

Ecologie microbienne et réhabilitation des terres marginales

par Franco FAVILLI *

Les traits communs caractérisant les terres marginales ou dégradées sont l'absence ou le déclin de la fertilité caractérisés par l'instabilité, l'absence de structure, des carences en azote et en phosphore, un flux d'énergie limité, une contamination par accumulation et rémanence des composés toxiques.

Dans ces situations particulières, une sorte de *vide biologique* se crée. Il faut le remplir en restituant ces terrains à la production agricole sans risque de stress écologique. A cette fin, il est nécessaire d'utiliser les connaissances et expériences issues de l'écologie microbienne, de la microbiologie du sol et des interactions plantes/microorganismes.

La remise en végétation et la réhabilitation des terres marginales jusqu'à obtention d'un niveau de fertilité important suppose l'installation simultanée de facteurs microbiologiques sans lesquels la matière organique et l'azote n'évoluent pas.

L'écosystème "sol à végétation naturelle et à faible niveau énergétique" présente un équilibre naturel fragile. Il s'expose facilement à de graves dangers de dégradation sous l'action de facteurs tels que la sécheresse, la destruction de la matière organique et l'emploi excessif d'engrais chimiques ou de pesticides. Ces conditions exposent la microflore du sol à des stress qui la menacent de mort. Les espèces microbiennes, dont le rôle dans la vie du sol et des plantes est toujours plus important, sont appelées à disparaître. Il faut recourir à de nouvelles colonisations par des microorganismes produisant des matières organiques, microorganismes associés ou symbiotiques des racines des plantes agricoles ou forestières.

Mais si toutes les conditions pour leur installation ne sont pas réunies, l'inoculation (algalisation, bactérisation ou mycorrhisation) échouera.

Dans certaines conditions pédologiques, les microorganismes photosynthétiseurs, à l'égard des bactéries et des champignons minéralisateurs, représentent le seul groupe microbien pouvant jouer un rôle potentiel de microproducteur de matière organique tout en étant le facteur d'une structuration plus simple du sol, celle des végétations à croûtes.

L'action des microorganismes photosynthétiseurs (algues, cyanobactéries libres ou symbiotiques) est évidente non seulement dans les sols sableux à structure faible mais aussi dans les sols argileux. Elle se traduit par une amélioration des conditions biologiques, chimiques et physiques qu'induit le développement.

Dans les terres dégradées ou soumises à l'érosion, la colonisation par les microorganismes photosynthétiseurs prépare celle par les microorganismes non photosynthétiseurs en favorisant, par l'agrégation des particules minérales et par l'action des polysaccharides ou de tout autre métabolite, la constitution des premières réserves de matière organique, la production des phytohormones et l'enrichissement biologique en azote dans le cas de photosynthétiseurs fixateurs d'azote. Il s'en suit une évolution de la végétation naturelle ou des cultures.

La réhabilitation de la productivité obtenue par inoculation de cyanobactéries fixatrices d'azote dans un sol argileux dénudé soumis à une forte érosion, représente un exemple de biofertilisation qui a permis l'utilisation agricole de ce type de terrain.

L'amélioration et la stabilisation de la structure, l'amélioration de la capacité de rétention en eau du sol en liaison avec la production de

substances bioactives peuvent être considérées comme étant les facteurs responsables des possibles effets correctifs de nature physique, microbiologique et culturale générés par la biomasse des microorganismes photosynthétiseurs.

L'inoculation du sol par des microorganismes photosynthétiseurs, dont les biomasses peuvent être produits en grande quantité en milieu culturel de synthèse ou dans des eaux résiduelles de l'industrie ou des élevages zootechniques, s'annonce comme un moyen simple et efficace de favoriser la réhabilitation et la fertilité des sols dégradés.

La fixation biologique de l'azote a une importance écologique à double titre : c'est d'une part une contribution à la disponibilité d'azote de la biosphère en général et des écosystèmes en particulier et d'autre part, elle permet une réduction du risque écologique qu'impliquent les fertilisations azotées intensives.

