à 30 %) et la diminution du ray-grass anglais en faveur des fétuques rouges (encadré 1).

Encadré 1

Exemple de mélange d'espèces végétales pour piste de ski

- 20 % fléole des prés Erecta,
- 20 % fétuque rouge Cibela,
- 20 % fétuque rouge Echo,
- 15 % fétuque ovine Bornito,
- 15 % ray-grass anglais Juventus,
- 10 % trèfle blanc nain Huia.

Les responsables de stations de ski engageaient alors des travaux dans les secteurs de la haute altitude pour établir des liaisons entre stations, pour développer des domaines de plus en plus techniques en fonction d'une demande de la clientèle de plus en plus sportive. Alors, les premiers mélanges issus des essais étaient utilisés avec plus ou moins de réussite, surtout lorsque l'on souhaitait végétaliser des secteurs à plus de 2 000 m d'altitude.

Encadré 2

Travaux de recherche sur le fonctionnement des écosystèmes d'altitude (Cemagref)

Les thèses soutenues dans l'équipe « végétalisation d'espaces érodés » :

- « Les peuplements végétaux issus de l'ensemencement des pistes de ski dans les Alpes du Nord : structure et dynamisme » - Alain Bédécarrats, 1988 ;
- « Bases écologiques pour l'utilisation de *Poa alpina* L. dans la revégétalisation des terrains perturbés de l'étage alpin » - Marie-Paule Busseray, 1989 ;
- « La réhabilitation des surfaces dégradées des domaines skiables : une nouvelle conception de l'aménagement - Cas de l'Isère et de la Savoie » - Agnès Daburon, 1989 ;
- « Lutte contre l'érosion des sols en montagne méditerranéenne - connaissance du matériel végétal et quantification de son impact sur l'érosion » - Yves Crosaz.

Les thèses en cours :

- « Etude de la variabilité écotypique pour trois taxons végétaux colonisateurs des milieux perturbés des zones supra-forestières en Maurienne et Haute Tarentaise » Perrine Gauthier.

Aussi, dès les années 80, les recherches nécessaires à une meilleure connaissance du fonctionnement des écosystèmes d'altitude (encadré 2) et à la mise en culture des plantes natives pionnières des zones terrassées en altitude (encadré 3) ont été engagées.

Ces recherches se poursuivent actuellement dans le cadre d'un groupement d'intérêt scientifique : le GIS « semences natives » (encadré 4).

Ces plantes « spontanées » ont à leur disposition un sol superficiel, pauvre, qui leur convient et qu'elles enrichissent progressivement par leur présence. Elles sont donc naturellement adaptées aux conditions extrêmes et ce sont ces populations qu'il convient d'introduire dans les mélanges à utiliser en altitude.

Nous avons mené, à la demande du ministère de l'Environnement, une recherche sur la dynamique de reconquête des espaces terrassés en altitude. Il s'agissait d'analyser, par des méthodes appropriées, le retour des espèces natives de la pelouse alpine dans les engazonnements réalisés à partir de semences « artificielles » comme c'est encore l'usage dans l'essentiel des travaux de végétalisation de pistes de ski.

Nous avons ainsi pu observer cette dynamique pour des pistes revégétalisées il y a plus de dix ans. Des groupes d'espèces autochtones de première ins-

tallation sont reconnaissables. Ces groupes constituent un vivier à partir duquel on pourra constituer un matériel végétal mieux adapté aux conditions de la haute altitude.

Cette demande va dans le sens d'une limitation de la composante artificielle des peuplements et d'une reconstitution à terme de groupements végétaux dont les caractéristiques sont les plus proches possibles des phytocénoses naturelles.

Si ce n'est pas une demande exprimée des acteurs de terrain, contribuer à une prise de conscience de leur part est important. En effet, le caractère parfaitement adapté de ces populations, à la fois à la rudesse des sites mais également au paysage, en fait tout l'intérêt. Ainsi, une piste qui prend, en fin de saison, les teintes automnales de la pelouse alpine est mieux intégrée au paysage qu'une piste restant verte pratiquement jusqu'à l'hiver.

