

NOTE BRÈVE

PAS DE MYCORHIZE SUR LE SCIRPE MARITIME (*SCHOENOPLECTUS MARITIMUS*) EN CAMARGUE

Christophe GOURAUD^{1,2,*}, Jean-François GIROUX¹, François MESLÉARD², Sylvain GUTJAHR^{3,4}
& Laurent DESNOUHES²

SUMMARY. — *No mycorrhizae on Schoenoplectus maritimus in the Camargue.* — It has been thought for a long time that wetland plants were devoid of mycorrhizae. In recent years, however, an increasing number of studies have reported the presence of vesicular-arbuscular mycorrhizae (or endomycorrhizae) on several marsh plants. These fungi are often beneficial for their hosts enhancing growth through better mineral and water nutrition as well as photosynthetic activity. Giving the importance of endomycorrhizae on resource allocation, we sought to determine whether these structures were present on *S. maritimus* growing in southern France. We sampled roots of 25 tubers collected at 5 sampling stations in 2 marshes for a total of 250 roots. Roots were stained and observed under a light microscope (400 X). No fungal structures (hyphae, vesicles, arbuscles, or spores) were observed on *S. maritimus* roots.

La symbiose mycorrhizienne, une relation impliquant un échange bi-directionnel des ressources entre les plantes et les champignons, est une des associations biologiques les plus communes et largement étudiées entre des plantes et des microorganismes. Il a d'ailleurs été suggéré que 80 % des espèces de plantes terrestres, 90 % des espèces de plantes vasculaires et plus de 95 % de l'ensemble des familles de plantes soient mycorrhizées (Allen, 1991 ; Harley, 1989 ; Smith & Read, 1997).

Les mycéliums structurés en réseaux complexes prospectent leur environnement spatial dans les trois dimensions, de telle sorte qu'ils permettent une exploration très efficace du sol, ce que ne peuvent faire les plantes dont le système racinaire est limité. Les hyphes présents dans le sol transportent les nutriments, particulièrement le phosphore, aux racines des plantes plus rapidement que les nutriments ne peuvent diffuser dans le sol seulement. La plupart des éléments minéraux se retrouvent en quantité limitée dans le sol et leur mobilité est souvent restreinte (Marschner, 1995). Griffiths *et al.* (1994) ont démontré que la présence d'un réseau

¹ Groupe de Recherche en Écologie Comportementale et Animale, Université du Québec à Montréal, Département des sciences biologiques, B.P. 8888, Succursale Centre-ville, Montréal, Québec, Canada, H3C 3P8

² Centre de recherche pour la Conservation des zones humides méditerranéennes, Tour du Valat, Le Sambuc. F-13 200 Arles, France

³ Université Laval, Département de Biologie, Québec, PQ G1K 7P4, Canada

⁴ Centre de Recherche en Biologie Forestière, Université Laval, Québec, PQ G1K 7P4, Canada

* Auteur pour la correspondance : Tél. : +33 4 67 46 84 71. E-mail : kagouilles@gmail.com

mycélien contribue à augmenter la disponibilité et la mobilité des éléments nutritifs dans la rhizosphère, et ce en accélérant l'altération des minéraux. En retour les mycorhizes à arbuscules (MA) reçoivent du carbone de la part de la plante (Smith & Read, 1997). Cette relation est souvent considérée comme du mutualisme.

Que la symbiose mycorhizienne augmente ou non l'activité photosynthétique ou la prise des nutriments, une amélioration de la valeur sélective (en termes de performance) est souvent observée. Les changements dans la performance des plantes peuvent être décrits par une augmentation dans la production primaire, qui peut être mesurée pour un individu, une communauté ou un écosystème. La colonisation mycorhizienne des plantes dans un marais peut augmenter la production primaire et la prise de nutriments (Miller & Sharitz, 2000). Les individus mycorhizés ont une meilleure croissance, ce qui peut affecter les interactions compétitives entre plantes (Hetrick *et al.*, 1994), tout comme la structure de la communauté (Francis & Read, 1994) et la biodiversité des plantes (van der Heijden *et al.*, 1998).

