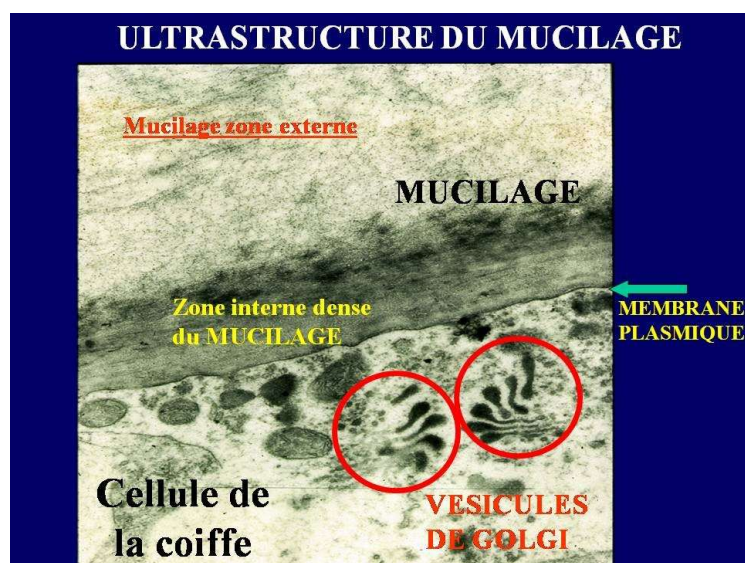


Recherches sur la RHIZOSPHERE

Le Laboratoire a été pionnier dans l'étude de la rhizosphère.

Après une thèse d'état (1973) consacrée à l'étude de la dynamique des sucres (polysaccharides) de la matière organique du sol, A. GUCKERT (Professeur à l'ENSAIA) s'est interrogé sur le rôle possible des racines vivantes, dans la fourniture d'éléments carbonés au sol. En effet, jusque dans les années 1970, les racines étaient considérées presque exclusivement comme des organes assurant l'absorption de l'eau et des minéraux et non comme des fournisseurs d'énergie au sol. La plupart des agronomes et biologistes ignoraient le terme de RHIZOSPHERE¹ et son concept.

Nos premières investigations ont porté sur la mise en évidence du mécanisme d'**exsudation racinaire**. Des observations sur des plants de maïs à divers stades de développement ont permis de visualiser la présence de gouttes mucilagineuses (**mucigel**) à l'apex des racines. Le mucigel en microscopie électronique présente une ultra-structure fibrillaire (collaboration en 1975 avec O. REISINGER, à l'Université de Nancy I, travaux de H. BREISCH, 1975).



Le marquage au ¹⁴C de plants de maïs se développant en phytotrons a permis d'évaluer la quantité de carbone émise vers le sol rhizosphérique (collaboration en 1975 avec le centre de Radio-agronomie de Cadarache, P. LESPINAT). De l'ordre de **5 à 30 % du carbone photosynthétisé**, selon le stade de développement, se retrouve dans la rhizosphère. Ce processus a été désigné par le terme de « **rhizodéposition** »

¹ La rhizosphère est la zone du sol influencée par le fonctionnement des racines vivantes (interactions plante-sol-microorganismes)



Nous avons mis au point des techniques et dispositifs de **collecte** de ces exsudats racinaires, à partir de prélèvements au champ de tiges de maïs. Après traitement (purification et lyophilisation) un **stock de mucilages lyophilisés a ainsi été obtenu pour la 1^{ère} fois**. (J.L. MOREL, MdC, 1985).

Ce matériau a constitué une ressource majeure pour de nombreuses recherches innovantes.

Un **dispositif original**, permettant de cultiver des plants de maïs en conditions stériles (J.L. MOREL, thèse de M. MENCH, 1985) a permis de collecter des exsudats n'ayant pas subi d'altération microbienne. Leur composition chimique a pu être déterminée.

Grâce aux avancées des connaissances et surtout des techniques analytiques, plusieurs grands thèmes de recherche ont alors pu être développés :

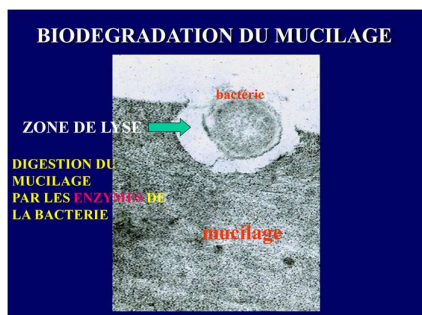
*** Le rôle des exsudats à l'égard des propriétés physiques du sol**

Nous avons montré un **net effet des exsudats sur la stabilité structurale du sol** (thèse de HABIB, 1990), confirmant les observations de microscopie électronique antérieures, montrant les liaisons entre mucilage et feuillets argileux.

