

# MYCONOVA CARAÏBES

## Le monde des champignons

### Dans la Caraïbe



**Interreg**  
Caraïbes  
MYCONOVA  
Fonds européen de développement régional



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







# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	7
<b>I- Les champignons des forêts tropicales</b> .....	8
Les champignons forestiers du dessus du sol.....	8
Les champignons du dessous du sol de la forêt tropicale.....	20
<b>II- Les champignons des forêts tempérées, méditerranéennes, boréales</b> .....	33
<b>III- La communication entre les arbres grâce aux champignons</b> .....	36
<b>IV- Les champignons des espaces agricoles caribéens</b> .....	39
<b>V- Ces champignons microscopiques qui accompagnent notre alimentation</b> .....	43
Les champignons qui dégradent nos fruits et nos légumes.....	43
Comment conserver les fruits et les légumes, face à ces « moisissures » ?.....	45
Les champignons microscopiques, artisans chimistes de nos produits gourmands.....	46
<b>VI- Une petite synthèse sur les modes de vie des champignons</b> .....	52
<b>VII- Les champignons qui nous nourrissent</b> .....	55
Les champignons alimentaires dans le monde.....	55
Dans les Caraïbes et en Amazonie. Les champignons : « la dernière vie des arbres ».....	57
Trois genres de champignons parmi les plus consommés dans la Caraïbe.....	59
<b>VIII- Conclusion</b> .....	70
Qu'est-ce qu'un « champignon » ? .....	70
Les champignons et les plantes.....	71
La révolution des champignons ?.....	71
<b>IX- Bibliographie</b> .....	72



# INTRODUCTION

L'objectif de ce livre est de présenter en 70 pages illustrées le monde des champignons dans la Caraïbe.

Comment faire cela d'une manière simple et en même temps qui soit suffisamment fidèle à la très grande diversité des formes, des habitats, des fonctions écologiques et des usages des champignons ?

Car le monde des champignons est aussi immensément riche que le monde des animaux et que le monde des végétaux...

Simplement, il nous est moins familier. Car il est pour une grande part secret, caché. Les formes qui nous apparaissent comme des « champignons » selon le sens commun ne sont qu'une petite partie de cet univers d'organismes fongiques.

Les champignons nous sont moins familiers également car ils n'ont été, encore aujourd'hui, que très peu étudiés, comparativement aux animaux et aux plantes.

Ce livre est une introduction à la découverte des champignons. Le lecteur aura ensuite la possibilité d'approfondir de nombreux aspects dans une série de cinq ouvrages produits dans le cadre du projet Interreg Caraïbes Myconova, projet piloté par le Parc Naturel Régional de Martinique.

Les références de ces livres sont données dans la petite bibliographie située à la fin de cet ouvrage. Ces livres sont accessibles sur le site du projet : [www.myconova.eu](http://www.myconova.eu).



# I- LES CHAMPIGNONS DES FORÊTS TROPICALES

## Les champignons forestiers du dessus du sol.

---

Il existe deux grands types de champignons dans la forêt : ceux que nous pouvons découvrir au-dessus du sol et ceux qui vivent cachés dans le sol.

Dans les forêts tropicales, les champignons que nous pouvons rencontrer le plus souvent vivent sur les bois morts. Ils ont une fonction essentielle : celle de recycler les nutriments des végétaux morts de façon à rendre ces nutriments (les minéraux et des produits azotés) à nouveau disponibles pour les végétaux vivants. Les champignons des bois morts sont ainsi des acteurs essentiels du cycle de la vie des plantes dans la nature.



**Illustration et photos :** randonnée mycologique et découverte des champignons des bois morts et des litières de feuilles.





## Diversité des champignons. Diversité des champignons dans la Caraïbe.

D'une manière générale, la diversité fongique mondiale est considérable, bien qu'il soit encore aujourd'hui difficile de proposer des chiffres précis. Les estimations les plus connues de différents auteurs scientifiques vont de 500 000 espèces à 10 millions. L'estimation la plus crédible se situant à 1,5 millions d'espèces, c'est-à-dire environ trois fois plus de champignons que de plantes.

Il faut compter dans cette estimation les champignons appelés globalement **macromycètes** car ils produisent des fructifications de tailles importantes (ce sont les « champignons » tels que nous comprenons ce mot habituellement) mais également tous les champignons dits inférieurs, microscopiques, appelés encore **micromycètes** et qui sont innombrables. Il suffit de penser à toutes les « moisissures », les champignons parasites des feuillages et puis encore des champignons très invisibles car ils développent leurs mycéliums et leurs spores dans les sols et dans la diversité des matières organiques.

Une approche d'estimation consiste à procéder par extrapolation et à rechercher, dans un milieu donné, le rapport de diversité entre plantes supérieures et champignons. Les observations dans un écosystème donné montrent qu'il y a toujours plus de champignons que de plantes. Le rapport est au minimum de 3,5 fois plus de champignons que de plantes mais dans beaucoup de milieux il est souvent plus important, jusqu'à 8,5 et plus encore.

Dans la Caraïbe, il est vraisemblable que les conditions tropicales, favorables à une biodiversité foisonnante, entraînent un rapport encore plus élevé : la diversité des organismes (mousses, lichens, fougères, plantes supérieures, animaux, et champignons macromycètes eux-mêmes qui peuvent être colonisés par des champignons inférieurs...) auxquels peuvent être spécifiquement associés divers groupes de champignons est supérieure aux situations connues en zone tempérée. Tout ceci peut encore accroître les chiffres potentiels.

En se basant sur les études réalisées dans différents territoires des Caraïbes et sur ses propres prospections ainsi que de celles de mycologues qui s'associent à ses recherches (dont le mycologue martiniquais Jean Pierre Fiard), Régis Courtecuisse estime la biodiversité fongique des Petites Antilles à 20 ou 30 000 espèces. Parmi celles-ci, environ 1500 espèces seulement sont identifiées [1].

En Guyane française, un inventaire des seuls champignons macromycètes, dans 126 parcelles forestières et durant plusieurs années (les macromycètes ne fructifient pas tous les ans !) a permis de distinguer 5219 spécimens d'espèces différentes [2]. Un champignon, comme tout organisme vivant se définit par un nom de genre (exemple : *Cantharellus*, la « Chanterelle ») et un nom d'espèce (*coccolobae*, « du *Coccoloba* »). Quand un champignon nouveau est découvert, il est, par comparaison avec les champignons déjà connus, rattaché déjà à un genre, puis éventuellement rattaché à une espèce déjà décrite dans le monde. Si ce n'est pas le cas, on va lui attribuer un nom d'espèce nouvelle. C'est un travail qui demande des connaissances initiales approfondies très spécialisées et un travail difficile de toute façon. Ainsi, cet inventaire a permis de classer

ces 5219 spécimens en 245 genres, appartenant à 75 familles. Seulement 27 % de ces champignons ont été identifiés au niveau de l'espèce (quand on ne connaît pas l'espèce, le champignon est nommé par le nom de genre suivi de sp. (qui signifie species, c'est-à-dire espèce). Par exemple, pour un Lentin dont nous parlerons plus loin, on écrira : *Lentinula sp.*). Sur la base de ce travail d'inventaire, les auteurs concluent à une diversité extraordinaire au sein de la forêt tropicale.

Des études similaires se déroulent dans une diversité de territoires de la Caraïbe et témoignent de cette diversité mais également aujourd'hui du très grand potentiel de découverte mycologique. C'est une façon positive de dire que nous savons encore bien peu de cette diversité, les mycologues étant également des personnes assez rares !



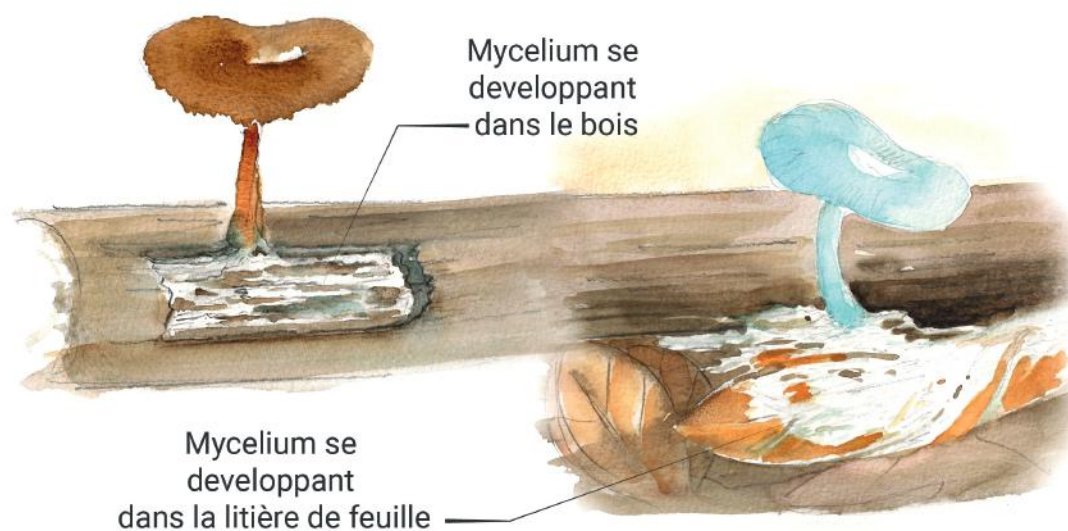
## Les deux « formes » des champignons : les fructifications et le mycélium.

Certains jours, après une période de pluie, une randonnée en forêt nous permettra de voir de nombreux champignons différents qui apparaissent sur une diversité de bois morts ou de litières de feuilles.

D'autres fois, au contraire, les champignons restent invisibles.

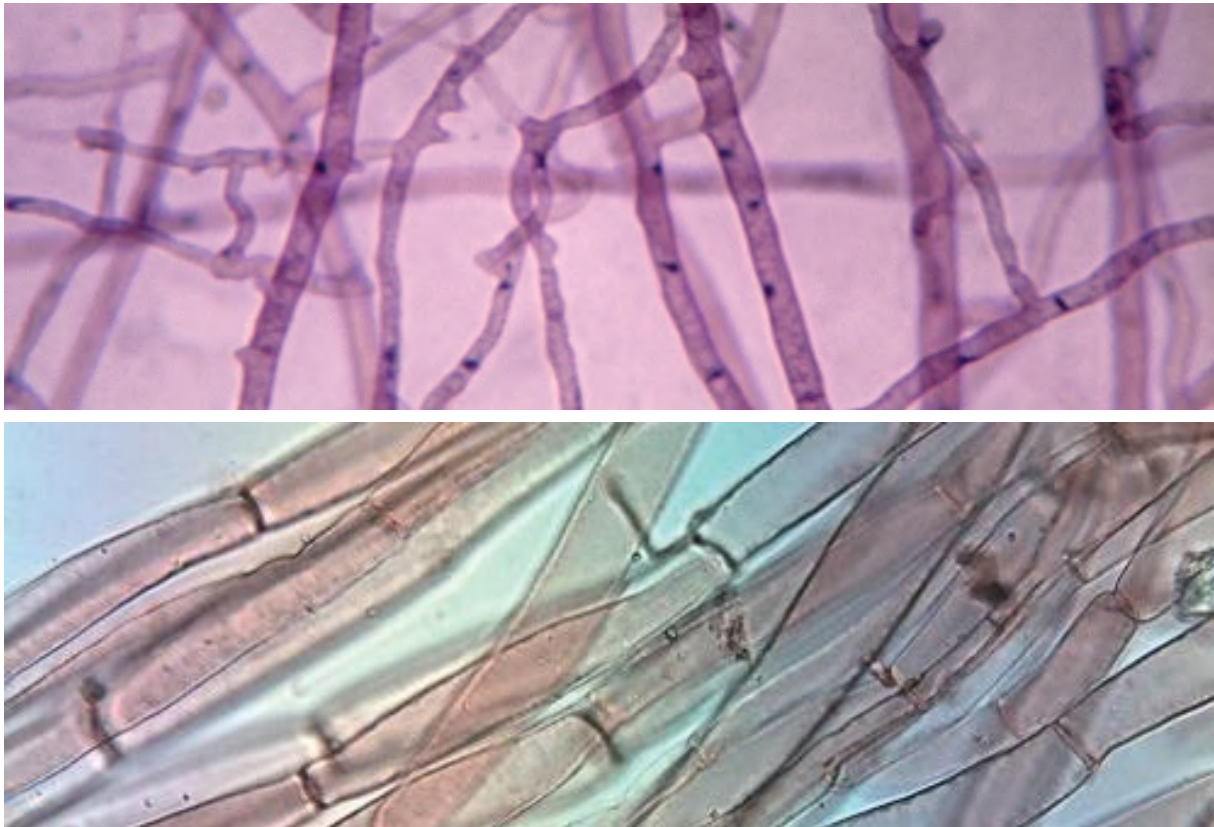
En réalité, ils sont bien là mais ils vivent le plus souvent sous la forme de réseaux de mycéliums qui se développent à l'intérieur des substrats dont ils se nourrissent.