Outre leur intérêt au niveau nutritif, les mycorhizes à arbuscules (MA) jouent également d'importants rôles dans la protection des plantes contre les pathogènes (Dehne, 1982), la salinité (Davis & Young, 1985) et la résistance au stress hydrique (Subramanian *et al.*, 1995). Toutefois certaines études ont démontré que l'établissement de structures fongiques avec le système racinaire des plantes n'est pas toujours un avantage pour la plante hôte (Lerat *et al.*, 2003). Si ces processus (qu'ils soient positifs ou négatifs pour la plante hôte) sont suffisants pour affecter la croissance et la nutrition des plantes, alors la présence de MA permet d'altérer significativement la dynamique des nutriments et par conséquent l'allocation des ressources entre les ramets d'une plante clonale telle que *Schoenoplectus maritimus*. L'existence de telles structures fongiques au sein d'une population apparaît ainsi comme un paramètre supplémentaire à considérer dans les études portant sur l'impact de facteurs environnementaux, comme l'herbivorie ou les changements climatiques, sur la dynamique de ces populations.

Plusieurs familles de plantes caractéristiques des marais, telles que les *Cyperaceae* (dont fait partie le genre *Schoenoplectus*), ont été catégorisées dans les plantes non-mycorhizées car trop peu d'espèces arboraient des champignons (Khan, 1974). Pourtant, depuis le début des années 90, avec l'avènement de nouvelles techniques, plusieurs études ont révélé la présence significative de structures fongiques chez plusieurs espèces de plantes associées aux marais (Bauer *et al.*, 2003 ; Brown & Bledsoe, 1996 ; Cooke & Lefor, 1998 ; Turner & Friese, 1998).

Les observations que nous présentons dans cette étude font partie d'un programme de recherche plus vaste portant sur l'impact des herbivores (oies cendrées en hiver et bétail en été) sur la dynamique d'une population de Scirpe maritime, plus précisément sur l'allocation des ressources de cette dernière. La mise en évidence de MA pourrait significativement affecter le fonctionnement d'un tel système plante/herbivores. La présence de ces structures impliquerait de préciser le taux de mycorhization des plantes, de mesurer l'importance de ces structures dans l'allocation des ressources chez *S. maritimus* et d'intégrer ce nouveau paramètre dans le système plante/herbivores. L'objectif de la présente étude était donc de vérifier la présence de structures fongiques au sein des scirpales retrouvées dans les mares temporaires du sud de la France.

MÉTHODES

ÉCHANTILLONNAGE SUR LE TERRAIN

Cinq stations d'échantillonnage furent établies aléatoirement dans les marais du St-Seren et de la Manche Nord des Relongues, localisés dans la réserve naturelle de la Tour du Valat dans le sud de la France (43°30'N, 04°30'E). Pour chacune des stations, cinq tubercules ont été prélevés entre la fin août et le début septembre 2004 et cinq racines (unité d'échantillonnage) par tubercule (unité expérimentale) ont été placées dans des tubes Eppendorf identifiés et remplis d'alcool à 70 % afin de conserver les structures végétales et fongiques intactes pour le transport au laboratoire. Une description plus détaillée des marais est présentée dans Desnouhes *et al.* (2007).

COLORATION DES STRUCTURES FONGIQUES

Les 250 racines (2 marais x 5 stations/marais x 5 tubercules/station x 5 racines/tubercule) ont tout d'abord été blanchies à l'aide de peroxyde d'hydrogène (Koske & Gemma, 1989), puis colorées suivant la technique mise au point

par Vierheilig *et al.* (1998). L'observation des structures fongiques (hyphes, vésicules, arbuscules et/ou spores) a été effectuée par microscopie optique à un grossissement de 100 - 400 X (Brundrett *et al.*, 1984).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Aucune structure fongique n'a été décelée sur les 250 racines récoltées. Nous pouvons par conséquent conclure que les deux scirpales échantillonnées n'étaient pas mycorhizées. Les racines ont été récoltées à la fin de l'été, c'est-à-dire assez tardivement par rapport à la saison de croissance de la plante qui peut débuter sa sénescence à partir de la mi-juillet (Podlejski, 1981). Un tel résultat aurait-il été observé si nous avions prélevé les racines plus tôt cette même année, par exemple au moment où le système racinaire était en pleine expansion (i.e. vers avril, Podlejski, 1981) ? Les MA se retrouvent le plus souvent dans les parties racinaires les plus jeunes (Sanders & Sheikh, 1983). Il est alors plus aisé pour le champignon de coloniser la racine en traversant la couche de l'épiderme et de se développer dans le cortex. En outre les racines différenciées (dont la croissance est terminée) sont souvent mieux protégées (paroi cellulaire plus épaisse, présence d'un exoderme réduisant la perméabilité des racines). Brundrett & Kendrick (1988) ont constaté que la majorité des racines qu'ils ont étudiées étaient trop vieilles pour contenir des MA. Selon les auteurs, la présence d'hyphes de MA dans ces racines constituait la preuve d'une inoculation mycorhizienne passée. Ceci ne fut pas le cas dans notre expérience et l'on peut donc conclure que ce résultat n'est pas biaisé par l'âge des racines et/ou la période à laquelle nous avons récolté celles-ci. Les marais étudiés ne semblent donc avoir jamais été colonisés auparavant. Cette observation est importante dans l'étude des impacts des herbivores sur l'allocation des ressources chez le Scirpe maritime. La propagation végétative de *S. maritimus* et les facteurs environnementaux (salinité, hauteur d'eau et durée de submersion) font de l'interaction Scirpe maritime/oies/bétail une interaction complexe et notre étude montre que cette interaction n'est pas alourdie par l'intégration d'un autre paramètre.

