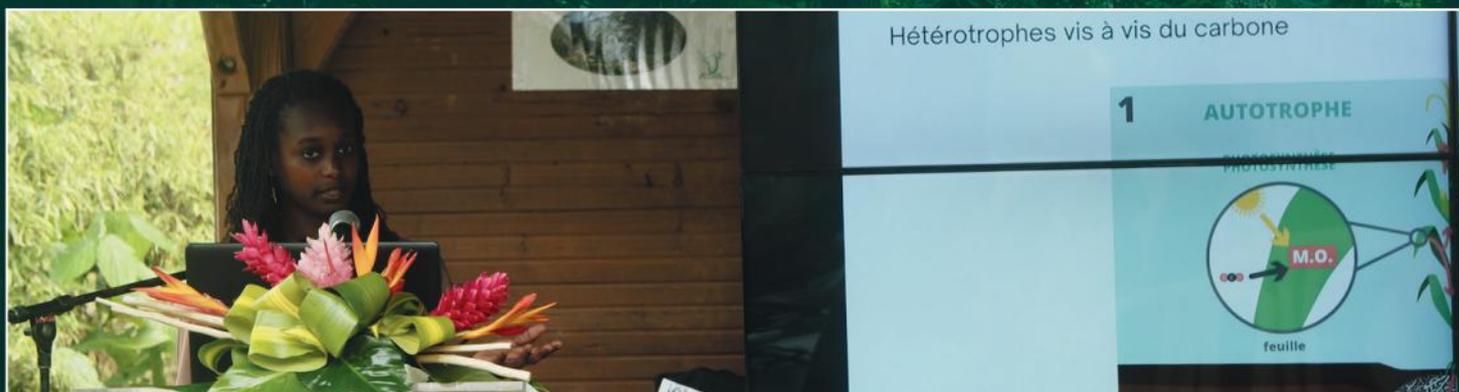


MYCONOVA CARAÏBES

SÉMINAIRE DE VALORISATION DU PROJET

Les actes du Séminaire



Partenariat : Chef de file - Parc Naturel Régional de la Martinique / Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles / Institut Mycologique Européen / Exploitation Agricole Jacky Pascault / Domaine Thieubert Rhums Neisson / Centre d'Etude de Biotechnologie Industriel - Cuba

MYCONOVA : UN PROJET DE COOPÉRATION CARIBÉENNE, DANS LE CADRE DU PROGRAMME INTERREG CARAÏBES

MYCONOVA s'inscrit dans le programme de coopération européenne «Interreg Caraïbes».

Parmi les six axes du programme, MYCONOVA répond directement à l'axe 1 : Emploi & Innovation « Renforcer la capacité des entreprises de la Caraïbe, créatrices de richesse et d'emploi ». Il répond également indirectement à l'axe 3 Environnement naturel et culturel - Protéger l'environnement naturel dans la Caraïbe.

MYCONOVA a pour objectif de doter les territoires partenaires du projet des outils et pratiques nécessaires à un développement de filières économiques basées sur la valorisation des biodiversités en champignons forestiers et en champignons des sols agricoles. Cette valorisation vise la production de champignons comestibles d'origine locale qui représente un grand potentiel technologique, alimentaire et touristique. Elle vise également l'optimisation des fonctions naturelles essentielles des champignons symbiotiques associés aux systèmes racinaires des plantes cultivées. Ces fonctions naturelles peuvent être optimisées en associant de nouvelles techniques de biotechnologies mycologiques et des modèles simples d'agroécologie.

LE SEMINAIRE ET SES OBJECTIFS

Le séminaire a réuni des scientifiques et des praticiens qui ont mis leurs connaissances à la portée des acteurs intéressés par la valorisation des champignons.

Le projet général du séminaire était de présenter au public les premiers résultats du projet et leurs développements dans les mois qui viennent. Les présentations devaient permettre aux professionnels intéressés d'évaluer les opportunités concrètes et l'intérêt d'un engagement dans la dynamique d'innovation mise en œuvre.



SOMMAIRE

Présentation du séminaire, par <i>Mme Jenny Dulys-Petit</i>	6
Présentation, par <i>Mr Charles Cyrille</i>	7
Session 1 - Les symbioses mycorhiziennes associant plantes cultivées et champignons	8
Le monde des champignons : diversité et fonctions des champignons dans les écosystèmes. <i>Saphéline Nicholas</i>	8
Les champignons mycorhiziens et la production végétale. Illustration avec les champignons mycorhiziens associés à la canne, aux caféier, cacaoyer – <i>Nathalie Delmas</i>	10
Diversité et rôle des champignons mycorhiziens associés aux plantes de services dans un contexte de transition agroécologique en Martinique. <i>Coralie Julan</i>	12
Valorisation des associations plantes/champignons pour restaurer des sols dégradés en contexte minier (Exemple de la Nouvelle-Calédonie). <i>Bryan Vincent</i>	14
Atelier découverte des champignons mycorhiziens. <i>F. Carbonne, N. Séjalon-Delmas, S. Nicholas</i>	16
Session 2 – champignons comestibles : une production d’avenir - <i>Jean Rondet</i>	18
Ecologie et culture des champignons saprotrophes.	18
"L'aliment champignon" : caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques des champignons. Une « cuisine santé » grâce aux champignons.	21
Atelier culture de champignons.	24
Atelier cuisine Une cuisine des champignons alliant gastronomie et nutrition.	26



MAIRE DE MORNE ROUGE ET CONSEILLÈRE TERRITORIALE

Les objectifs de Myconova

Myconova est un projet de développement économique qui traite 3 thématiques complémentaires : la culture et la valorisation des champignons cultivés sur déchets agricoles (valorisations alimentaire, gastronomique, agroalimentaire, compléments alimentaires), la valorisation des champignons symbiotiques des plantes cultivées dans les sols agricoles, le développement d'une nouvelle forme de tourisme intitulé « mycotourisme ».

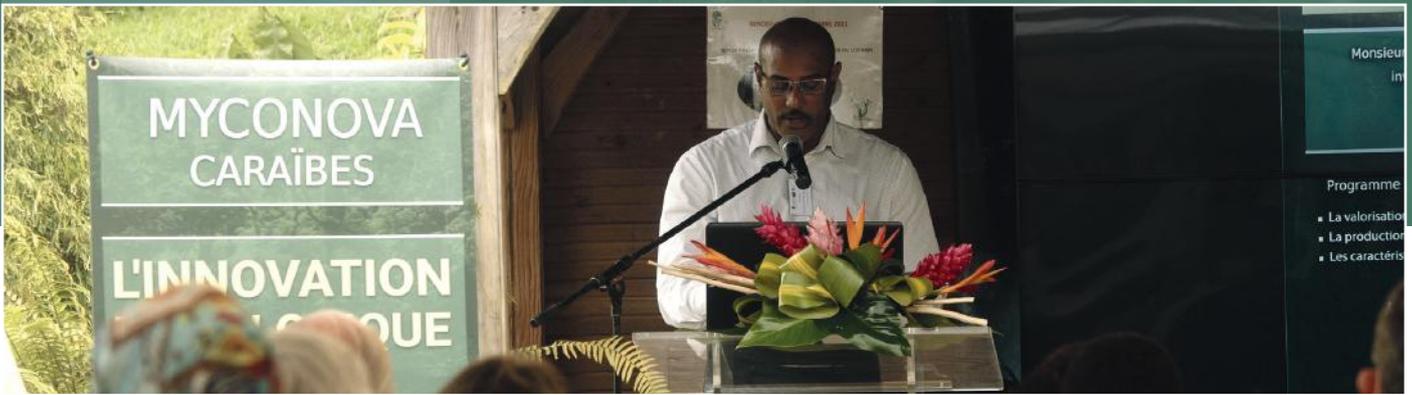
Le travail de 3 ans comprend en premier lieu la constitution et mise en œuvre d'un réseau opérationnel de Recherche – Développement- Innovation-Formation sur ces thématiques. Il s'agit de développer les équipements et les compétences nécessaires, en valorisant les travaux déjà en cours dans ces domaines. Il comprend également la mise au point de produits commercialisables innovants, en valorisant les complémentarités entre territoires. Le projet comprend enfin des démarches de promotion et de commercialisation de ces produits.