De temps en temps seulement, le mycélium d'un champignon se met à produire des petites pelotes de mycélium de 1 ou 2 mm de diamètre, des primordias, qui vont ensuite évoluer en quelques jours en des fructifications bien visibles. Communément, le mot « champignon » désigne ainsi les fructifications des champignons, c'est-à-dire la forme la plus apparente. En réalité, la forme principale d'une espèce de champignon est bien son mycélium.



**Schéma :** représentation de fructifications qui naissent à partir de colonies de mycéliums présentes dans du bois ou une litière de feuilles. le mycélium se développe pendant des mois (dans les feuilles) ou même des années (dans le bois). Les fructifications se développent en quelques jours au dépend des réserves contenues dans les mycéliums

## La forme secrète des champignons : le mycélium.



**Photos :** *observation de filaments mycéliens au microscope.*

Le mycélium est constitué de filaments très fins, de quelques microns de diamètre. Quand ces filaments sont isolés, on ne peut les voir à l'œil nu, d'autant qu'ils sont translucides. Il nous faut utiliser le microscope. Avec cet outil, nous pouvons découvrir les points communs des mycéliums : ils forment des réseaux de tubes très fins qui s'étendent sur les substrats qu'ils colonisent.

Ces deux mycéliums différents appartiennent à des champignons distincts. Ces filaments apparaissent comme des files de cellules allongées, mises bout à bout. Nous voyons bien les cloisons transversales qui séparent les cellules les unes des autres.

Les mycéliums possèdent une grande capacité à pénétrer et se disséminer dans une grande diversité de substrats. Le faible diamètre des filaments mycéliens ou hyphes (5 à 10 micromètres pour la plupart des espèces) et l'extension du réseau mycélien permettent au champignon d'assurer une surface maximale de contact entre lui et le milieu dont il tire ses éléments nutritifs.

## Les mystères de la fructification.

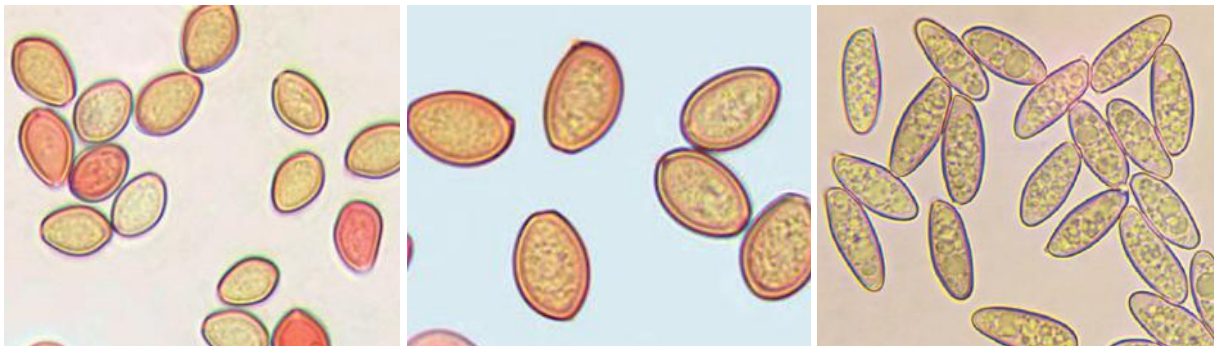
Pourquoi les champignons se mettent-ils à fructifier ? Pourquoi ne pas rester tranquillement à l'intérieur de leurs substrats ?

Quel que soit le phénomène qui déclenche le processus de fructification, la fonction de la fructification est toujours la même : il s'agit pour le champignon de se propager dans l'environnement à travers son autre forme de vie qui est la spore.

En effet, ces fructifications produisent, au niveau de leurs lamelles des millions de spores qui vont être entraînées par l'air et l'eau, parfois transportées par des insectes ou mêmes consommées et rejetées par certains animaux qui mangent les fructifications avec leurs spores...



**Illustration** : Schématisation d'un nuage de spore s'échappant d'une fructification de Lentin.



**Illustrations** : diversité des formes et couleurs des spores de champignons.

## Où vont les spores et que deviennent-elles ?

Nous disions que les spores étaient entraînées et transportées mais jusqu'où ?

Le transport par le vent peut être très lointain. Les spores sont très légères et la haute atmosphère est riche en spores de champignons qui parcourent le monde ! Parfois au contraire, le déplacement s'effectue à la vitesse d'une limace qui aura mangé le champignon et rejeté les spores dans ses déjections, à quelques mètres de la fructification initiale.

Quelle que soit la distance de transport, pour pouvoir redonner vie à un nouveau mycélium, la spore devra se retrouver en contact avec un milieu nutritif qui lui convienne. Pour les spores de champignons qui décomposent le bois, il leur faudra être en contact avec un bois similaire ou de caractéristiques proches ! Donc ce n'est pas gagné ! De plus, il faudra que la place ne soit pas déjà trop occupée par un ou plusieurs autres champignons. De plus encore, ces petites spores que nous ne voyons pas sont des aliments de choix pour de minuscules animaux ou pour de plus gros. C'est pourquoi les champignons produisent des millions de spores ! Car les chances de germer et de se développer sont très faibles !

Et enfin, à l'issue de ce voyage parsemé d'embûches, la spore devra rencontrer sur son substrat de vie une deuxième spore compatible...

## Petits animaux et champignons : une histoire de prédation et aussi de collaboration !

Une fois transportées ou même avant un éventuel voyage, les spores vont être ingérées par de nombreux petits ou plus gros animaux.

Certains utilisent mycéliums et spores comme des aliments qu'ils vont digérer. Des nématodes sont de bons consommateurs de champignons, tout comme les collemboles.

Les **collemboles** vivent dans les matières végétales en décomposition sur le sol forestier et dans l'humus assez humide. Certains sont omnivores et dévorent toutes matières organiques. D'autres sont des **spécialistes**, dont certains exclusivement de champignons.



**Photos** : deux représentants des collemboles dont un consommateur de mycélium et de spore de champignons d'après Christophe Salin.

Les **vers de terre** se frayent continuellement un chemin à travers les couches du sol de leur milieu de vie en ingérant la terre. La terre ingérée comprend des composants de débris, des bactéries, des spores fongiques et de nombreux organismes unicellulaires qui sont normalement digérés et utilisés comme nourriture. Mais les spores sont assez résistantes aux sucs digestifs pour ressortir indemnes de ce voyage intestinal. Certains auront même acquis une meilleure capacité de germination.

### **Les limaces : grandes amatrices de champignons !**

Les limaces aussi aiment les champignons. Mais qui ne les aime pas !



**Photos :** *limace dévorant une russule. D'après Natacha Leroux - Permaforêt.*

Grâce à leur radula, une bouche puissante, les limaces dégustent lentement leurs aliments, essentiellement riches en eau. Les champignons sont un met de choix. Toutes les limaces sont avant tout mycophages et ne craignent pas les toxines des champignons ; mieux, elles participent à disséminer les spores des champignons. Car de même que dans le cas des vers de terre, si les mycéliums sont à priori digérés, les spores se trouvent prêtes à germer à la suite de la digestion de cet animal finalement ami des champignons, comme tous ceux qui participent à la dispersion des spores dans la forêt.



## La sexualité des champignons : non pas deux sexes mais quatre ?

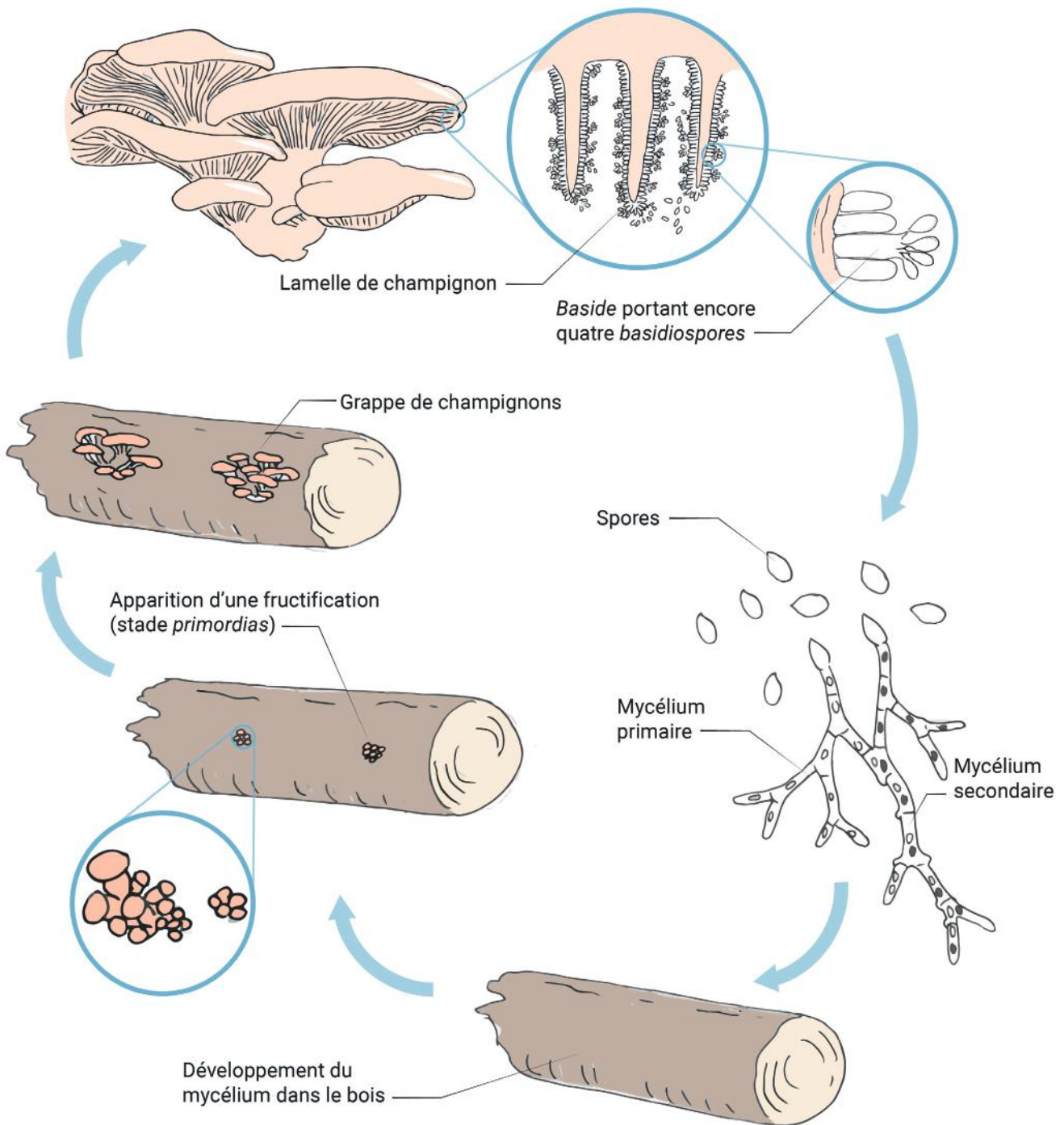
*Avertissement : cette page est réservée à la lectrice ou au lecteur intrépide qui n'a pas peur d'un petit mal de tête... Un papier et un crayon sont recommandés !*

Ces champignons qui nous sont familiers par leurs fructifications, ont une sorte de sexualité. Les spores ne contiennent chacune que la moitié du patrimoine génétique de l'espèce, de la même façon que chez les animaux ou nous-mêmes, l'ovule ou le spermatozoïde ne contiennent également que la moitié de notre patrimoine génétique.

En effet, il se produit dans les lamelles un processus particulier de division des noyaux qui fait que deux noyaux qui se forment ne vont contenir chacun que la moitié des paires de chromosomes de l'espèce. Ce processus cellulaire que l'on appelle la méiose a fait les cauchemars de nombreuses générations d'élèves de lycée quand il s'est agi de restituer ces connaissances dans une copie. Pour faire simple, rappelons que chez les mammifères (dont l'être humain bien sûr), l'ovule comme le spermatozoïde sont des cellules qui ne contiennent que la moitié des paires de chromosomes. (Les cellules de notre organisme contiennent 23 paires de chromosomes, ainsi 23 X 2 chromosomes tandis que le spermatozoïde et l'ovule ne contiennent donc que 23 chromosomes). Parmi les 23 chromosomes d'un spermatozoïde, l'un d'entre eux porte un caractère qui va déterminer plus tard le sexe de l'enfant : soit le chromosome X (la moitié des spermatozoïdes), soit le chromosome Y (l'autre moitié). Parmi les 23 chromosomes de l'ovule, l'un d'entre eux porte le caractère X. Tous les ovules sont X.