Au vu de la littérature faisant état d'associations entre plantes et champignons dans les marais (Bauer *et al.*, 2003 ; Cooke & Lefor, 1990 ; Mason, 1928), nous devons nous interroger sur les raisons pour lesquelles aucune structure fongique n'a été identifiée dans les deux marais étudiés. Turner & Friese (1998) ont montré que l'humidité du sol, la matière organique, les teneurs en potassium, phosphore, calcium et magnésium ainsi que le pH étaient autant de facteurs susceptibles d'influencer la présence de mycorhizes. Une diminution de l'oxygénation du sol (LeTacon *et al.*, 1983) et donc une diminution du potentiel d'oxydoréduction (Khan, 1993) ont un effet négatif sur le développement des MA tout comme une salinité trop élevée (Juniper & Abbott, 1993). Même si, selon la littérature, il semble que les espèces végétales inféodées aux marais présentent une plus grande proportion d'inoculation mycorhizienne que ce que l'on pensait par le passé, notre étude montre qu'une généralisation est peut-être encore trop précoce. Nos connaissances sur les relations entre champignons et plantes en milieu non contrôlé nécessitent d'être approfondies si nous voulons comprendre pourquoi certains milieux sont dépourvus de ces microorganismes ou pourquoi certaines espèces ne tirent pas avantage à être inoculées.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la Station Biologique de la Tour du Valat, l'Université du Québec à Montréal et l'Université Laval de Québec pour le soutien financier et technique de cette étude. Nous sommes aussi reconnaissants envers le Dr. Matthieu Guillemain pour ses précieux commentaires lors de la rédaction de cette note.

RÉFÉRENCES

- ALLEN, M.F. (1991). — *The ecology of Mycorrhizae*. Cambridge University Press, New York, NY, USA.
BAUER, C.R., KELLOGG, C.H., BRIDGHAM, S.D. & LAMBERTI, G.A. (2003). — Mycorrhizal colonization across hydrologic gradients in restored and reference freshwater wetlands. *Wetlands*, 23 : 961-968.