Des travaux originaux, pilotés par S. PLANTUREUX, (MdC), ont porté sur les **effets de la compaction et de l'aération du sol**, (thèses de, V. GROLEAU-RENAUD 1998, V. BŒUF-TREMBLAY, 1995 et A. TUBEILEH en 2000) sur les processus rhizosphériques et l'exsudation racinaire.

*** Biodégradation des exsudats et interactions avec la microflore du sol**

Nous avons obtenu de très belles images en microscopie de dégradation bactérienne du mucilage.



Des travaux en liaison avec le Centre de Pédologie Biologique du CNRS à Nancy (J. BALANDREAU) ont mis en évidence une diversité d'interactions entre des bactéries et la racine : chimiotactisme des exsudats, stimulation de l'exsudation, élaboration de substances de croissance (G. MANDIMBA, 1986, T. HEULIN, 1987).

Grâce à des dispositifs expérimentaux innovants, E. BENIZRI (MdC), E. BAUDOIN (thèse 2001 et A. COURTADE (thèse 1997) ont démontré **la colonisation bactérienne du sol rhizosphérique et des racines**, et caractérisé des **interactions entre exsudats et microflore tellurique** : stimulation, attractivité, colonisation, biocontrôle.

La production d'antibiotiques (DAPG) par certaines bactéries rhizosphériques et leur rôle au sein de la rhizosphère ont été établis par C. PICARD (MdC) et M. VENTURA (thèse 2001).

*** Rôle des exsudats à l'égard de la dynamique des éléments minéraux du sol.**

Un ensemble remarquable d'investigations a permis pour la 1^{ère} fois d'établir **les modalités de liaison entre exsudats racinaires et les métaux lourds** (MOREL, thèse d'état, 1985, thèse de M. MENCH, 1988).

Une collaboration avec l'Université de HOHENHEIM a porté sur **le rôle des sidérophores sur la mobilisation du fer** (N. Von WIREN, 1993) et avec le MLURI Aberdeen (maintenant James Hutton Institute) sur la disponibilité de l'azote dans la rhizosphère (thèse de F. HENRY, 2004).

La solubilisation des phosphates du sol par les exsudats racinaires a été abordée E. FROSSARD, (MdC, thèses P. MARTIN, 1991, S. SINAJ, 1993 et J.Y. GRIMAL, 1994).

Des recherches originales sur **la dynamique du soufre dans la rhizosphère du colza** ont fait l'objet d'études conduites par P.C. VONG, (thèses de J. FISMES, 1998, DEDOURGE, 2001), LASSERRE-JOULIN, S. SLEZACK, S. PIUTTI (2003-2007).

Mentionnons le **dispositif expérimental très novateur mis au point par C. NGUYEN** (CR INRA) et C. TODOROVIC (thèse, 2000), **permettant de visualiser la respiration racinaire et la respiration rhizosphérique**.

Les travaux sur la rhizosphère ont permis de générer d'autres études plus appliquées, en relation avec des entreprises agro-industrielles, dans le cadre de contrats de recherche. Citons ici les travaux avec American Cyanamid, conduits par A. GUCKERT et A. BLOUET et les thèses de M. ARISSIAN, 1989, D. PERRISSIN-FABERT, 1992).

Armand Guckert

Publications significatives :

GUCKERT A., BREISCH H., REISINGER O., 1975.

Interface sol-racine I. Etude au microscope électronique des relations mucigel-argile-microorganismes.

Soil Biol. Biochem., 7 241-250.

MANDIMBA G., HEULIN T., BALLY R., GUCKERT A., BALANDREAU J., 1986.

Chemotaxis of free-living nitrogen-fixing bacteria towards maize mucilage.

Plant Soil, 90:129-139.

HEULIN TH., GUCKERT A., BALANDREAU J., 1987.

Stimulation of root exudation of rice seedlings by *Azospirillum* strains : carbon budget under gnotobiotic conditions.

Biol. Fertil. Soils, 4:9-14.

MENCH M., MOREL J.L., GUCKERT A., 1987.

Metal binding of high molecular weight soluble exudates from maize (*Zea mays* L.) roots.

Biol. Fertil. Soils, 3:165-169.

MENCH M., MOREL J.L., GUCKERT A., GUILLET B., 1988.

Metal binding with low molecular weight root exudates.

J. Soil Sci., 39:521-527.

HABIB L., MOREL J.L., GUCKERT A., PLANTUREUX S., CHENU C., 1990.

Influence of root exudates on soil aggregation.

Symbiosis, 9:87-91.