Les trois thématiques et trois enjeux du projet

La culture de nouveaux champignons comestibles suscite un intérêt croissant auprès de consommateurs et donc d'entreprises de nombreux Pays du monde. Cet intérêt traduit un besoin de nouvelles sources alimentaires notamment non animales particulièrement importantes pour des Pays moins développés et traduit aussi de nouvelles tendances alimentaires dans d'autres Pays plus développés. Un « ancrage local » des productions repose sur une valorisation de la biodiversité fongique locale et sur l'implantation de l'ensemble de la chaîne de valeur. Cela repose sur un réseau tel que celui envisagé avec MYCONOVA. Le partenariat envisagé veut également travailler sur les complémentarités des atouts territoriaux et sur la mise en commun des moyens entre les entreprises qui bénéficieront des résultats pour favoriser des coûts de production bas, optimiser la commercialisation à venir des produits, créer des produits internationaux : gammes de produits complémentaires.

La valorisation des fonctions des champignons qui vivent en symbiose avec les racines des plantes cultivées permet d'optimiser les pratiques d'agro-écologie et agriculture biologique tout en favorisant la typicité des « produits de terroir ». Les enjeux sont environnementaux (diminution des engrais, pesticides), climatiques (meilleure adaptation aux sécheresses), nutritionnels et organoleptiques, commerciaux (valorisation des produits locaux de qualité).

S'adressant initialement à un public spécialisé, **le mycotourisme** devient une forme de tourisme de découverte ludique qui se développe dans les Pays de tradition mycologique (notamment en Espagne, Italie, France, Chine,...) mais avec une recherche d'itinéraires de découverte lointains et typiques. Les champignons représentent une forme originale de découverte de la nature mais également de la cuisine et de la gastronomie. La découverte des champignons enrichit également les démarches de découverte des autres composantes des écosystèmes : arbres, plantes cultivées... Les Mycotours se développent et les environnements naturels et culturels des Caraïbes offrent des Atouts inédits pour développer ce tourisme. La création de circuits de découverte mycologique favorise également la mise en réseau des acteurs.



PRÉSIDENT DE LA COMMISSION BIODIVERSITÉ, AU PARC NATUREL RÉGIONAL DE MARTINIQUE

Le projet Myconova, son avancement et ses perspectives

Myconova vise à créer une chaîne de valeur qui permettra la valorisation durable et responsable du potentiel très important en champignons de la Caraïbe.

Chef de file de ce projet qui associe plusieurs territoires caribéens, le Parc Naturel Régional de la Martinique a le rôle majeur d'animer le travail d'étude de la biodiversité fongique et de développement de process innovants de valorisation de cette biodiversité ; de diffuser ensuite ces innovations vers les acteurs entrepreneuriaux et enfin d'accompagner durablement les entreprises qui valoriseront ces innovations. Ces innovations sont destinées à une diversité d'entreprises : entreprises agricoles, agroalimentaires, de la restauration et du tourisme.

Nous parlons du potentiel des champignons des caraïbes mais quel est-il ? Ce potentiel est représenté par **deux grands groupes de champignons différents.**

Le premier groupe (jeudi 17 Mars) correspond aux communautés de champignons microscopiques qui vivent en étroite relation, à bénéfices réciproques, avec les systèmes racinaires des plantes et en particulier des plantes qui concernent directement notre alimentation, notre pharmacopée traditionnelle et les arbres de la forêt tropicale. Ces champignons assurent, dans le secret du sol, des fonctions essentielles pour les plantes : leur alimentation en eau, en phosphore, azote ; leur protection contre des champignons parasites, notamment contre les phytophthora, parasite du cacaoyer.

Comment valoriser ce premier groupe de champignons ? D'abord en connaissant mieux la biodiversité fongique spécifique présente dans les sols caribéens et en observant comment certains systèmes de cultures, en particulier traditionnels (comme les jardins créoles), favorisent particulièrement la présence et les fonctions de ces champignons (par exemple, l'oignon pays favorise la présence importante de ces champignons, qui sont alors naturellement transmis à d'autres plantes installées à côté de l'oignon pays. Pareil avec la crotalaire qui favorise l'installation des champignons de service sur la canne à sucre). Favoriser ces champignons, c'est favoriser l'adaptation des cultures au climat et c'est économiser des engrais (phosphatés et azotés en particulier) et des pesticides ! C'est aussi favoriser leurs qualités nutritionnelles et aromatiques.

Le deuxième groupe (présenté le vendredi 18 Mars) est celui des champignons qui ont cette fonction écologique majeure qui est de recycler la matière organique morte en forêt (bois morts, feuilles mortes...) et en sols agricoles, en transformant ces organes morts des plantes en humus et en minéraux et azote à nouveau disponibles pour les plantes.

Parmi ces champignons, certains sont d'excellents produits alimentaires, d'un point de vue nutritionnel et gastronomique. Ces champignons comestibles peuvent être cultivés. Ils peuvent être cultivés sur du bois mais également sur des sous-produits de l'agriculture comme la bagasse en particulier. Le potentiel de production est ainsi à la mesure du potentiel de sous-produits agricoles, c'est-à-dire très important. La production de champignons, traditionnellement importante en Asie, connaît un grand développement dans de nombreux territoires du monde. Un aspect complémentaire de valorisation est celui-ci : après récolte des champignons, les sous-produits agricoles – bagasse, feuilles de bananier, fibre de coco... ou forestiers (sciures...) sont transformés en composts de grande valeur agronomique.

Le projet s'accélère aujourd'hui en se basant sur un laboratoire mycologique parfaitement équipé et sur un partenariat entre plusieurs équipes scientifiques et techniques. Des premiers résultats, intermédiaires, sont présentés durant ces deux journées. Les mois qui viennent permettront d'amplifier rapidement ces premiers résultats et d'atteindre les objectifs attendus.

SAPHÉLINE NICHOLAS

SESSION 1



Etudiante en Master 2 d'Écologie Végétale et Environnement à l'Université de Paul SABATIER, **Saphéline Nicholas** a travaillé sur l'identification et la comparaison des communautés floristiques associée à la Jacinthe de Rome, avant de se former sur le rôle des champignons mycorhiziens dans le développement et la nutrition des plantes cultivées, à des fins de réduction des intrants chimiques.

Son stage de six mois auprès du Laboratoire de Recherches en Sciences Végétales de Toulouse 3 a pour but d'évaluer et comparer la diversité mycorhizienne dans les systèmes agroécologiques de culture de la canne à sucre et d'arbres fruitiers de Martinique et Guyane.

Le monde des champignons : diversité et fonctions des champignons dans les écosystèmes.

Saphéline Nicholas – Etudiante Master 2 à l'Université Toulouse

Il y a 1 milliard d'années apparait le Règne des Fungi (Corentin Loron et al., 2019) plus communément appelées « Champignons ». Aujourd'hui environ 100 000 espèces de champignons ont été répertoriées, mais leur nombre est estimé à 1,5 Million (Hawksworth, 2001). Bien que fragiles et discrets, les champignons, par leur diversité de mode de vie, occupent plusieurs fonctions essentielles à de nombreux écosystèmes naturels et anthropisés tels que les milieux agricoles.

Mais qu'est-ce qu'un champignon ? Nous serions tentés de les considérer comme proches des plantes, mais saviez-vous que ces organismes partagent pourtant de nombreux caractères avec les animaux ? Leur paroi est composée de chitine, une molécule qui compose l'exosquelette rigide des insectes. Contrairement aux plantes qui synthétisent leur propre matière organique grâce à la photosynthèse, les champignons se nourrissent tout comme nous de matières organiques. C'est grâce à leurs réseaux d'hyphes (cellules végétatives), qu'ils vont absorber les éléments nécessaires à leur croissance.

De cette contrainte, par sélection naturelle à partir des premiers champignons terrestres, naît il y a 450 Ma d'années une symbiose entre les champignons à arbuscules (endomycorhizes) et les plantes (Selosse & Le Tacon, 1998). En passant du milieu aquatique à la terre ferme, les premières plantes ont dû trouver une nouvelle manière d'accéder à l'eau et aux minéraux, des éléments essentiels à leur survie. Piégées dans la roche mère, la symbiose mycorhizienne a permis aux plantes d'accéder à ces ressources, notamment en augmentant leur surface de prospection. En retour, le champignon puisait les sucres présents dans les cellules même des racines de la plante sans avoir à décomposer la matière organique. Environ 72% des plantes vasculaires ont la capacité d'établir cette symbiose mycorhizienne. Cette capacité est aujourd'hui grandement étudiée chez les plantes cultivées afin d'améliorer l'accès des plantes aux ressources du sol et donc, leur croissance et rendement.