Ces recherches sont coûteuses et difficiles. Elles sont cependant actuellement engagées pour vérifier l'hypothèse d'une différenciation écotypique de nature adaptative par rapport au milieu considéré, qui serait à l'origine de la formation de ces populations locales. Cette étude de la variabilité écotypique en vue de la conservation de la biodiversité et de l'utilisation de matériel biologique mieux adapté pour le repeuplement des milieux perturbés est en cours.

Mais sans en attendre les résultats, la production de populations autochtones est engagée. Elle débouche sur des contrats de production avec des agriculteurs de montagne pour un certain nombre de populations alpines. Ces populations sont utilisées à raison de 10 à 80 % dans les mélanges utilisés en altitude,

Encadré 3

Les recherches sur les plantes natives d'altitude (Cemagref)

Les recherches de cette équipe sont possibles grâce à un équipement de laboratoire performant : chambre de culture pour produire des individus en nombre pour la pré-production ou à des fins de recherche.

Plusieurs germinateurs pour les tests de germination et levées de dormance, des étuves, un espace pour la culture *in vitro* avec autoclave, hotte à flux laminaire., un microscope spécial pour les comptages chromosomiques...

de 10 à 20 % dans des mélanges relativement traditionnels, à plus de 80 % dans les mélanges du procédé Seravert. Ce procédé a été mis au point avant la création du GIS par un de ses partenaires, la Compagnie nationale du Rhône, et est basé sur la mise au point de mélanges adaptés à chaque site à réhabiliter. Ces mélanges ont une forte proportion de semences natives produites par le Syndicat des agriculteurs multiplicateurs de semences dans la région de Gap.

Actuellement, les semences les plus utilisées sont *Anthyllis vulneraria* et *Achille millefolium*.

Des études ou productions sont en cours sur *Poa alpina*, *Festuca violacea*, *Lotus alpinus*, *Plantago alpina*, *Trifolium alpinum*, *Anthyllis montana*.

Ces populations ne constituent, pour l'instant, qu'un complément aux espèces du commerce traditionnellement utilisées. Mais nous pensons que, progressivement, elles pourraient constituer la base des mélanges pour assurer une couverture végétale pérenne, écologiquement adaptée aux conditions extrêmes de la haute altitude.

Encadré 4

Le GIS « semences natives »

Le Groupement d'intérêt scientifique « *groupe-ment pour la recherche, l'expérimentation et la multiplication de semences d'espèces végétales natives utilisées notamment pour la végétalisation en milieu méditerranéen et d'altitude* » plus communément appelé GIS « semences sauvages », est une structure de partenariat étroit entre des organismes scientifiques, des entreprises et bureaux d'études, des partenaires du monde agricole (Compagnie nationale du Rhône et sa filiale SIRAS, Parc national des Ecrins, Conservatoire botanique national alpin Gap-Charance, Syndicat des agriculteurs multiplicateurs de semences, Cemagref).

Le GIS s'est donné pour mission la coordination des travaux de recherche des équipes qui le composent pour faire progresser et développer les connaissances dans le domaine des espèces végétales locales aptes à être utilisées pour la végétalisation en milieu méditerranéen et d'altitude.

Il doit aussi assurer la promotion et la protection des semences produites, ainsi que la valorisation sur le plan international des avancées de la recherche dans ce domaine.



▲ Photo 3. – Fleurs d'Anthyllis

■ Les recherches sur les amendements issus de la valorisation des déchets

Bien que l'essentiel de la réussite des travaux de végétalisation en altitude soit dû au choix du matériel végétal, il est également nécessaire d'améliorer la qualité du substrat pour confirmer l'installation du matériel végétal.

Compte tenu des caractéristiques du milieu après les terrassements, il faut apporter un support et un garde-manger à la plante. On utilise des amendements qui donnent au semis un support pour s'enraciner en même temps qu'ils constituent un réservoir d'eau et d'aliments.

Les amendements organiques industriels sont nombreux. Ils présentent l'avantage d'être très concentrés mais, aujourd'hui, les stations de ski utilisent de plus en plus les amendements organiques issus de la valorisation des déchets, en particulier les boues des stations d'épuration.

Actuellement, en Tarentaise, beaucoup de stations de ski utilisent les boues des stations d'épuration compostées ou mûrées (encadré 5).

