

**THEME : "érosion - crues torrentielles".**

**Laboratoire : Division "Protection contre les érosions"  
du CEMAGREF.**

**TITRE DE LA COMMUNICATION.**

**UTILISATION D'ESPECES FIXATRICES SYMBIOTIQUES D'AZOTE POUR  
L'EMBROUSSAILLEMENT DES ZONES EN EROSION EN ALTITUDE.  
Première année d'observations.**

## **Introduction**

Les aulnes, dont notamment **Alnus incana** en montagne, sont des espèces très intéressantes pour le repeuplement des lithosols d'altitude plus ou moins bien pourvus en eau car ils ont la particularité d'abriter dans des protubérances racinaires des bactéries filamenteuses du genre "**Frankia**" qui fixent l'azote de l'air et le rétrocèdent à leur hôte sous une forme organique assimilable par celui-ci. Les quantités d'azote ainsi fixées peuvent atteindre 100 kg/ha/an chez **Alnus rubra** (Borman et Debel ; 1981).

A. Moiroud, du laboratoire d'Ecologie Microbienne de l'Université Cl. Bernard de Lyon a démontré avec C. Danière (1984) que :

- \* l'efficacité de cette fixation est variable selon la souche bactérienne utilisée. Des souches très efficaces ont été isolées, testées en laboratoire et les conditions de leur culture ont été maîtrisées ;

- \* cette activité fixatrice dépend aussi de l'état physiologique de la plante-hôte ; elle est ainsi très diminuée en condition de stress hydrique.

**Les services compétents dans le domaine de la restauration des terrains en montagne ont souhaité que des recherches de type appliqué soient entreprises pour évaluer la portée opérationnelle de ces acquis théoriques.**

C'est pourquoi une opération visant à préparer des plants munis dans leurs racines d'une souche très efficace de

**Frankia** et de mycéliums d'un champignon ectomycorhizien (**Paxillus filamentosus**) et à les installer dans des conditions réelles de plantation a été réalisée dans le cadre d'un **contrat de plan Etat-Région** sur les risques naturels en 1991. De jeunes individus appartenant à quatre espèces d'Aulnes différentes ont subi une inoculation et ont été installés à l'automne 1992 sur les substrats minéraux qui constituent des ouvrages terrassés sur le torrent de la Lignarre à Bourg d'Oisans.

**Le protocole suivant a été appliqué :**

275 plants de l'espèce **Alnus incana**, 308 plants de l'espèce **Alnus rugosa**, 94 plants de l'espèce **Alnus sinuata** et 115 plants de l'espèce **Alnus tenuifolia** ont été implanté sur le site en trois répétitions dont une sur sol compact, la deuxième sur sol meuble en exposition Nord et la troisième sur sol meuble en exposition Sud. Ce dispositif a été complété par la plantation au printemps 1993 de 73 individus "**Alnus incana**" non inoculés qui constituent les témoins.

**Contenu et objectifs du programme.**

La seconde étape, dont le contenu fait l'objet de ce contrat avec le **Pôle Grenoblois d'Etudes et de Recherche pour la Prévention des Risques Naturels**, réunit le **C.E.M.A.G.R.E.F**, groupement de Grenoble, division Protection contre les érosions, l'**université J. Fourier**, laboratoire de Biologie Alpine, le service de **Restauration des Terrains en Montagne (RTM)** de l'Isère.

C'est un programme qui se déroulera sur deux ans (1993 et 1994) : il a pour objet :

\* d'assurer le suivi du dispositif expérimental pendant deux ans dans l'objectif d'apprécier l'effet de l'inoculation préalable des plants sur leurs performances de croissance,

\* de mesurer l'efficacité de la fixation symbiotique de l'azote de l'air par les bactéries fixatrices.

\* d'aborder l'étude de la transpiration de ces arbres par des mesures faites sur le site de l'expérimentation.

