



Les symbioses racinaires, une autre approche de la biodiversité forestière

Mickaël JÉZÉGOU

« J'avais beau répéter : "C'est une racine", ça ne prenait plus. Je voyais bien qu'on ne pouvait pas passer de sa fonction de racine, de pompe aspirante, à ça, à cette peau dure et compacte de phoque, à cet aspect huileux, calleux et entêté. La fonction n'expliquait rien : elle permettait de comprendre en gros ce que c'était une racine, mais pas du tout celle-ci. »

Jean-Paul Sartre – La Nausée, 1938

L'amélioration de la compréhension des relations symbiotiques entre les végétaux et le monde des champignons a permis le développement de nouvelles perspectives autour de la connaissance et de la gestion de l'arbre. Elles invitent à repenser notre approche de la biologie en tenant compte des interactions mutualistes en plus des relations de compétition. Cet article vise à percevoir ces coopérations et présenter des applications concrètes en Bretagne.

Chevreuil, polypode des bois, pic noir, anémone sylvie (...), la biodiversité forestière se trouve-t-elle vraiment là où on le croit ? Dans son ouvrage *« Jamais seul »*, l'universitaire Marc-André Sélosse invite à repenser notre vision de l'écologie *« basée sur l'organisme »* et à percevoir les interactions avec ce qui nous entoure. Cette approche, déjà initiée en 1962 par la chercheuse en microbiologie Lynn Margulis (1938-2011), s'appuie sur la théorie de l'endosymbiose généralisée: l'évolution ne serait pas seulement une affaire d'individus issus du produit d'une compétition de tous contre tous, mais se serait plutôt développée grâce aux associations entre plusieurs êtres. Ce principe est désormais considéré comme un des moteurs essentiels de l'évolution et il est reconnu que des entités génétiques nouvelles, formées par l'addition de deux génomes préexistants, ont raccourci le temps nécessaire à l'un

des deux partenaires pour acquérir les potentialités de l'autre. Le monde vivant ne serait ainsi qu'un emboîtement de symbioses et les bactéries et les champignons constitueraient les vecteurs primordiaux de la vie. Cette approche de la biologie, centrée non pas sur l'individu mais sur les interdépendances et les interrelations entre espèces, offre de nouveaux horizons à explorer pour l'étude et la gestion des milieux. Cet article vise à percevoir les interactions entre l'arbre et le monde fongique et à présenter quelques applications concrètes.

Wood Wide Web

Dans nos forêts bretonnes, comment expliquer la présence, au sein de peuplements de Douglas, d'arbres coupés continuant, au fil des années, à pousser



[1] Certaines souches de Douglas, connectées aux sujets proches, continuent à former du bois (forêt départementale d'Avaugour Bois Meur en Côtes d'Armor).

en développant des bourrelets de bois sur le pourtour de leurs souches [1] ? De même, comment dans des sous-bois sombres, des semis de sapin pectiné ou de hêtre peuvent-ils survivre alors que la lumière incidente y est insuffisante pour assurer une photosynthèse ? L'ensemble de ces cas s'explique grâce aux interconnexions entre racines et champignons. Ces derniers favorisent la connexion et le transport de carbone entre arbres. Ce principe, surnommé « *Wood Wide Web* », est aujourd'hui reconnu par la communauté scientifique. Il explique également la croissance de plusieurs espèces forestières, non chlorophylliennes, entièrement nourries par les champignons symbiotiques, comme la néottie nid d'oiseau, une orchidée sur la liste rouge de la flore vasculaire de Bretagne, ou encore le monotrope sucepin, une éricacée forestière peu courante dans notre région.

Les arbres n'ont pas de racines

Par ces exemples, nous percevons qu'un arbre serait en réalité non pas une plante mais plutôt, comme l'évoque Marc-André Sélosse, « *l'écume des interactions microbiennes* », une sorte d'entité symbiotique composite entre un végétal et un microbiote composé en grande partie de champignons. Quelques chiffres illustrent l'importance de cette alliance :

- Les champignons symbiotiques des arbres constituent entre 10 à 40 % de la biomasse de leurs racines fines. Dans un sol forestier, ces derniers représen-



[2] « Les champignons sont plus grands que les arbres ». Ted Green, président fondateur de l'association anglaise Ancient tree forum, milite pour une approche holistique de l'arbre et la nécessaire compréhension des interactions profondes entre le végétal et les champignons.

tent environ 5000 kg/ha. Leur renouvellement est de l'ordre de 600 kg/ha/an.