Bien que la symbiose endomycorhizienne soit la plus abondante dans les caraïbes et l'hémisphère sud, la symbiose ectomycorhizienne, où le champignon pénètre les tissus racinaires et non pas les cellules elles-mêmes, est également présente. Cette symbiose est principalement observée chez les arbres. C'est le cas du Raisinier bord de mer (*Coccoloba uvifera* L.), un arbre de la famille des polygonacées, présent sur les plages martiniquaises. Il est en association avec plusieurs champignons ectomycorhiziens, parmi eux une chanterelle dont le carpophore (chapeau et pied) est comestible (*Cantharellus coccolobae*). Celle-ci puise l'eau et les minéraux nécessaires à la plante dans cet environnement sec, et l'arbre lui fournit en retour des sucres par ses racines.

D'autres champignons, ont continué à se nourrir de matière en décomposition. Ceux sont les champignons dit « décomposeurs » ou « saprotrophes », dont certains sont comestibles tels que les pleurotes et oreilles de Juda. Quelle chance pour eux, du bois mort dans une forêt naturelle il y en a en abondance ! Les enzymes libérées par le champignon vont dégrader la cellulose et/ou la lignine afin d'en extraire les sucres simples. Ces champignons saprotrophes permettent ainsi de décomposer et recycler la matière organique en matière minérale qui pourra de nouveau être accessible aux plantes. Ils vont ainsi constituer l'humus du sol.

Certains champignons ont 'choisi' la voie du parasitisme pour aller récupérer leur source d'énergie sur des plantes encore vivantes et sont à l'origine de nombreuses maladies, parfois dévastatrices de cultures. Les changements climatiques et la modification des régimes pluviométriques dans les tropiques sont des facteurs qui risquent de fragiliser davantage les cultures, les rendant possiblement plus sensibles en les exposant à plus de maladies fongiques. Or, les champignons mycorhiziens participent à la bonne santé globale des plantes. Il est donc essentiel de poursuivre l'identification des champignons mycorhiziens ainsi que des pratiques agricoles qui favorisent leur présence. Ceci dans le but de préserver une terre fertile, riche en biodiversité, permettant des cultures saines sans apport excessif d'intrants (engrais, fongicides).





Nathalie Séjalon-Delmas est Maître de conférences à l'Université Paul Sabatier, directrice du jardin botanique de Toulouse et chercheuse en mycologie. Elle est une spécialiste de la symbiose endomycorhizienne, au Laboratoire de Recherche en Sciences Végétales. Elle est impliquée dans les analyses de communautés de champignons depuis l'avènement des outils de séquençage haut débit, ces analyses ayant pour objectifs la connaissance des biodiversités fongiques spécifiques des agrosystèmes locaux et la compréhension des fonctions de ces communautés pour les productions végétales.

Les champignons mycorhiziens et la production végétale. Illustration avec les champignons mycorhiziens associés à la canne, aux caféier, cacaoyer, manguier, citron caviar. Dispositif d'étude dans le cadre de Myconova.

Nathalie Delmas – Université Toulouse 3

L'agriculture conventionnelle, avec travail du sol et apports d'intrants, a rempli sa mission de nourrir l'Europe au sortir de la seconde guerre mondiale. Mais les conséquences sont néfastes pour les services écosystémiques que rendent les sols. En effet, les sols labourés perdent leur stabilité structurale et deviennent sujets à l'érosion lors des épisodes de sécheresses et vents, ou lors de pluies intenses. Les particules de sols entraînant les pesticides et engrais minéraux vers les nappes et les rivières des bassins versants sont sources de pollution de l'eau et d'eutrophisation des milieux aquatiques. Le sol abrite quantités d'organismes dont les services écosystémiques dans la production végétale, en quantité comme en qualité, sont non négligeables. Le bon état des sols permet aux plantes cultivées de bénéficier d'interactions bénéfiques avec le microbiote du sol, favorable à leur alimentation hydrominérale et à leur bonne santé. La conséquence de ces interactions pour les plantes est d'être naturellement en meilleure santé et de délivrer des produits de meilleure qualité nutritionnelle que celles issues de l'agriculture conventionnelle.

Au sein de ce microbiote, les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) jouent un rôle prépondérant dans la nutrition de la plante. Ces champignons sont très anciens, puisque des traces fossiles révèlent leur présence sur terre il y a 450 millions d'années (période de l'ordovicien où les premières plantes terrestres étaient les ancêtres des hépatiques actuelles). Les premières évidences d'interactions avec les plantes datant du dévonien (apparition des premières plantes terrestres montrant des vaisseaux conducteurs (flore de Rhynie). Bien sûr, même si les fossiles de ces plantes révèlent de structures intracellulaires proches morphologiquement de celles que les champignons forment dans les racines des plantes actuelles, rien ne prouve qu'il s'agissait de structure d'échanges nutritionnels.

La séparation des continents ayant lieu postérieurement à l'apparition de ces champignons en milieu terrestre, fait que ceux-ci sont répandus sur tous les continents.

Presque toutes les plantes terrestres (72%) vivent en interaction à bénéfices réciproques avec les CMA.

Ceux-ci forment dans la racine des structures intracellulaires appelées arbuscules, par lesquelles les échanges nutritionnels ont lieu. Le champignon obtient le carbone sous forme de sucres, et lipides, issus de la photosynthèse de la plante, en échange des minéraux (notamment oligoéléments), du phosphore, de l'azote et de l'eau puisés dans le sol. Le champignon, grâce à ses filaments mycéliens très fins peut aller au-delà de la zone de déplétion racinaire, où la plante épuise les nutriments du sol. En période de sécheresse, le champignon associé à la plante va puiser l'eau plus loin et plus profondément que les racines elles-mêmes ne peuvent le faire.

Ainsi, la plante est mieux nourrie lorsqu'elle est mycorhizée. Une plante mieux nourrie produira plus de biomasse aérienne, mais aussi potentiellement plus de fruits.

Elle sera aussi plus résistante aux pathologies, en particulier au niveau racinaire. Grâce à la présence des CMA dans les racines, les plantes résistent mieux aux infections par les *Phytophthora* ou même contre les nématodes.

Les plantes mycorhizées bénéficiant d'une bonne alimentation hydrominérale sont naturellement en meilleure santé. La résultante de ce meilleur développement est une qualité nutritionnelle supérieure des produits récoltés (plus grande richesse en éléments minéraux, vitamines, protéines et acides aminés d'intérêt) que ceux des plantes non mycorhizées. Par exemple, des tomates issues de pieds mycorhizés sont plus riches en nutriments que celles issues de pieds non mycorhizés.

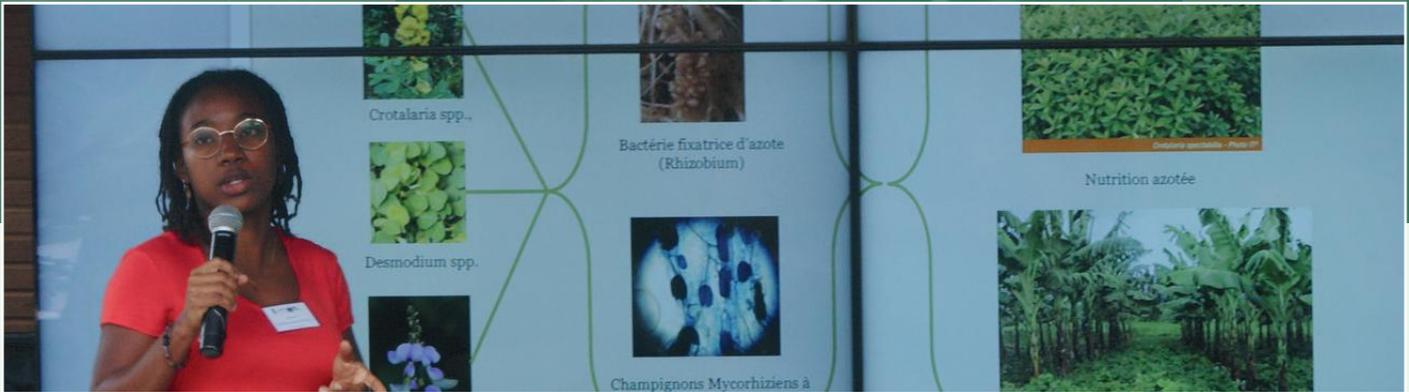
De même les patates douces issues de plantes mycorhizées contiennent plus de carotène et de sucres. Dans le champ, les plantes sont reliées entre elles par le réseau mycélien souterrain, échangeant ainsi des informations et des nutriments.