La synthèse de cette information doit permettre :

\* de comprendre les interactions entre la croissance des plants, leur comportement hydrique, l'efficacité de la fixation de l'azote atmosphérique.

\* d'apprécier leurs effets sur l'enrichissement des lithosols en azote et en matière organique via les restitutions dues à la chute des feuilles.

**Remarque :**

Dans le cadre de cette étude, il est nécessaire de mesurer la charge hydraulique dans des sols à texture hétérométrique : les problèmes d'instrumentation que cela pose ont été discutés avec monsieur Thony du L.T.H.E.

Dans le long terme nous concevons cette recherche comme une étude de faisabilité qui est un préalable à la conception d'un projet argumenté pour aborder la quantification du pouvoir drainant de l'aulne blanc sur des sols très humides d'altitude.

## Bilan des travaux réalisés en 1993

### Deux actions ont été menées :

1) le suivi exhaustif de la plantation pendant sa première période de végétation à partir de critères facilement observables qui rendent compte de la résistance au stress des plants, de leur morphologie, de la durée de la période de végétation et de leur croissance,

2) le suivi sur quelques individus et sur quelques journées du déroulement des cinétiques journalières de la transpiration qui rend compte de l'évolution du flux de la transpiration en fonction de l'état de l'eau dans les feuilles (potentiel hydrique), et de la régulation stomatique d'une part, de la demande évaporative et de la température de l'atmosphère ainsi que de la quantité de rayonnement utile à la photosynthèse reçu par les feuilles d'autre part.

### Discussion relative aux résultats.

S'agissant de l'exploitation des données biométriques, il apparaît que **Alnus incana** présente la meilleure capacité de résistance au stress avec 86 % des plants qui ont surmonté cette crise, suivi par **Alnus rugosa** pour lequel 83 % des individus ont survécu dans de bonnes conditions puis par **Alnus tenuifolia** pour lequel ce pourcentage s'établit à 78 % ; **Alnus sinuata** présente la performance la moins bonne avec 73 % d'individus pour lesquels on peut estimer qu'ils sont installés.

**Alnus incana** présente sans conteste des performances de croissance supérieures aux autres espèces avec un accroissement moyen compris entre 14,9 cm en exposition Nord et 19,7 cm en exposition Sud. Ces valeurs d'accroissement s'établissent à 5,8 cm en exposition Nord et 7,2 cm en exposition Sud pour **Alnus rugosa** : les individus **Alnus sinuata** ont poussé de 9,8 cm en moyenne en exposition Sud contre 5,7 cm en exposition Nord. **Alnus tenuifolia** a eu un bon comportement au Nord avec 10,2 cm de croissance annuelle alors qu'on observe une croissance plus faible, soit 4,9 cm en exposition Sud .

Les bons résultats observés chez **Alnus incana** sont liés au fait que les plants ont poursuivis leur croissance pendant l'été, alors que les autres espèces présentaient un ralentissement estival. Cela est certainement dû au fait que **Alnus incana** a mieux exploité les ressources hydriques

du sol et pû maintenir ainsi un bon équilibre physiologique pendant l'été.

La mortalité est par ailleurs significativement plus importante toutes espèces confondues sur le terrain compacté que sur le terrain non compacté toutes expositions confondues.

**S'agissant de l'étude sur la transpiration**, - 9 individus de l'espèce **Alnus incana** dont 5 plants inoculés par des **Frankia** et des mycorhizes, 2 plants témoins non inoculés et 1 individu ayant poussé spontanément près du site expérimental, - 2 plants inoculés de l'espèce **Alnus rugosa** et un plant hybride, **Alnus incana/glutinosa** installé dans le lit majeur du torrent ont été observés

Les 9/08, 12/08, 16/08 et 19/08 des mesures ont été réalisées toutes les heures du lever au coucher du soleil sur le site. Sur chaque arbre, les mesures ont été effectuées sur les trois premières feuilles matures situées à l'extrémité de la tige principale. Elles ont permis d'établir des comparaisons des cinétiques journalières d'évolution de la conductance stomatique à la vapeur d'eau (GS), de la transpiration (E), du potentiel hydrique foliaire (PSIF), du déficit de pression de vapeur entre la feuille et l'atmosphère (VPD) et du rayonnement photosynthétiquement actif (PFD).