La mise au point de ces nouveaux produits a été fortement encouragée au moment de la préparation des jeux Olympiques d'Albertville. Ainsi, actuellement, une unité importante de compos-

tage fonctionne à Aime en Tarentaise (encadré 6).

Avant même que cette unité soit fonctionnelle, des essais ont été mis en place dès 1987 pour définir les conditions et les doses d'utilisation de ces produits avec un compost de boues fabriqué à la station d'épuration de Pau (encadré 7).

Les résultats des analyses de ce compost (INRA de Bordeaux) révèlent une qualité d'amendement organique. La teneur en matière organique varie, suivant les mois où ont été effectuées les analyses (été 1986), entre 45,84 et 52,44 % de matière sèche.

Les teneurs en éléments fertilisants sont satisfaisants (analyses INRA) :

- azote total : de 2,22 à 2,39 %,
- phosphore (P_2O_5) : de 1,90 à 2 %,
- potassium (K_2O) : de 0,22 à 0,24 %.

Encadré 5

Utilisation des boues pour revégétaliser les pistes de ski

Les boues mûrées

L'opération de maturation des boues consiste à stocker, pendant une période assez longue (2 à 3 ans) et sur une faible épaisseur (50 à 80 cm), des boues déshydratées pour les laisser évoluer.

Les boues perdent alors leur eau, elles changent de structure et d'aspect. La matière organique évolue sans odeur notable et au bout de deux ans, elles se présentent comme un terreau inodore d'aspect brunâtre, facile à mettre en œuvre par les engins courants d'épandage.

La maturation augmente fortement la teneur en matière sèche (de 25 à plus de 50 %), le rapport C/N passe de 13 à 8,5, cette bonne stabilisation est confirmée par l'absence d'odeur, l'azote est présent sous forme organique essentiellement.

Les boues compostées

Le compostage est une décomposition aérobie thermophile des déchets organiques grâce à des micro-organismes.

Cette opération s'accompagne d'une élévation de température jusqu'à 70 °C. Les boues sont trop humides et elles contiennent trop peu de carbone pour être compostées seules.

La solution appliquée en Tarentaise a été de mélanger les boues avec des sciures et fumiers.

Le compostage permet ainsi une diminution de la fraction volatile, une baisse de la teneur en eau par respiration des micro-organismes décomposeurs, la destruction des germes pathogènes, la production d'un produit stable, riche en composés humiques.

En fin de compostage, on obtient là aussi un produit fin, ayant l'aspect d'un terreau, inodore. De plus, le temps de fabrication est extrêmement court par rapport à la maturation : quelques semaines suffisent.

Encadré 6

L'unité de compostage d'Aime (Tarentaise)

Le compostage à Aime permet de valoriser trois types de « déchets » : les boues de STEP, les fumiers, les sciures. Le compost obtenu est utilisé comme un amendement organique.

Ce compost végétal à base de sciure (40 % de la matière sèche totale), de fumier de bovin (35 % de la matière sèche totale) et de matières organiques d'eaux résiduaires (25 % de la matière sèche totale) a une teneur en matière organique de 60 % sur produit sec, une teneur en matière sèche de 40 %, avec 1 % d'azote total, un rapport C/N de 20 et un pH autour de 6,8, sa densité moyenne est de 0,45 à 0,55.

Les trois produits sont mélangés, à raison d'un volume de boue pour un volume de fumier et deux volumes de sciure, et placés en andains sur les aires d'aération où ils sont ventilés pendant trois à cinq semaines.

Le compost obtenu est ensuite déplacé sur l'aire de maturation lente où il poursuit son évolution pendant au moins deux mois.

Le temps de fabrication du compost est d'environ trois mois et demi. Il est en priorité utilisé sur les pistes de ski des stations de Tarentaise : La Plagne, Les Arcs.

Les essais ont été mis en place sur une zone terrassée depuis plus de cinq ans et non végétalisée, au col de Forcle dans la station de ski de La Plagne à 2 245 m d'altitude. Le substrat est la quartzite, terrain suffisamment filtrant, ce qui limite les risques de ravinement et de glissement du compost, la pente est d'environ 30 %. La végétation environnante est caractéristique de la pelouse alpine sur silice.

