



HAL
open science

Les Mycorrhizes, Associations de racines et de champignons

Bernard Boullard

► **To cite this version:**

Bernard Boullard. Les Mycorrhizes, Associations de racines et de champignons. Revue forestière française, 1960, 8-9, pp.537-545. <10.4267/2042/24302>. <hal-03389696>

HAL Id: hal-03389696

<https://hal.science/hal-03389696v1>

Submitted on 21 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Dans ce numéro : B. BOULLARD : Les mycorrhizes, associations de racines et de champignons. — G. ROVILLAIN : Utilisation partielle des méthodes statistiques d'inventaire pour l'aménagement de la forêt domaniale de Walscheid. — J. PARDÉ : Contribution à l'étude de la productivité des reboisements de la région du plateau de Millevaches. — P. LE PONT : Les hormones végétales auxiliaires du forestier pour la régénération naturelle des futaies régulières de hêtre. — P. ARBONNIER : La destruction chimique de la ronce.

LES MYCORRHIZES ASSOCIATIONS DE RACINES ET DE CHAMPIGNONS

PAR

Bernard BOULLARD

Docteur ès Sciences, Faculté des Sciences de Caen

Les faits et considérations rapportés dans les pages qui suivent l'ont été sans jamais perdre de vue les essences forestières. Cette orientation de notre exposé ne doit cependant pas faire oublier que des relations très comparables existent entre les arbres fruitiers, ou les plantes herbacées, et la flore fongique du sol.

Partons ensemble vers la pessière, la pineraie ou la hêtraie voisines. Nous y sommes. Pénétrons sous le couvert des fûts majestueux, regardons à nos pieds : la litière est là, plus ou moins épaisse il est vrai selon l'essence dominante ou l'acidité du sol. Poussons du pied ces feuilles ou ces aiguilles mortes, nous découvrons alors qu'entre elles cheminent des filaments ténus de Champignons. Ils sont parfois si abondants que les débris végétaux en cours de décomposition sont comme « emprisonnés » dans l'enchevêtrement dense, duveteux, blanc ou jaune, ou brun, ou saumon... des filaments fongiques.

Dégageons un peu plus profondément la litière, et quelques radicales de l'arbre voisin sont mises à nu. Le voile fongique, aranéux, semble s'organiser à leur niveau. Les filaments ténus entourent les racines, les ensèrent, et ce que l'œil contemple alors, ce ne sont plus d'authentiques racines, ce ne sont pas de purs mycéliums de champignons : ce sont des organes *mixtes* qui participent des deux constituants, des associations « champignon-racine », des « mycorrhizes » (du grec *mukes* = champignon et *rhiza* = racine).

Les partenaires

Les Arbres sont légion et les Champignons innombrables. Lesquels, parmi ceux-ci ou ceux-là, tolèrent ou même cherchent à constituer de telles associations? Parmi quels genres se recrutent les partenaires?

Chez les Arbres de nos forêts les associations sont communes. Les Conifères en général (et plus spécialement les Pins, les Epicéas, les Sapins), divers feuillus (Hêtre, Chêne, Bouleau, Châtaignier, etc...) sont souvent cités.

En matière de Champignons, il convient de distinguer les groupes inférieurs dépourvus de fructifications massives, de ceux, dits supérieurs, qui en possèdent. C'est chez ces derniers dont les « chapeaux » abondent dans les sous-bois en automne et inspirent alors confiance... ou méfiance!... que l'on recrute la plupart des associés des essences forestières. A l'origine de leurs « chapeaux » dressés se situe un mycélium souterrain, celui que nous avons découvert entre les éléments de la litière.