Malheureusement, les méthodes culturales, dites conventionnelles, impactent cette diversité cachée. En effet, le labour casse les réseaux mycéliens et tend à favoriser les seules espèces de champignons capables de réparer facilement et rapidement ces réseaux. Enfin, l'apport d'engrais phosphaté minéral va défavoriser l'établissement de la symbiose. La plante capable d'absorber directement le phosphate minéral apporté, ne se laissera pas coloniser par ces champignons, dont le bénéfice ne serait plus aussi important. Sans l'établissement de la symbiose, les champignons ne peuvent survivre et finiront par diminuer, en quantité et en diversité, dans le sol.

Connaitre cette symbiose, c'est aussi la protéger, notamment en modifiant les pratiques culturales. La non-perturbation physique des sols permet à ces derniers d'atteindre des niveaux de fertilité microbologique qui rendent possible à la fois la production agricole et la délivrance des services écosystémiques qui reposent sur la symbiose.

Dans le cadre de Myconova, la comparaison de parcelles de canne à sucre cultivées en agriculture biologique depuis 2013 chez Neisson avec celles conventionnées AB depuis 2020 et avec des parcelles en culture conventionnelles, nous permettra d'illustrer ces assertions et de donner l'exemple des bonnes pratiques permettant le maintien de cette diversité. Les observations faites également sous cacaoyer et sous caféier permettront également de proposer des pistes pour optimiser le fonctionnement des associations symbiotiques.





Après une licence en Biologie, Environnement, Science de la Terre, spécialité « Biologie des Organismes et des Ecosystèmes », **Coralie Julan** a poursuivi son parcours d'étude par un Master 1 en Ecologie tropicale à Fouillole et un Master 2 en Biologie végétale à l'Université d'Angers, avec une spécialité en « Ecophysiologie, Pathologie et Protection des plantes », avant de revenir à l'Université des Antilles pour un deuxième Master 2 en Ingénierie des Agrosystèmes.

Elle a ensuite travaillé au CIRAD au sein de l'équipe BGPI (UMR PHIM depuis 2021) en tant qu'intérimaire - technicienne de laboratoire puis en VSC (volontaire en service civique), étudiant alors la cercosporiose et la fusariose du bananier.

Elle est actuellement doctorante en deuxième année de Thèse en Sciences Agronomiques, biotechnologie, agro-alimentaire, au sein de l'équipe LSTM à l'Université des Antilles et au CAEC – CIRAD en Martinique. Encadrée par Mr Amadou BÂ (UA) et Mr Antoine GALIANA (CIRAD), son sujet de Thèse s'intitule : Diversité et rôle des champignons mycorhiziens à arbuscules, associés aux légumineuses en bananeraie, dans un contexte de transition agroécologique, en Martinique.

Diversité et rôle des champignons mycorhiziens associés aux plantes de services dans un contexte de transition agro-écologique en Martinique.

Coralie Julan – Doctorante à l'Université des Antilles-CAEC/CIRAD

Au cours des dernières décennies, la culture de la banane en Martinique, s'appuyait essentiellement sur un mode de production intensif ayant pour conséquences la pollution et la dégradation des milieux cultivés, au détriment de la santé humaine et de l'environnement. Dans ce contexte, mon sujet de thèse vise à promouvoir l'intégration de légumineuses de services en association symbiotique à la fois avec des **bactéries fixatrices d'azote atmosphérique** (rhizobiums) et avec des **champignons mycorhiziens à arbuscules (CMAs)**. Cela, en jachère ou en associations culturales en bananeraie, afin d'améliorer la nutrition des bananiers, la fertilité des sols et le contrôle de plantes adventices et de bioagresseurs.

En effet, les rhizobiums et les CMAs améliorent la nutrition en azote, en eau et en minéraux de la légumineuse, mais permettent aussi le transfert de ces éléments nutritifs à une non-légumineuse grâce à trois mécanismes de transfert : i) indirect, après décomposition et minéralisation de l'azote contenu dans la légumineuse et réabsorption par la plante voisine ; ii) direct, suite à la libération de composés azotés dans le sol via des exsudats racinaires ; iii) direct, par transfert d'azote fixé et non fixé par l'intermédiaire de **réseaux mycéliens communs** qui relient les plantes entre elles (**RMCS**).

Par conséquent le but de ma thèse est d'étudier l'interaction CMAs – rhizobiums, associés aux légumineuses, dans la nutrition azotée des systèmes bananiers en Martinique, suivant trois hypothèses de recherches :

1. Le mode de gestion des bananeraies a un impact important sur l'activité symbiotique et la diversité des communautés des CMAs.

D'après la bibliographie, la teneur élevée en azote minéral du sol est l'un des facteurs majeurs limitant la fixation d'azote atmosphérique puisqu'elle pénalise l'association symbiotique. De même une faible diversité végétale dans les systèmes de culture peut impacter le transfert de l'azote par les CMAs en limitant le maintien et la prolifération des mycorhizes dans le sol. De ce fait, mon objectif est :

- D'évaluer le potentiel mycorhizogène des sols de différents modes de gestions de bananeraies (conventionnel, bio-intensif et bio-diversifié), en déterminant le taux de colonisation mycorhizienne des racines des bananiers (méthode de Trouvelot) et en évaluant le nombre de propagules mycorhiziennes viables présent dans ces sols (méthode MPN).
- De comparer la diversité et la structure des populations de CMAs associées aux bananiers des différents systèmes (méthode de métabarcoding).

2. Les légumineuses de service partagent des communautés de CMA avec les bananiers responsables de la formation de RMCs.

L'objectif sera de mettre en évidence un partage de taxons communs entre légumineuses et bananiers, après analyses des OTUs via le package phyloseq du logiciel R.

3. La double symbiose rhizobiums/CMA associée aux légumineuses améliore la nutrition azotée des bananiers à travers un transfert d'azote fixé via les RMCs.

Précisément, il a été démontré dans la littérature que (1) les CMA jouent un rôle important dans la stimulation de la fixation d'azote atmosphérique, grâce à une meilleure nutrition de la légumineuse, augmentant ainsi la nodulation; (2) les CMA contribuent au transfert d'azote d'une plante à une autre, alors que les exsudats racinaires interviennent principalement dans la fertilisation des sols en azote.

Nous estimerons donc la quantité d'azote fixé et transféré des légumineuses au bananier au champ (méthode d'abondance naturelle en ^{15}N) et en conditions contrôlées (méthode d'enrichissement au ^{15}N).

A travers ces différentes étapes, nous aspirons à faire ressortir une meilleure connaissance de la contribution des symbioses mycorhiziennes et fixatrices d'azote dans la production durable des systèmes bananiers dans un contexte de transition agroécologique.





Bryan Vincent est titulaire d'un doctorat en biologie des interactions plantes/microorganismes (Université de Montpellier). Ses recherches portent sur la compréhension des mécanismes d'interaction entre les plantes et bactéries fixatrices d'azote d'une part et champignons mycorhiziens d'autre part : champignons endomycorhiziens à arbuscules et également champignons ectomycorhiziens.

Valorisation des associations plantes/champignons pour restaurer des sols dégradés en contexte minier (Exemple de la Nouvelle-Calédonie).

Bryan Vincent Post-Doc AEC/CIRAD

Dégradation et pollution des sols : origine et conséquences

Les activités humaines sont la cause principale de la dégradation et pollution des sols. Les impacts d'une telle dégradation se manifestent par la destruction de la biodiversité. Un écosystème fragilisé est plus propice à l'émergence de maladies infectieuses, peut subir une destruction paysagère via l'érosion des sols, et peut également entraîner de fortes amendes pour les responsables de cette dégradation (cf. Lois sur l'Environnement et Code minier).

Plusieurs méthodes de restauration existent (mécaniques, chimique, ou biologiques). Celle qui nous intéresse comporte deux étapes : 1) utiliser une plante nourricière capable de restaurer le sol et 2) pallier la perte de biodiversité en réintroduisant des espèces plus sensibles (plantes cibles). Le succès de la restauration passe donc par le choix de la bonne espèce végétale, et de sa capacité à survivre dans un premier temps aux conditions extrêmes des sols auxquelles elle sera exposée. Aujourd'hui, nous savons que les plantes ont la possibilité de surmonter les contraintes des environnements extrêmes en s'appuyant sur leur étroite collaboration avec les micro-organismes du sol. Ces collaborations correspondent aux symbioses mutualistes.

Les symbioses mutualistes : focus sur les champignons ectomycorhiziens

Plusieurs types de symbioses plantes/microbes existent, avec notamment des bactéries fixatrices d'azotes, et des champignons de deux grands types : mycorhiziens à arbuscules, et champignons ectomycorhiziens. Ici, ce sont les champignons ectomycorhiziens qui nous intéressent.

