

COMMUNICATION CHEZ LES VÉGÉTAUX : MYTHE OU RÉALITÉ
Séance du 29 mai 2019

Synthèse de la séance publique du mercredi 29 mai 2019

« COMMUNICATION CHEZ LES VÉGÉTAUX : MYTHE OU RÉALITÉ ? »

Responsables : Francis **MARTIN** & Marc-André **SELOSSE**
(Section « **Sciences de la vie** »)

Séance préparée avec la section « **Forêts et filière bois** »

Séance labellisée « **Fascination of plants day – May 2019** »

Contexte et objectifs :

Il y a longtemps que les chercheurs ont mis en évidence la réaction de nombreux végétaux, dont les arbres, à divers paramètres de leur environnement : phénologie et photopériode, croissance et fertilité du milieu, photosynthèse et sécheresse édaphique, ou interactions avec les organismes environnants par exemple. Depuis une vingtaine d'années environ, plusieurs laboratoires étudient les relations des arbres entre eux, par exemple par voie souterraine (réseaux mycorhiziens) ou par le truchement de signaux aériens (émission de jasmonate et d'éthylène). Divers ouvrages ont diffusé ces résultats au grand public : par exemple les livres de Catherine LENNE¹, Francis MARTIN² et Marc-André SELOSSE³, ainsi qu'une fiche de l'ouvrage collectif « La forêt et le bois en 100 questions »⁴ de l'Académie d'agriculture. Extrapolant à partir des publications scientifiques, certains auteurs connaissent un vrai succès de librairie en faisant des plantes des « êtres émotionnellement sensibles » et en parlant de « communication intentionnelle », et même d'« intelligence » des végétaux⁵. L'objectif de cette séance est de présenter les derniers résultats scientifiques obtenus dans ces domaines et la manière dont ils peuvent influencer notre vision des végétaux, et éventuellement notre gestion des écosystèmes forestiers. La séance est organisée conjointement par les sections 2 (« Forêts et filière bois ») et 6 (« Sciences de la vie »).

Introduction

Francis **MARTIN**, membre de l'académie (section 6), directeur de recherches à l'INRA, directeur du labex « Arbre », co-organisateur de la séance, introduit les intervenants en soulignant qu'il existe 3 000 milliards d'arbres sur la planète, chacun holobionte, et qui entretiennent des relations entre eux et avec de très nombreux autres êtres vivants. La séance abordera diverses facettes du « dialogue » entre les plantes, en posant la question de l'intention, de la mémoire, et se demandera, in fine, si l'on peut parler de conscience et d'intelligence dans le monde végétal. Ces réflexions font écho à la publication le 5 avril dernier par l'association ARBRES de la « déclaration des droits des arbres ».

¹ Dans la peau d'une plante. 70 questions impertinentes sur la vie cachée des plantes. BELIN ed, 2014.

² Sous la forêt ? Pour survivre il faut des alliés ? Humensis ed, 2019.

³ Jamais Seul : Ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations. Actes Sud ed, 2017.

⁴ Les arbres sont-ils connectés par les réseaux mycorhiziens ? par F MARTIN et MA SELOSSE

⁵ La vie secrète des arbres, par P WOHLLEBEN, Les Arènes ed, 2017.

Exposés des trois intervenants :

Marc-André **SELOSSE**, membre de l'Académie, co-organisateur de la séance, Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle et à Université de Gdansk (Pologne), a intitulé sa présentation : *Les réseaux mycorhiziens qui relient les plantes : faits et perspectives*.

Parmi les facteurs agissant sur la répartition des végétaux, les microorganismes du sol occupent une place prépondérante, qu'ils soient pathogènes ou mutualistes, comme les mycorhiziens. La symbiose mycorhizienne n'est pas seulement une relation entre deux partenaires : peu spécifiques, les champignons mycorhiziens colonisent souvent les systèmes racinaires de plusieurs plantes voisines, parfois d'espèces différentes, comme cela a été démontré par exemple pour le chêne vert et l'arbousier en Corse. Cette symbiose constitue donc un réseau, qui peut entraîner des collaborations ou des parasitismes indirects entre végétaux voisinant⁶.