Quand l'ovule sera fécondé, les chromosomes du spermatozoïde seront réunis à ceux de l'ovule. L'ovule fécondé aura bien 23 X 2 chromosomes. Parmi les 23 paires de chromosomes, une paire réunira soit X (venant de l'ovule) et X (venant du spermatozoïde), soit X (venant de l'ovule) et Y (venant du spermatozoïde). Si l'ovule fécondé est XX, il donnera naissance à une fille, si l'ovule fécondé est XY, il donnera naissance à un garçon. Comme il y a statistiquement autant de spermatozoïde portant X que de spermatozoïde portant Y, il y aura finalement autant de garçons que de filles.

Chez les champignons, il y a 4 déterminants et non 2. On les nomme A, B, a, b. Quand une spore va germer, elle va donner naissance à un mycélium dont chaque cellule contiendra un noyau n'ayant que la moitié des chromosomes de l'espèce : soit A et B, soit A et b, soit a et B, soit encore a et b. Pour pouvoir redonner naissance à un individu complet, avec tout le matériel génétique de l'espèce, un mycélium portant les caractères A et B devra nécessairement rencontrer un mycélium portant a et b. Le mycélium résultant de la fusion des deux mycéliums issus de spores portera bien l'ensemble des facteurs A,B,a,b. Donc finalement, chaque champignon ayant tous les déterminants, on n'aura pas de champignons mâles et femelles ! Mais ce qui est très particulier, c'est que les noyaux cellulaires venant des deux mycéliums à un seul noyau (monocaryotique) ne fusionnent pas. Ils restent côte à côte dans la cellule. Donc, si on n'y regarde de près, il y aura bien 4 types d'individus chez une même espèce : ceux dont les cellules contiennent un noyau AB et un noyau ab, ceux qui ont deux noyaux Ab et aB, etc... Ouf ! l'explication est terminée !



**Schéma :** Le cycle d'un pleurote rose (*P. djamor*). Un pleurote peut se disséminer par fragmentation et bouturage de son mycélium. Il peut aussi se disséminer par les spores. Deux spores compatibles doivent germer à proximité l'une de l'autre pour que leurs mycéliums puissent fusionner. Seul le mycélium à deux noyaux (voir le texte) est fertile. Dans un premier temps le mycélium envahit le bois. Des pluies peuvent déclencher la fructification et donner naissance à des primordias. En quelques jours, ces primordias évoluent en fructifications matures qui peuvent engendrer des spores au niveau de leur lamelles.

## Qu'est-ce qui déclenche la fructification ?

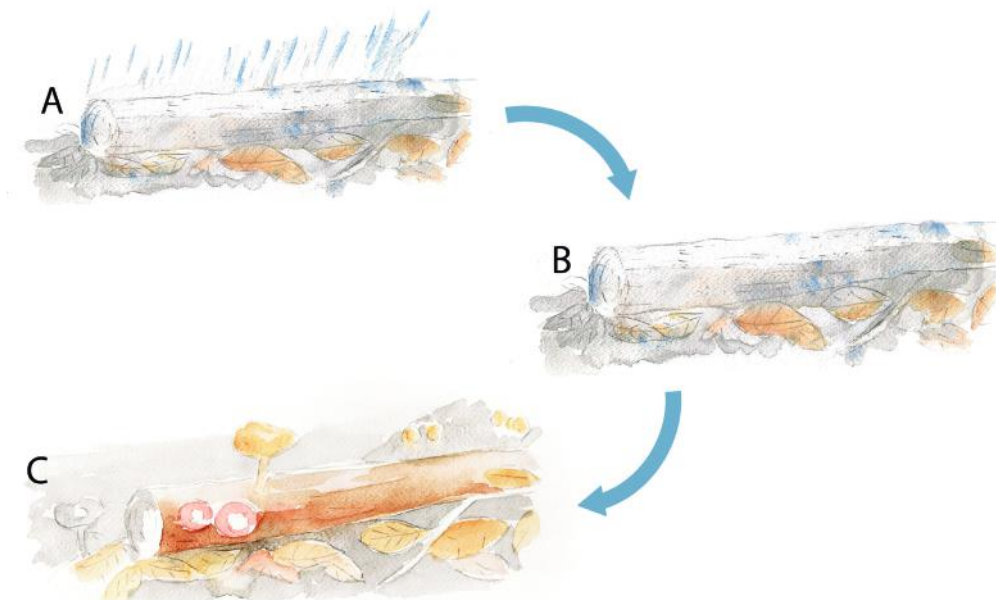
Cette question est un grand sujet de réflexion pour les amateurs de champignons et ceux qui veulent les photographier.

Tout le monde a pu constater que la pluie est au moins en grande partie responsable de la fructification.

Le mycélium semble réagir à un phénomène qui rend sa vie inconfortable. Si habituellement, il survit tranquillement en développant son mycélium, indéfiniment en quelque sorte, un stress climatique déclenche ce mécanisme de perpétuation et de dissémination de l'espèce qui est la production de spores.

Une pluie forte noie provisoirement le mycélium et cela peut expliquer dans de nombreux cas la formation des primordia. Au lieu de pousser de manière linéaire dans son substrat : le bois, les feuilles en décomposition, le mycélium se développe en se recroquevillant sur lui-même... Un primordia est né. Il évoluera ensuite selon le programme génétique de l'espèce en une fructification d'aspect caractéristique.

Le mycélium produit des fructifications également quand il réagit à un épuisement de son milieu nutritif. Cela est souvent lié à la pluie, car celle-ci, quand elle noie le bois, entraîne avec elle toutes les substances solubles du milieu et cela fait comme si les réserves du bois étaient déjà épuisées, même si ce n'est en fait pas le cas. Le mycélium, après une fructification, pourra reprendre sa croissance pour continuer à décomposer le bois. Les fructifications pourront ainsi se succéder durant des années jusqu'à ce que le bois se soit complètement transformé en humus, en minéraux solubles, en CO<sub>2</sub> et en eau.



**Schéma :** fructification des champignons à la suite de pluies. La pluie noie le mycélium et chasse les substances solubles (A). Après un temps de ressuyage (B), le mycélium se trouvant dans un milieu appauvri réagit en orientant son développement vers la formation de fructifications (C).

## Les champignons du dessous du sol de la forêt tropicale.

---

Comment imaginer que la vie des arbres imposants de la forêt tropicale soit liée étroitement à la vie de champignons invisibles, qui vivent dans le secret du sol ?

Il faut en effet de très bonnes loupes et de très bons microscopes pour découvrir dans les racinelles des arbres et dans le sol la présence de millions de km de filaments mycéliens et de milliards de spores dans le sol d'un seul hectare de forêt tropicale.



**Illustration** : les arbres des forêts tropicales vivent en symbiose avec des champignons microscopiques. Ces champignons développent des réseaux très importants de mycéliums qui prospectent le sol et relient entre eux les systèmes racinaires. Les filaments mycéliens produisent des spores de différentes tailles et couleurs.

## Comment ces champignons se présentent-ils de plus près ?

La photo suivante illustre leur présence. Le mycélium et les spores sont bien visibles car les champignons sont ici cultivés dans des milieux artificiels, en boîte de pétri, de façon à pouvoir être observés. Dans le sol naturel, ces filaments sont tellement fins et les spores si petites qu'elles demeurent cachées par la terre.

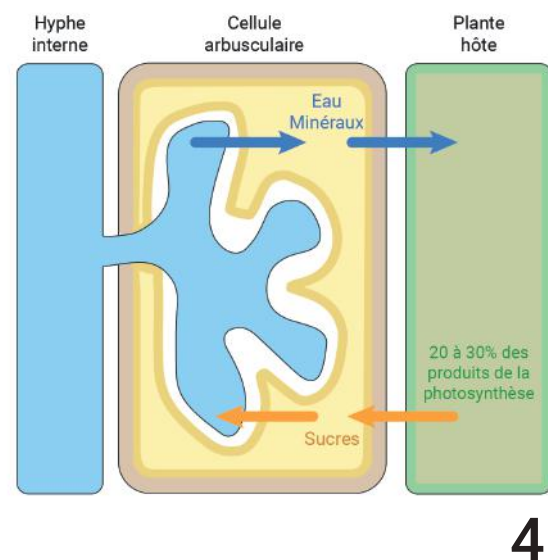
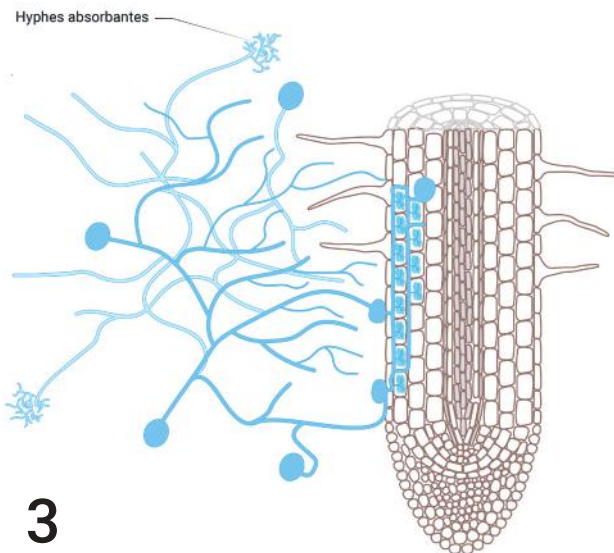
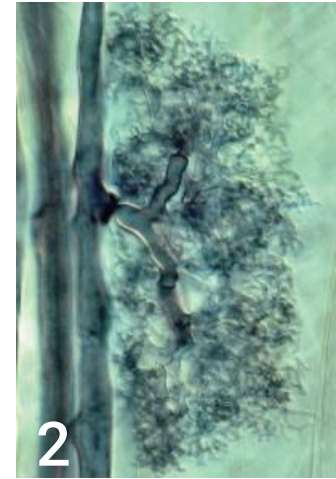
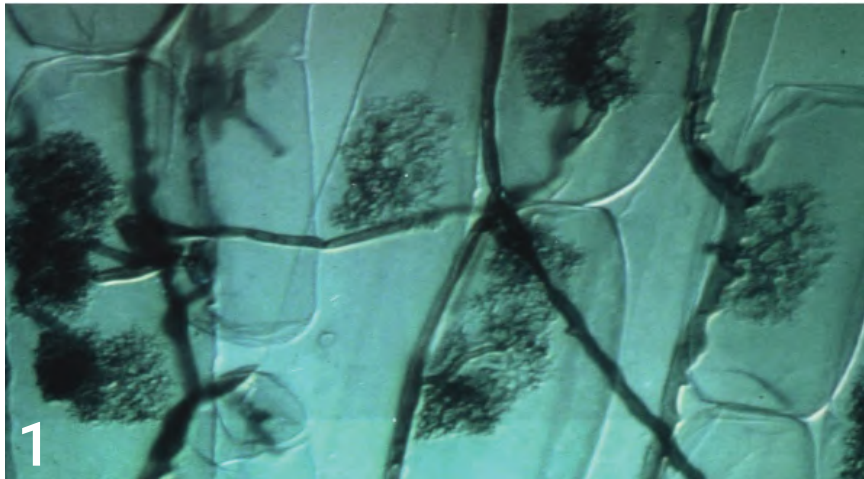


### **Ces champignons vivent à la fois dans le sol et à l'intérieur des racines.**

Ces champignons vivent en symbiose avec les arbres. Ils développent à la fois leur mycélium à l'extérieur de la racine, dans le sol mais également à l'intérieur.

Le mycélium extérieur a pour fonction d'aller absorber de l'eau, des minéraux et de l'azote soluble puis de transporter ces éléments jusqu'à la radicelle de l'arbre. Dans la radicelle, cette eau et ces minéraux et molécules azotées dissoutes vont être donnés aux cellules de la plante au niveau de structures étonnantes que l'on appelle des arbuscules. Ainsi, ces millions de km de mycélium qui parcourent la plus fine porosité du sol d'une forêt tropicale, particulièrement dans les 30 premiers centimètres du sol mais encore plus profondément, permettent de nourrir les arbres en eau, minéraux et azote.

Mais au niveau des arbuscules, l'arbre nourrit les champignons en sucres. C'est un échange utile aux deux partenaires : arbres gigantesques et champignons microscopiques. C'est pourquoi on parle de symbiose...