Les champignons ectomycorhiziens sont connus du grand public à travers la cuisine et la gastronomie (cèpes, bolets, pleurotes, shitakés, chanterelles, morilles, etc.). Ils apportent également divers bénéfices à leur hôte végétal, surtout remarquables en milieu extrême. Dans le sol, les filaments du champignon (mycélium) servent d'extension au système racinaire, permettant ainsi d'accéder à des zones et des ressources hors de portée de la plante elle-même. De ce fait, les apports en eau et nutriments (azote, phosphore et potassium) sont renforcés, permettant à la plante de mieux supporter des sols pauvres en éléments nutritifs et/ou sujets à des phénomènes de sécheresse.

Utiliser les champignons ectomycorhiziens en Nouvelle Calédonie pour restaurer des sols miniers

Les extractions de nickel à ciel ouvert en Nouvelle Calédonie produisent des zones vides de toute végétation et des sols dégradés. A l'origine, ces sols miniers sont déjà pauvres en nutriments et riches en métaux lourds, et leur exploitation ne fait qu'accroître ces caractéristiques extrêmes.

Afin de restaurer ces environnements, une plante candidate a été choisie, étudiée et testée pour restaurer ces sols : *Acacia spirorbis subsp. spirorbis* Labill. Cette plante est capable d'établir tous les types de symbioses (bactéries fixatrices d'azote et champignons mycorhiziens à arbuscules et ectomycorhiziens). Concernant les champignons ectomycorhiziens, il a été démontré que 26 taxons différents étaient associés à la plante hôte, et qu'un partage de ses communautés avec d'autres plantes cibles (ex : *Tristaniopsis calobuxus* - Brongn. & Gris) était possible lors d'une expérimentation sur le terrain.

Parmi la diversité des champignons ectomycorhiziens associée à *A. spirorbis*, *Pisolithus albus* (Cooke & Masee) est une espèce remarquable, capable d'améliorer significativement la croissance des plantes en sols miniers. En effet, ses ectomycorhizes sont capables de détoxifier le nickel entrant dans les racines. Ce champignon s'adapte également à son environnement, puisqu'on retrouve deux écotypes de ce champignon, un en milieu volcano-sédimentaire, et un en milieu ultramafique.

En plus de leurs vertus culinaires, les champignons ectomycorhiziens sont également essentiels au succès de la restauration écologique des sols dégradés.





Francis Carbonne est assistant ingénieur au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) au laboratoire de Recherches en Sciences Végétales à Toulouse. Son travail porte sur l'étude de la diversité des champignons mycorhiziens en lien avec leurs interactions avec les plantes cultivées. Ce travail repose sur l'utilisation de techniques multidisciplinaires : biologie moléculaire (extraction / séquençage ADN..., analyses biochimiques, biologie cellulaire, physiologie végétale). Ses autres fonctions comprennent l'encadrement d'étudiants, des conférences à destination du grand public et des agriculteurs.

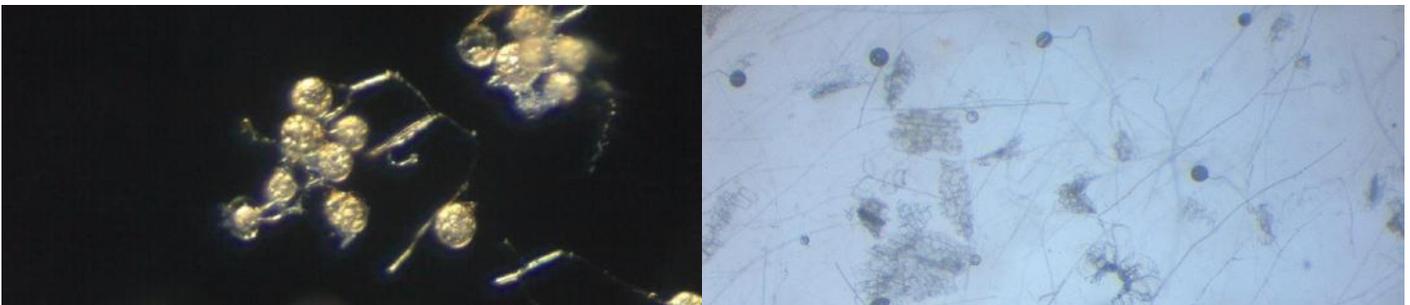
Atelier découverte des champignons mycorhiziens.

F. Carbonne, N. Séjalon-Delmas, S. Nicholas

Atelier : isolement de spores à partir d'un sol, observations.

0.5 litre de sol fraîchement prélevé sous culture de canne à sucre est tamisé selon un protocole distribué en fin d'atelier. Les différentes étapes sont détaillées et expliquées. L'extrait de spores est examiné sous loupe binoculaire. Des photos de la diversité des formes de spores potentielles traduisant la diversité des espèces existantes dans le monde sont distribuées.

Exemples : (Grossissement 40x)



Observation de la présence de champignons mycorhiziens dans les racines

En parallèle de l'isolement des spores, des racines de canne à sucre sont mises à décolorer à chaud au bain marie, avant une coloration spécifique des structures fongiques. Protocole distribué en fin d'atelier. Les difficultés d'observation en fonction de la nature des racines (canne, cacaoyer, caféier) sont expliquées. Observation sous loupe binoculaire.





JEAN RONDET

SESSION 2



Jean Rondet est ingénieur agronome, ancien ingénieur des Ponts, Eaux et Forêts. Il est coordinateur français du European Mycological Institute. Son parcours professionnel sur le thème des champignons comprend des missions scientifiques, d'ingénierie, d'animation d'acteurs de l'agriculture et de la recherche scientifique, de conception et animation de projets de territoires et de conception et animation de projets de coopération européenne. Il est coordinateur scientifique du projet Myconova, plus spécialisé sur les thèmes de la culture et de la valorisation alimentaire des champignons.

Ecologie et culture des champignons saprotrophes : espèces cultivées dans le monde et dans les Caraïbes. Techniques et modèles de production (modèles pour l'agriculture familiale, modèles industriels). Perspectives dans la Caraïbe.

Jean Rondet.

Les champignons comestibles qui sont étudiés et valorisés à travers ce programme Myconova ont en commun une même fonction dans les écosystèmes forestiers. Il s'agit de champignons qui décomposent les bois morts, en tout début des chaînes de transformation de ces bois en humus et formes minérales et azotées solubles pouvant être ainsi libérées dans les sols pour être à nouveau disponible pour les arbres vivants.

Ces mêmes champignons peuvent être cultivés sur des substrats d'origine agricole qui ressemblent au bois du point de vue de leurs compositions : sous-produits agricoles principalement riches en cellulose et lignine et pauvres en sucres solubles et en azote.

Ecologie et diversité des champignons comestibles cultivés.

Les bois morts présents dans les forêts caribéennes hébergent et nourrissent ainsi de nombreux champignons lignocellulosiques dont certains sont de très bons comestibles. Les genres principaux connus actuellement pour comprendre des espèces comestibles sont illustrés ici sur cette aquarelle : les genres *Pleurotus*, *Lentinus*, *Auricularia*. Des espèces comestibles sont recherchées et identifiées dans le cadre du programme Myconova, de façon à disposer d'espèces et souches mycéliennes locales à cultiver (le terme « souche », traduction de « strain » en anglais, correspond au « type génétique » particulier d'un mycélium. C'est l'équivalent d'une variété ou d'un écotype chez les végétaux).



La présentation illustre en photos les espèces les mieux connues actuellement, rappelant que « tout le travail » reste à faire en réalité pourrait-on dire tant la biodiversité fongique est vaste et encore bien mal connue. Le potentiel d'espèces comestibles est en effet très grand.

Concernant les espèces comestibles, certains territoires tropicaux ont mené des enquêtes auprès de populations locales pour connaître les usages traditionnels des champignons. Le Suriname a connu et connaît ainsi une consommation traditionnelle d'une vingtaine d'espèces.

La présentation répond ensuite à la question de savoir quelles espèces parmi les espèces caribéennes citées précédemment font actuellement déjà l'objet d'une culture.

Les pleurotes sont les plus cultivées et en particulier l'espèce *Pleurotus djamor*, qui comprend des souches produisant des fructifications blanches et d'autres qui produisent des fructifications roses (avec, selon les souches, une diversité de couleurs parmi ces teintes « roses »). Les lentins (équivalents tropicaux du shiitake d'origine japonaise) font également l'objet d'essais (Brésil, Cuba...) et sont prometteurs. Les auriculaires sont très cultivés en régions tropicales asiatiques. C'est un genre très prometteur également dans les Caraïbes et en particulier l'espèce *A. fuscosuccinata*.

