

## Vers une restauration durable des terrains en montagne : la reconstitution des sols des pistes de ski.

**HASSID Marc-Jérôme, WICHEREK Stanislas**

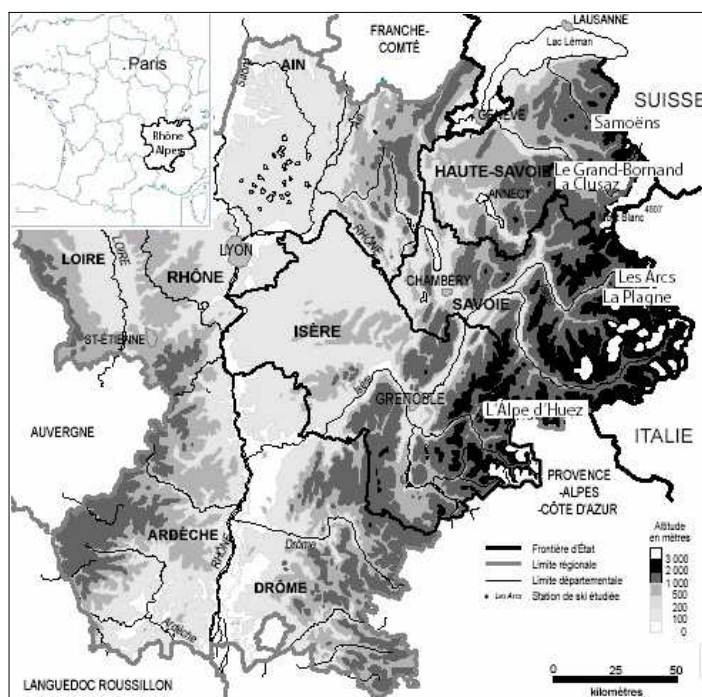
Laboratoire Biogéo, FRE 2545 CNRS, ENS-LSH, 15 parvis René Descartes, 69342 Lyon  
cedex 07, France. hassidm@yahooo.fr, stan.wicherek@wanadoo.fr

### Abstract :

In France, agriculture increases the value of sewage-sludge by 56 percent (540000 tons of drie matter/year). The use of sewage sludge in land reclamation and revegetation aims at restoring derelict land or protecting the soil from erosion through soil provision and increased vegetal covering. The importance of ski tracks should be closely examined. Until now, operations of mountain remediation have been evaluated by the integration of ski tracks with landscape and erosion limitations. Typically, the application of sewage sludge compost on ski tracks has a typical application of about 100 T/ha<sup>1</sup> and 800 kg/ha with manure. But today, less visible repercussions have come up. We examined transfer elements in the hydrosphere and agrosphere.

### Introduction

Les travaux effectués pour la construction des pistes de ski génèrent des dommages importants sur les écosystèmes d'altitude. L'opération de végétalisation est nécessaire pour résorber ces perturbations. Elle a pour objectifs principaux : la reconstitution d'un sol, l'implantation d'un couvert végétal et la limitation des processus érosifs. Cette présentation peut paraître inattendue lors d'un colloque organisé par l'ISCO car l'étude se déroule dans les Alpes du Nord (France) (carte n°1) connue pour son climat froid et humide. Néanmoins, l'implantation d'un couvert végétal est limitée dans le temps (de juin à octobre). A des périodes sèches (défavorables à la germination) succèdent des périodes orageuses durant lesquelles des processus érosifs importants apparaissent. Les objectifs de l'étude visent à comprendre la genèse des processus érosifs sur les pistes de ski et de quantifier les transferts de polluants dans les hydrosystèmes en fonction de l'emploi d'engrais ou de compost. Notre



première partie permet l'analyse des techniques mises en œuvre pour la restauration des sols et la lutte contre l'érosion en altitude.

Nous présentons les méthodes employées pour quantifier ces processus. Puis nous donnons les résultats acquis en ce qui concerne le transfert du phosphore dans les eaux superficielles. Finalement, cette étude, conduite dans un autre milieu "extrême", peut fournir des éléments de réflexion pour la réhabilitation des terres dégradées des zones arides.

Carte n°1 : localisation des stations de ski étudiées (Alpes du Nord, France).