Les collaborations les mieux connues sont les échanges trophiques : des échanges de ressources (carbone, azote, etc...) existent, entre plantes voisines de même espèce ou d'espèces différentes. S. Simard a prouvé la réalité de ces échanges par des marquages chez le Douglas et le Bouleau (mais pas avec les thuyas présents dans la même forêt). Le problème est celui de la contribution de ces échanges au bilan nutritif des plantes. Un article récent mentionne un niveau d'échanges atteignant 40% du carbone assimilé par les plantes, mais avec un bilan global à somme nulle. Certaines plantes de sous-étage, notamment en forêt tropicale mais aussi des orchidées⁷ et des éricacées de nos régions, ont néanmoins évolué en parasites de ce réseau mycorhizien pour s'adapter à une ambiance très peu lumineuse : mais ce cas reste particulier.

Plus débattu, le réseau mycorhizien semble transporter des signaux d'alerte : des expériences en pot ont montré que des plantes non parasitées mais connectées par un réseau mycorhizien avec une plante parasitée pouvaient présenter le même comportement que cette dernière. La pertinence écologique de telles interactions reste mal connue *in situ* à ce jour. La connaissance actuelle des réseaux mycorhiziens démontre l'importance des interactions dans les écosystèmes et la dépendance des 'individus' à leur voisinage plus ou moins immédiat⁸.

⁶ **M.-A. SELOSSE**, M. ROY, 2012. – Les plantes qui mangent des champignons... *Dossier Pour la Science* « Les végétaux insolites » **77**: 102-107.

⁷ **M.-A. SELOSSE**, 2003. – La Néottie, une "mangeuse" d'arbres. *L'Orchidophile* **155**: 21-31.

⁸ <http://isyeb.mnhn.fr/fr/annuaire/marc-andre-selosse-404>

COMMUNICATION CHEZ LES VÉGÉTAUX : MYTHE OU RÉALITÉ

Séance du 29 mai 2019

Catherine **LENNE**, Université Clermont-Auvergne, Directrice de la Maison pour la Science en Auvergne a intitulé son exposé : *Sensibilité aux signaux chimiques de l'environnement et communication chez les plantes*.

Depuis l'Antiquité et jusqu'à très récemment, on a réservé les notions de sensibilité et de communication au monde animal, et en particulier à l'homme, les plantes étant jugées dépourvues de toute vie de relation. Cependant, depuis peu, de nombreux écrits ou documentaires sont venus bouleverser cette vision uniquement végétative des plantes.

La sensibilité des plantes et leurs capacités à communiquer entre elles est un domaine que la recherche scientifique a largement investi depuis les 30 dernières années, jusqu'à diffuser largement vers le grand public, suscitant même dernièrement un emballement médiatique planétaire.

Pour communiquer, un émetteur et un récepteur doivent établir une relation par un échange de messages. La communication nécessite d'abord la capacité à émettre / percevoir un message et à y répondre de manière adaptée (la sensibilité), et impose également le partage d'un langage commun, décodable par les deux parties, ainsi que des voies de communication privilégiées. Depuis les années 1980, les publications sur ces sujets sont de plus en plus nombreuses. Par exemple, la réduction de croissance en hauteur de semis de soja exposés à l'éthylène, bien documentée, implique un récepteur membranaire à l'éthylène, sur le même modèle « serrure – clé » que la reconnaissance des substances chimiques volatiles par l'odorat humain. Environ 20% du carbone fixé par les plantes serait ré-émis dans l'air sous forme de senteurs. Les composés organiques volatils (cov) qui en sont la source sont des terpènes dans un cas sur deux. Chaque plante a son « bouquet » de senteurs propre qui peut varier dans le temps : le « bouquet » du chou se diversifie lorsqu'il est attaqué. La nature des messages échangés ainsi que les voies de communication sont diverses. Ces émissions peuvent avoir diverses utilités : reproduction (attraction des pollinisateurs), réaction à un stress, défense.

Ces émissions permettent également une communication entre plantes. Dans l'espèce Arabette, l'attaque d'un herbivore ou d'un pathogène sur une plante déclenche l'émission de cov qui provoquent une réaction de sensibilisation (« priming ») chez les plantes voisines de la même espèce. Dans le cas du maïs, la libération d'un éliciteur par les feuilles détruites par les chenilles déclenche la mise en œuvre de défenses chimiques locales par la feuille attaquée et l'émission de cov dans l'air attirant des hyménoptères parasitoïdes. La production par la pomme de terre de terpénoïdes constitutifs repoussant les pucerons est augmentée par la présence d'oignons cultivés à proximité.