Pour donner une idée du potentiel de production des champignons comestibles, la présentation montre une diversité d'espèces cultivées en régions tempérées, en Europe, Asie, Amérique du Nord... Une connaissance plus développée des espèces comestibles caribéennes permettra sans nul doute également de cultiver une telle diversité d'espèces.

Techniques et modèles de production

La production européenne de champignons correspond essentiellement à deux filières assez distinctes : la filière très industrielle et bien organisée du « champignon de Paris » et celle des « champignons spéciaux » : Pleurote et Shiitake principalement. Cette deuxième filière est très peu structurée et présente de nombreuses faiblesses.

La filière des « champignons spéciaux », qui nous intéresse essentiellement dans le projet Myconova, se traduit par une chaîne d'entreprises spécialisées, travaillant chacune sur l'une des quatre étapes de cette filière :

- **Etape 1**- Entreprises d'obtention de souches mycéliennes
- **Etape 2**- Entreprises de production de «blanc» (semence)
- **Etape 3**- Entreprises de production de substrat
- **Etape 4**- Entreprises de production de champignons

Il arrive que la même entreprise produise à la fois son substrat et les champignons qui fructifient sur ce substrat mais une telle entreprise achètera son « blanc » à une entreprise spécialisée. Ainsi, elle ne maîtrise pas la nature et qualité de ses semences, alors que ces critères sont des facteurs clefs de différenciation de l'entreprise et également de réussite de la fructification finale des champignons.

Une faiblesse principale de cette filière est le défaut de démarche de qualité entre les quatre étapes de cette filière. Une autre limitation est la faible diversité d'espèces et de souches mycéliennes qui sont offertes aux producteurs de substrats et de champignons. Une troisième faiblesse correspond au fait que les souches mycéliennes disponibles ont été sélectionnées et développées pour être adaptées à des conditions industrielles de culture. Nous connaissons cela dans le domaine de la production végétale et des variétés qui assurent des rendements importants mais seulement si l'on respecte les conditions nécessaires de pratiques agricoles éloignées de l'agroécologie. En conséquence de ces faiblesses, il n'y a pas de différenciation par la diversité et la qualité pour les producteurs de champignons situés en bout de chaîne.

Ce modèle dominant, inspiré du modèle industriel du champignon de Paris connaît un développement très industriel en Chine, avec des usines de très grandes dimensions et des processus de culture basés sur une stérilisation complète des substrats et des processus automatisés d'inoculation de ces substrats en conditions stériles. Une force de ce modèle très industriel est la forte productivité et les grandes quantités écoulées sur les marchés. Une faiblesse majeure est l'absence de traçabilité concernant les approvisionnements en matières organiques (pailles, sciures...) nécessaires à ces productions de masse. Or, la qualité des champignons tient beaucoup à la qualité de la matière organique sur laquelle ils se développent.

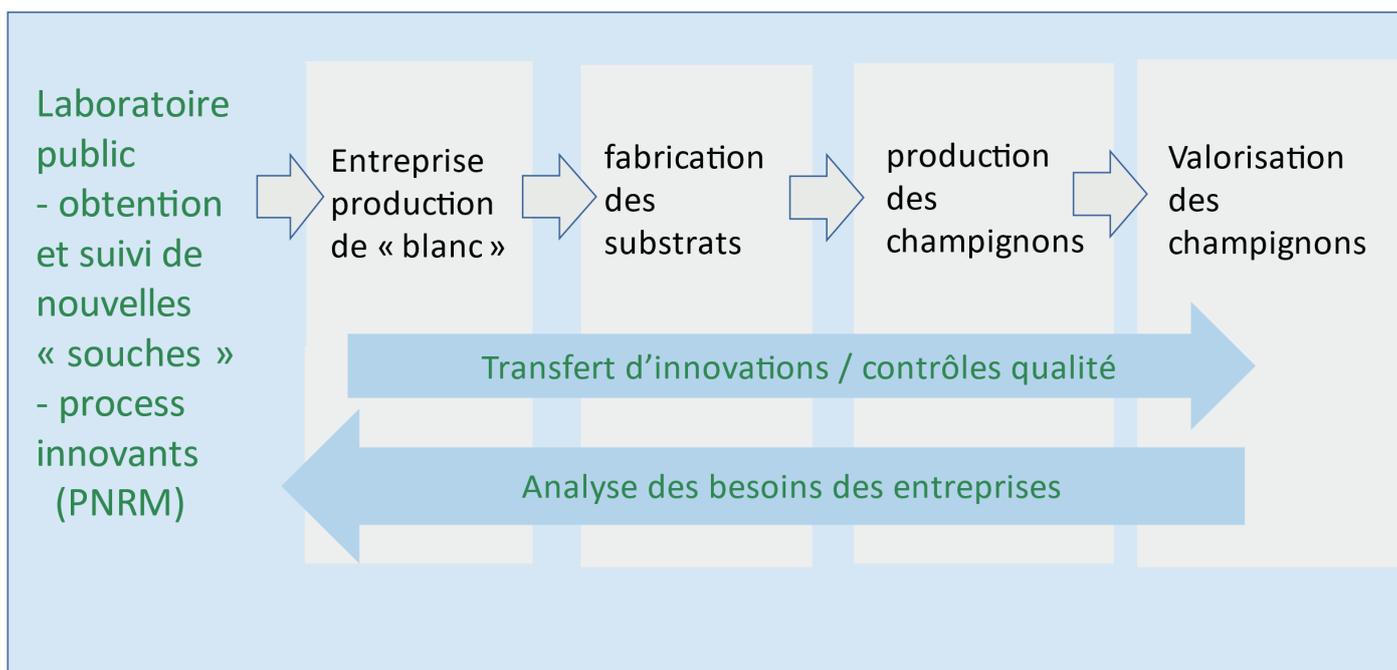
Ce modèle industriel est également en fait un frein pour l'innovation dans le domaine des techniques agroécologiques et pour la conception et le développement de modèles agricoles territorialisés (champignons d'origines locales, cultivés sur substrats locaux de manière responsable, répondant aux besoins et demandes locales, commercialisés en circuits courts...).

En résumé, comme dans le cas des productions agricoles, deux modèles s'opposent ainsi : un modèle très industriel et des modèles propres à une « agriculture familiale » et selon des procédés de type « agroécologiques ».

Ces derniers reposent sur la mise en place de filières locales qui répondent à des critères de qualité et de traçabilité plus exigeants et plus en phase avec les nouvelles demandes sociétales : mycéliums cultivés issus de champignons récoltés initialement en forêt tropicale locale (et non de souches mycéliennes importées initialement de métropole ou des USA...), maîtrise locale de la multiplication de ces mycéliums à des fins de production de « semences » (= « blancs »), mycéliums adaptés à des substrats végétaux d'origines locales (sous-produits forestiers et sous-produits agricoles), méthodes de culture peu coûteuses en termes d'énergie mais également peu exigeante en termes d'équipements, espèces choisies pour répondre à des demandes locales, de la restauration, l'agroalimentaire artisanale, les consommateurs locaux...

Perspectives dans la Caraïbe

Le projet Myconova vise à développer un modèle de chaîne de valeur qui garantit une démarche de qualité à travers toutes les étapes de cette chaîne, comme cela est présenté dans la diapositive 30 du diaporama. Cette chaîne de valeur sera établie en Martinique, avec un effort ensuite de transfert dans d'autres territoires caribéens.



La présentation explique ensuite les travaux concrets qui sont menés actuellement dans le laboratoire mis en œuvre par le PNRM : obtention de souches mycéliennes locales, tests de substrats en petits volumes avant de passer à une échelle de production agricole.

Les pistes de développement sont enfin évoquées : produits agroalimentaires associant champignons et autres produits locaux de l'agriculture ; mycomatériaux fabriqués à partir de mycéliums se développant sur substrats végétaux (cartons, sous-produits forestiers ou agricoles, cuirs à base de mycéliums).

Nous retiendrons trois points en conclusion :

1. Une grande ressource en termes de biodiversité, ressource qui reste à découvrir
2. Un modèle de filière à mettre en place, avec une démarche de qualité exemplaire
3. Une filière qui répondra à une demande croissante en champignons

"L'aliment champignon" : caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques des champignons. Une « cuisine santé » grâce aux champignons. Restaurants spécialisés et autres projets de valorisation en Espagne, France métropolitaine, Québec. Opportunités dans les Caraïbes.

Les champignons présentent des caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles bien spécifiques.

Caractéristiques organoleptiques (ou « gastronomiques »).

Les saveurs des champignons comestibles.