## I. Matériel et méthodes

### 1.1. Description de l'opération de végétalisation

La création des pistes de ski a pour objectif la création de surfaces planes favorables à la pratique du ski. L'opération de végétalisation est réalisée pour résorber les dommages causés à l'environnement. Deux points préalables vont favoriser la réussite de l'opération de végétalisation : le stockage de la terre végétale puis sa remise en place, et le compactage au cours des travaux. On constate que les différents horizons de sol sont mélangés. Plus particulièrement, l'horizon A se retrouve noyé. Au delà de 1800 mètres (stations de *La Plagne*, *Les Arcs*, *L'Alpe d'Huez*), les horizons sont souvent fortement minéraux avec une granulométrie grossière (sables, cailloux, blocs...). Une opération de concassage, dont la nécessité est parfois discutable, est menée pour réduire la taille de ces éléments. La roche mère est souvent affleurante. Selon ses propriétés, des processus érosifs importants apparaissent, notamment sur le gypse et les marnes.

Le deuxième point est le compactage imposé au cours des terrassements. Les passages d'engins imperméabilisent fortement la mince couche de sol conservée, favorisant en priorité les phénomènes de ruissellement et parfois l'érosion. Des drains superficiels sont placés dans les zones de plus fortes pentes afin de limiter l'érosion. Néanmoins, certains responsables de stations (*Grand-Bornand*) ne systématisent pas cette opération et misent sur l'implantation rapide d'un couvert végétal pour stopper les phénomènes d'érosion. On réalise ensuite l'opération de végétalisation. Classiquement, on pulvérise un mélange de graines, d'engrais (organiques et/ou minéraux) et de fixateur à l'aide d'un hydroseedeur ; les quantités de matière organique apportées sont faibles (environ 200 à 500 kg/ha). L'établissement d'un couvert végétal, puis des processus successifs de minéralisation-humification, vont permettre la création progressive d'un stock de matière organique. Ces processus sont ralentis avec l'altitude. On peut également reconstituer un stock important de matière organique. Il s'agit d'épandre des composts à base de déchets verts et de boue de station d'épuration. Les doses apportées sont importantes, de l'ordre de 50 à 200 tonnes brutes par hectare (environ 7.5 à 30 tonnes de carbone organique) en un seul apport. Le compost permet une protection du sol contre l'érosion et sert de support pour l'implantation d'un couvert végétal. Signalons que ces régions fortement agricoles génèrent une quantité importante de fumiers qui sont parfois valorisés sur les pistes.

### 1.2. Outils et méthodes

Différentes méthodes (simulation de pluie, mesure par transect des ravines, équipement de pistes de ski avec un préleveur automatique) ont été employées pour évaluer le ruissellement, l'érosion et la perte d'éléments indésirables dans les eaux superficielles. Dans cet article, nous discuterons essentiellement des résultats acquis sur les pistes de ski équipées de préleveur automatique.

Des drains superficiels concentrent les eaux de ruissellement vers un bassin équipé d'un déversoir triangulaire. Les hauteurs d'eau mesurées par une sonde à pression sont enregistrées en temps synchrone instantané. Un préleveur automatique (ISCOO 2900) permet d'échantillonner, à l'aide d'une pompe aspirante, les eaux de ruissellement. Les analyses d'eau sont réalisées à l'INRA de Thonon-les-bains qui participe à cette recherche et portent sur les matières en suspension, le phosphore (eau brute et eau filtrée), l'ammonium, les nitrates, le zinc, le cuivre et le cadmium.

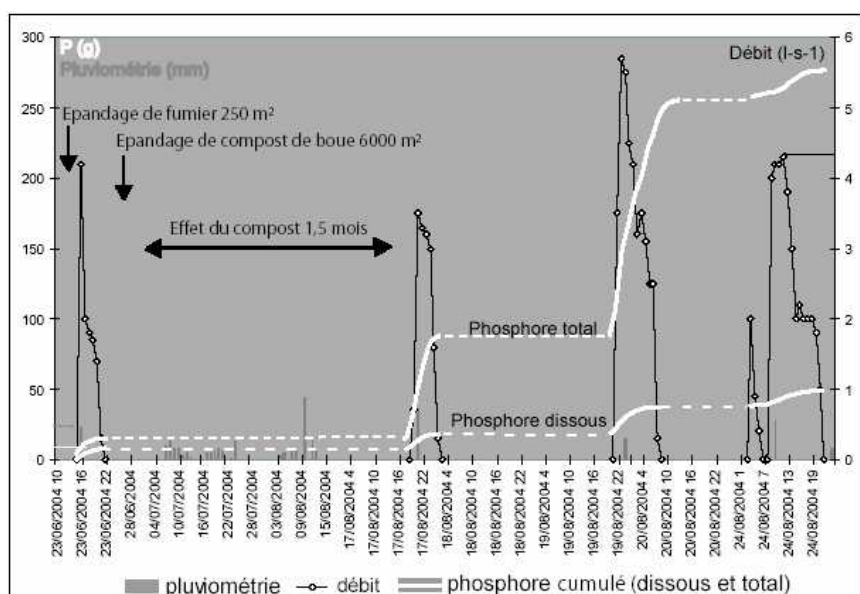
Au cours de l'année 2004, nous avons étudié un site à *La Clusaz* (altitude 1150 m ; versant nord-est ; pente de 7 à 25% ; surface environ 7000 m<sup>2</sup> ; sol brun à gley profond, épaisseur du sol reconstitué entre 0 et 30 centimètres d'épaisseur). Quatre drains superficiels sont disposés

