

LA RECONQUÊTE DES PISTES DE SKI PAR DES ESPÈCES NATIVES

par Françoise **Dinger**^(*)

RÉSUMÉ

Pour rendre la pratique du ski plus sûre et plus confortable, le relief naturel des versants est souvent totalement remodelé pour créer les pistes de descente et implanter les remontées mécaniques. Ces travaux ont essentiellement pour conséquence la destruction des biocénoses et des sols en place. S'instaurent alors des processus d'érosion et de déstabilisation des pentes qui conduisent à des modifications paysagères importantes, des problèmes de sécurité, une diminution de qualité des alpages. C'est pourquoi, depuis plusieurs années, on entreprend des opérations de remise en état des sols mettant en œuvre la terre végétale récupérée avant travaux ou des déchets organiques, avant leur repeuplement par voie de semis à partir d'espèces végétales herbacées allochtones. Or, ces communautés végétales changent spontanément dans le temps et, en particulier, s'enrichissent en espèces provenant de populations autochtones situées aux abords des pistes. L'observation de ce retour spontané de plantes natives sur des espaces végétalisés avec ou sans reconstitution du substrat préalablement au semis a permis la mise au point d'une méthodologie qui permet de reconstituer l'écosystème d'origine en 20 à 30 ans. Cette reconstitution s'accompagne d'un retour à une plus grande diversité biologique. Elle permet donc de réussir dans la plupart des cas une véritable réhabilitation de ces espaces aménagés.

Mots-clés : érosion, déchets organiques, végétalisation, espèces autochtones, pistes de ski.

INTRODUCTION

La neige est depuis de nombreuses années le support d'activités touristiques importantes que sont tous les sports de glisse. On peut assimiler la neige à un outil économique qu'il faut préparer, gérer, entretenir et parfois créer, pour permettre le démarrage en toute sécurité des activités sportives le plus tôt possible dans la saison hivernale. Les pistes de ski sont donc des ouvrages construits de toutes pièces ; leur remise en état ne s'improvise pas.

En 1986, le professeur Alexander **Cernusca** (3) insistait sur la nécessité de "faire attention à l'origine de la provenance des semences" utilisées en végétalisation des pistes de ski en recommandant de respecter "le bon rapport entre les herbes non graminéennes, les plantes trifoliées et les graminées".

D'autres équipes européennes développent des recherches sur les plantes alpines à ré-introduire sur les espaces perturbés d'altitude, que ce soit en Suisse, Italie ou Autriche (9, 10, 11, 12, 13). Aux États-Unis, la réhabilitation des sites en altitude intéresse non seulement les domaines skiables, mais aussi toutes les formes d'exploitation de l'espace comme les mines et carrières qui

^(*) Ingénieur de recherche, Unité de recherche Écosystèmes et paysages montagnards – Cemagref, Groupement de Grenoble, 2 rue de la Papeterie, BP 76 – 38402 St-Martin-d'Hères Cedex France ; francoise.dinger@cemagref.fr
C.R. Acad. Agric. Fr., 2002, 88, n°6, pp. 00-00. Séance du 9 octobre 2002.

sont souvent situées à plus de 1800 m d'altitude. Ainsi, l'Université du Colorado de Fort-Collins organise tous les deux ans sur ce sujet un colloque international « *The high altitude revegetation workshop* ».

Le Cemagref, à la demande de l'ensemble des acteurs des domaines skiables français, a donc engagé, à partir de 1978, des recherches sur le matériel végétal à proposer pour la remise en état des pistes de ski après travaux. Mais, rapidement, des recherches sur les substrats se sont avérées aussi nécessaires. En effet, la reconstitution d'un support de qualité est un préalable indispensable pour accueillir un couvert végétal pérenne en altitude, compte tenu des contraintes fortes qui pèsent sur les milieux que l'on souhaite réhabiliter (4).

L'objet de cet article est donc de présenter les particularités des espaces aménagés en haute altitude et de décrire les principales étapes indispensables à la réhabilitation des pistes de ski et à leur reconquête par les espèces natives.

1. LES CONTRAINTES NATURELLES ET ANTHROPIQUES 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. À 1000 m, la température moyenne annuelle est de 8 à 12 °C, elle sera de 4 à 7 °C vers 2100 m et de 0 °C à 3200 m. Les périodes de végétation sont fortement diminuées surtout au-dessus de 2000 m, où les températures sont négatives plus de six mois dans l'année. L'air est moins dense et joue moins son rôle de frein thermique, car il ne s'oppose plus au rayonnement solaire. À tout cela ajoutons l'assèchement des pentes accentué par le vent.