**Illustrations :** (1) Cette photo montre les filaments mycéliens qui constituent un réseau à l'intérieur d'une radicelle. Le mycélium développe à l'intérieur de certaines cellules des structures ramifiées de filaments très fins. Ces structures ressemblent à des arbres minuscules. Cette structure donne le nom de ces champignons: champignons mycorhiziens **arbusculaires**. (2) Un arbuscule vu au microscope avec un grossissement plus important. (3) Une représentation de l'ensemble du système mycorhizien. Ce système est constitué par : (i) un réseau de mycélium externe qui se développe dans le sol et produit des spores de tailles importante à l'échelle du mycélium. A certains endroits les filaments sont très fins et s'arborescent pour bien absorber l'eau et les minéraux; (ii) un réseau de mycélium interne à la racine. Ce réseau interne forme des arbuscules. (4) Ce dernier schéma illustre les échanges de nutriments qui s'opèrent entre le mycélium représenté en bleu et la plante. Les cellules racinaires de la plante reçoivent des sucres et d'autres éléments (lipides) de la plante entière. A l'origine, ce sont les parties vertes de la plante qui fabriquent les sucres grâce à la photosynthèse.

## Pourquoi les arbres ont-ils si besoin des champignons ?

Les besoins en eau des arbres sont considérables.

Selon l'espèce de plante herbacée, arbuste ou arbre, selon également son développement et sa surface foliaire, la transpiration varie de quelques litres par jour à plusieurs centaines de litres par jour pour un individu, la consommation en eau d'un arbre pouvant varier du simple au décuple selon son âge et les conditions dans lesquelles il se trouve.

La transpiration d'eau par les feuilles crée une humidité locale intense. Chaque arbre de la canopée (= la couverture forestière) transpire quotidiennement 750 litres d'eau dans l'atmosphère, participant ainsi à la formation des nuages qui sont les sources des pluies. Les grandes forêts tropicales (et leur humidité) produisent ainsi jusqu'à 75% de leur propre pluie.



La transpiration par les feuilles est un mécanisme essentiel pour les plantes. C'est ce qui crée un appel d'eau continu qui va faire monter l'eau, depuis les racelles qui absorbent l'eau du sol. L'eau est ainsi comme "aspirée" par la force de la transpiration. Ainsi la plante fait passer l'eau liquide du sol en vapeur d'eau atmosphérique. Pour ce voyage à travers la plante, l'eau circule dans des vaisseaux conducteurs situés au cœur des racines puis des tiges et qui sont finalement connectés avec les vaisseaux contenus dans les nervures des feuilles. Cette eau ne monte pas toute seule, elle emporte avec elle des minéraux dissous. Si finalement presque toute l'eau s'échappe de la plante, les minéraux sont « déposés » dans les cellules de la plante pour permettre la synthèse des différentes familles de molécules. L'eau et les éléments dissous constituent ce qui est appelé la sève brute.

Dans le sol, l'eau pénètre au niveau des radicelles des plantes. Pour absorber l'eau, une plante seule ne dispose que des poils absorbants de l'extrémité de ses plus jeunes radicelles. Ces poils absorbants sont efficaces mais insuffisamment nombreux pour absorber toute l'eau nécessaire. De plus ils sont gros, comparativement à la finesse des mycéliums.

### **Les mycéliums sont des pourvoyeurs d'eau pour les arbres et les plantes en général.**

Seuls les mycéliums peuvent visiter la plus fine microporosité du sol. En plus, ils voyagent loin de la radicelle pour prospecter un grand volume de sol. Enfin, quand le sol est bien sec, les poils absorbants ne fonctionnent plus car la terre devenant sèche a tendance à retenir fortement l'eau restante. Dans cette situation, les mycéliums attirent l'eau de façon beaucoup plus énergique. Ils permettent ainsi aux arbres de continuer à vivre et à pousser dans des périodes de sécheresses relatives...

Ainsi, nous pouvons compléter notre schéma pour illustrer le rôle des champignons dans l'alimentation en eau des arbres et dans la fabrication des nuages !



**Schéma :** Contribution des mycéliums (en bleu clair) à l'absorption de l'eau.

### **Les mycéliums sont aussi les pourvoyeurs de minéraux et d'azote pour les plantes...**

Ces champignons ont également une capacité très forte à dissoudre les éléments minéraux issus de la roche. Ils produisent des enzymes qui libèrent en particulier du phosphore soluble à partir des roches phosphatées. La plante toute seule ne le pourrait pas. Enfin, ils parviennent à solubiliser des formes d'azotes organique que la plante seule ne pourrait utiliser.



## **Pourquoi les champignons mycorhiziens ont si besoin des arbres ?**

Tout simplement parce que ces champignons symbiotiques (et nous verrons qu'il en va de même de tous les champignons quels que soient leurs modes de vie) ne savent pas fabriquer leurs propres sucres. Ils ont besoin de trouver les sucres à l'extérieur. Seules en effet, comme il est bien connu, les plantes vertes savent fabriquer des sucres grâce à la photosynthèse.

Les sucres dont ils se nourrissent sont fabriqués par la plante vivante. Les sucres sont produits dans les parties vertes de la plante, les feuilles en particulier, sous formes de sucres solubles comme le glucose, le saccharose, puis ils sont transportés par la sève (la sève que l'on dit élaborée) dans toutes les parties de la plante qui en ont besoin : les tiges et feuilles en croissance, les fruits, les racines.

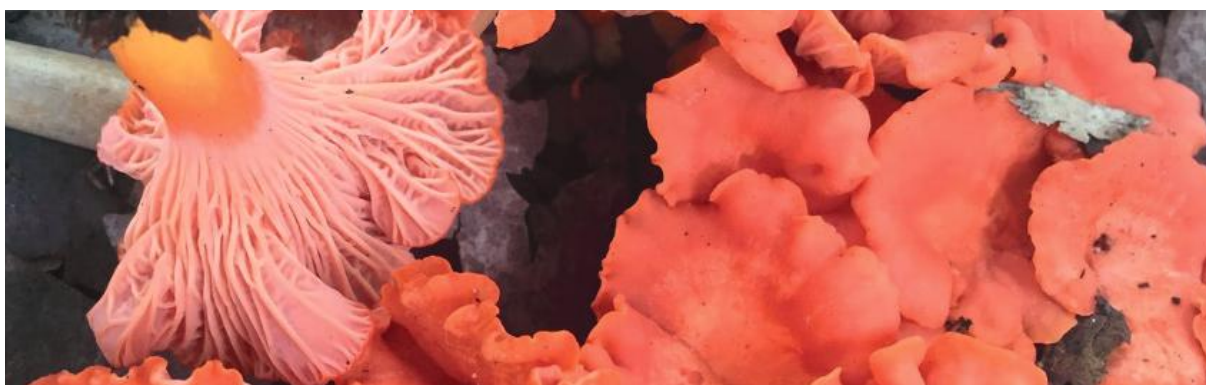
Au niveau des radicelles, ces sucres vont être donc échangés au niveau des arbuscules pour aller nourrir les mycéliums des champignons.

Ainsi, depuis l'origine des forêts, arbres et champignons symbiotiques vivent ensemble et échangent eau, minéraux et azote solubles contre des sucres.

Les champignons dont nous avons parlé en premier, qui décomposent les organes végétaux morts, trouvent leurs sucres quant à eux dans le bois mort et les feuilles mortes. Dans ce cas, les sucres consommés ne sont principalement pas des sucres solubles. Ce sont des molécules de cette même famille des sucres (les glucides) mais qui se présentent sous la forme de grosses molécules constitutives principalement des parois des cellules végétales : la cellulose, la pectine, la lignine... Ces champignons possèdent eux aussi des enzymes mais qui sont spécialisés pour décomposer, dissoudre ces grosses molécules en petites molécules solubles que le mycélium pourra alors absorber à travers ses parois et membranes cellulaires, pour pouvoir fabriquer leurs propres constituants. En faisant cela, ils libéreront également des minéraux et de l'azote qui étaient contenus dans le bois et les feuilles. Ils en prélèveront une partie pour eux-mêmes mais la plus grande partie sera libérée dans le sol et sera à nouveau disponible pour les plantes vivantes.

**Quelques exceptions parmi les arbres de la forêt tropicale : des essences forestières qui sont associées à un autre type de champignons symbiotiques.**

L'exemple du *Coccoloba* ou Raisinier bord de mer.



En étant patient et en venant au bon moment, nous pourrions découvrir des fructifications de différents champignons poussant au pied des Coccolobas, arbres typiques des côtes caribéennes. Parmi ces champignons, une jolie Chanterelle comestible.

Ce champignon ne pousse pas en se nourrissant de bois mort ou de feuilles mortes mais en se nourrissant de la sève élaborée du *Coccoloba*.

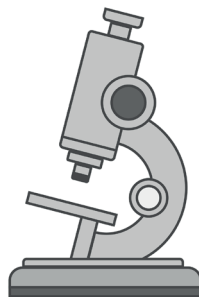
Il s'agit donc d'un champignon symbiotique, comme le sont les champignons arbusculaires microscopiques présentés précédemment mais il appartient à un groupe différent.

Il existe en effet différents groupes de champignons symbiotiques ou mycorhiziens. Cette Chanterelle est un champignon **ectomycorhizien**.

Les champignons ectomycorhiziens installent également leur mycélium à l'intérieur des racelles mais d'une façon différente : le mycélium forme un manteau épais autour d'une petite radicelle dont il bloque alors la croissance. La radicelle entourée de mycélium apparaît alors comme une petite massue de quelques mm de long. Une mycorhize est visible à l'œil nu mais elle apparaît bien sûr beaucoup plus nettement à la loupe. La loupe binoculaire grossit 20 ou 40 fois et offre la possibilité de découvrir une diversité de formes et de couleurs. Chaque espèce de champignon forme en effet avec une essence d'arbre donnée un type de mycorhize bien spécifique.

Nous connaissons les noms de nombreux champignons ectomycorhiziens comme le Cèpe, la Truffe, les Amanites... Nous verrons que ces champignons sont très présents en particulier dans les forêts des milieux tempérés.

Les photos suivantes montrent des exemples de mycorhizes, sachant que chaque champignon forme avec un arbre donné une mycorhize caractéristique, par sa forme, sa couleur, la texture de son manteau.





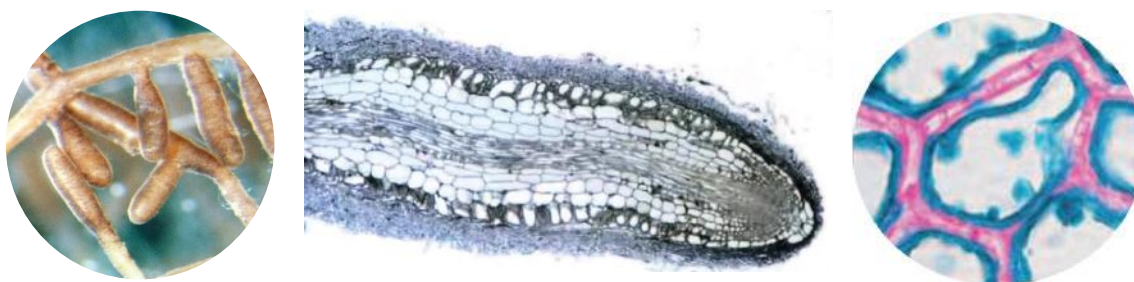
**Photos :** (A) des radicelles avec des mycorhizes, sur cette photo apparait nettement le mycélium qui part de la mycorhize pour prospecter le sol. (B) Racines avec des grappes de mycorhizes. Sur ces dernières on voit nettement la présence d'un manteau très dense de mycélium. Par ailleurs, chez ce champignon, les filaments mycéliens se regroupent pour former des cordons. Ceux-ci ont une fonction importante dans la conduction de l'eau vers la racine.

Mais revenons à notre *Coccoloba*, qui est donc un arbre qui vit en symbiose avec des champignons ectomycorhiziens. Une quinzaine d'espèces ont été identifiées au pieds de coccolobas des côtes Guadeloupéennes : des amanites (*Amanita cystidiosa*, *Amanita antillana*, *Amanita arenicola*, *Amanita microspora*), des chanterelles donc et des sclérodermes. Ces derniers champignons ont une écologie intéressante car ils sont très résistants à la sécheresse. Ainsi, un scléroderme peut fournir de l'eau à son *Coccoloba*-hôte même quand le sol sableux est sec. C'est pourquoi d'ailleurs cet arbre est utilisé pour reboiser des zones désertiques, en Afrique, mais en faisant en sorte que les jeunes plants de *Coccoloba* se mycorhizent avec des mycéliums issus de spores de Scléroderme. C'est bien le couple « *Coccoloba* – Scléroderme » qui est résistant à la sécheresse et non l'arbre tout seul !