parallèlement aux zones de plus fortes pentes et rejoignent un drain empierré où se concentrent les eaux. L'objectif est de suivre l'effet du compost sur les phénomènes de ruissellement et d'érosion, ainsi que sur la perte d'éléments indésirables. L'épandage de compost de boue a été effectué début juillet 2004 avec des doses fixées à 80 T/ha brute (valeur minimale en reconstitution de sol). L'épandage s'est avéré particulièrement hétérogène. Sur la partie supérieure de la piste (250 m<sup>2</sup> et pente de 8°), du fumier a été épandu en forte dose (environ 200 m<sup>3</sup>/ha).

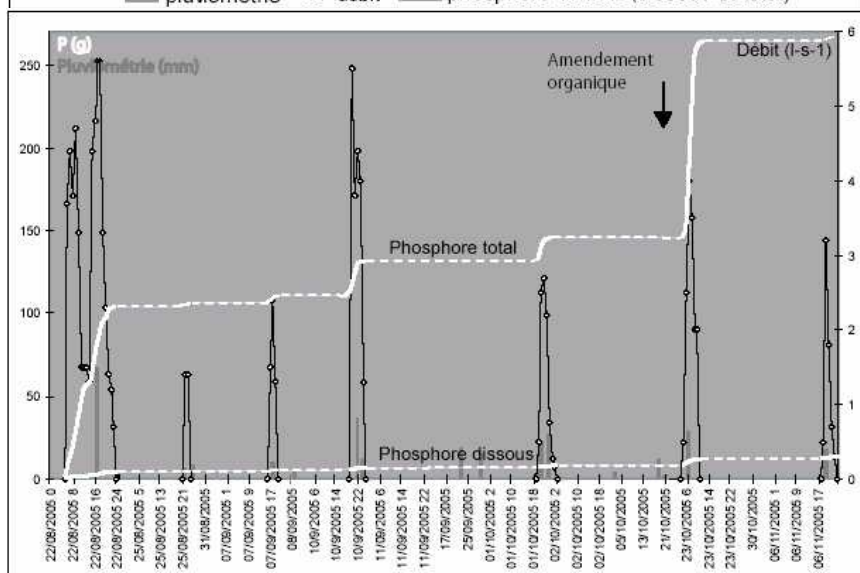
Au cours de l'année 2005, le dispositif a été placé sur le site du *Grand-Bornand* (altitude 1750 m ; versant nord-est ; pente de 10 à 23% ; surface environ 6500 m<sup>2</sup> ; sol ocre podzolique à moder ; sol reconstitué de 0 à 40 cm d'épaisseur issue de l'horizon B). Aucun drain n'avait été placé en travers de la piste : les processus d'érosion sont marqués ; de profondes ravines sont présentes et atteignent le substratum. Nous avons mis un drain en bas de piste en juillet 2005. De la terre végétale a été apportée en octobre pour combler les ravines et l'opération de végétalisation a été effectuée le 17 octobre 2005 avec un amendement organique (450 kg/ha). Contrairement au site de *La Clusaz*, une phase témoin a été enregistrée durant trois mois avant l'épandage des amendements.

## II. Résultats

Nous présentons les résultats acquis à ce jour en ce qui concerne les débits horaires moyens et la quantité de phosphore total et dissout libérée dans les eaux de ruissellement au cours du temps (graphique n°1 : *La Clusaz* ; graphique n°2 : *Le Grand-Bornand*).