Les espèces composant la pelouse alpine sont adaptées : elles entrent en dormance pendant la mauvaise saison et sont protégées par la neige ; il n'en est pas de même des espèces commerciales qui seront utilisées en végétalisation à ces altitudes.

Tous ces facteurs liés à l'altitude ont aussi des répercussions sur les sols : l'alternance gel/dégel désagrège les roches, provoque des éboulements et, plus généralement, une forte érosion de surface.

De plus, cette couche de matériaux qui sert de support, de réservoir d'eau et de nourriture pour les plantes est peu épaisse en altitude ; il conviendra de l'améliorer avant de réaliser l'ensemencement.

À ces contraintes naturelles fortes, il faut ajouter les contraintes liées à l'action humaine, puisque la création des pistes nécessite des bouleversements du sol importants résultant des opérations de déboisement, de minage des parties rocheuses et de profilage des pistes à l'aide de bulldozer .

2. LA LUTTE CONTRE L'ÉROSION ET LA PRÉPARATION DES SOLS

En fin de chantier, le sol étant totalement décapé, des processus d'érosion risquent de mettre en péril non seulement les pistes de ski, mais aussi bon nombre d'ouvrages situés à l'aval.

La construction de revers d'eau en travers des pistes est souvent indispensable ; ils seront progressivement effacés des sites lorsque la végétation installée absorbera une partie des précipitations et répartira les écoulements entre ruissellement superficiel et infiltration.

Aujourd'hui, de nombreux chantiers en altitude mettent donc en œuvre avec succès de la toile de jute avant semis sur des surfaces importantes à forte pente, créant ainsi les conditions micro-

climatiques favorables à une germination et une installation rapides d'une végétation dense et homogène, tout en s'opposant sur les pentes au processus d'érosion dû au ruissellement.

L'emploi de géotextiles biodégradables (toile de jute ou toile de coco) permet d'assurer deux fonctions : protéger les sols contre des phénomènes érosifs et, en même temps, donner aux semences des conditions optimales de germination.

Aux basses températures atmosphériques, le bilan thermique d'un sol recouvert par de la toile de jute est supérieur à celui d'un sol nu ; cet effet est capital au printemps, car la végétation qui redémarre bénéficie alors de températures au sol plus favorables. Des essais ont mis en évidence que la toile de jute est capable d'absorber de l'eau jusqu'à cinq fois son poids ; en la restituant peu à peu, elle participe à l'alimentation de la plante (8) . Enfin, la toile imbibée intercepte une bonne partie de l'énergie solaire utilisée à l'évaporation de son eau. Ainsi, en été, le sol reçoit moins de chaleur et l'eau qu'il contient s'évapore moins vite que celle du sol nu.

3. LA RECONSTITUTION DU SUBSTRAT

La solution idéale est sans conteste de réutiliser la terre végétale existante si on a pris soin, avant le démarrage du chantier, de la récupérer dans d'excellentes conditions. Si cela n'a pas été possible, il faut malgré tout recréer un support pour la plante. On utilise alors des amendements qui donnent au semis toutes les chances de pouvoir s'enraciner, en constituant un réservoir d'eau et d'aliments.

Des essais ont été mis en place en 1987 (figure 1), sur une zone terrassée depuis plus de cinq ans et non végétalisée, à 2245 m d'altitude, au col de Forcle dans la station de ski de La Plagne (5).