- BROWN, A.M. & BLEDSOE, C. (1996). — Spatial and temporal dynamics of mycorrhizas in *Jaumea carnosa*, a tidal saltmarsh halophyte. *J. Ecol.*, 84 : 703-715.
- BRUNDRETT, M.C. & KENDRICK, B. (1988). — The mycorrhizal status, root anatomy, and phenology of plants in a sugar maple forest. *Can. J. Bot.*, 66 : 1153-1173.
- BRUNDRETT, M.C., PICHE, Y. & PETERSON, R.L. (1984). — A new method for observing the morphology of vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Can. J. Bot.*, 62 : 2128-2134.
- COOKE, J.C. & LEFOR, M.W. (1990). — Comparison of vesicular arbuscular Mycorrhizae in Plants from disturbed and adjacent undisturbed regions of a coastal salt-marsh in Clinton, Connecticut, USA. *Environ. Manage.*, 14 : 131-137.
- COOKE, J.C. & LEFOR, M.W. (1998). — The mycorrhizal status of selected plant species from Connecticut wetlands and transition zones. *Restor. Ecol.*, 6 : 214-222.
- DAVIS, E.A. & YOUNG, J.L. (1985). — Endomycorrhizal colonization of glasshouse-grown wheat as influenced by fertilizer salts when banded or soil-mixed. *Can. J. Bot.*, 63 : 1196-1203.
- DEHNE, H.W. (1982). — Interaction between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant-pathogens. *Phytopathology*, 72 : 1115-1119.
- DESNOUHES, L., GOURAUD, C., LEPELLEY, M., PICHAUD, M., GUILLEMAIN, M. & MESLÉARD, F. (2007). — Greylag geese (*Anser anser*) - *Scirpus maritimus* relationships in a newly colonised wintering area in the Camargue (France). *Ornis Fennica*, 84 : 12-20.
- FRANCIS, R. & READ, D.J. (1994). — The contributions of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. *Plant Soil*, 159 : 11-25.
- GRIFFITHS, R.P., BAHAM, J.E. & CALDWELL, B.A. (1994). — Soil solution chemistry of ectomycorrhizal mats in forest soil. *Soil Biol. Biochem.*, 26 : 331-337.
- HARLEY, J.L. (1989). — The significance of mycorrhiza. *Mycol. Res.*, 92 : 129-139.
- HETRICK, B.A.D., HARTNETT, D.C., WILSON, G.W.T. & GIBSON, D.J. (1994). — Effects of mycorrhizae, phosphorus availability, and plant-density on yield relationships among competing tallgrass prairie grasses. *Can. J. Bot.*, 72 : 168-176.
- JUNIPER, S. & ABBOTT, L. (1993). — Vesicular-arbuscular mycorrhizas and soil-salinity. *Mycorrhiza*, 4 : 45-57.
- KHAN, A.G. (1974). — Occurrence of mycorrhizas in halophytes, hydrophytes and xerophytes, and of endogone spores in adjacent soils. *J. Gen. Microbiol.*, 81 : 7-14.
- KHAN, A.G. (1993). — Occurrence and importance of Mycorrhizae in aquatic trees of New-South-Wales, Australia. *Mycorrhiza*, 3 : 31-38.
- KOSKE, R.E. & GEMMA, J.N. (1989). — A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycol. Res.*, 92 : 486-488.
- LERAT, S., LAPOINTE, L., GUTJAHR, S., PICHÉ, Y. & VIERHEILIG, H. (2003). — Carbon partitioning in a split-root system of arbuscular mycorrhizal plants is fungal and plant species dependent. *New Phytol.*, 157 : 589-595.
- LETACON, F., SKINNER, F.A. & MOSSE, B. (1983). — Spore germination and hyphal growth of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus-Mosseae* (Gerdemann and Trappe), under decreased oxygen and increased carbon-dioxide concentrations. *Can. J. Microbiol.*, 29 : 1280-1285.
- MARSCHNER, H. (1995). — *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London, UK.
- MASON, E. (1928). — Note on the presence of mycorrhizae in the roots of salt-marsh plants. *New Phytol.*, 27 : 193-195.
- MILLER, S.P. & SHARITZ, R.R. (2000). — Manipulation of flooding and arbuscular mycorrhiza formation influences growth and nutrition of two semiaquatic grass species. *Funct. Ecol.*, 14 : 738-748.
- PODLEJSKI, V.D. (1981). — Observation sur *Scirpus maritimus* L. en Camargue. *Ecologia Mediterranea*, 7 : 63-78.
- SANDERS, F.E. & SHEIKH, N.A. (1983). — The development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in plant-root systems. *Plant Soil*, 71 : 223-246.
- SMITH, S.E. & READ, D.J. (1997). — *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, Inc., San Diego, CA, USA.
- SUBRAMANIAN, K.S., CHAREST, C., DWYER, L.M. & HAMILTON, R.I. (1995). — Arbuscular mycorrhizas and water relations in maize under drought stress at tasselling. *New Phytol.*, 129 : 643-650.
- TURNER, S.D. & FRIESE, C.F. (1998). — Plant-mycorrhizal community dynamics associated with a moisture gradient within a rehabilitated prairie fen. *Restor. Ecol.*, 6 : 44-51.
- VAN DER HEIJDEN, M.G.A., KLIRONOMOS, J.N., URSIC, M., MOUTOGLIS, P., STREITWOLF-ENGEL, R., BOLLER, T., WIEMKEN, A. & SANDERS, I.R. (1998). — Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396 : 69-72.
- VIERHEILIG, H., COUGHLAN, A.P., WYSS, U. & PICHÉ, Y. (1998). — Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. *Appl. Environ. Microb.*, 64 : 5004-5007.