Mme Lenne souligne que, dans la nature, des résultats différents de ceux des conditions de laboratoire peuvent être obtenus. Ainsi les cov, qui ne seraient perçus qu'à moins de 50 cm de distance, ne serviraient finalement qu'à la plante émettrice. A court terme, quelques heures, ils constitueraient un signal rapide permettant la sensibilisation de toute la plante, à partir d'une seule feuille attaquée ; en quelques jours ou semaines, une autre signalisation, interne cette fois et véhiculée par les voies vasculaires de la tige, prendrait le relai du signal aérien pour mettre en œuvre ses défenses complètes.

Il existe aussi de nombreux exemples de communication entre une plante et un animal ou une bactérie.

En conclusion, les plantes émettent des messages non privés (entre plantes de la même espèce ou entre plantes d'espèces différentes) à base de substances chimiques, par le sol ou dans l'air, constitutifs ou induits, pouvant avoir des effets d'attraction, de répulsion ou de défense. Pour Mme Lenne des éléments de communication entre plantes existent bel et bien : des « mots » (cov), des « phrases » (bouquets), un « langage commun » (récepteurs).

Mme Lenne termine son exposé en recommandant la lecture de trois livres ; « Dans la peau d'une plante » (Catherine Lenne, 2014, Belin ed), « A quoi pensent les plantes » (Jacques Tassin, 2016, Odile Jacob ed) et « l'intelligence des plantes » (Stefano Mancuso & Alessandra Viola, 2018, Albin Michel ed).

Bruno **MOULIA**, INRA, Clermont Ferrand Directeur de Recherches Inra, Directeur de l'UMR « Physique et physiologie Intégratives des Arbres en Environnement Fluctuant (PIAF) » - Clermont-Ferrand, Handling Editor Journal of Experimental Botany, a intitulé son intervention : *Sensibilité aux signaux physiques de l'environnement et question de l'intelligence végétale*.

Pendant longtemps le cadre dominant pour l'étude du fonctionnement des plantes dans leur environnement naturel a été celui des flux de matières et d'énergie, et de leur ordonnancement par un programme génétique. La question des signaux était réservée à l'échelle cellulaire ou à des études de physiologie fondamentale. Pourtant sur les dernières décennies, des travaux ont montré la part majeure de la sensibilité végétale dans le contrôle de la plasticité développementale des plantes en conditions naturelles (et sylvi-agri-coles). Nous illustrons ce propos par l'étude de la sensibilité à deux signaux physiques, lumineux et mécaniques, en montrant qu'ils donnent à la plante deux types d'information : une information d'exposition à un risque (risque de casse, de manque de lumière) et une information de voisinage. Ces signaux d'exposition ou de voisinage déclenchent un syndrome de réponses, alliant croissance et mouvements actifs, dont la fonction est une fonction d'anticipation, acquise au cours de l'Evolution.

1) la sensibilité à la lumière réfléchie par les plantes et les réponses photomorphogénétiques : des récepteurs sensibles à différentes gammes de longueur d'onde permettent à la plante de percevoir son degré d'ombrage actuel et d'identifier des gradients de lumière bleue, indicatifs de la présence d'une trouée dans le couvert. Cela lui permet i) de déclencher un syndrome de réponse d'adaptation à l'ombrage (photomorphogénèse), par exemple une très forte croissance en hauteur chez les espèces de lumière (évitantes de l'ombre) et ii) d'orienter sa croissance en direction de la source de lumière directe (bleue). Par ailleurs, l'un de ces récepteurs (phytochrome B) permet à la plante de détecter la présence de voisines chlorophylliennes avant même qu'elles ne l'ombrent, via la lumière Rouge Sombre réfléchie. La plante peut ainsi déclencher une réaction de croissance et un mouvement d'évitement avant même d'être ombrée ; ainsi un maïs « voit » jusqu'à au moins 5m de distance.

2) la sensibilité au vent et aux contacts et la réponse thigmomorphogénétique : les plantes perçoivent la déformation de la tige sous le vent grâce à des canaux mécanosensibles et répondent à ce signal d'exposition au vent par un syndrome de réponse de croissance, dont l'importance a été longtemps sous-estimée. Ainsi, en conditions de parcelle, la croissance en hauteur de plants de luzerne libres de bouger au vent est réduite de 50% ; la croissance en diamètre de hêtres peut être doublée. Les signaux mécaniques servent aussi pour la détection des voisines. Ainsi, chez l'Arabette, des expériences de densité de peuplement ont montré que le contact entre feuilles de deux plantes voisines conduit au redressement actif des feuilles. Ce redressement déclenche dans un deuxième temps leur photoperception réciproque qui vient renforcer le signal initial. Cette combinaison de réponse thigmo- puis photo-morphogénétique permet d'éviter le chevauchement des feuilles et optimise l'interception de la lumière en minimisant la compétition entre plantes.