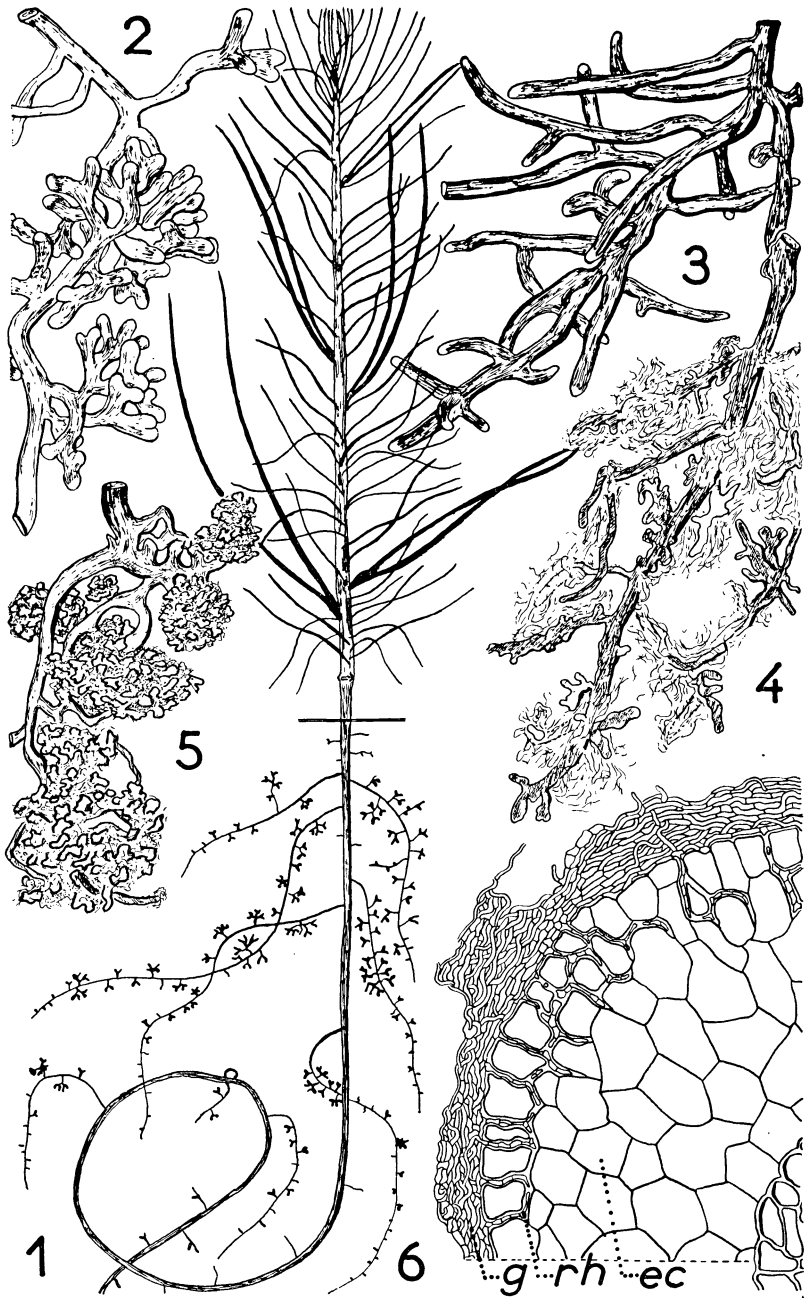
On ne doit pas ignorer que les Truffes, les Amanites, les Russules, les Lactaires, les Cortinaires, les Bolets, entre autres, sont des « associés » communs des arbres forestiers.

Malgré la diversité de leur position dans la classification des Champignons en général, les partenaires des Arbres de nos bois forment un « groupe biologique », celui des Champignons qui « suivent les arbres ». Qu'il nous soit permis de souligner ici avec quelle fidélité *Ixocomus flavus* ou le *Lactarius porninsis* accompagnent le Méléze, cependant que le *Cedrus atlantica* n'existe guère sans qu'apparaisse bientôt la belle Pézize : *Sepultaria Sumneriana*.

Un peu de morphologie et d'anatomie

L'appareil racinaire des Arbres est constitué typiquement par deux sortes de racines : les racines longues et les racines courtes, qui se distinguent aisément. On admet que les racines longues sont exploratrices, cependant que l'absorption serait le propre des racines courtes. Or, c'est au niveau de ces dernières que se constituent presque exclusivement les mycorrhizes. Ces organes mixtes sont soit simples, soit dichotomes, soit abondamment ramifiés et miment alors un minuscule arbrisseau : on les dit coralloïdes (voir les figures 2, 3, 4 et 5).