- Environ un tiers de la biomasse microbienne forestière est associé aux arbres [2].

À travers ces chiffres, nous comprenons que cette symbiose est essentielle au fonctionnement de la forêt. L'établissement d'associations symbiotiques apparaît comme une stratégie vitale pour assurer la survie et la croissance des arbres. Le chercheur Jean Garbaye, spécialiste français du sujet, va jusqu'à considérer que « *les arbres n'ont pas de racines, ils ont des mycorhizes* » : un organe mixte racine-champignon ayant coévolué depuis plusieurs millions d'années. Leur relation consiste en une coopération mutuelle où il est absolument impossible de savoir qui du champignon ou de l'arbre domine. La plante alimente en carbone et contrôle ses champignons mycorhiziens qui restent cantonnés au niveau des racines fines. Preuve en est qu'environ 30% du carbone fixé par la plante nourrit les champignons symbiotiques. En retour, ces derniers dirigent les racines de l'arbre par la production d'auxines et contribuent à la nutrition et la protection de la plante. Ils permettent ainsi :

- une plus grande exploration du volume du sol,
- une meilleure solubilisation et conduction des éléments nutritifs,
- une protection des racines contre le dessèchement,
- un échange des ressources entre plantes.

Les mycorhizes : une autoroute de l'information

Parmi les bénéfices réciproques, il est intéressant de mentionner une récente publication de Francis Martin, directeur de recherche au laboratoire d'excellence Arbre de l'INRA de Nancy, qui présente un effet inattendu de cette alliance. Lors d'une agression par un champignon pathogène ou une attaque par un insecte, les plantes mettent en place des réactions de défense. Les mycorhizes jouent alors un rôle clé dans la stratégie de protection des végétaux. Le réseau fongique peut être comparé à une sorte d'autoroute de l'information, permettant le transfert de signaux au sein de la communauté d'arbres (de la même essence ou non) et avertissant des agressions en cours.

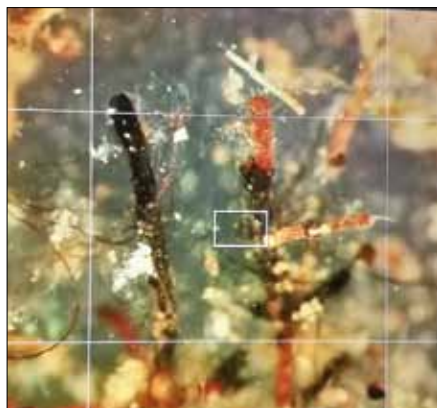
Ecto ou endo ?

Tous les arbres sont dépendants des champignons mycorhiziens. On en distingue deux catégories : les endomycorhizes et les ectomycorhizes. Chaque essence est liée à l'une ou l'autre de ces dernières. Rares sont les cas de mixité.

Les premières, apparues il y a 460 millions d'années, sont associées à une majorité de plantes terrestres et jouent un rôle clé dans la captation du phosphore. Regroupant une centaine d'espèces à l'échelle planétaire, leur diversité est relativement faible. Elles présentent peu de spécificité à leur hôte et nous pouvons rencontrer les mêmes espèces sur de nombreuses essences d'arbres comme les platanes, les marronniers, les ormes, les pommiers, les frênes, les ifs ou les séquoias...

Apparues plus récemment, il y a 100 millions d'années, les ectomycorhizes ne concernent que les arbres sociaux forestiers vivants en milieu tempéré ou boréal, comme les chênes, les hêtres, les bouleaux, les peupliers, les pins, les sapins, les Douglas... Les ectomycorhizes regroupent une grande diversité d'ascomycètes et de basidiomycètes. Elles sont celles qui ont été, de loin, les plus étudiées du fait de leur taille visible à la loupe binoculaire et de leur rôle économique majeur dans de nombreux systèmes agroforestiers. Nous leur devons en effet de nombreux champignons très connus, appréciés des gastronomes, comme la truffe, les chanterelles ou les pieds de mouton... À l'inverse des endomycorhizes, elles présentent un nombre important d'espèces et une grande diversité fonctionnelle. Ainsi, par

exemple, une étude de l'INRA de Nancy a démontré la présence de 75 espèces de champignons ectomycorhiziens dans une chênaie de 110 ans sur le plateau lorrain. La majorité possède une spécialisation marquée vis-à-vis de leur hôte comme *Laccaria amethystina* plutôt actif en période hivernale, *Cenococcum geophilum* [3] jouant un rôle essentiel dans la résistance des arbres à la sécheresse ou encore les *Boletacea* qui favorisent la décomposition des protéines du sol.