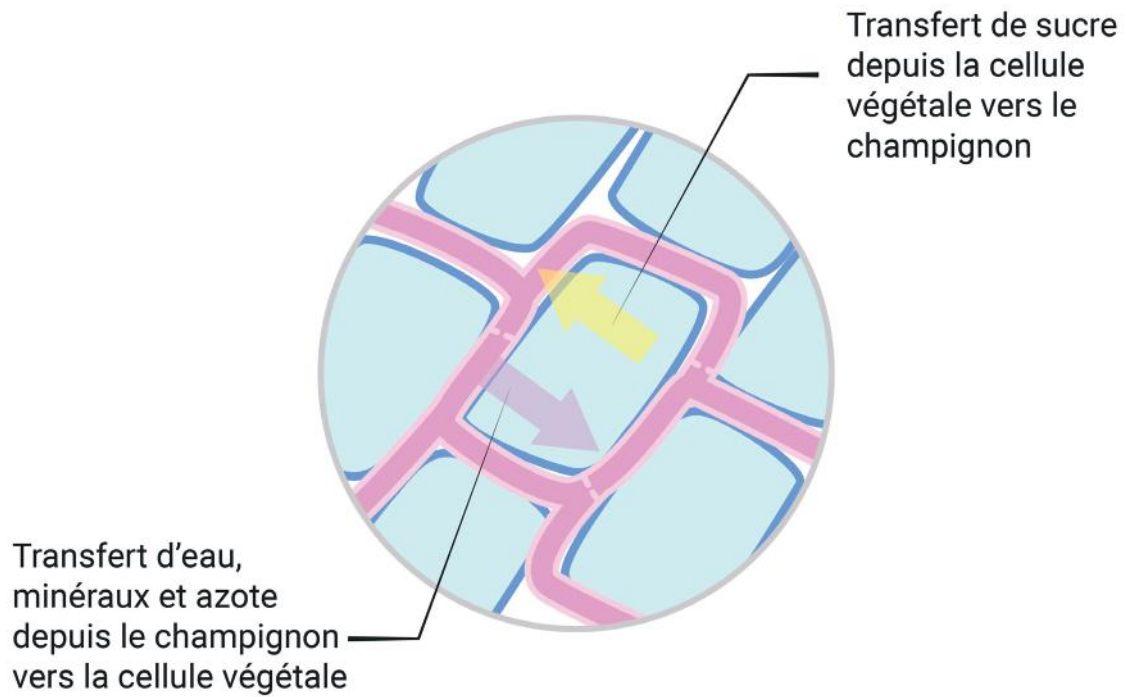
En effet, les champignons ectomycorhiziens vivent de la même façon avec leurs arbres hôtes que les champignons arbusculaires que nous avons décrits précédemment : ils échangent eau et minéraux contre des sucres !

Pour cela, ces champignons ne forment pas d'arbuscules. Leur mycélium se contente de s'installer entre les cellules de la radicelle et non à l'intérieur des cellules. C'est pourquoi on les appelle des champignons ectomycorhiziens, ecto signifiant "à l'extérieur"...des cellules précisément.

Si nous regardons une coupe de mycorhize au microscope, nous voyons le manteau formé autour de la radicelle et du mycélium installé entre les cellules sur une ou deux couches de cellules. A plus fort grossissement et avec une coloration de l'échantillon observé, on peut mettre en évidence les cellules de champignons (roses) installées entre les cellules végétales de la radicelle (bleues).



On remarquera que la surface d'échange entre cellule végétale et cellules fongiques est beaucoup moins importante que dans le cas des champignons à arbuscules décrits précédemment. Le système est moins évolué. Mais cela fonctionne très bien quand même. L'eau et les minéraux sont absorbés par les mycéliums externes et parcourent le sol, puis ces éléments sont transportés jusqu'au réseau de mycélium interne à la radicelle. Finalement, eau et minéraux sont transférés aux cellules végétales de la radicelle.



En résumé, voici une illustration un peu imagée de l'échange vital qui s'opère entre les arbres et les champignons, que ces champignons soient des champignons mycorhiziens arbusculaires bien cachés dans les sols de la forêt tropicale ou des champignons ectomycorhiziens un peu plus démonstratifs par leurs jolies fructifications.



## La découverte progressive de nouveaux champignons ectomycorhiziens dans les forêts tropicales des Caraïbes.

La forêt Martiniquaise abrite parfois quelques espèces, peu nombreuses, de champignons mycorhiziens.

Voici un bolet, champignon typiquement ectomycorhizien, photographié à l'Habitation Céron, un site connu pour ses cacaoyers.



Ce Bolet fructifie régulièrement sous un grand Zamana mais également à proximité de Bois canon. Quand on réalise le grand enchevêtrement des racines des arbres présents, il n'est pas tout de suite évident de savoir à quel arbre cette espèce mycorhizienne est rattachée par son mycélium. Il faut aller y regarder de plus près ! Les champignons mycorhiziens du Cacaoyer ont été étudiés et ce n'est pas ce dernier qui « héberge » le mycélium de ce Bolet.

Si la très grande majorité des arbres tropicaux sont donc associés aux champignons arbusculaires, on découvre cependant petit à petit quelques espèces de champignons ectomycorhiziens. (Certains arbres sont d'ailleurs associés aux deux types de champignons, ce qui leur assure certainement encore plus d'avantages).



**Photos :** deux espèces de champignons ectomycorhiziens de Guyane : *Amanita perphaea*, *Boletellus ananas*

Grâce aux explorations récentes des forêts guyanaises, sur les sables blancs côtiers, ou sur les inselbergs à l'intérieur des terres, d'autres champignons symbiotiques ectomycorhiziens des arbres ont été découvertes, notamment de nombreuses espèces de russules et de lactaires. A travers l'histoire des chanterelles, russules, lactaires et l'analyse visuelle et génétique des espèces, les scientifiques mycologues essaient de comprendre comment ces espèces, que l'on retrouve aussi bien en Guyane, dans les Antilles, en Afrique et en Amérique du Nord se sont répandues dans ces différents territoires.

En réalité, le monde des champignons tropicaux, particulièrement dans les Caraïbes, est encore peu exploré.





## II- LES CHAMPIGNONS DES FORÊTS TEMPÉRÉES, MÉDITERRANÉENNE OU BORÉALES

Une randonnée mycologique dans ces forêts, notamment en Automne, va nous apporter une vision complémentaire du monde des champignons forestiers.

Dans ces milieux boisés, après une période de refroidissement et de pluies, les fructifications peuvent être très abondantes. Sur les bois morts poussent des champignons qui ressemblent souvent à nos espèces tropicales.



**Illustration** : champignons de bois morts dans une forêt de hêtres.

En revanche, de très nombreux champignons ectomycorhiziens fructifient sur le sol : chanterelles, russules, lactaires, amanites... Si en forêt tropicale la diversité des champignons des bois morts et des litières est très importante, dans ces autres forêts, c'est la diversité des champignons ectomycorhiziens qui est très grande.



**Illustration** : exemple de communauté de champignons ectomycorhiziens dans une forêt en climat tempéré.



**Illustration** : deux champignons emblématiques des forêts et leurs mycorhizes cachées dans le sol: le Cèpe et la Chanterelle, encore appelée la Girolle.



**Illustration** : quelques petites grappes de mycorhizes sur l'enchevêtrement des racines fines. Dans la loupe, les mycorhizes roses de la célèbre Amanite tue-mouche, rouge aux points blancs.



**Illustration** : une forêt méditerranéenne à Chêne vert et Chêne liège.

Les arbres des forêts méditerranéennes sont également associés à des espèces de champignons ectomycorhiziens qui ont une bonne capacité à fonctionner dans des sols secs, comme le Pisolithe (*Pisolithus tinctorius*) représenté au premier plan. Au premier plan également près du couteau : deux espèces de champignons qui sont également symbiotiques mais qui développent leurs fructifications dans le sol, comme le font les truffes. C'est une autre particularité du groupe de champignons ectomycorhiziens que de compter une diversité de champignons hypogés, c'est-à-dire qui se développent sous le sol.

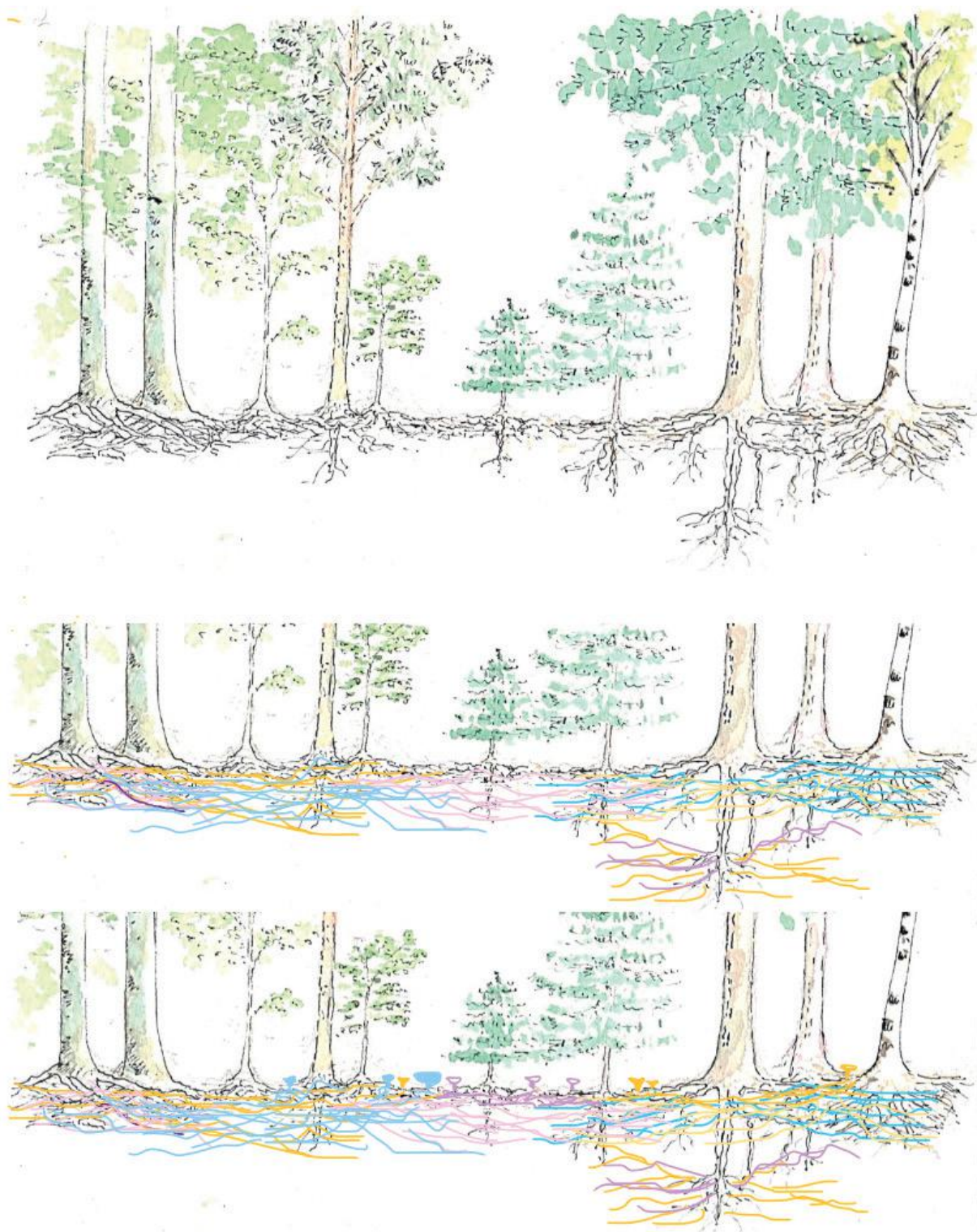
### III- LA COMMUNICATION ENTRE LES ARBRES GRÂCE AUX CHAMPIGNONS.



L'une des fonctions des champignons, découverte récemment, est de permettre aux plantes de communiquer entre elles. Cela a bien été mis en évidence dans le cas des arbres associés aux champignons ectomycorhiziens mais cela est vrai également pour les arbres tropicaux qui peuvent communiquer via les réseaux de mycélium des champignons arbusculaires.

Le livre d'un technicien forestier allemand a eu un grand succès : "l'intelligence des arbres". Ce livre s'inspire des travaux scientifiques notamment canadiens qui ont montré que les arbres d'une forêt échangent entre eux des produits de leurs photosynthèses et de leurs métabolismes (des sucres, des acides aminés qui sont les molécules de base des protéines, des acides gras...). Ainsi de grands arbres peuvent-ils approvisionner des jeunes arbres de la même espèce pour les aider à se développer. Les échanges se font même d'une espèce à l'autre. En somme, au lieu d'être en concurrence comme on avait pu l'imaginer, les arbres sont dans un système de relations d'entraides. Mais cela est sans doute d'autant plus vrai que le peuplement d'arbres est proche de ce qu'il serait naturellement, sans l'intervention de l'homme : un peuplement constitué d'une diversité d'essences, des essences naturellement adaptées à un milieu donné, un peuplement également constitué d'arbres d'âges différents. Dans ces conditions naturelles, le peuplement d'arbres fonctionne comme s'il s'agissait d'un organisme géant, en lien avec une diversité de champignons qui assurent des communications très riches entre tous les systèmes racinaires.