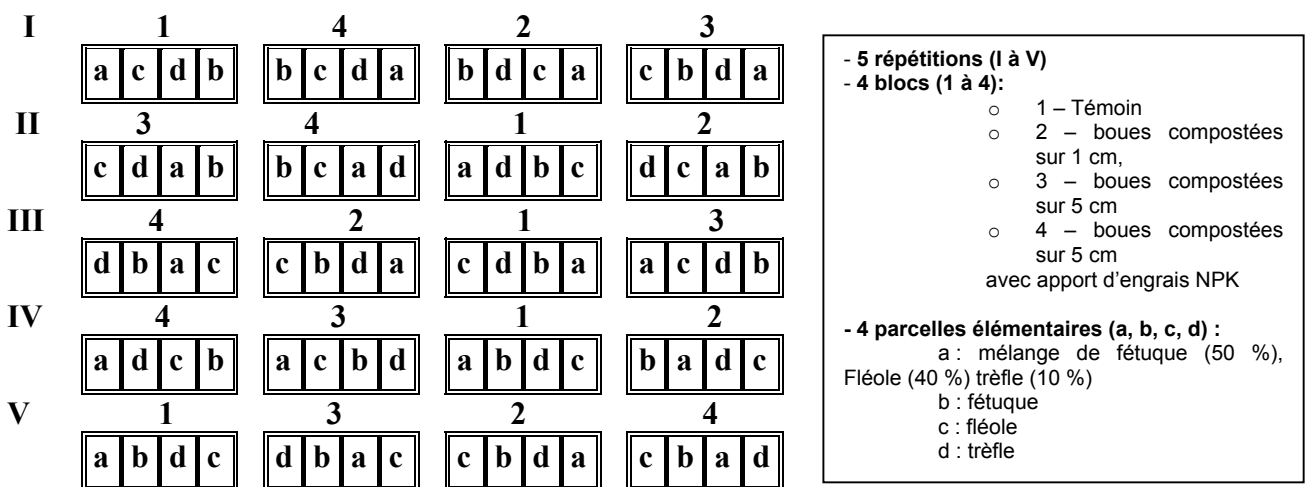


Figure 1 : Le dispositif expérimental mis en place au col de Forcle à La Plagne (Savoie).
Figure 1 : The experimental design at Forcle Pass La Plagne (Savoie)

Des observations faites sur ce site expérimental, 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.

D'année en année, on a constaté que la couverture végétale se densifiait, que les espèces fleurissaient et produisaient des graines capables ensuite de germer et donc d'assurer la pérennité de la couverture protectrice du sol.

On a constaté également, en même temps qu'une augmentation du pourcentage de recouvrement maximum, une augmentation de la contribution des plantes natives (Tableau 1).

Parcelles	Recouvrement maximum en %		Nombre maximum de plantes natives	
	1990	1993	1990	1993
Témoin		3	2	11
Compost 1 cm	25	35	7	17
Compost 5 cm	55	80	6	15
Compost 5 cm + engrais	> 55	85	5	14

Tableau 1 : Le dispositif expérimental 1990 - 1993
Table 1 : The experimental design 1990 - 1993

Le compost utilisé a permis de façon efficace l'installation de la végétation ; il ne s'est pas opposé, bien au contraire, au retour des espèces composant l'écosystème de référence.

Aujourd'hui, les matières organiques issues de la valorisation des déchets sont de plus en plus utilisées pour reconstituer les sols avant végétalisation ; les composts de boues, de déchets verts ou les boues mûrées participent à la remise en état de sites tels que les centres d'enfouissement, les talus routiers et autoroutiers, les aménagements paysagers urbains (6).

4. LE MATÉRIEL VÉGÉTAL

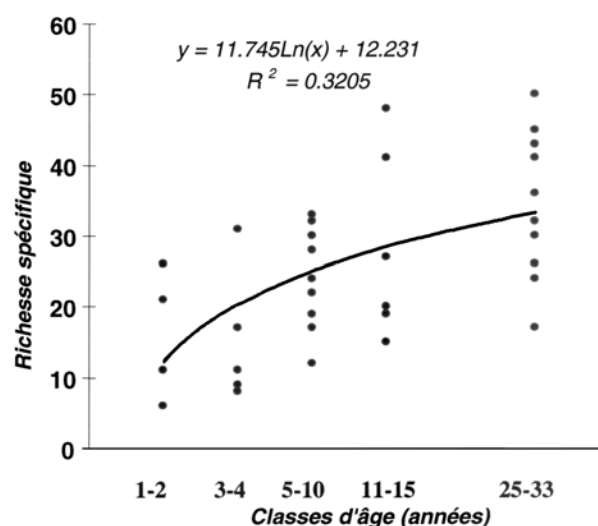
Le substrat étant préparé, il faut choisir le matériel végétal le mieux adapté aux contraintes de l'altitude. Les espèces végétales utilisées sur les pistes de ski sont uniquement des herbacées car la couverture végétale souhaitée est un tapis ras, dru, capable de retenir la neige et de permettre la pratique du ski par faible enneigement. Les plantes choisies devront s'installer rapidement pour s'opposer aux processus d'érosion ; elles devront céder la place progressivement aux populations autochtones qui sont 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.

À partir de 1980, une trentaine d'espèces et variétés du commerce ont été testées dans différentes stations de ski (1), puis des recherches sur les plantes pionnières ont été engagées (2) ; celles-ci étant parfaitement adaptées aux conditions extrêmes, ce sont ces populations qu'il convient d'introduire dans les mélanges à utiliser en altitude. Toutefois, aujourd'hui encore, elles ne constituent qu'un complément aux espèces du commerce traditionnellement utilisées.