Le matériel végétal testé en mélange des trois et en semis spécifique est le suivant :

- la fétuque rouge traçante Rubina,
- la fléole des prés Climax,
- le trèfle blanc nain Huia.

La fertilisation minérale sur certaines parcelles a été réalisée par un ternaire NPK, 12-12-17.

Le dispositif expérimental mis en place, utilisé en agronomie, est le « split-plot » à deux facteurs pour étudier les deux facteurs simultanément : la végétation et le compost. Quarante-deux parcelles élémentaires ont ainsi été mises en place.

Encadré 7

Fabrication du compost à partir des boues d'épuration

Les boues de Pau issues d'un traitement biologique simple des eaux usées (un seul décanteur primaire), sont concentrées par un épaisseur puis déshydratées sur une bande presse. On a alors un produit d'une teneur en matière sèche de 26 %.

Les boues sont ensuite traitées selon la technique du compostage en tas aérés (procédé de Betsville). Elles sont mélangées à un support carboné (déchets divers : petites plaquettes de bois, rafles de maïs, feuilles mortes.).

Le compostage en tas et à l'air libre, avec un système d'aération interne, dure trois semaines.

Ensuite, les tas sont démolis pour faciliter le séchage, puis tamisés pour récupérer le support carboné.

Le compost est alors mis à maturer sur une aire pendant quarante jours. Le produit final a une teneur élevée en matière sèche de l'ordre de 70 %.

Des observations faites sur le site expérimental du col de Forcle à La Plagne, il est ressorti qu'en reconstitution de substrat, le compost de boues devait être utilisé à raison de 150 t/ha, c'est-à-dire en couche de 3 à 5 cm d'épaisseur.

Le compost de boues présente un intérêt certain pour la remise en végétation de substrat stérile. Des études complètes permettant de s'assurer de la qualité et de la non-toxicité de ce nouvel amendement ont été engagées et, actuellement, son utilisation dans différentes stations de la Tarentaise fait l'objet d'un suivi précis à travers les plans d'épandage menés par la Chambre d'agriculture de Savoie.

Le compost est à réserver aux sites particulièrement stériles car le produit coûte de 200 à 300 F/m³ (prix du produit + transport + épandage) auxquels il convient d'ajouter le prix du semis, ce qui porte le coût de la végétalisation à 10 à 18 F/m².

Des efforts sont aussi faits pour mettre au point le matériel d'épandage de ces amendements car, en altitude, la pente et souvent le dévers constituent un handicap important à la mécanisation.

Le substrat étant préparé et le mélange de semences étant choisi, on peut procéder au semis. La technique de semis la plus employée est celle de

l'hydroseeding, qui permet, par projection hydraulique, de répartir uniformément sur les pistes les semences, les engrais et amendements traditionnels, les fixateurs indispensables à l'accrochage des graines sur les fortes pentes.

Il est de plus en plus conseillé de réaliser la végétalisation en deux temps, cela permet de réintervenir systématiquement sur les zones malvenues et, ainsi, de repérer très vite les dysfonctionnements et d'y porter remède (encadré 8).

Une fois installée, la couverture végétale devra faire l'objet de soins particuliers pendant au moins trois années, il faudra apporter une fertilisation d'entretien, sursemer les parties malvenues puis faucher. Enfin, lorsque l'on considérera que la pelouse est bien accrochée, on pourra l'ouvrir au pâturage qui est, en altitude, un excellent moyen pour entretenir les pistes.

Encadré 8

Exemple de végétalisation

Piste de ski entre 1 800 m et 2 000 m d'altitude, engazonnement hydraulique en deux passages

Première intervention à l'automne

Mélange de graines (150 kg/ha) :

- 25 % fétuque rouge traçante Pernille,
- 25 % fétuque rouge gazonnante Enjoy,
- 15 % fléole des prés Erecta,
- 10 % Trèfle blanc Grasslands Huia,
- 10 % Lotier corniculé Leo,
- 8 % Agrostide Highland.

Espèces sauvages :

- 5 % anthyllis vulnéraire,
- 2 % achillée millefeuille.

Engrais NPK 4/20/20 (200 kg/ha).