Pour être plus honnête avec les champignons, ce livre devrait d'ailleurs sans doute s'intituler : "l'intelligence des arbres et des champignons", car si les arbres communiquent entre eux, les différentes espèces de champignons également communiquent entre elles dans les forêts, en prenant comme relais de communications les systèmes racinaires présents dans les sols !



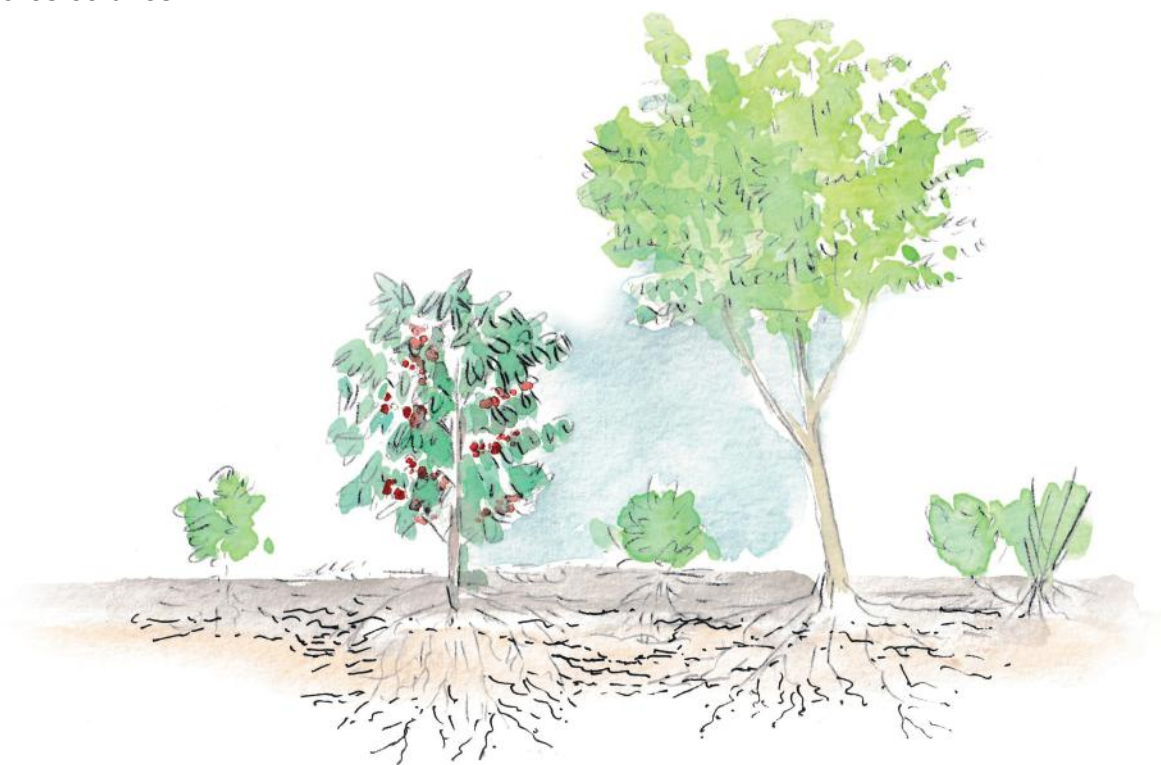
**Schéma :** (a) les arbres représentés sans leurs champignons associés ; (b) représentation imagée des réseaux de mycéliums correspondant à une diversité d'espèces de champignons ectomycorhiziens. En réalité dans ce type de forêt diversifiée de milieu tempéré, deux cents espèces fongiques mycorhiziennes environ sont présentes. Les réseaux mycéliens d'une espèce donnée relie un certain nombre d'arbres voisins. Mais comme un arbre donné est relié à des dizaines de champignons, tous les arbres d'une forêt sont finalement reliés les uns avec les autres, à travers les nombreux réseaux mycéliens qui se croisent dans le sol. (c) Sous climat tempéré, les pluies d'automne et parfois de printemps déclenchent des fructifications saisonnières.

## **Dans les systèmes agroforestiers de culture du Cacaoyer ou du Caféier, des relations myc  iennes sont établies entre les arbres d'ombrage et ces arbres alimentaires.**

Traditionnellement, Cacaoyer et Caféier ont souvent été cultivés sous l'ombrage d'arbres forestiers. Au fil des temps, les agriculteurs ont pu observer que certains arbres, notamment de cette famille des fabacées ou légumineuses, apportaient un bénéfice très important aux arbres alimentaires installés sous leurs ombrages.

Le bénéfice reconnu depuis longtemps est de fournir une ombre légère, de protéger du vent les cacaoyers ou caféiers et également de fournir des branches et feuilles qui, une fois coupées et installées comme litière sur le sol autour des arbres cultivés, font une bonne protection du sol contre les actions des pluies et du soleil et enfin enrichissent le sol en azote et en phosphore.

Des études récentes ont démontré que l'avantage apporté par ces essences forestières tient également à ce qu'elles nourrissent les cacaoyers ou les caféiers en azote et en phosphore à travers les réseaux de mycéliums qui relient leurs racines et celles de ces arbres cultivés.



D'autres études démontrent également que le Glyc  ria établit également des réseaux mycéliens communs avec des plantes herbacées, en l'occurrence des graminées.   galement avec le Bananier.

De fait, dès que les scientifiques se penchent sur une association de plantes qui intéresse le domaine de l'agroécologie, ils découvrent ces réseaux mycéliens communs. Il semble ainsi établi que toutes les plantes présentes dans un écosystème, arbres, arbustes ou plantes herbacées, sont reliées les unes aux autres par des réseaux mycéliens communs. Les implications d'une communication aussi riche au sein de l'écosystème sont difficiles à imaginer !

## IV- LES CHAMPIGNONS DES ESPACES AGRICOLES CARIBÉENS.

Comparés aux forêts, les espaces agricoles peuvent paraître très pauvres en champignons, si nous pensons seulement aux champignons des bois morts et des litières ou aux quelques espèces mycorhiziennes comme la Chanterelle dont nous venons de parler.

Mais dans ces espaces cultivés, champs de Canne à sucre, bananeraies, jardins maraichers, cacaoyères ou encore caféières qui s'installent actuellement sur les hauts de la Martinique, les champignons sont très présents mais ils sont cachés dans le sols, ne produisant pas de fructifications qui permettraient de les repérer. Cela nous fait penser à des champignons que nous avons décrits précédemment...

En effet, les champignons associés à ces cultures appartiennent au même groupe que ceux qui sont associés aux arbres tropicaux. Il s'agit des champignons arbusculaires.

Il faut dire que ces champignons, regroupés actuellement dans 400 espèces actuellement connues, sont associés symbiotiquement à 80 % des espèces de plantes du monde, c'est-à-dire à environ 450 000 espèces végétales. Cela nous indique qu'une même espèce de ces champignons est capable de s'associer avec une grande diversité de plantes !

De la même façon que les champignons arbusculaires alimentent les arbres en eau, minéraux et azote, ils alimentent également la Canne à sucre, nos légumes, la Banane, l'Ananas, le Cacaoyer, le Caféier et encore la quasi-totalité de nos espèces alimentaire et sous tous les climats du monde.

Aujourd'hui, ces champignons font l'objet de nombreuses études. L'Université de Toulouse, en partenariat avec le Parc Naturel Régional de Martinique étudie en particulier les champignons mycorhiziens de la Canne à sucre.

Pourquoi ? Car ces champignons peuvent rendre de très grands services à l'agriculture comme nous allons le voir un petit peu plus loin.

### **Comment ces champignons invisibles sont-ils étudiés ?**

Comment les mettre en lumière, savoir s'ils sont bien présents, s'ils appartiennent à plusieurs espèces ?

La première phase de l'étude consiste à prélever dans le sol d'une culture des échantillons de terre ainsi que des jeunes racines.

Ces échantillons seront transportés ensuite au laboratoire...

## Les champignons de la Canne à sucre.



**Illustration** : 1 - Mycélium dans les cellules de la canne à sucre. 2 - Spore et mycélium dans le sol. 3 - Dégagement d'un système racinaire. 4 - Prise d'échantillons de racines fines pour observation au laboratoire.

Les échantillons de terre seront soigneusement lavés à travers des tamis très fins qui laisseront passer la terre mais qui retiendront, au milieu de petits débris végétaux, les spores de ces champignons. Chaque espèce forme des spores particulières, par la forme, la taille, la couleur... Le nombre de spores par gramme de sol donne une bonne idée de la présence plus ou moins grande de ces champignons dans un milieu agricole. La diversité des spores donne bien sûr un aperçu de la diversité des espèces fongiques.

Les échantillons de racines seront quant à eux décolorés puis recolorés avec des colorants qui mettent bien en évidence les mycéliums et les arbuscules présents dans les radicelles. Une technique de comptage, sous le microscope, permettra de savoir si les plantes sont très ou peu mycorhizées, c'est-à-dire si elles font très peu appel aux champignons pour se nourrir ou si, au contraire, elles utilisent beaucoup leurs services. Par exemple, des plantes qui reçoivent beaucoup d'engrais chimiques sont souvent bien peu mycorhizées car elles ont moins besoin des champignons que des plantes qui n'en reçoivent pas ou très peu. Dans ce deuxième cas, les champignons iront chercher au profit de la plante des nutriments qu'eux seuls savent solubiliser dans les particules de roches ou dans des matières organiques du sol.

D'autres techniques permettent d'analyser la diversité génétique des champignons et de distinguer ainsi les différentes espèces de champignons présents. L'analyse de la diversité est importante pour évaluer comment les pratiques agricoles valorisent ou non la biodiversité fongique naturelle des écosystèmes. Ces éléments sont expliqués en détails dans deux ouvrages réalisés dans le cadre du programme Myconova.



## Les champignons dans les jardins à légumes.



Par expérience, les bons jardiniers savent que certaines associations entre légumes permettent d'obtenir de meilleures récoltes. Certains légumes aident ainsi leurs voisins à se protéger contre des ravageurs. Les systèmes racinaires de légumes proches peuvent se compléter pour structurer naturellement le sol. Des légumes différents ont des besoins minéraux complémentaires. S'ils vivent les uns à côté des autres, ils utilisent mieux les réserves minérales du sol.

Aujourd'hui, nous savons qu'une explication importante de ces bonnes associations est à mettre en relation avec les champignons arbusculaires.

Quelques familles de plantes ont une grande capacité à s'associer aux champignons arbusculaires. On dit que ces plantes sont très **mycotrophes**, de myco, champignon et trophé, de nourrir. En effet, elles comptent beaucoup naturellement sur les champignons qui vont être capables de leur fournir beaucoup de phosphore, en particulier.

Nous allons voir que l'Oignon pays et un légume particulièrement intéressant du point de vue de ces champignons.



**L'Oignon pays comme pourvoyeur de champignons au profit des autres légumes : un exemple de valorisation agricole des fonctions de ces champignons.**

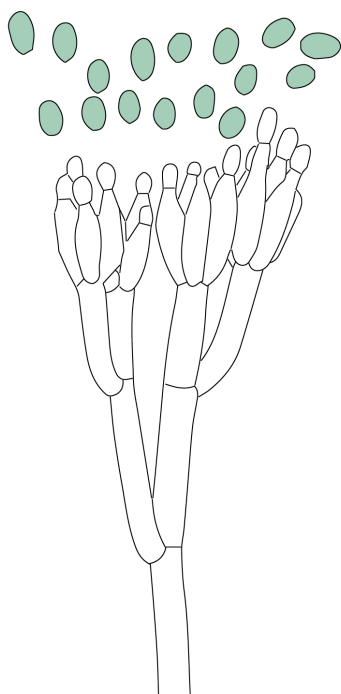


**Illustration** : représentation de la capacité des oignons pays à transmettre leurs champignons aux plantes voisines, comme ce persil par exemple. Les filaments mycéliens relient les plantes voisines entre elles.

Parmi les quelques familles de plantes mycotrophes, deux sont bien connues : les légumineuses ou fabacées (Haricot, Fève mais aussi de nombreux arbres tropicaux comme le Glycéria, le Pois doux...) et la famille des alliacées à laquelle appartiennent l'Ail, le Poireau et l'Oignon. En Martinique, la FREDON a développé un savoir-faire, transmis aux agriculteurs, et qui consiste à cultiver les oignons dans des plates-bandes ou bacs de façon à favoriser dans le substrat de culture une grande quantité de champignons, à la fois dans les racines des oignons mais aussi dans le substrat. Transplantés à côté d'autres légumes moins mycotrophes, les oignons vont transmettre leurs champignons et favoriser ainsi la mycorhization de ces légumes moins aptes tous seuls à profiter de cette association avec les champignons.