Graphique n°1 : site de *La Clusaz*, été 2004.



Graphique n°2 : site du *Grand-Bornand*, été 2005.

Notes : en dehors des périodes de ruissellement :

1 unité = 10 jours et lors des ruissellements 1 unité = 1 heure.

Il est à noter que les processus érosifs sont bien plus marqués sur le site du *Grand-Bornand*. Pour *La Clusaz*, le fumier, peu mature et encore riche en polysaccharide et cellulose, a une excellente adhérence et permet une bonne protection des sols contre les processus érosifs. En revanche, on constate qu'il est responsable de la libération de phosphore sous la forme dissoute (environ 50 grammes, graphique n°1). On constate que l'épandage de compost en dose modérée (80 T/ha) permet de retarder le premier ruissellement de plus d'un mois et demi. Cependant, aucune pluie de forte intensité n'est intervenue durant cette période ; la végétation est donc partiellement implantée, ce qui réduit les risques d'entraînement du compost. Ce compost très mûr, qui a une mauvaise adhérence avec le sol, se retrouve dans les eaux de ruissellement essentiellement sous la forme particulaire (environ 210 grammes de phosphore du 17 au 24 août 2004). Cette valeur s'avère faible par rapport aux observations, le passage du compost se concentrant sur un laps de temps très bref. En revanche, du fait du temps de maturation long, il libère très peu d'éléments sous la forme dissoute. Sur le site du *Grand-Bornand*, l'amendement organique, mis en faible dose (450 kg.ha<sup>-1</sup>) le 17 octobre 2005, n'a pas eu d'effet dans la réduction du ruissellement. Contrairement au site de *La Clusaz*, le premier ruissellement a eu lieu immédiatement après l'épandage. Le taux de ruissellement approche les 30% au cours du phénomène du 23 octobre (graphique n°2) et affecte fortement l'amendement déposé en surface. Il s'avère que celui-ci se retrouve essentiellement sous la forme particulaire (environ 120 grammes) et très peu sous la forme dissoute. Cette valeur est faible par rapport aux observations.

### III. Discussion et orientation des recherches

En France, les opérations de végétalisation ne sont pas encadrées réglementairement. Or les doses d'emploi des composts sont très élevées. Il s'avère que les produits organiques ont un rôle très différent en fonction de leurs temps de maturation. Les produits jeunes (fumiers, composts peu maturés) ont les propriétés nécessaires pour la lutte contre l'érosion, car ils adhèrent bien à la surface et ont une cohérence d'ensemble. En revanche, au cours des ruissellements, ils sont susceptibles de libérer une part importante d'éléments sous la forme dissoute. Inversement, des produits bien maturés (dégradation des composés simples) libèrent peu d'éléments sous la forme dissoute, mais protègent moins les sols de l'érosion. En particulier, les composts épandus sur des surfaces compactes peuvent être entraînés par les eaux de ruissellement. Quant aux amendements organiques, ils ont un comportement comparable aux produits maturés, mais ne jouent pas un rôle de protection en raison de leur emploi en faible dose. Pour la suite de l'étude, les objectifs sont doubles. Il s'agit d'étudier le comportement des engrais minéraux utilisés fréquemment lors de la végétalisation des pistes de ski. D'autre part, il s'agit de trouver un temps de maturation optimale des composts afin de lutter efficacement contre l'érosion sans avoir un effet néfaste sur la qualité des eaux superficielles. Il s'agira également de fixer les objectifs de la végétalisation en fonction des processus érosifs du secteur considéré et de la vulnérabilité des hydrosystèmes. Enfin nous étudierons le transfert d'indésirables dans les plantes, en relation avec les pratiques agricoles.

### Bibliographie

- Francou C.**, 2003, Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : influence de la nature des déchets et du procédé de compostage. Thèse de l'INAPG. 289 p.
- Quilbé R.**, 2002, Transferts de polluants inorganiques par ruissellement en terre de grande culture. Impact des pratiques agricoles sur la bioqualité des eaux. Thèse ENS-LSH, 236 p.

**Salomon D.**, 2003. Aménagements et techniques de revégétalisation en milieu alpin: impacts écologiques sur les processus d'humification et d'agrégation des sols anthropiques (pistes de ski), comparaisons avec les sols naturels. Thèse de l'université de Chambéry, 407p.