La réhabilitation pour une production agricole et forestière des terres dénudées érodées, des dunes, gravières, tourbières, terrils... présentant une carence en la plupart des éléments nutritifs peut-être facilitée en utilisant des plantes possédant des systèmes fixateurs d'azote racinaire (associés ou symbiotiques).

Il ne faut pas oublier le rôle agronomique joué par plusieurs graminées souvent considérées comme mauvaises herbes (*Agrostis*, *Digitaria*, *Cynodon*, *Festuca*, *Phleum*, *Poa*) et poussant sur des sols pauvres des collines du centre de l'Italie, dans la remise en valeur de quelques sols épuisés. L'activité fixatrice d'azote rhizosphérique par les bactéries fixatrices d'azote associées aux racines de ces plantes représente entre 10 et 40 kg d'azote/ha et/an. Elle est suffisante pour non seulement couvrir le besoin en azote de la plante

* Istituto di Microbiologia Agraria e Tecnica dell'Università di Firenze
Piazzale delle Cascine 27
50144 Firenze Italie

mais aussi pour augmenter la teneur du sol en azote. Par ailleurs, le développement important du système racinaire de ces plantes prévient les risques d'érosion.

L'utilisation en agriculture ou en sylviculture de symbiotes fixateurs d'azote pour améliorer le rendement et régénérer la fertilité des sols remonte à des temps anciens. Elle n'est pas très répandue en foresterie où elle pourrait opposer une concurrence vive à la fertilisation azotée chimique des sols forestiers. L'utilisation d'arbres et arbrisseaux fixateurs d'azote est particulièrement intéressante dans la réhabilitation et l'amélioration de la productivité de la forêt.

En région méditerranéenne, certaines légumineuses (sulla, acacia, genêt) sont employées depuis longtemps à l'amélioration de la fertilité du sol et à la mise en culture des terres marginales au même titre que, dans les régions tropicales, les légumineuses arborescentes (*Mimosa* sp., *Acacia* sp., *Robinia* sp., *Sesbanias* sp.) employées dans la reforestation comme essences protectrices et ombrageantes ou comme plantes nourrices associées aux espèces commerciales.

Par contre, dans les régions tempérées et subtropicales les plantes non légumineuses actinorhiziennes sont davantage employées pour remplir ces mêmes fonctions.

Les plantes actinorhiziennes des genres *Alnus*, *Elaeagnus*, *Casuarina* et *Myrica* présentent une facilité à bien croître dans les sols pauvres pour une activité fixatrice d'azote élevée et située entre 200 et 250 kg d'azote/ha et /an. Elles sont communément utilisées dans plusieurs pays des régions tempérées, tropicales et subtropicales pour la colonisation des sols miniers, pour les plantations dans les zones érodées, volcaniques, pour la stabilisation des dunes ainsi que pour la régénération des sols arides et halomorphes comme plantes fertilisantes et de protection.

Dans les régions tempérées, les aulnes sont utilisés soit en association avec des espèces forestières commerciales soit en peuplements homogènes pour la production de bois et de cellulose.

Dans les successions, l'*Alnus* représente la plante dominante dans la première phase de colonisation du sol au profit d'espèces forestières telles que les chênes,

les hêtres et les frênes.

De plus, dans les peuplements mélangés, l'*Alnus* augmente la croissance des espèces associées et réduit le risque d'infection par les pathogènes des racines en produisant des phénols inhibiteurs et en développant des populations rhizosphériques et mycorhiziennes spécifiques.

Deux plantes non légumineuses, *Casuarina* et *Coriaria*, offrent des perspectives intéressantes comme agents d'amélioration des sols dans les régions méditerranéennes.

Une expérimentation - la plus étendue d'Europe - d'association de plantes actinorhiziennes (*Alnus* et *Elaeagnus*) aux essences forestières productrices de fibres est actuellement en cours sur un sol résiduel de minier de lignite, dans la zone du Valdarno à 40 km de Florence (Italie). Après 4 ans d'expérience, on a obtenu une amélioration de la fertilité du sol et un meilleur accroissement des plantes associées par rapport à des peuplements purs.