## V- CES CHAMPIGNONS MICROSCOPIQUES QUI ACCOMPAGNENT NOTRE ALIMENTATION.

### Les champignons qui dégradent nos fruits et nos légumes.



Les agrumes servent d'aliment riches en sucres pour des champignons microscopiques appartenant à un genre bien connu : *Penicillium*. Voici *Penicillium digitatum* sur cette photo prise au microscope électronique.

Ces champignons se reconnaissent facilement au microscope car ils forment à certaines extrémités de leurs filaments mycéliens des sortes de branches qui portent finalement des sortes de petites bouteilles (qui s'appellent des phialides pour les puristes !) qui elles-mêmes portent des spores contenant donc tout le matériel génétique de l'espèce. Ces spores végétatives, nées du bourgeonnement du mycélium, s'appellent des conidies. Ce qui caractérise un *Penicillium*, c'est cette forme générale en « pinceau ». *Penicillium* veut dire « en forme de pinceau ».

Chacune des 200 espèces de *Penicillium* se distingue par l'arrangement des branches et des phialides mais toutes ont cette forme de pinceau caractéristique.



Un deuxième exemple de moisissure qui dégrade ici une courgette. Ce joli bouquet de conidies qui ressemble à la création d'un joaillier est produit par le mycélium de *Botrytis cinerea*. La pourriture cendrée ou pourriture grise.

Remarquons cependant que ce champignon est à la fois une source d'ennuis pour les agriculteurs où les primeurs et un allié pour les viticulteurs spécialisés dans la fabrication de vins blancs sucrés dans le sud-ouest de la France. Il prend alors le nom de pourriture noble. Les grains de raisin attaqués par ce champignon concentrent leur jus, qui devient ainsi très sucré et riche en arômes précieux.



C'est cependant une tâche compliquée pour le viticulteur, qui doit espérer chaque année le climat idéal, doit procéder à la vendange exactement au bon moment, grappe par grappe (pas question de mécanisation de la récolte !), en choisissant bien le stade de la colonisation de la grappe par le champignon.

Si de notre point de vue, ces champignons inférieurs sont souvent des ennemis, nous pouvons cependant reconnaître qu'ils effectuent leur travail : ils recyclent également les éléments minéraux des organes morts pour les offrir à nouveau aux plantes vivantes, comme nous l'avons vu pour les champignons qui recyclent les bois morts !

Leur rôle est d'ailleurs double quand il s'agit d'organes qui contiennent des graines : en décomposant les fruits ou certains légumes, ils libèrent les graines. Ils pallient en fait la défaillance des animaux qui auraient pu manger ces mêmes fruits et rejeter finalement les graines dans leurs déjections.

## Comment conserver les fruits et les légumes, face à ces « moisissures » (ces champignons inférieurs qui produisent du mycélium et des spores souvent colorées) ?

---

**En premier lieu, les fruits se défendent assez bien tout seuls.** Ils présentent une surface qui fait obstacle à ces champignons. **Surtout s'ils ne sont pas abîmés.** Car s'ils ont été cognés ou que leur peau est juste déchirée, du jus sucré s'échappe des tissus végétaux meurtris et ces sucres solubles vont permettre aux spores de ces champignons de germer et de produire du mycélium. A partir de ce stade, le champignon est autonome pour dégrader les tissus végétaux avec ses enzymes et pour se fournir ainsi en sucres à partir des tissus qu'il attaque.

**En deuxième lieu, le froid va empêcher le champignon de se développer rapidement.** Avant l'invention de l'agriculture, les humains des régions froides pouvaient consommer des fruits sauvages durant tout l'hiver, ces derniers étant conservés par le froid, sur les plantes elles-mêmes ou tombés au sol, dans de l'eau gelée par exemple. Les fruits étaient d'ailleurs souvent un peu fermentés avant d'être gelés. Le goût des humains pour les alcools de fruit (à consommer avec modération !) date sans doute déjà de cette époque.

D'où l'invention beaucoup plus tardive du bac à légume du réfrigérateur et de la surgélation. Le froid bloque les enzymes des champignons qui leur permettent de dégrader les tissus végétaux.

**En troisième lieu, nous pouvons observer que certains fruits et légumes se conservent mieux que d'autres.** En effet le mode de culture agit sur la qualité de résistance des organes végétaux récoltés. Quand le mode de culture favorise la bonne conservation, on parle de **biofortification**. C'est l'un des grands arguments de promotion de l'agriculture biologique et de l'agroécologie.

Il est vrai qu'une très grande partie des récoltes est détruite chaque année ... A cause des stockages en grandes quantités difficiles à contrôler, à cause des transports lointains, des fruits cueillis verts et qui n'ont pas tous leurs mécanismes de défense et bien d'autres facteurs.

Ces problèmes sont en grande partie résolus si nous avons la chance de bénéficier d'un approvisionnement en fruits et légumes frais, à travers des circuits courts ou grâce à son propre potager ou encore un potager partagé !

Nous savons par ailleurs que la conservation des fruits et légumes, surtout à température ambiante, s'accompagne d'une certaine dégradation des principes nutritionnels de ces aliments. Donc, les champignons nous alertent et nous disent : « Mangez des fruits et des légumes frais et cultivés avec soin ! ». Le séchage est cependant une bonne solution de conservation de nombreux principes nutritionnels. La lactofermentation également ou d'autres processus de fermentation.

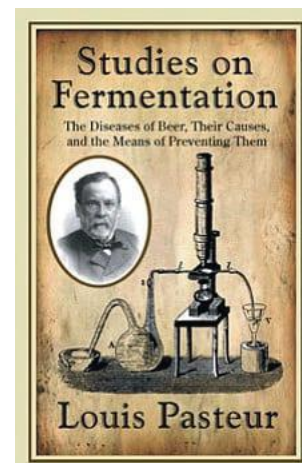
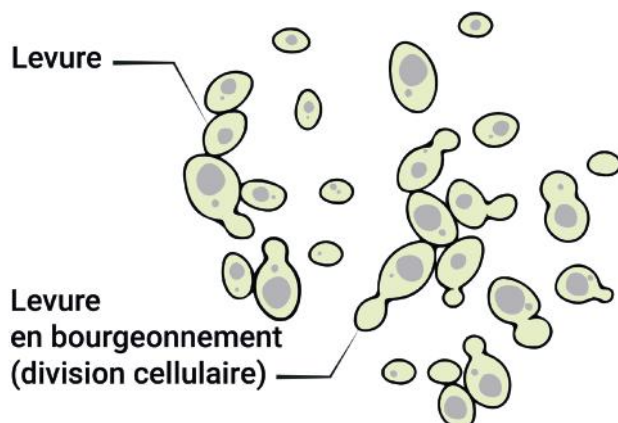
## Les champignons microscopiques, artisans chimistes de nos produits gourmands.



Si nous sommes honnêtes avec les champignons, nous reconnaitrons que certains d'entre eux travaillent pour nous, totalement bénévolement, en nous aidant grandement à fabriquer des produits qui agrémentent beaucoup notre alimentation. Nous pensons aux aliments qui sont produits à l'issue de processus de fermentation.

En effet, des levures sont largement impliquées dans les fermentations alimentaires, ainsi que des champignons inférieurs filamenteux (c'est-à-dire des champignons qui forment du mycélium et des spores microscopiques et que l'on regroupe donc sous cette appellation un peu méprisante de « moisissure » !).

Une levure est un champignon microscopique constitué d'une seule cellule sphérique et qui se multiplie par simple bourgeonnement. Les levures ont été observées pour la première fois en 1680 par le savant néerlandais Anton van Leeuwenhock qui a placé sous son microscope une goutte de bière. Les levures se présentent sous des formes plus ou moins sphériques, ovoïdes, cylindriques... Un autre savant, plus connu, et impliqué dans l'étude des levures est Louis Pasteur.



Nous ne savons pas d'ailleurs si Pasteur était amateur de Bière mais probablement !

La levure de bière, dont le nom savant est *Saccharomycès cerevisiae*, est peut-être la plus connue des levures. Son nom nous dit qu'elle est bien un champignon (mycès) qui transforme le sucre, le saccharose en l'occurrence, (saccharo) et qu'elle offrait aux gaulois la possibilité de boire de la cervoise, ancien nom de la bière (*cerevisiae*). Les gaulois ne pouvaient pas remercier les levures qu'ils ne connaissaient pas encore, de même que la grande diversité de peuples de la terre qui consommaient depuis des temps reculés des boissons fermentées apparentées à la bière ! Ainsi cette levure de bière accompagne l'humanité depuis très longtemps.

Comme tous les autres champignons dont nous avons parlé jusqu'ici, les levures se nourrissent de sucres. Certaines levures le font en présence d'oxygène et utilisent le sucre grâce au processus cellulaire de la respiration. Celles qui nous intéressent dans ce chapitre le font à travers un autre type de réaction métabolique que l'on appelle la fermentation. Ainsi, la levure de bière transforme le glucose en alcool éthylique, selon cette réaction décrite par la formule suivante :

$C_6H_{12}O_6$  (glucose)  $\triangleright$  2  $CH_3-CH_2OH$  (éthanol ou alcool éthylique) + 2  $CO_2$  (gaz carbonique)

### **Intéressons-nous un moment au Rhum !**

Le sucre de la Canne à sucre étant le saccharose (sucre qui combine le glucose et le fructose), l'action des levures est également en premier lieu de permettre une première réaction qui transforme ainsi le saccharose en glucose + fructose, selon la formule :

$C_{12}H_{22}O_{11}$  (saccharose) +  $H_2O$  (eau)  $\triangleright$   $C_6H_{12}O_6$  (glucose) +  $C_6H_{12}O_6$  (fructose)

Traditionnellement, avant l'industrialisation de la fabrication du rhum on laissait libre cours à la fermentation naturelle ou spontanée. Celle-ci se faisait grâce aux levures présentes dans l'environnement. Mais ces fermentations donnaient des résultats aléatoires, prenaient du temps et n'offraient pas des rendements suffisants. On a ensuite utilisé les écumes qui se formaient à la surface des cuves pour les réintroduire à la prochaine fermentation. Les résultats ainsi obtenus étaient plus réguliers mais encore imparfaits. On a donc décidé de maîtriser davantage le processus en introduisant des levures industrielles, levures issues la plupart du temps des levures utilisées en boulangerie ou en brasserie.

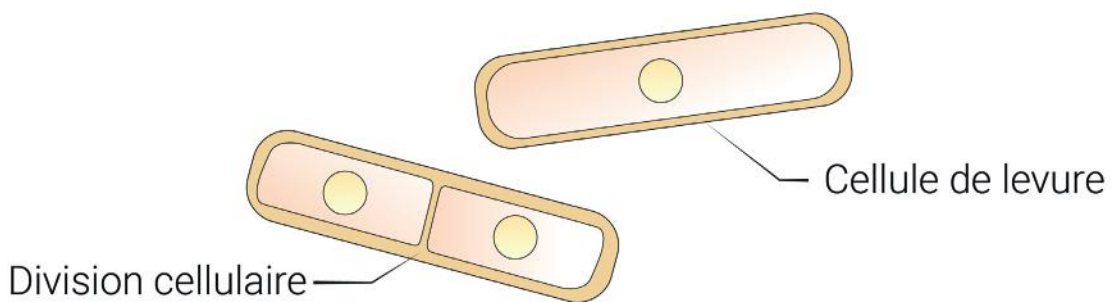
Certaines distilleries comme Neisson ont cependant sélectionné et développé leurs propres souches de levures endémiques, martiniquaises et locales (Le Carbet). Ces levures participent ainsi à l'expression de caractères liés au terroir local. Qu'appelle-t-on une levure locale ? Il s'agit le plus souvent d'une levure de la même espèce si répandue dans le monde : *Saccharomycès cerevisiae*. Mais il faut comprendre qu'une espèce donnée, comme cette dernière, peut réunir une infinité de types ou souches génétiques (strains en anglais). Pour cette espèce, on connaît ainsi aujourd'hui 5400 souches différentes. Ces souches diffèrent par la façon dont elles transforment non seulement simplement le saccharose apporté par le jus de Canne mais également la grande diversité de composants moléculaires qui sont présents dans ce jus. On comprend d'ailleurs ici

que la notion de terroir correspondra également à la variété de canne utilisée et à son mode de culture qui conditionnera la composition chimique de sa sève !



**Photos :** colonne de distillation et vieillissement du rhum en barrique. - Exploitation Neisson

D'autres levures interviennent dans la fermentation du rhum, comme en particulier *Schizosaccharomyces pombe* qui peut conférer des caractéristiques gustatives et aromatiques souhaitables, particulièrement dans les styles de rhum sombres et lourds. Par rapport à *S. cerevisiae*, *S. pombe* mène à des fermentations plus lentes et produit plus d'esters. Cette levure est favorisée par un pH faible et des concentrations en sucre plus élevées dans les mélasses.