Au fil des années, nous avons aussi constaté le retour des espèces présentes à proximité des chantiers et qui accroissent avec le temps la biodiversité et la pérennité de la couverture végétale.

Les recherches
skiabile de La



conduites sur le domaine
Plagne (Savoie) (7)

Figure 2 : Richesse spécifique en fonction de l'âge des communautés végétales des pistes.
Figure 2 : Specific wealth according to the age of the plant communities of ski-runs

En 1997, on a décrit 44 stations dans des communautés issues de semis de 1 à 35 ans d'âge et 25 stations dans des communautés naturelles. En 1998, on a décrit 20 stations supplémentaires pour constituer spécifiquement un échantillonnage équilibré en âge et substrat géologique selon deux modalités : la quartzite et le gypse. Sur chacune des stations, l'identité des taxons qui constituent la communauté végétale a été notée ainsi que leur recouvrement.

L'analyse des données de terrain a démontré un enrichissement des communautés végétales en fonction de leur âge :

- de 1 à 4 ans : les espèces semées dominant,
- de 4 à 15 ans : les plantes natives arrivent progressivement en fonction de la qualité du substrat,
- de 15 à plus de 30 ans : les espèces semées disparaissent et la recolonisation par les plantes natives s'accélère.

Ainsi, après une trentaine d'années, on retrouve sur certaines pistes de ski l'écosystème qui avait été détruit au moment de la création de la piste par les travaux de terrassement.

Cette reconstitution s'accompagne même d'un retour à une plus grande diversité biologique. Elle permet donc de réussir dans la plupart des cas une véritable réhabilitation de ces espaces aménagés.

L'ensemble de ces observations a permis de faire évoluer les mélanges utilisés en altitude (tableau 2) ; les quelques graminées utilisées dans les années soixante-dix ont été progressivement accompagnées par des légumineuses puis des plantes sauvages introduites en raison de leur comportement (rapidité de germination et pérennité).

1970 – 1980	Années quatre-vingt	Années quatre-vingt-dix	Tendances actuelles	
Fétuque rouge	Fétuque rouge	Fétuque rouge	Conserver la Biodiversité.	Fétuque rouge
Ray-grass anglais	Ray-grass anglais	Ray-grass anglais		Ray-grass anglais
Fléole des prés	Fléole des prés	Fléole des prés		Fléole des prés
Fétuque des prés	Fétuque des prés	Fétuque des prés		Fétuque des prés
Pâturin des prés	Pâturin des prés	Pâturin des prés		Pâturin des prés
Introduction des légumineuses. Diminution du ray-grass et de la fléole.	Fétuque ovine	Fétuque ovine	Tenir compte du marché et des essais.	Fétuque ovine
	Dactyle	Dactyle		Dactyle
	Lotier corniculé	Lotier corniculé		Lotier corniculé
	Trèfle blanc nain	Trèfle blanc nain		Trèfle blanc nain
	Trèfle violet	Trèfle violet		Trèfle violet
		Plantain lancéolé	Remplacer les	Plantain lancéolé

Adaptation aux conditions de milieu	Introduction des plantes natives	Achillée millefeuille	espèces qui ne s'expriment pas par des espèces mieux adaptées	Achillée millefeuille
		Ceraistre		
		Gypsophile		
		Alysse Arabette Pimprenelle Lin pérenne		
				Sainfoin
				Anthyllis vulnéraire

Tableau 2 : Évolution des mélanges de 1970 à 2000
Table 2 : Mixhues evolution 1970 – 2000

Les mélanges dits « pistes de ski » comportent donc aujourd'hui, en général :

- 10 % de *ray-grass*,
- 20 à 50 % de fétuque rouge,
- 10 % de fléole des prés,
- 20 à 30 % de légumineuses (lotier corniculé, trèfles) et, suivant le type de sol, des agrostides, du dactyle ou de la fétuque ovine, auxquels il convient d'ajouter, en fonction de leur origine et disponibilité, des plantes sauvages : achillée millefeuille, *Anthyllis vulneraria* L., *Poa alpina* L. ...

5. LES TECHNIQUES DE SEMIS

Le substrat étant préparé, le mélange de semences 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 ainsi que les fixateurs indispensables à l'accrochage des graines sur les fortes pentes.

Depuis deux ans, une nouvelle technique de semis par hélicoptère permet de recouvrir rapidement des surfaces réputées inaccessibles auparavant.