Plus largement, nous montrons que ces deux réponses adaptatives, souvent combinées, ont des conséquences majeures sur les cultures et les forêts, et sont impliquées dans la perception de l'exposition au vent et à la lumière, mais aussi dans la dynamique collective du couvert et la

perception de la hauteur dominante et des plantes voisines⁹. Par ailleurs, ces réponses impliquent des phénomènes de mémorisation et d'accommodation¹⁰. Par exemple, chez le hêtre, les vents à caractère habituel sont ignorés, et une réaction ne se déclenche que pour des vents dont le temps de retour est supérieur à 10 jours (la durée moyenne de mémorisation).

Mais d'accommodation à habitude il n'y a qu'un pas. La Sensitive paraît capable de « s'habituer » à des chutes répétées¹¹. Comme l'habitude est considérée comme le 1^{er} niveau d'apprentissage, des éthologues se sont ensuite demandé si les plantes n'étaient pas capables d'apprentissage associatif, à l'instar de la fameuse expérience du chien de Pavlov. Ils ont ainsi démontré expérimentalement chez le pois¹² un phénomène d'apprentissage concernant deux signaux différents associés (vent, lumière). Du fait de sa nouveauté et de son enjeu cognitif, cette expérience devrait toutefois être répétée par une équipe indépendante. D'autre part, certains électrophysiologistes végétaux ont interrogé la présence chez les plantes de molécules ayant chez les animaux un rôle de neurotransmetteur (ex Glutamate) et sont à la recherche d'une « synapse végétale ». Et ils ont monté récemment, reprenant le fil de travaux de Claude Bernard, que certains anesthésiants médicaux avaient la même activité chez les végétaux¹³.

Un autre sens découvert récemment est celui de l'équilibre et de la proprioception¹⁴, qui conditionne la forme et la qualité des tiges des arbres. Le contrôle postural qui en résulte, requiert la combinaison de plusieurs perceptions (orientation par rapport à la gravité et à la lumière, proprioception) et la mobilisation des mouvements actifs ; et n'a pu être élucidé que grâce à des modélisations mathématiques¹⁵. On a ici un exemple de sensori-motricité complexe. Par contre il faut bien se garder de confondre proprioception et conscience de soi.

Comme on le voit dans ce qui a été présenté jusqu'ici, la découverte de cette sensori-motricité végétale et d'une forme de perception de soi déstabilise des conceptions bien ancrées. Elle interroge d'autant plus qu'elle arrive alors que le succès planétaire du livre de P. Wohlleben "La vie secrète

⁹ NAGASHIMA, H.; HIKOSAKA, K., 2012. – Not only light quality but also mechanical stimuli are involved in height convergence in crowded *Chenopodium album* stands. *New Phytologist* **195** (4): 803-811

¹⁰ POMIÈS L. DECOURTEIX M., MOULIA B., LEBLANC-FOURNIER N. 2017. – "Poplar stem transcriptome is massively remodeled in response to single or repeated stem bending. *BMC Genomics* Volume: **18** Article Number: 300 ; BONNESOEUR V., CONSTANT T*, MOULIA B† AND FOURNIER M† 2015 Forest trees as "wind engineers" : how trees filter chronic wind-signals to acclimate to high winds: *New Phytologist* : **210**(3):850-60 († co-PI last authors, * corresponding author)

¹¹ Gagliano M, Renton M. Depczynski M., Mancuso S. 2014. – Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters. *Oecologia* **175**:63–72

¹² GAGLIANO M, VYAZOVSKIY VV, BORBÉLY AA, GRIMONPREZ M & M DEPCZYNSKI, 2016. – Learning by association in plants. *Scientific Reports* **6**: 38427.

¹³ YOKAWA, K, KAGENISHI T., PAVLOVIČ A., GALL S., M. WEILAND M., S. MANCUSO S.* and BALUŠKA F. , 2018. – Anaesthetics stop diverse plant organ movements, affect endocytic vesicle recycling and ROS homeostasis, and block action potentials in Venus flytraps. *Annals of Botany* **122**: 747–756.