[3] *Cenococcum geophilum* observé sur tilleul à petites feuilles à Lanquais (Dordogne) lors d'une formation à l'atelier de l'arbre (plus d'infos : www.arbre.net)

Des applications pratiques

L'amélioration de la compréhension des symbioses mycorhiziennes, essentielles à la vie du monde végétal, a permis le développement de nouvelles applications et de perspectives autour de la connaissance et de la gestion de l'arbre.

Parmi celles-ci, nous pouvons mentionner les expérimentations de l'INRA mettant en évidence, dans les années 1990, que de jeunes Douglas inoculés par une souche fongique de laccaire (*Laccaria bicolor*) poussent plus vite et produisent jusqu'à 60% de bois en plus au bout de 10 ans. Aujourd'hui, ce travail autour de l'amélioration de la croissance juvénile des arbres est développé par plusieurs pépinières forestières, qui affichent à leur catalogue de nombreuses essences mycorhizées : pins, Douglas, chêne...

Mais, à notre sens, le principal progrès réside dans la compréhension du fonctionnement et de la résilience de l'arbre. Bien loin de l'image de l'âme végétative, démunie de puissance sensitive décrite par Aristote, l'arbre est en réalité hypersensible. Il possède de formidables capacités : il perçoit son environnement, communique et échange des informations. La coopération avec les microbiotes semble une des composantes de ce fonctionnement évolué. La gestion d'une forêt ou d'un patrimoine arboré passe donc par la nécessaire préservation de ces symbioses car, selon Jean Garbaye « *plus un arbre est associé à des symbioses fongiques, plus il sera armé contre les modifications de son environnement* ». Cette compréhension nécessite de tenir compte des interactions mutualistes en plus des relations de compétition. Comme le suggèrent les chercheurs Meriem Fournier et Bruno Mouliat, il est désormais primordial, en matière de gestion de l'arbre, « *de comprendre comment telle ou telle méthode perturbe les facultés de perception, réponse et communication des arbres* ». Pour conclure cet article, nous invitons, comme le suggère le chercheur Jacques Tassin, à « *penser comme un arbre* » et proposons trois pistes de réflexion permettant de favoriser une meilleure biodiversité mycorhizienne et la résilience de nos espaces arborés.

Préserver les sols

La diversité fongique est très sensible au tassement. Pour la santé des arbres et de leurs symbioses, la préservation des sols est donc primordiale. Pour le propriétaire forestier, ce constat est vital car le sol constitue un des seuls capitaux productifs sur lequel il peut agir posi-

vement. La principale mesure, retenue d'ailleurs parmi les critères du label de gestion durable des forêts PEFC (programme de reconnaissance des certifications forestières), consiste à limiter la circulation des engins forestiers sur des cloisonnements d'exploitation. En milieu urbain, la création de tranchées, la pose de revêtements imperméables, le compactage, le désherbage chimique ou l'apport d'engrais sont à éviter, sur un périmètre de protection d'au minimum une fois la hauteur de l'arbre. L'apport d'un humus, de type *mulching* (bois déchiquetés et feuilles mortes) est également à favoriser [4].

Conserver des vieux sujets

Partant du constat que plus un arbre ou un ensemble arboré est ancien, plus la diversité fongique est importante, on comprend que la conservation d'arbres vétérans au sein de communautés d'arbres constitue une mesure de gestion utile. De par leur ancienneté et l'étendue de leur volume racinaire, les gros et grands arbres occupent plus d'espace et transmettent plus de signaux aux arbres plus jeunes. Ils constituent également un réservoir mycorhizien utile pour la communauté d'arbres. Si cette mesure de gestion paraît pleine de bon sens, il n'existe en revanche pas de publications sur les itinéraires de gestion à privilégier. À défaut, elle invite à favoriser une plus grande naturalité au sein de nos espaces boisés.