6. LA GESTION DES ESPACES RÉHABILITÉS

Une fois installée, la couverture végétale devra faire l'objet de soins particuliers pendant au moins trois années : fertilisation d'entretien, sursemis des parties malvenues, fauchage. Enfin, lorsque l'on considère que la pelouse est bien accrochée, on peut l'ouvrir au pâturage qui est, en altitude, un excellent moyen pour entretenir les pistes de ski.

On obtiendra ainsi, à la fin de l'automne, le "tapis brosse" souhaité prêt à recevoir les premiers flocons, qu'ils soient naturels ou de culture.

CONCLUSION

La connaissance parfaite du fonctionnement des écosystèmes avant perturbation est essentielle pour réussir la réhabilitation écologique des espaces aménagés. Elle conditionne le bon

choix des semences, des techniques et des produits qui vont permettre une remise en état durable des sites et un retour progressif à l'écosystème d'origine.

Il est indispensable, ces choix étant faits, d'appliquer une démarche cohérente en mettant en place les différentes étapes de la réhabilitation : la préparation et la protection du substrat, la réalisation du semis à la meilleure période (la composition du mélange de semences et la dose de semis étant adaptées à chaque site), le suivi et l'entretien de ce premier écosystème installé par son ouverture au pâturage. Cette démarche doit être parfaitement adaptée à chaque cas et les recherches engagées, qui se poursuivent encore aujourd'hui, ont permis de faire évoluer les pratiques en tenant compte des succès et échecs des différents essais.

Les responsables de grands aménagements, comme les domaines skiables, les autoroutes, les voies ferrées, les voies navigables, réalisés dans des situations écologiques difficiles, appliquent de plus en plus cette logique d'intervention et ces techniques de réhabilitation. Celles-ci permettent en effet de concilier enjeux économiques et environnementaux des ouvrages, de les intégrer au paysage tout en assurant une protection rapide des activités concernées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) BOURGOIN G., ARNAL G. et DINGER F. 1989. – Paysage, occupation et protection des sols : rôle de la prairie, matériel végétal disponible et à créer, Fourrages, **119**, 321-331.
- (2) BUSSERY M.P., 1989. – Bases écologiques pour l'utilisation de *Poa alpina* L. dans la revégétalisation des terrains perturbés de l'étage alpin. Cemagref, thèse, 196 pages.
- (3) CERNUSCA A., 1986. – Les répercussions écologiques de la construction et de l'exploitation de pistes de ski, avec recommandations en vue d'une réduction des dommages causés à l'environnement - Conseil de l'Europe, Collection sauvegarde de la nature, **33**, 170 pages.
- (4) DINGER F., 1997. – Végétalisation des espaces dégradés en altitude - Éditions Cemagref, 144 pages.
- (5) DINGER F., 2000. – The use of organic waste for seeding to grass and replanting disturbed land surfaces at high elevation - 1er Congrès mondial de l'Association internationale de l'Eau (International Water Association – IWA) Paris, 3 – 7 Juillet 2000.
- (6) DINGER F., AUBRY F. et WIART J., 1999. – Utilisation des déchets organiques en végétalisation – Guides de bonnes pratiques – Éditions ADEME, 112 pages.
- (7) DINGER F. et BEDECARRATS A., 2001. – Étude 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 plantes natives : le cas des stations savoyardes – Principaux résultats scientifiques et opérationnels du programme national de recherche Recréer la nature, 135-142.
- (8) DINGER F. et MAGNIN V. 1999. - Micro-climatologie du sol sous toile de jute : exemple d'un talus de route de montagne - Ingénieries – EAT, 49-54.
- (9) FLÜELER R. et HASLER A., 1990. – Native legume of the Swiss alps in high altitude revegetation research – Proceedings : High altitude revegetation workshop n°9.
- (10) SCHUETZ M., 1990. – Seed dormancy in native alpine plants and importance of the seed pre-treatment to high altitude revegetation – Proceedings : High altitude revegetation workshop n°9.
- (11) URBANSKA K.M. et SCHÜTZ M., 1986. – Reproduction by seed in alpine plants and revegetation research above timberline. Bot. Helv., **96**, 43-60.
- (12) URBANSKA K.M., 1997 – Restoration ecology research above the timberline : colonization of safety islands on a machine-graded alpine ski-run. Biodiversity and conservation, **6** (12), 1655-1970.
- (13) WILHAM T. et FLORINETH F., 1990. – Revegetation of overgrazed alpine and subalpine areas in south Tyrol/Italy - Proceedings : High altitude revegetation workshop n°9.

(Reçu le 8 juillet 2002, accepté le 29 janvier 2003)