¹⁴ R.BASTIEN, T. BOHR, B. MOULIA.† * , S.DOUADY.† , 2013 . – A unifying model of shoot gravitropism reveals proprioception as a central feature of posture control in plant. *PNAS* **110** (2): 755–760 († co-PI last authors, * corresponding author)

¹⁵ BASTIEN, R., DOUADY, S†., MOULIA, B †*. 2015. – A Unified Model of Shoot Tropism in plants: Photo-, Gravi- and Propio-ception. *PLOS Computational Biology*, DOI:10.1371/journal.pcbi.1004037 Feb (co PI authors, * corresponding author)

des arbres", du film documentaire "L'intelligence des arbres" ou encore, en France, l'audience de l'émission d'Envoyé Spécial sur le même sujet, suggèrent que la perception des arbres (et plus généralement des plantes ?) par nos concitoyens est en train de changer. Or ces documents prêtent aux arbres deux traits : i) ils présenteraient une certaine forme d'intelligence, et ii) ils ressentiraient la douleur. Ces assertions, plus ou moins dérivées de la relecture de travaux scientifiques, rencontrent un écho grandissant chez le grand public, y compris chez les jeunes nourris à l'« Heroic fantasy » et aux films futuristes à grand spectacle (e.g. Avatar). Et de nombreux documents de presse écrite, radiophonique ou télévisuelle surfent sur cette vague en titrant sur *l'intelligence des plantes* ou en évoquant la question de la *douleur végétale*¹⁶. La filière forêt-bois, et plus largement les milieux agricoles et agronomiques, s'en inquiètent et les sciences agronomiques se trouvent en première ligne¹⁷.

Il semble clair que l'on peut trouver chez les plantes une motricité à base sensorielle, et des comportements plus élaborés que les simples réflexes et dépassant la plasticité adaptative classique (stimulus-réponse). L'existence d'une conscience réflexive centralisée n'est pour autant pas prouvée. Est-ce qu'une approche scientifique de la question de formes *d'intelligence végétale*¹⁸ en se gardant du sensationnalisme est possible ? Probablement, à condition d'employer la définition de l'éthologie et de l'intelligence artificielle et d'adopter une démarche analytique. Mais le débat est ouvert !

La discussion avec la salle porte sur les points suivants :

Que sait-on de la sensibilité des plantes à la musique (travaux anciens au Japon) ? La perception de sons a été démontrée (exemple : distinction du bruit des chenilles se nourrissant de celui du vent). En revanche, il ne semble pas y avoir de résultats en ce qui concerne des mélodies.

Alors que la présence de récepteurs du glutamate a bien été détectée chez les plantes, la recherche de synapses, comme les neurones humains en présentent, n'a pas abouti à ce jour.

Les essais récents visant à évaluer l'effet chez les plantes des anesthésiants employés en médecine humaine, à la suite des travaux de Cl Bernard appliquant de l'éther sur la sensitive, ont bien montré un impact sur la motricité. Les causes n'en sont pas élucidées, comme c'est d'ailleurs aussi le cas chez l'homme.

Les applications industrielles de ces connaissances, à ce stade, paraissent peu nombreuses.

Les plantes pourront-elles s'adapter, par habituation, accommodation, etc., aux bouleversements des changements globaux ? A priori, il ne faut pas surestimer les capacités des plantes : leur « mémoire » se compare à celle d'une calculatrice, leurs réactions sont souvent de l'ordre du réflexe.

Un vif débat épistémologique court dans toute la discussion. Les risques scientifiques liés à l'emprunt et au transfert abusif aux plantes du vocabulaire de la psychologie humaine et de

¹⁶ LEPORTOIS 2019. – Ce qu'il faut répondre à un omnivore qui vous sort l'argument du "cri de la carotte" <http://www.slate.fr/story/157159/cri-carotte-vegetariens-plantes-douleur>

¹⁷ Note de l'Académie de l'agriculture de France du 11-09-2017 ; FOURNIER M. AND MOULIA B. 2018 Sensibilité et communication des arbres : entre faits scientifiques et gentil conte de fées. Forêt-entreprise - N° 243 :7-15.