**Les résultats obtenus montrent que :**

\* malgré les 15 premiers centimètres de sol totalement desséchés les individus observés présentent tout au long de la période sèche un statut hydrique dit de base qui est étonnamment haut. Cela veut dire que les jeunes plants ont développé dès la première année un réseau de racines très efficace pour l'absorption de l'eau et que ce substrat apparemment sec recèle en profondeur des horizons humides. De ce point de vue **A. incana** est plus performant que **A. rugosa** ;

\* les flux d'eau transpirés sont importants et la cinétique du potentiel hydrique foliaire est identique à celle d'Aulnes adultes poussant "les pieds dans l'eau". **Alnus rugosa** présente cependant des potentiels foliaires inférieurs à ceux d'**Alnus incana** sans que pour autant leur comportement physiologique en soit affecté ;

\* les plus faibles potentiels hydriques sont observés sur des plants petits (en relation certainement avec un système racinaire insuffisamment développé) et sur les plants situés en terrain compacté (en relation certainement aussi avec des disfonctionnements racinaires) ;

\* on peut aussi remarquer que les **A. incana** régulent les flux transpirés par la fermeture de leurs stomates. Ceci est un fait nouveau car on pensait jusqu'alors que cette espèce était incapable d'une telle régulation stomatique (Besnard et Carlier, 1988).

**Au terme de cette campagne de mesures, une meilleure compréhension des rapports existant entre la croissance, l'état physiologique des plants et leur comportement dans le continuum hydrique sol-plante-atmosphère a été acquise.**

### **Poursuite du programme en 1994**

Le suivi biométrique des plants sera réalisé pour cette deuxième année : on pourra alors inclure dans les résultats les comparaisons avec les arbres témoins qui n'ont pas été pris en compte en 1993 car ils n'ont pas été installés à la même période que les individus inoculés.

**On abordera par ailleurs les problèmes relatifs à la fixation et à la restitution de l'azote en relation avec le laboratoire d'Ecologie microbienne de l'université Claude Bernard ;**

**\* en évaluant la fixation de l'azote ponctuellement au cours de la saison végétative pour préciser l'impact des facteurs du milieu sur ce processus (méthode de la réduction de l'acétylène couplé avec des mesures des potentiels hydriques des feuilles et potentiel hydriques des zones de sols prospectés par les racines).**

**\* en déterminant la part de l'azote contenu dans les feuilles qui provient de l'atmosphère (méthodes isotopiques).**

**\* en quantifiant les retombées de la biomasse foliaire et les quantités d'azote, de phosphore et de potassium contenues dans les feuilles.**

Enfin, des descriptions relatives à la transformation et à l'incorporation dans le sol de la litière produite par les plants permettront d'acquérir des éléments simples sur l'impact pédogénétique des aulnes.

### **Rapports internes produits en 1993 dans le cadre de ce projet.**

**- 1 - Suivi de l'évolution des plants durant la première période de végétation suivant la plantation (réalisé par le CEMAGREF).**

Un document technique de 25 pages intitulé " le rôle des espèces fixatrices symbiotiques d'azote dans l'embroussaillage de zones en érosion en altitude : partie concernant le suivi de la plantation".

**- 2 - Suivi du comportement hydrique.**

(Etude réalisée par le laboratoire de biologie alpine de l'université J. Fourier en collaboration avec le CEMAGREF.)

Un document de 30 pages intitulé " Etude du comportement hydrique estival de jeunes aulnes utilisés en reboisement de digues." 19 références bibliographiques.