MOREL J.L., HABIB L., PLANTUREUX S., GUCKERT A., 1991.

Influence of maize root mucilage on soil aggregate stability.

Plant Soil, 136:111-119.

GUCKERT A., 1992.

Bedeutung der Pflanzenwurzeln und ihrer Ausscheidungen als Quellen organischer Stoffe im Boden.

Berichte für Landwirtschaft., 206:97-113;

VON WIREN N., RÖMHELD V., MOREL J.L., GUCKERT A., MARSCHNER H., 1993.

Influence of microorganisms on iron acquisition in maize.

Soil Biol. Biochem., 25(3):371-376.

BENIZRI E., COURTADE A., GUCKERT A., 1995.

Fate of two microorganisms in maize simulated rhizosphere under hydroponic and sterile conditions.

Soil Biol. Biochem., 27(1):71-77.

BOEUF-TREMBLAY V., PLANTUREUX S., GUCKERT A., 1995.

Influence of mechanical impedance on root exudation of maize seedlings at two developemnt stages.

Plant Soil, 172:279-287.

BENIZRI E., COURTADE A., PICARD C., GUCKERT A., 1998.

Role of maize root exudates in the production of auxins by *Pseudomonas fluorescens* M.3.1..

Soil Biology and Biochemistry, 30(10/11):1481-1484.

GROLEAU-RENAUD V., PLANTUREUX S., GUCKERT A., 1998.

Influence of plant morphology on root exudation of maize subjected to mechanical impedance in hydroponic conditions.

Plant Soil, 201:231-239.

VENTURA M., PICARD A. GALLET E., BENIZRI E., GUCKERT A. 1998

Production of 2,4-diacetylphloroglucinol by a *Pseudomonas* strain in the rhizosphere of maize : implication of this compound in the biological control of *Fusarium graminearum*.

Biological control of fungal and bacterial Plant Pathogens

IOBC Bull. 21, 9, 27-31

PICARD C., DI CELLO F., VENTURA M., FANI R., GUCKERT A. 2000.

Frequency and biodiversity of bacteria producing 2,4- diacetylphloroglucinol isolated from the maize rhizosphere at different plant growth stages.

Applied. Environmental Microbiology., 66 (3), 948-955.

ARISSIAN M., PERRISSIN-FABERT D., BLOUET A., MOREL J.L., GUCKERT A., 1990.

Effect of imazaquin on absorption, translocation and pattern of distribution of chlormequat chloride in winter wheat.

J. Plant Growth Regul., 10:1-4.

BAUDOIN E., BENIZRI E., GUCKERT A. 2001.

Metabolic structure of bacterial communities from distinct maize rhizosphere compartments

European Journal of Soil Biology, 37, 85-93.

NGUYEN C., GUCKERT A., 2001.

Short-term utilisation of ¹⁴C-[U]glucose by soil microorganisms in relation to carbon availability,

Soil Biology and Biochemistry, 33, 1, 53-60.

BENIZRI E., DEDOURGE O., DI BATTISTA-LEBOEUF C. NGUYEN C., PIUTTI S., GUCKERT A., 2002.

Effect of maize rhizodeposits on soil microbial community structure.

Applied Soil Ecology , 21, 261-265.

BAUDOIN E., BENIZRI E., GUCKERT A., 2003.

Impact of artificial root exudates on the bacterial community structure in bulk soil and maize rhizosphere.

Soil Biology and Biochemistry, 35, 1183-1192.

DEDOURGE O., VONG P.C., LASSERRE-JOULIN F. BENIZRI E., GUCKERT A., 2003.

Immobilization of ³⁵S, microbial biomass and arylsulfatase activity in soils from field-grown rape, barley and fallow.

Biology and Fertility of Soils, 38, 181-185.

VONG P.C., DEDOURGE O., LASSERRE-JOULIN F., GUCKERT A. 2003.

Immobilized-S, microbial biomass-S and soil arylsulfatase activity in the rhizosphere soil of rape and barley as affected by labile substrate C and N additions.

Soil Biology and Biochemistry, 35, 1651-1661

VONG P.C., DEDOURGE O., GUCKERT A., 2004.

Immobilization and mobilization of labelled sulphur in relation to soil arylsulphatase activity in rhizosphere soil of field-grown rape, barley and fallow.

Plant and Soil, 258, 227-239.

VONG P.C., PIUTTI S., BENIZRI E., SLEZACK-DESCHAUMES S., ROBIN R., GUCKERT 2007

Water-soluble carbon in roots of rape and barley: impacts on labile soil organic carbon, arylsulfatase activity and sulphur mineralization.

Plant and Soil 249, 19-29.