Enfin, n'oublions pas l'un des plus sérieux problèmes du moment : la pollution du sol et des eaux par les pesticides. Etant donnée que la pollution ne peut être totalement éliminée, il faut rechercher tous les moyens pour la réduire. La capacité de plusieurs microorganismes du sol ou des eaux à métaboliser ou à décomposer certains polluants peut représenter un outil efficace de désintoxication.

Toutefois, étant donné que certains polluants résistent à l'attaque microbienne, il faut amplifier les capacités biochimiques des microorganismes soit en augmentant l'efficacité des métabolismes existants soit en créant de nouveaux chemins cataboliques.

L'ingénierie génétique offre un large éventail de construction des souches puissantes possédant un potentiel catabolique accru ou une aptitude catabolique multiple pour créer des chemins métaboliques hybrides et stabiliser l'aptitude catabolique.

L'inoculation de souches microbiennes capables de dégrader le produit indésirable ferait donc espérer une décontamination plus rapide de l'environnement.

Il faut noter toutefois que les facteurs physiques, chimiques et biologiques de l'environnement peuvent aussi conditionner l'efficacité des

souches microbiennes inoculées en limitant voire empêchant leur action.

Pour dépasser cet obstacle, il est souvent nécessaire d'inoculer des espèces microbiennes au préalable isolées du site puis manipulées. Ainsi en utilisant des souches déjà adaptées aux conditions écologiques, on réussira à en faciliter l'installation définitive en supprimant la compétition entre les espèces inoculées et les microorganismes indigènes. L'emploi de souches génétiquement manipulées pour contrôler la pollution est malheureusement encore dans une phase expérimentale. Il peut ouvrir de nouvelles perspectives de réduction des risques et des altérations de l'équipement biologique causés par la résistance et l'endurance des produits toxiques. On peut donc espérer qu'à l'avenir l'inoculation du sol par des microorganismes photosynthétiseurs manipulés génétiquement ainsi que l'emploi de plantes fixatrices d'azote en agrosylviculture seront développés pour limiter ou réduire l'extension des terres marginales - dont la réhabilitation devient toujours plus difficile - et pour freiner les dégâts écologiques causés par l'usage massif d'engrais et de pesticides.

F.F.

Bibliographie

1. Balajee S. and Mahadevan A. (1989) - Potential role of engineered microbes to de-toxify chemical pollution. *MIRCEN Journal*, 5, 119-134.
2. Balloni W., Materassi R., Sili C., Vincenzini M., Ena A., e Florenzano G. (1982) - Il metodo di trattamento a batteri fotosintetici delle acque di scarico. *Monografia CNR AQ/2/21 P.F. "Promozione della qualità dell'ambiente"* pp. 188-189.
3. Favilli F. (1978) - Azotofissazione asimbiotica nella rizosfera. *Atti del XVIII Cong. Naz. Soc. Ital. Microbiol.*, 2, 1296-1303.
4. Favilli F., Caroppo S., Materassi R. (1977) - Su un esperimento di algalizzazione di un suolo argilloso. *Ann. Microbiol.*, 27, 101-107.
5. Favilli F., Margheri M.C., Tomaselli I. (1985) - I Cianobatteri azotofissatori in agricoltura. In: *Impiego degli azotofissatori in agricoltura. Limitazioni e prospettive. Monografia n° 7 CNR, P.F. IPRA-CNR*, pp. 71-84.
6. Favilli F., Balloni W., Sili C. (1988) - Attività nitrogenasica nella rizosfera di *Digitaria sanguinalis*; gra-

minacea spontanea dell'Italia centrale. L'Agricoltura Mediterranea, 118, 246-252.

7. Haines S.G., De Bell D.S. (1979) - Use of nitrogen fixing plant to improve and maintain productivity of forest soils. In : Proc. impact of intensive harvesting on forest nutrient cycling. pp. 275-303.

8. Lynch J.M. (1981) - Promotion and inhibition of soil aggregate stabilization by microorganisms. Journal of Gen. Microbiol., 126, 371-375..

9. Lynch J.M. and Bragg E. (1985) - Microorganisms and soil aggregate stability. Advances in Soil Science, 2, 133-171.

10. Marathe K.U. (1972) - Role of some blue-green algae in soil aggregation. In : The Biology and Taxonomy of Blue-Green Algae (Ed. T.V. Desikachary), pp. 328-331, Madras : University of Madras Press.