Des soins aux arbres urbains

En ville, le statut symbiotique des arbres est très différent de l'arbre forestier ou champêtre [5]. De par le confinement racinaire ainsi que les différentes sources de pollution, les racines des arbres présentent moins de mycorhizes tant en diversité qu'en quantité. De récentes expérimentations de l'INRA ont montré l'effet positif sur la santé et la croissance d'arbres parisiens de l'apport de mycorhizes. Parmi les itinéraires de gestion, nous retenons le principe du « *potet mycorhizé* » qui consiste à apporter à une essence donnée de petits volumes de sol (de l'ordre du dm³), prélevés préala-



[4] Le parc de la Préfecture de Saint-Brieuc, créé vers 1827, possède un riche patrimoine arboré. Depuis 2017, les feuilles et les bois morts ne sont plus exportés vers les déchetteries. Chaque automne, ils sont disposés au pied des arbres sur des périmètres de plusieurs mètres de diamètre. Cette nouvelle mesure de gestion a réduit les coûts d'entretien, limité le tassement des sols et surtout favorisé la résilience des arbres et de la diversité fongique.



[5] Au sein d'enclos paroissiaux, nos ifs les plus anciens, comme celui de Saint-Lormel (Côtes d'Armor), sont soumis à de fortes contraintes. Outre la mise en place de périmètre de protection autour de vieux sujets remarquables, l'apport de potets mycorhizés prélevés sous des ifs forestiers constitue une piste prometteuse pour favoriser leur résilience.

Gestions d'arbres anciens, bientôt une formation à Pontivy

Une formation sur la gestion des arbres anciens ouvrira prochainement au centre de formation du Gros Chêne à Pontivy. Ce cursus, unique en France, sera ouvert à tout professionnel, qu'il soit élagueur-grimpeur, jardinier ou technicien... Il s'agira d'apprendre à reconnaître ces arbres remarquables, à les évaluer, à comprendre leur vieillissement, à évaluer la biodiversité associée (notamment celle en lien avec les symbioses fongiques), à connaître les réglementations afin de mieux protéger et accompagner ce patrimoine naturel.

blement par carottage en milieu naturel, sous une même essence. Cette technique éprouvée, comparable à certaines formes d'immunothérapie, apporte un effet positif sur la santé et la résilience de l'arbre en favorisant la régénération de racines. Elle constitue une piste prometteuse pour la gestion de l'arbre en ville ainsi que pour nos arbres remarquables anciens, bien souvent en situation isolée, sur des espaces compactés et restreints. ■

Bibliographie et sources

DRÉNOU C., 2006 – *Les racines, face cachée des arbres*. Institut pour le développement forestier.

GARBAYE J., 2013 – *Le monde des mycorhizes : Nutrition, protection, communication*. Quae.

GARBAYE J., 2019 – Note de cours à l'Atelier de l'arbre. Le monde des mycorhizes : Nutrition, protection, communication. Avril.

GREEN T. – (président fondateur d'*Ancient tree Forum*) Communication Personnelle.

JÉZÉGOU M., 2015 – *Arbres remarquables en Bretagne*. Biotope.

JÉZÉGOU M., MORHAN Y., BERNARD G., 2018 – *Arbres remarquables du Finistère*. Locus Solus.

MARTIN F., SÉLOSSE M.-A., 2018 – Les arbres sont-ils connectés par les réseaux de champignons mycorhiziens ? La forêt et le bois en France en 100 questions. Académie d'Agriculture. Chapitre 2 paragraphe 12, mis en ligne le 12/03/2018. academie-foret-bois.fr

FOURNIER M., MOULIA B., 2018 – Sensibilité et communication des arbres : entre faits scientifiques et gentil conte de fée. *Forêt Nature, Forêt Wallonne*, 149 (octobre-novembre-décembre), pp.12-21.

GÉNÉRÉ B., AMIRAULT J.-M., GINISTY C., 2004 – Douglas mycorhizé par *Laccaria bicolor* S238N: bilan des plantations du Cemagref, *Revue forestière française*, LVI - 4-2004.

LE TACON F., SÉLOSSE M.-A., 1994 – La place des symbioses mycorhiziennes dans l'évolution et la colonisation des continents par la vie. *Acta bot. Gallica*.

SÉLOSSE M.-A., 2019 – *Jamais seul. Ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations*. Actes Sud.

TASSIN J., 2018 – *Penser comme un arbre*. Odile Jacob.

Mickaël JÉZÉGOU est responsable des forêts au Conseil départemental des Côtes d'Armor, formateur et auteur de plusieurs livres sur les arbres remarquables de Bretagne.
www.vivreaveclarbre.fr
mickaeljezegou@gmail.com