Par rapport à la radicule banale, autonome, exempte de manteau fongique, la mycorrhize est d'un calibre supérieur, elle est plus trapue et son aspect d'ensemble est en général celui d'une petite massue... longue de 4 à 8 mm. Une coupe transversale fine effectuée au rasoir, examinée à l'aide d'un microscope fut-il rudimentaire, permet de reconnaître aisément les tissus de la racine de la



1. — Plant de *Pinus Pinaster* Sol. ayant crû sur terre de bruyères et montrant d'abondantes racines courtes mycorrhizées.
2. — Mycorrhizes du type « coralloïde » observées chez *Pinus silvestris* L.
3. — Mycorrhizes du type « racémeux » observées chez *Fagus silvatica* L.
4. — Mycorrhizes « floconneuses » appartenant au genre *Cc*, constituées par le *Fagus silvatica* L.
5. — Mycorrhizes « noduleuses » constituées par le Pin mugho (*Pinus mugus*). Matériel récolté dans les Monts Tatra.
6. — Coupe transversale d'une mycorrhize ectotrophe vue au microscope (*Cedrus Deodora* Loud.). g: gaine fongique; rh: réseau de Hartig; ec: écorce de la racine de l'hôte.

plante supérieure d'une part, les éléments mycéliens d'autre part constitutifs du manchon mycélien, de la gaine (voir la figure 6). On se rend alors compte que le feutrage superficiel s'insinue quelque peu *entre* les cellules de l'écorce de la racine et qu'un véritable réseau de filaments parcourt les espaces intercellulaires de l'exocortex.

La diversité morphologique des mycorrhizes (simples ou ramifiées), la variabilité de leur manteau (par son épaisseur, par sa surface plus ou moins duveteuse, par sa structure plus ou moins serrée, par sa couleur qui va du blanc au noir en passant par le jaune, le rouge, le saumon, le brun, le bleu...) ont permis jusqu'alors de reconnaître au moins 50 genres de mycorrhizes chez les essences ligneuses de nos forêts.

Quoi qu'il en soit, on sait qu'à un même Arbre peuvent s'associer plusieurs Champignons et que, réciproquement, une même espèce de Champignon peut, le plus souvent, constituer des mycorrhizes avec les racines de différents Arbres.

Rôle des champignons associés

(présentation très condensée)

I. — *L'absorption de certains éléments par l'Arbre est facilitée:*

En effet, le diamètre des racines est accru par la juxtaposition du manchon fongique et par l'élongation de certaines cellules corticales.

Diverses substances minérales sont solubilisées par le Champignon : ainsi, on a mis en évidence une telle solubilisation dans le cas de l'apatite et de l'orthoclase (pour cela on a réalisé des cultures stériles de Pin sur des milieux artificiels dans lesquels les seules sources de P et de K étaient constituées par ces sels).

Les hyphes fongiques, fins et nombreux, explorent beaucoup mieux le sol que les poils absorbants plus localisés.

Le Champignon est effectivement un associé au pouvoir absorbant développé. La série de recherches modernes mettant en action les éléments radioactifs dont on peut suivre la progression depuis le milieu de culture jusqu'à la plante-hôte, *via* le Champignon, ne permet plus d'en douter. C'est à MELIN (en Suède) et à HARLEY (en Grande-Bretagne) et à leurs élèves que l'on doit les plus probants résultats. Tel élément radioactif puisé dans le sol est « stocké » au niveau de la gaine fongique et redistribué... en « petite monnaie » au fur et à mesure des besoins de l'hôte. Donc ce manteau mycélien fort bien approvisionné grâce à ses hyphes au rôle efficace de « rabatteurs » joue ainsi comme une « Caisse d'Épargne » pour l'hôte.

II. — *Le Champignon peut fournir certains métabolites:*

On désigne sous ce nom les produits de l'activité cellulaire d'un être vivant. Il a été prouvé que des substances complexes, indispensables à l'hôte qui est incapable de les synthétiser lui-même, peuvent lui être fournies par le Champignon associé. On doit songer là à des enzymes (diastases), à des vitamines, etc...

III. — *Le Champignon « protège » l'Arbre contre les agents pathogènes:*

Les agents pathogènes (ceux qui engendrent des maladies) sont nombreux dans le sol. Il a été prouvé que l'existence de manchons fongiques bienfaisants (ceux des mycorrhizes), « occupent la place » à la surface des racines qu'ils mettent ainsi à l'abri des attaques des « mauvais » champignons. Une bonne mycorrhization serait un gage de résistance à de tels agents néfastes.