Deux saveurs dominantes constituent le bon goût des champignons : la saveur umami ou délicate et une saveur sucrée. Une légère amertume peut être agréable également au goût mais la saveur amère ne doit pas dominer sur les deux autres.

Les saveurs des champignons :

- deux ou trois saveurs bien marquées : umami (= « délicate ») + sucré + amer
- deux saveurs très peu marquées : acide et salé.

Ces saveurs sont liées à la présence de différents types de molécules en solutions dans les liquides cellulaires (cytoplasmes) des filaments constituant les tissus des champignons :

- **Acides aminés libres (acides aminés au goût umami, acides aminés sucrés**, acides aminés amers, acides aminés insipides)
- **Ribonucléotides** (ribonucléotides au goût umami)
- **Sucres** ou molécules proches à goût sucré : le tréhalose, un peu de glucose, du mannitol

La bonne saveur des bons champignons repose ainsi sur une combinaison d'une diversité de molécules, qui sont maintenant bien connues.

Comparativement à d'autres bons champignons comestibles, les pleurotes sont riches en ces deux saveurs umami et sucrée.

La valeur EUC traduit pour un champignon sa combinaison en acides aminés et ribonucléotides responsables de la saveur EUC. Si certains champignons se suffisent à eux-mêmes pour être « délicieux » (le Cèpe en particulier), le Pleurote révélera plutôt sa saveur umami quand il sera cuisiné avec un autre aliment riche en umami. Un tableau présente les valeurs umami de différents aliments. La combinaison de deux ou plusieurs aliments riches en umami révèle une « synergie umami ».

La Synergie umami résulte de la combinaison d'aliments riches en ces deux types de molécules :

Aliments riches en acides aminés au goût umami

- Algues
- **Champignons**
- Tomate bien mûre, séchée
- Asperge verte
- Poireau, Oignon, Brocolis
- Pomme, Noix fraîche
- Shoyu, Pâte de miso
- Parmesan, Roquefort
- nuoc mam, anchois, saumon,
- Jambon cru, poulet, canard, porc, œuf

Aliments riches en ribonucléotides au goût umami

- Algues
- **Champignons**
- Tomate mûre au soleil
- Asperge verte
- Katsuo-bushi (bonite fumée et séchée japonaise), Sardine, Pâte d'anchois, Noix de Saint Jacques, Oursin, Maquereau, Thon, Saumon
- Crabe, Crevette, Homard
- Poulet, Porc, Bœuf

Les arômes

Les champignons libèrent des molécules aromatiques volatiles, qui sont captés par l'odorat et par la rétro-olfaction.

Des analyses par chromatographie en phase gazeuse permettent d'identifier et quantifier les molécules aromatiques d'une espèce donnée de champignon. Le profil aromatique d'une espèce révèle des arômes de différentes familles aromatiques : arômes typiques de « champignon », arômes de fruits, de fleurs, d'amande...

Une étude de 2020 a permis de distinguer 13 familles d'arômes et 60 notes aromatiques. Une roue des arômes permet ainsi de comparer les odeurs ressenties en sentant (odeurs) ou goûtant (rétro-olfaction) un champignon avec les notes aromatiques proposées de façon à caractériser ce champignon. L'intérêt est culinaire : il est intéressant en effet d'associer des aliments qui révèlent des arômes communs. Cela donne des nouvelles idées de recettes. Par exemple, les champignons vont s'associer souvent bien avec des fruits : fruits exotiques, agrumes. Autre exemple : certains champignons avec des crustacés...

La cuisine des champignons est ainsi à la fois une cuisine des saveurs et une cuisine des arômes.

Caractéristiques nutritionnelles

Les nombreuses études scientifiques récentes confirment l'intérêt nutritionnel des champignons qui a « depuis toujours » été pris en compte dans de nombreux régimes alimentaires traditionnels asiatiques.

Les qualités nutritionnelles des champignons peuvent être regroupées en 5 thèmes.

1. **Un aliment très peu calorique** mais qui présente **un très bon indice de satiété**. Trois raisons complémentaires :
 - Fibres / volume bol alimentaire
 - Aliment savoureux
 - Molécules à effet «coupe-faim»
2. **Un aliment à très faibles indice et charge glycémiques** (très peu de glucose dans le sang et la lymphe).
3. **Des fibres prébiotiques intéressantes** (ayant une action très favorable sur la «bonne flore intestinale»)
4. **Des molécules précieuses** qui font des champignons des «aliments fonctionnels» :
 - Vitamines du groupe B, Vitamine D
 - Antioxydants (Ergothionéine, glutathion)
 - Glucides fonctionnels aux effets puissants sur l'immunité : Bêta-glucanes
 - Certains oligoéléments : Cuivre, Zinc, Fer
5. **Une alternative à la viande**
 - Bonne valeur protéique
 - Textures qui rappellent des textures de chairs animales
 - Saveur umami très présente, comme dans les viandes et poissons

La présentation insiste particulièrement sur l'un de ces facteurs, en relation avec un problème mondial de santé alimentaire qui correspond aux désordres métaboliques conséquents aux excès d'aliments riches en sucre, à indice glycémique élevé (sucre au sens courant du terme, céréales, pomme de terre...). Les champignons présentent en effet un indice glycémique quasi nul. Le remplacement d'un aliment sucré par une ration de champignon permet ainsi d'améliorer un régime alimentaire.

Des pistes culinaires sont ensuite proposées et qui permettent d'obtenir des plats savoureux tout en limitant l'usage des cuissons à sec et qui dégradent les huiles (acides gras) et les protéines.

Les marinades et la lactofermentation sont également des solutions intéressantes pour rendre bien assimilables des champignons. Les effets de ces modes de transformation sur les caractéristiques nutritionnelles et l'assimilabilité des champignons doivent cependant faire l'objet d'études plus poussées.



Les ateliers

Culture de champignons: fabrication des «blancs» servant à ensemercer les substrats, préparation de substrats à partir de bagasse, mise en place de «murs de substrats» permettant une production importante de champignons.

L'atelier présentait les différentes étapes d'une production de champignons et, dans le même temps, les travaux menés actuellement au laboratoire du PNRM.

La première étape correspond au « clonage » des souches mycéliennes à partir de champignons récoltés dans la nature et de la multiplication et conservation de ces mycéliums sur des milieux nutritifs stériles en boîtes de pétri. Au fil des découvertes de champignons comestibles intéressants dans la nature, cette première étape de la culture permet de constituer petit à petit une mycothèque d'espèces et souches locales, spécifique à un territoire.

La deuxième étape correspond à la production de « blanc ». Pour élaborer ce blanc, du mycélium est transféré en conditions aseptiques depuis une boîte de pétri vers l'intérieur d'un flacon contenant des graines de céréales prégermées et stérilisées en autoclave. Après 15 jours environ, le mycélium a complètement envahi ces grains. Les grains envahis vont être utilisés pour ensemercer ensuite **un substrat**, constitué d'une matière végétale broyée, immergées puis éventuellement traitée à la chaux ou à la chaleur.

Préparation du substrat.

La méthode montrée pendant l'atelier est très simple puisqu'elle consiste en un simple trempage de la bagasse (48 h), suivi éventuellement d'un trempage dans de l'eau additionnée de chaux éteinte – $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La chaux est nécessaire si la bagasse (ou une autre source de matière végétale) est déjà un peu contaminée par des moisissures (si cette bagasse a été conservée dans des conditions humides). Si la bagasse est fraîche ou a été séchée dans de bonnes conditions avant son utilisation, un trempage à l'eau simple est suffisant, dans le cas des Pleurotes qui sont des champignons qui résistent bien à la concurrence d'un champignon concurrent du genre *Trichoderma*.

Le trempage long dans l'eau permet le développement de bactéries (*Bacille subtil*) qui a une action antagoniste contre le *Trichoderma*.

Ces méthodes de « traitement à l'eau froide et à la chaux », non classiquement utilisées dans le cadre des productions industrielles de champignons, demandent à être étudiées de manière scientifique. Cela pourra faire l'objet d'un travail au laboratoire du PNRM.

Ensemencement du substrat par le blanc.

L'ensemencement est fait à raison de 2% minimum de poids de « blanc » par rapport au poids de la bagasse humide. Si le blanc n'est pas coûteux, il est intéressant d'augmenter ce pourcentage. Ce n'est pas tant le fait d'accélérer le processus d'envahissement ensuite du substrat par le mycélium issu du blanc que d'enrichir le milieu avec des graines de céréales. Le rendement final peut s'en trouver améliorer. On rappelle que on ne peut enrichir le substrat avec des céréales non préalablement envahies par le mycélium du champignon cultivé. Au contraire, une graine non protégée par du mycélium favorisera la germination et le développement de spores de *Trichoderma*.