¹⁸ CVRČKOVÁ, F., LIPA VSKÁ H. and ŽÁRSKÝ V., 2009. – Plant intelligence: Why, why not or where? Plant Signaling & Behavior 4:5, 394-399

COMMUNICATION CHEZ LES VÉGÉTAUX : MYTHE OU RÉALITÉ

Séance du 29 mai 2019

l'éthologie, tout particulièrement le terme « intelligence », dans le but de « plaire au grand public » ne sont-ils pas élevés ? Les conclusions des études ne sont-elles pas trop marquées d'anthropocentrisme, ou de finalisme ? Peut-on vraiment employer le mot « intelligence » pour les plantes ? Les réponses principales des intervenants sont les suivantes :

- Les travaux présentés ne supposent aucune cause extrinsèque, seulement des mécanismes physiologiques générateurs de plasticité phénotypique dans le cadre de processus évolutifs sous l'effet de la sélection naturelle ;
- Certes les mêmes mots peuvent recouvrir des réalités très différentes chez les plantes et chez l'homme (mémoire, proprioception, intelligence ...); inventer des termes spécifiques pour les plantes provoquerait de très grandes difficultés de communication vis-à-vis du public et pourrait bloquer la progression de la connaissance ;
- Avec le temps, la signification d'un mot peut s'élargir, se complexifier ; la langue n'est pas figée, surtout pour des mots polysémiques ; pour autant, certaines métaphores peuvent être néfastes et le discours des scientifiques doit s'efforcer d'être à la fois clair et précis ;
- N'oublions pas que nous descendons tous de la même cellule eucaryote, et que nous vivons aussi dans le même environnement. La question de savoir si des phénomènes communs ou analogues entre plantes et animaux est un phénomène de convergence ou un héritage ancestral est en soi intéressante ; il y a un enjeu d'universel dans toute activité scientifique ;
- L'anthropocentrisme maîtrisé peut donc avoir une utilité pédagogique, et inspirer des pistes de recherche.

Conclusion

Par Mériem **FOURNIER**, membre de l'académie (section 2).

Les faits scientifiques démontrent des capacités insoupçonnées chez les plantes. Ces résultats peuvent s'interpréter sans recourir à une finalité, à des affects, à un cerveau, en restant fidèle au principe de parcimonie fondamental en sciences.

Il est légitime que les scientifiques visent l'universalité, mais ils doivent se méfier des mots polysémiques comme *sensibilité*, *communication* ou *intelligence*. Même lorsqu'on les définit en biologiste avec toute la précision nécessaire, même en rappelant qu'ils décrivent des phénomènes de la métrologie, de l'automatique ou de la robotique très éloignés des sciences de la vie, il faut être conscient de leur impact sur nos concitoyens qui leur donnent immédiatement un autre sens, avec l'envie d'entendre de belles histoires de plantes proches du conte de fée plus que d'écouter une explication scientifique rigoureuse.

Pour que ces faits aient un sens pour les pratiques, l'épreuve du champ, qui représente un changement d'échelles spatiale et temporelle par rapport au laboratoire, est indispensable, notamment pour évaluer si les mécanismes observés sont anecdotiques ou réellement importants. Vu la complexité de l'expérimentation concluante au champ, le risque serait de ne jamais appliquer des connaissances insuffisamment éprouvées. Il faut trouver le juste milieu, oser émettre des hypothèses nouvelles en gardant une part d'incertitude. Surtout s'engager aux côtés des praticiens qui sont aujourd'hui plus facilement écoutés que les scientifiques experts, reconnaître la force et les limites de leurs constats et veiller à ne pas les laisser seulement picorer quelques faits scientifiques enjolivés ou tronqués. Accepter de toutes façons que les praticiens prennent des initiatives originales, et posent des questions en prise avec les citoyens. Se faire aider par les sciences sociales pour décoder les représentations, les ressentis subjectifs, et les jeux de pouvoir sous-jacents.

Pas facile donc de faire évoluer les pratiques à partir de ces faits scientifiques encore peu éprouvés au champ et soutiens de représentations qui dépassent les biologistes. Les trois exposés et les débats ont montré comment ces faits amenaient néanmoins à penser une agriculture et une sylviculture plus complexes, qui tiennent compte de l'écologie des symbioses ou des signaux perçus par les plantes, au-delà de l'écophysiologie de l'acquisition et de l'utilisation des ressources eau, lumière et nutriments, de la compétition dans les communautés et de l'adaptation génétique aux conditions environnementales.

La biologie doit encore progresser pour améliorer le lien entre physiologie, microbiologie ou disciplines en « -omique » d'une part, écologie à vaste échelle spatiale et temps longs appliquée à la gestion des écosystèmes d'autre part. Cela ne répondra pas à toutes les questions que la société et nos concitoyens se posent sur les plantes. Des passerelles sont à construire avec beaucoup d'autres disciplines : philosophie, sociologie, anthropologie, sciences politiques, histoire...