Nous arrêtons là l'énumération des services rendus par le Champignon à la Plante Supérieure. Il est entendu qu'une telle liste n'est pas exhaustive. En échange de ces services, l'hôte doit payer sa « facture ». Il le fait en hébergeant le Champignon et en l'approvisionnant en sucres dont le Champignon, plante sans chlorophylle, a un besoin impérieux. Diverses preuves ont déjà été administrées de cette fourniture d'hydrates de carbone par l'hôte. Nous ne rappellerons ici, sommairement, que deux des plus élégantes.

1 — le Suédois Björkman a réalisé des expériences en utilisant de jeunes Pins sylvestres dont il a fait trois lots.

— les Plants du 1^{er} lot ont été étranglés au collet pendant les 6 mois de l'expérience avec un fil de métal fin qui était tout juste assez serré pour empêcher la descente par les éléments libériens de la sève élaborée (la sève riche en sucres synthétisés au niveau des aiguilles) cependant que l'ascension de la sève brute (apportant l'eau et les sels minéraux du sol) restait possible par les vaisseaux du bois.

— les Plants du 2^e lot ne furent étranglés que pendant les 3 premiers mois d'expérience puis le circuit de la sève élaborée se rétablit par la suite.

— les Plants du 3^e lot, les témoins, demeurèrent intacts pendant toute la durée de l'expérience.

Les résultats sont catégoriques: à l'issue des 6 mois d'expérience les plants étranglés n'ont que de rarissimes mycorrhizes; les plants témoins en sont abondamment pourvus; les plants temporairement étranglés en possèdent une quantité moyenne!

Les teneurs en sucres solubles des racines, déterminées parallèlement, confirment ces résultats: le Champignon s'associe aux Racines lorsqu'il peut y trouver le sucre dont il a besoin sous une forme assimilable.

2 — en maintenant à la disposition de jeunes Conifères une at-

mosphère renfermant du CO_2 (nécessaire pour la photosynthèse par les plantes chlorophylliennes) dont le carbone est radioactif, MELIN a pu suivre, à l'aide d'un compteur de Geiger, la progression de ce carbone dans la Plante. Incorporé dans les sucres photosynthétiquement élaborés, ce carbone a été retrouvé dans les racines, puis... dans le manchon fongique des mycorrhizes.

Là encore, la preuve de l'emploi des matériaux carbonés de l'hôte par le Champignon, en échange des services rendus, est manifeste.

Quelques preuves spectaculaires du rôle des mycorrhizes

1 — Un « Sapin de Noël » européen, appartenant en fait à l'espèce *Picea excelsa* (dont les essais de culture dans certaines contrées de l'Australie se soldaient régulièrement par un échec) a été transporté par bateau dans cette île avec sa terre d'origine. La terre européenne du pot a été mélangée avec de la terre d'Australie dans la proportion de 1 à 100. Sur ce nouveau mélange, des semis d'Épicéa ont alors parfaitement réussi et les jeunes Conifères croissent maintenant fort bien en Australie à la faveur de ce minime apport pondéral renfermant les Champignons symbiotiques indispensables « importés d'Europe ».

2 — On a souligné à plusieurs reprises l'effet salvateur — par contagion — des plants *bien* mycorrhizés introduits, en intercalation, dans les lignes de plants *non* mycorrhizés.

3 — Des analyses soigneuses ont permis d'établir que des plants de Conifères élevés dans des conditions comparables... (sauf que les uns étaient pourvus de mycorrhizes alors que les autres en manquaient) diffèrent beaucoup par leur composition chimique. Les plants mycorrhizés renferment 86 % de plus d'azote, 75 % de plus de potassium et 234 % de plus de phosphore que les plants non mycorrhizés... et bien entendu leur taille, leur vigueur, en sont fortement affectées.

4 — Sur les pentes du Tyrol, les plants associés à des Champignons résistent beaucoup mieux aux conditions climatiques adverses que ceux qui ne constituent aucun complexe.

Conditions de formation des mycorrhizes

C'est un vaste domaine que nous contracterons, beaucoup trop peut-être, en quelques lignes.

On peut dire que les conditions suivantes sont favorables à la constitution des mycorrhizes :

— *un sol acide, même modérément*: Aux Bactéries qui préfèrent des sols basiques, on oppose les Champignons qui sont plus à l'aise en sols acides. Certains Champignons des mycorrhizes sont même luxuriants dans les sols de pH 5,5, 5,0, 4,5.