Incubation ou développement du mycélium dans le substrat.

Une méthode intéressante est la culture en « murs ». Le substrat ensemercé est disposé dans des moules constitués par des parois verticales percées de trous de 1 à 1,5 cm de diamètre. Les deux parois principales sont espacées de 30 cm maximum, pour éviter un échauffement au centre de la masse de substrat au cours de l'incubation. En effet, le mycélium produit de la chaleur quand il se développe, à travers le mécanisme de la respiration cellulaire. (Une bonne porosité du substrat est nécessaire pour que la chaleur puisse être évacuée correctement et échangée avec l'atmosphère extérieure. Selon les caractéristiques du substrat, l'espacement entre les parois verticales peut en fait être réglé (25 cm au lieu de 30 cm par exemple).

Fructification.

Les champignons vont fructifier par les trous pratiqués dans les parois du murs, un mois environ après ensemencement dans le cas des pleurotes. Trois volées (de 3-4 jours, espacées de 10-15 jours) se développeront. Les rendements de ces volées seront à priori d'environ 8-10 % de poids de champignons par rapport au poids de la bagasse humide (70% d'humidité) pour la première et quelques % pour les deux autres. Dans ces conditions très simples et peu coûteuses de préparation du substrat, 15 % de rendement peut être considéré comme un bon résultat. Les champignons se développent bien dans une atmosphère éclairée (naturellement si possible, bien qu'il soit possible de les cultiver sous lumière artificielle), bien aérée et suffisamment humide. Ce dernier point est essentiel et les solutions concrètes pour maintenir une hygrométrie constante (85-90 %) vont dépendre des saisons, du bâtiment (en dur, serre, ombrière...), de l'environnement végétal (cultures mixtes champignons-plantes sous serre ou ombrières...). Il est intéressant de garder en mémoire les conditions naturelles forestières qui entourent les fructifications naturelles des champignons, de façon à essayer de se rapprocher de ces conditions dans le cadre d'une culture de champignons.



Atelier cuisine

Démonstration de principes de « cuisine facile ». Une cuisine alliant gastronomie et nutrition.

L'atelier cuisine avait deux objectifs concrets principaux :

- Démontrer une méthode très simple et saine de cuisine, bien adaptée aux champignons mais également aux légumes et à une viande blanche (poulet dans cette démonstration).
- Démontrer l'intérêt de préparations mixées associant champignons et légumes, champignons, légumes et poulet, champignons, légumes, poulet et tomate.

La cuisson vapeur des champignons et autres produits.

Intérêts de la cuisson vapeur.

La cuisson à la vapeur (en cuit-vapeur et non en cocotte-minute) est bien sûr largement connue et pratiquée par les amateurs de « cuisine-bien-être ». Ce terme « bien-être » est utilisé pour traduire la notion de « bien-être alimentaire » qui correspond à une alimentation savoureuse sur le temps du repas mais qui a également des conséquences positives sur les sensations d'après-repas (regain de forme, vitalité...) et sur la santé en général.

Il faut éviter de cuire les produits trop longtemps à la vapeur. Les temps nécessaires à cuire les aliments sont équivalents aux temps de cuisson des mêmes aliments à la poêle (y compris les viandes rouges !).

La cuisson à la vapeur concentre les arômes et la plupart des principes nutritionnels. Elle est très différente de la cuisson à l'eau. Un problème de la cuisson vapeur est toutefois un lavage de certains anti-oxydants intéressants qui se retrouvent dans l'eau contenue sous le panier de cuisson. Dans certains cas, si les produits cuits sont de qualité, sans pesticides, il peut être intéressant d'utiliser cette eau après cuisson pour l'utiliser dans une autre préparation (purée de légumes, etc.)

La cuisson à la vapeur permet de cuire sans chauffer une huile et sans induire des produits de la réaction de Maillard, produits qui participent principalement au « bon goût de rôti, grillé... » mais qui sont un peu toxiques quand consommés en trop grandes quantités.

Utilisation d'une huile crue avec des aliments cuits à la vapeur. Un filet d'huile sur des produits cuits à la vapeur permet de fixer et valoriser les arômes naturels des aliments. Comparés aux mêmes aliments ayant été toastés ou poêlés, on pourra être déçus dans un premier temps d'être privés des arômes de rôti liés à la réaction de Maillard. Mais en contrepartie, il sera possible de mieux ressentir les arômes naturels des aliments, sublimés par une bonne huile crue.

Sur le plan nutritionnel, il faut rappeler que la cuisson d'une bonne huile, caractérisée par des acides gras insaturés nécessaires à la santé (acides gras de type oméga 3 en particulier), détruit rapidement ces acides gras insaturés et les transforme en radicaux libres qui ont des effets négatifs sur la santé.

Mélange de produits cuits à la vapeur et de produits crus.

Un plat peut avec profit être constitué de produits cuits à la vapeur et de produits très peu cuits (= rajoutés dans le cuit-vapeur en fin de cuisson) ou crus (persil, ail, oignon, échalotte...en particulier).

Mixage des produits après cuisson.

L'atelier voulait démontrer qu'un mixage de champignon avec d'autres produits permet d'élaborer des préparations savoureuses et intéressantes du point de vue de leur texture. Les tissus de champignons ont en effet des propriétés émulsifiantes qui permettent d'obtenir des textures qui « se tiennent bien » et qui sont légères (car « emprisonnant » de l'air). La nature fibreuse de la chair de la plupart des champignons évoque celle d'une viande ou de la chair de certains poissons. Mixés ensemble, des champignons et une viande blanche ou bien des champignons et de la chair de poisson permettent d'élaborer des produits de types « rillettes » présentant une texture intéressante.

Par ailleurs des **mélanges entre champignons et légumes** offrent des textures et des saveurs intéressantes, particulièrement pour les végétariens qui ont une certaine mémoire et nostalgie des textures et saveurs de viandes.

L'addition de chair de tomate dans une recette aux champignons ou dans une préparation mixée permet d'élaborer des recettes savoureuses, du fait notamment d'une synergie umami efficace entre tomate et champignons.





SENS & TERRITOIRE

Conception

Jean Rondet / SENS ET TERRITOIRE / www.sensterritoire.com



Infographie Couverture / Mise en page / Photographies

Alexandre Parolo / OSTPROD / www.ostprod.com

Crédit photo couverture : DEAL Martinique.

MYCONOVA CARAÏBES

SÉMINAIRE DE VALORISATION DU PROJET

Les actes du Séminaire

Un document réalisé dans le cadre du programme de coopération européenne Myconova.

Ce document présente les résumés des communications faites lors du premier séminaire de valorisation des résultats du programme Myconova-Caraïbes. Les communications détaillées seront par ailleurs accessibles et téléchargeables en ligne.

Durant ces deux journées de rencontre, dans le cadre idéal du Domaine d'Émeraude, le public a manifesté son grand intérêt pour ces deux thématiques très innovantes :

- La valorisation des champignons de service qui vivent en symbiose avec les plantes cultivées (session 1 du séminaire)
- La culture et la valorisation alimentaire des champignons comestibles (session 2 du séminaire).

Cet intérêt s'explique sans doute par les évolutions des contextes agricole et alimentaire. Ces évolutions nous poussent en effet à rechercher des solutions durables à des questions qui deviennent cruciales aujourd'hui :

- Comment s'adapter dans l'avenir au renchérissement des engrais ?
- Comment trouver des solutions alternatives à l'usage des pesticides dans les cultures ?
- Comment favoriser une meilleure captation de l'eau des sols par les systèmes racinaires, dans un contexte de réchauffement du climat et d'épisodes plus fréquents de déficits hydriques ?
- Dans un contexte de renchérissement des produits alimentaires et de recherche d'une meilleure autonomie alimentaire, comment produire localement de nouveaux aliments d'intérêt nutritionnel et dont la production ne demande ni ressource foncière nouvelle ni intrants importés ?

Nous espérons que les communications de la première session apporteront aux lecteurs des réponses nouvelles aux trois premières questions et que celles de la deuxième session susciteront de nouvelles vocations pour développer la production et la valorisation des champignons comestibles sur des sous-produits agricoles et forestiers largement disponibles dans nos territoires.



Partenariat : Chef de file - Parc Naturel Régional de la Martinique / Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles / Institut Mycologique Européen / Exploitation Agricole Jacky Pascault / Domaine Thieubert Rhums Neisson / Centre d'Etude de Biotechnologie Industriel - Cuba