11. Meeting B. and Rayburn W.R.

(1983) - The influence of a microalgal conditioner on selected Washington soils : an empirical study. Soil Sc. Soc. Am.J., 47, 682-685.

12. Tarrant R.F. (1983) - Nitrogen fixation in North American forestry : Research and application. In : Biological Nitrogen Fixation in Forest Ecosystems : Foundation and Application (Eds. J.C. Gordon and C.T. Wheeler), pp. 261-278, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publish.

L'évolution de la culture de peuplier dans l'Hérault. Analyse des motivations. Bilan économique

par Régis DEMERCASTEL

La populiculture est répandue dans de nombreuses régions françaises, mais surtout au nord et à l'est de Paris, dans la vallée de la Loire et de ses affluents, dans le Poitou et dans le bassin de la Garonne.

Sous l'effet d'une très forte demande des industries utilisatrices et de l'aide du Fonds Forestier National, les plantations se sont multipliées à un rythme rapide surtout entre 1960 et 1980. Elles ont connu au cours de la dernière décennie un certain ralentissement avec une reprise importante ces dernières années.

Dans l'Hérault, comparative-ment au reste de la France, la populiculture occupe une faible place.

Elle a commencé à se développer au début des années soixante. De nombreux prés, situés en bordure de ruisseau ont commencé à être plantés. Ils servaient, avant la mécanisation, de pâture aux chevaux de trait.

Par la suite les plantations ont été progressives en particulier au moment de la crise viticole.

Certains propriétaires ont préféré arracher leur vigne plutôt

que d'investir dans de nouveaux cépages pour produire du vin de qualité.

Ces nouvelles plantations de peuplier se sont surtout développées sur des terrains fertiles, en bordure des cours d'eau où la nappe phréatique est très souvent proche de la surface du sol (3 m de profondeur).

Depuis ces cinq dernières années les demandes de plantation se sont multipliées et concernent principalement des anciennes parcelles de vigne, aujourd'hui arrachées. Leur surface peut varier de 10 à 15 ha.

Malgré une fluctuation des cours du bois de peuplier ces dernières années, le produit occupe sur le marché une place économique non négligeable.

Les belles grumes de peuplier sont déroulées et les feuilles minces ainsi découpées servent à la fabrication des contreplaqués, des emballages légers, des allumettes, etc...

Les billes moins belles servent à faire des sciages utilisés pour la caisserie, la charpente, l'ameublement, les emballages.

Les rondins de peuplier sont utilisés en papeterie.

Le bois de peuplier a ainsi des emplois extrêmement variés. Ils tiennent aux qualités propre de ce bois : légèreté, résistance mécanique, facilité de travail, absence

d'odeur pour les emballages de produits alimentaires.

On peut se demander dans ces conditions qu'elle est la rentabilité des peupleraies.

De toute évidence, elle est fonction de la production obtenue. Celle-ci est fatalement variable selon les terrains et les soins apportés aux plantations.

Dans d'excellentes conditions culturales une peupleraie de 18 ans peut produire de 200 à 250 m³ de bois par hectare (qualité déroulage). Au prix actuel de 250 F/m³ H.T. le revenu net se situe entre 50.000 F. à 62.000 F/ha H.T.

Le coût d'installation d'une peupleraie, selon les travaux de préparation du sol, varie de 9.000 F/ha H.T. à 10.000 F/ha H.T. Pour des surfaces égales ou supérieure à 5 ha l'Etat subventionne à 50 % les frais de plantation.

Les frais d'entretien (disage, taille de formation, élagage) pendant 8 ans s'élèvent environ à 17.000 F/ha H.T.

En tenant compte dans ce bilan des aides à la plantation, de l'exonération d'impôt foncier pendant 30 ans, de la suppression des cotisations M.S.A., de la réduction des droits de mutation (Loi SEROT), la populiculture est finalement une des spéculations agricoles les plus profitables.

R.D.

Expert forestier Chambre d'agriculture de l'Hérault - Place Chaptal 34076 Montpellier Hérault.