— *un sol aéré*: Les Champignons ayant besoin d'oxygène, tout comme les racines d'ailleurs, un sol exagérément humide est également asphyxique pour les uns et les autres.

— *un sol pas trop riche*: Si la teneur en phosphore ou en azote est élevée, les produits de la photosynthèse de la plante verte ne sont plus des sucres (dont le Champignon est friand) mais des protides (substances azotées). Les sucres qui le déterminent normalement à s'associer faisant défaut, le Champignon ne constitue alors que de rares complexes.

— *une intensité lumineuse assez élevée*: On comprend que la synthèse des sucres par la plante verte chlorophyllienne soit directement influencée par la lumière puisque la plante a besoin de l'énergie solaire pour que les réactions de cette photosynthèse s'effectuent.

— de plus, des substances variées excrétées par les racines des Plantes Supérieures sont susceptibles d'exercer une influence heureuse ou néfaste, sur les Champignons qui les côtoient. Il a été prouvé, entre autres faits, que certaines substances libérées par les racines des essences ligneuses « attirent les filaments fongiques »: c'est un phénomène de « chimiotactisme ». C'est en somme une invitation que la racine lance au Champignon, invitation à laquelle le feutrage des Lactaires, des Bolets, etc... répond souvent positivement.

Comment tirer parti de ces données dans la pratique?

Il est indispensable de distinguer les opérations de reboisement (repeuplement artificiel d'un fonds autrefois boisé), des opérations de boisement (action de couvrir de bois des espaces préalablement nus).

Les *reboisements* peuvent s'effectuer en sols nus depuis peu ou au contraire en parcelles dénudées depuis longtemps.

a) *sols nus depuis peu de temps*: en général, si on a coupé des sujets sains, vigoureux, et que l'on reboise en usant de la même espèce ou d'une espèce qui admette des symbiotes communs, il ne semble pas que de gros problèmes se posent. On peut penser que les Champignons symbiotes sont là.

b) *sols nus depuis longtemps*: que faut-il entendre par « longtemps »? Tout dépend de la durée de survie que l'on accorde aux Champignons ou de la durée pendant laquelle ils demeurent capables d'infecter les racines, c'est-à-dire « virulents » (à condition d'ailleurs qu'on leur offre une essence forestière avec laquelle ils puissent s'associer). En ce qui concerne la durée de survie des agents mycorrhizogènes dans le sol, en l'absence de l'Arbre, les chiffres avancés sont très variables: tantôt on parle de 2 ans, 5 ans, 6 ans, tantôt de 60 ans! Des recherches minutieuses sont souhaitables pour éclaircir ce point important.

Dans le cas de ces reboisements après plusieurs années, soyons donc prudents : provoquer la mycorrhization sera toujours une garantie.

Il n'est toutefois pas hors de propos de rappeler ici les observations de DIMBLEBY effectuées dans les landes à bruyères d'Angleterre. Cet auteur a montré que le reboisement à l'aide de Bouleau de zones jadis peuplées de Pins sylvestres s'effectue par plages, en dépit de semis de graines « à la volée ». Ces plages que rien ne permettrait de déceler à l'œil nu avant le semis, correspondent aux emplacements de vieilles souches et de leurs racines. A la notion « d'étoiles de sorcière » correspondrait cette curieuse disposition des plantules qui, selon DIMBLEBY, étaient alignées de telle sorte qu'elles jalonnaient en surface le parcours souterrain des anciennes racines pourrissantes. Les jeunes racines des Bouleaux atteignaient ces vestiges rayonnants et s'associaient au *Boletus scaber* ou à l'*Amanita muscaria*, champignons mycorrhizogènes tant avec le Pin sylvestre qu'avec son successeur le Bouleau.

Les *boisements* : qu'il s'agisse de couvrir de forêts une lande ou une prairie déshéritée, qu'on désire aménager des rideaux d'arbres coupe-vent dans une vaste aire de culture ou d'élevage, c'est le problème du boisement qui se pose.

Préexiste-t-il là des Champignons aptes à former des mycorrhizes avec les plants qu'on y introduira ? C'est incertain. Il faut dans ce cas encore provoquer la mycorrhization.