Amendement organique type Verpiste ou Pistaren (1 000 kg/ha).

Fixateur (cellulose ou colloïde).

Coût au m² : 2,30 F HT.

Deuxième intervention au printemps suivant

Même semis à 100 kg/ha.

Engrais NPK 15/15/15 à raison de 200 Kg/ha.

Amendement organique 500 kg/ha.

Fixateur.

Coût au m² : 1,40 F HT.

Coût total de la végétalisation : 3,70 F/m² H.T.



▲ Photo 4. -
Piste reverdie

Une prise de conscience locale

Notre présence importante auprès des acteurs de terrain nous a permis de faire évoluer la demande, qui se limitait, au départ, au reverdissement des pistes de ski, en une véritable demande de réhabilitation.

La recherche actuellement engagée sur l'étude de la variation écotypique affectant les populations végétales soumises à des pressions de milieu fortes, utilisant la technique des marqueurs génétiques, est extrêmement lourde à mener. Nous espérons qu'elle débouchera sur des conclusions qui nous aideront à confirmer l'intérêt d'utiliser des écotypes locaux supérieurs pour leur maintien et leur reproduction par rapport aux populations allochtones. □

Résumé

Le développement de la pratique du ski a entraîné la création d'infrastructures lourdes en montagne. La construction des pistes de ski en particulier conduit à la destruction du couvert végétal et des sols.

Il s'est avéré très tôt que la reconstitution d'une couverture végétale associée à des travaux visant à contrôler l'érosion était indispensable pour des raisons écologiques, paysagères et, surtout, économiques.

Depuis 1978, le Cemagref a engagé des recherches portant à la fois sur le matériel végétal et la reconstitution du substrat de façon à fournir à l'ensemble des aménageurs des solutions végétales efficaces.

Ces recherches ont tout d'abord porté sur les variétés sélectionnées du commerce, totalement étrangères aux espaces à réhabiliter, mais qui étaient les seules disponibles. Depuis quelques années, sous la pression de la communauté scientifique, des recherches fondamentales sont engagées pour confirmer l'intérêt d'utiliser des écotypes locaux mieux adaptés.

Abstract

The growth of ski sports caused the creation of cumbersome infrastructures in mountain areas. In particular, the construction of ski-runs destroyed the plant and soil cover.

It very soon became evident that, for ecological and economic reasons as well as to preserve the landscape, it was essential to reconstitute the plant cover as well as to take measures to control erosion.

Since 1978 Cemagref has been carrying out research both on plant species and the reconstitution of the substrata in order to offer all developers effective replanting schemes. This research first considered varieties taken from those on the market. They were completely alien to the regions to be rehabilitated but were the only ones available. For the past few years, under pressure from the scientific community, fundamental research has been carried out to confirm the advantages of using better adapted indigenous varieties.

Bibliographie

- DINGER, F., BUSSERY, M.P., 1990. In vitro multiplied *Poa alpina* (alpine bluegrass) as seed source for high altitude revegetation, *Proceedings High Altitude Revegetation Workshop* n°9. Fort Collins Colorado, 227.
- DINGER, F., 1992. De la végétalisation à la réhabilitation de zones terrassées en altitude, *Colloque « Ressources naturelles et développement montagnard »*, SAM, 1992.
- BEDECARRATS, A., 1992. Studies on plants able to protect embankments in alpine areas of french Alps, *Colloque « First International European Society for soil conservation » Silsoe College, Bedford* (Grande-Bretagne).
- CROSAZ, Y., DINGER, F., 1993. Recherche sur la fixation des sols et essais de comportements des fixateurs et matériaux composites pour la revégétalisation en zones extrêmes, 44 pages + annexes.
- CROSAZ, Y., 1994. Protection des sols par l'utilisation du matériel végétal. *Groupe de travail sur l'aménagement des bassins versants de montagne F.A.O.*, Jaca (Espagne), 12 pages.
- BEDECARRATS, A., and GAUTHIER, P., 1995. Studies about the variability of populations of two herbaceous taxa (*Dactylis glomerata* and *Lotus* sp) related to the variability of the environment in high altitude pastures of the North French Alps, *Fifth International Rangeland congress, Salt Lake City, UTAH, USA*.