Mycorrhizes sur commande : Domaine de l'utopie ou proche avenir ?

Pour assurer la présence de complexes mycorrhiziens dans une parcelle, plusieurs méthodes sont proposées.

On peut, bien entendu, introduire des complexes *tout prêt constitués* (c'est-à-dire transplanter des jeunes plants ayant déjà des mycorrhizes en pépinière), mais ce n'est là que repousser le problème de la genèse des associations à partir des « acteurs » séparés, car ces plants mycorrhizés, il a fallu les obtenir !

L'Arbre est un partenaire sûr. On peut compter sur lui, il est là, on le voit.

Mais le Champignon est d'une introduction plus délicate. On pourra avoir recours à des solutions variées. En voici quelques-unes :

1) transporter de l'humus de sous-bois où les mycorrhizes sont saines et abondantes sur les appareils racinaires de l'espèce cultivée dans la parcelle qu'on veut boiser. Cette solution est valable pour de petites surfaces, elle est valable en plaine, mais en montagne elle s'est révélée trop coûteuse à l'Autrichien MOSER.

2) espérer que la dispersion des spores de Champignon par le vent (si la parcelle n'est pas trop éloignée d'un peuplement naturel)

ou que le « saupoudrage » de spores collectées initialement suffiront ! C'est une solution encore bien aléatoire. On connaît les caprices de la germination des spores, les conditions microclimatiques requises pour que la croissance du mycélium se poursuive, etc...

3) préparer en laboratoire des cultures pures des espèces de Champignons désirées. C'est la solution la plus « raffinée » mais encore inapplicable à grande échelle. Il est certain qu'elle ne comporte que des avantages (introduction de la seule souche désirée, impossibilité d'apporter des pathogènes en mélange, entre autres). Parmi les milieux de culture pour préparer ces inoculums, la tourbe semble convenir le mieux (elle retient la fraîcheur, son pH est acide, c'est un milieu aéré).

Actuellement, c'est encore le transport d'humus, solution facile même si elle est coûteuse, qui est préféré de ceux qui accordent au problème des mycorrhizes la place importante qu'il mérite d'occuper dans l'esprit des sylviculteurs. Certes, nous ne préconisons pas là un épandage d'humus sur la totalité des vastes surfaces à reboiser, nous songeons seulement à son apport dans les pépinières qui fourniront les plants nécessaires au reboisement ou, localement, au niveau des « nids » lorsqu'on sème en place.

Souvent le forestier va, la tête haute, à travers les peuplements dont il est fier à juste titre. Puisse-t-il, de temps en temps, prendre conscience du fait qu'il a sous ses pieds *un sol qui vit*, où règne une intense activité microbienne.

Soyons honnête et reconnaissons que parfois les plus beaux fûts n'eussent été que de chétifs sujets sans l'intervention bénéfique d'un discret feutrage souterrain. Le « géant » de la forêt doit-il un peu de sa grandeur à « l'infiniment petit » ? Sans vouloir diminuer le prestige de l'Arbre séculaire, majestueux, dominateur, nous pensons que la question méritait d'être posée. Puisse ces quelques lignes fournir les éléments d'une réponse affirmative !

BIBLIOGRAPHIE

Nous terminerons cette brève présentation des Mycorrhizes en rappelant quelques écrits récents :

- BECKER (G.). — Observations sur l'Ecologie des Champignons Supérieurs. *Bull. Soc. Hist. Natur. du Doubs*, 1954, **58**, 115 p.
- BOULLARD (B.). — Progrès récents dans l'étude des Mycorrhizes ectotrophes. *Bull. Soc. Bot de France*, 1958, **105**, p. 60-93.
- BOULLARD (B.). — Les Mycorrhizes, présentation et explication des termes qui s'y rapportent. *Bull. Soc. Hist. Natur. du Doubs*, 1957-58, **61**, p. 97-120.
- HARLEY (J.-L.). — The Biology of Mycorrhiza. Plant Science Monographs, 1 vol., 1959, Léonard Hill ed. London, 233 pages.
- LOBANOW (N.-W.). — Mykotrophie der Holzpflanzen. 1 vol., traduit du russe (ouvrage original publié en 1953 à Moscou), Deutscher Verlag d. Wiss., Berlin, 1960, 320 pages.