**Schéma :** forme et division d'une cellule de *Schizosaccharomyces pombe*.

Dans la pratique, on élève et on entretient des levures dans des cuves mères, puis onensemence les cuves de fermentation avec des levures bien concentrées et acclimatées au milieu, pour que la fermentation commence.

Les fermentations de rhums très légers durent en moyenne 12h, contre 24 à 72 heures maximum pour le rhum AOC Martinique, et une semaine voire 10 à 15 jours pour certains rhums jamaïcains par exemple. C'est durant ce temps que les levures agissent et que les arômes se créent. Un aspect important de la qualité est le bon équilibre entre l'action des levures et l'action des bactéries.

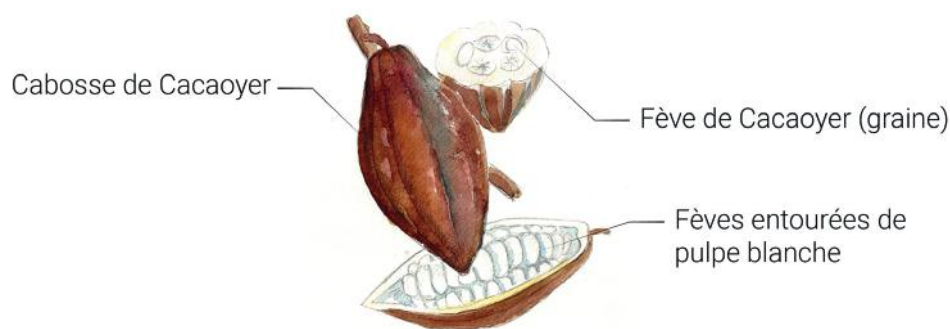


## La fermentation des fèves de cacao.

La fermentation est une des principales activités post récolte dans la production des fèves de cacao. Au cours de la fermentation, la pulpe qui entoure la fève est dégradée à la suite d'un ensemble complexe de réactions biochimiques et enzymatiques auxquelles participent des levures, des bactéries lactiques et des bactéries acétiques.

Les graines sont entourées de la pulpe blanche constituée d'un mucilage riche en eau (80 %), en glucides (12 %) et en acide citrique. Dans le processus complexe de transformation, les levures permettent une fermentation alcoolique, à partir des sucres et de l'acide citrique. Cet alcool sera ensuite transformé en d'autres molécules. D'autres microorganismes se succèdent et cela conduit à l'apparition d'une diversité de molécules aromatiques typiques du chocolat.

La qualité aromatique d'un chocolat particulier à un territoire caribéen reposera sur trois facteurs : les arômes naturels de la fève de cacao produite sur un certain terroir, la spécificité des ferments (levures et bactéries) qui seront présents dans un site de fabrication du chocolat et enfin le bon déroulement de la fermentation.



**Photo :** récolte de cabosses à l'exploitation Andidi - Martinique.

## La fermentation des baies de caféier.

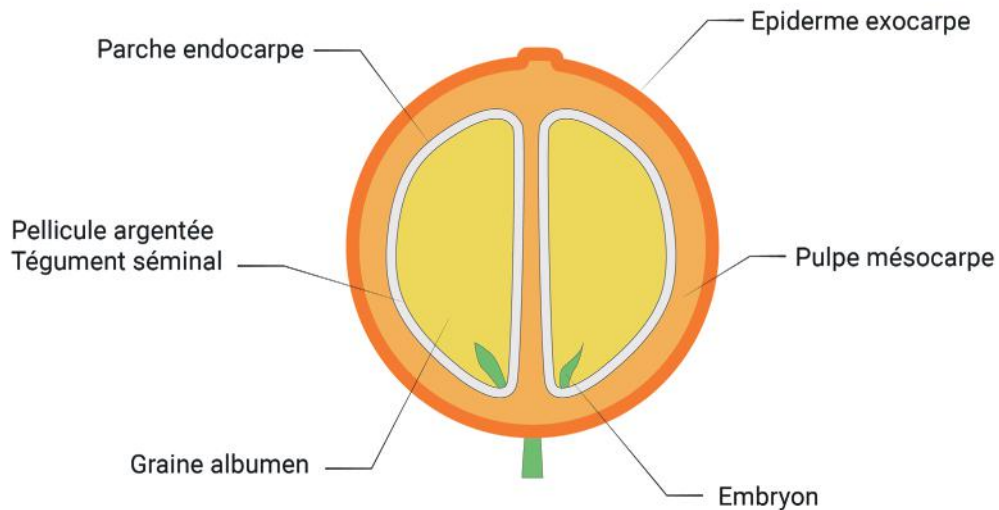


Le fruit du Caféier est une cerise. La peau de la cerise, son exocarpe, est d'abord verte puis se colore de rouge. C'est le moment où elle est cueillie. Entre la graine et la peau, se trouve la pulpe qui est éliminée lors du traitement des cerises.

A l'intérieur de cette cerise, se trouve deux graines accolées par leur face plane. Chacune de ces graines est entourée et protégée d'une fine pellicule de cellulose de couleur jaune pâle : c'est la parche. Celle-ci est également retirée lors du traitement des cerises.

Il existe plusieurs méthodes de fermentation du café. La fermentation moyenne consiste à retirer la peau rouge de la cerise mais sans éliminer totalement la pulpe qui est autour des grains. Cela permet à un processus de fermentation de continuer tout au long du processus de séchage. Ceci est également connu sous le nom de miel ou de café naturel pulpé.

A l'état frais, les fruits du café ont une saveur peu prononcée. Celle-ci se développe au cours du séchage et de cette fermentation. Ces processus sont complexes; la cerise de café contient plus de 1 200 composés chimiques naturels résultant de l'activité microbienne. A ces processus participent surtout des levures et des bactéries, comme dans le cas de la fermentation des fèves de Cacaoyer. De nombreuses espèces de levures ont été identifiées. On retrouve comme toujours *Saccharomyces cerevisiae*, mais aussi des *Candida* (qui n'ont aucun lien avec les candidoses sinon qu'elles appartiennent au même genre !) : *Candida parapsilosis*, *Candida glabrata*, *Candida quercitrusa*. D'autres levures encore sont des *Pichia*, des *Hanseniaspora*, des *Torulasporea* et *Rhodotorula*. C'est ainsi tout un monde de levures qui participent aux arômes du café.



**Photo :** plateau pour la fermentation à sec des grains de café.

Il nous faudrait encore parler de la **vanille**, des **fruits séchés** qui connaissent également des processus délicats de fermentations produites par des levures et des bactéries et qui conduisent à leurs qualités aromatiques. Il faudrait parler du pain, des fromages (qui font intervenir également des champignons filamenteux) mais également de toutes les préparations alimentaires traditionnelles comme le shoyu et le miso japonais, les aliments fermentés à base de manioc... Les aliments fermentés sont très nombreux. Ils sont intéressants du point de vue des saveurs et des arômes mais également d'un point de vue nutritionnel. En effet, les microorganismes fongiques et bactériens produisent de nombreuses molécules précieuses pour la santé : vitamines, antioxydants...

D'une manière générale, dès qu'un aliment est conservé autrement que par le froid ou la stérilisation, des processus de fermentation interviennent. Dans tous les cas, la maîtrise de la fabrication vise à favoriser une microflore bénéfique et à éviter ainsi le développement de moisissures ou de bactéries qui ne sont pas souhaitables.

## VI- UNE PETITE SYNTHÈSE SUR LES MODES DE VIE DES CHAMPIGNONS



Avant d'entamer un dernier chapitre, sur les champignons comestibles, il est sans doute important de faire le point sur les différents modes de vie des champignons.

Le monde des champignons est tellement vaste qu'il faut mettre un peu d'ordre dans notre pensée !

Jusqu'ici nous avons décrit deux types de champignons selon leurs modes de nutrition, leurs façons de trouver en particulier leurs sources de sucres.

**Une première catégorie regroupe les champignons saprotrophes ou saprophages**, c'est-à-dire qui se nourrissent (trophe) ou mange (phage) des matières organiques mortes (sapro). La matière organique morte correspond à des tissus végétaux d'une plante morte ou d'un organe de plante qui n'est plus attaché à une plante vivante. Cela peut-être un morceau de bois, une feuille, un fruit... Cela peut-être également le jus de la Canne à sucre, le jus d'un fruit, la pulpe d'un légume...

Les champignons vont trouver dans ces produits végétaux les sources de sucres qu'ils recherchent. Les champignons des bois morts, les moisissures qui s'intéressent de près à nos fruits, les levures qui se nourrissent du jus dilué de la Canne à sucre sont des champignons saprotrophes. Nous n'avons pas parlé de certains autres comme le champignon de Paris qui aime les matières organiques bien riches en azote et déjà compostées, les champignons qui dégradent les insectes morts dans les sols forestiers... Autant d'espèces de champignons saprotrophes que de types de matières organiques à recycler !

**Une deuxième catégorie regroupe les champignons qui vivent en symbiose avec les plantes** : les champignons dits mycorhiziens car ils s'établissent dans les racines des plantes en formant des structures particulières appelées mycorhizes. Les plantes tropicales, des forêts, des prairies et des espaces cultivés sont essentiellement associées à des champignons mycorhiziens microscopiques : les champignons mycorhiziens arbusculaires.

Quelques arbres tropicaux seulement sont associés à des champignons ectomycorhiziens, qui forment des fructifications comme la Chanterelle ou le Bolet.

Sous d'autres climats, les forêts de chênes, de hêtres, de pins, de sapins sont au contraire associées à de tels champignons ectomycorhiziens dont nous connaissons quelques noms car ils sont connus en gastronomie : le Cèpe, la Truffe, l'Amanite des Césars...

Il nous faudrait parler d'autres types encore de champignons mycorhiziens et qui concernent quelques familles seulement de plantes. La Vanille en particulier est associée à un champignon qui forme des mycorhizes un peu différentes.

Mais quelles que soient les modalités de cette symbiose, le fonctionnement de l'association est toujours le même : le champignon développe un réseau de mycélium dans le sol autour de la racine pour rechercher et absorber l'eau et les minéraux puis les transporter vers la racine. A l'intérieur de la racine, le mycélium bénéficie des sucres fournis par la sève de la plante vivante, sucres produits continuellement par la photosynthèse.

### **Nous n'avons pas parlé d'une troisième catégorie : les champignons parasites.**

Nous pensons aux champignons qui attaquent nos légumes en croissance, comme ce champignon qui cause le mildiou sur la pomme de terre ou la tomate, les champignons qui causent les rouilles, les champignons qui attaquent la banane, etc. Leur mode de vie est différent puisqu'ils parviennent à se nourrir des tissus de plantes qui sont vivantes et qui ne parviennent pas à se défendre.

D'une manière générale, les plantes savent se défendre contre ces champignons en bloquant la croissance de leurs mycéliums dans leurs tissus, par exemple en produisant des barrières brunes autour des tissus malades pour les isoler, en produisant une panoplie de molécules de défenses qui empêchent l'action des enzymes de ces champignons parasites. Mais des plantes affaiblies, ou qui ont une sève déséquilibrée, trop riches en sucres et molécules azotées solubles ou encore des variétés sélectionnées mais assez peu rustiques peuvent être particulièrement sensibles. Ces champignons ont causé beaucoup de dégâts durant l'histoire de l'agriculture et même de grandes famines, comme le mildiou de la pomme de terre en Irlande par exemple. Mais d'un autre côté, ces champignons ne font que remplir une fonction écologique naturelle qui est de limiter la prolifération de plantes anormalement faibles. Dans ce sens, les champignons parasites nous signalent un déséquilibre dans l'écosystème cultivé et nous oblige à améliorer les pratiques agricoles. L'agroécologie vise justement à favoriser les moyens de résistance naturelle des plantes.

## **Favoriser le bon équilibre entre champignons symbiotiques, saprotrophes et parasites dans les systèmes agricoles.**

Des études récentes mettent en évidence que les champignons symbiotiques, en s'installant sur les systèmes racinaires, déclenchent un signal qui stimule les défenses naturelles des plantes. Ainsi, une plante bien mycorhizée résistera beaucoup mieux à une attaque d'un champignon parasite qui pourra ensuite survenir.

D'autre part, on découvre que les champignons saprotrophes qui vivent dans les litières organiques (en particulier de bois broyés) produisent des toxines qui empêchent l'action des champignons parasites des racines. Ces champignons saprotrophes n'ont au contraire pas d'action défavorable contre les champignons mycorhiziens.

Ainsi, en apportant au sols cultivés de telles litières riches en bois, feuilles... on reproduit en fait la situation existante dans les écosystèmes naturels, dans lesquels les champignons parasites sont justement rares.

## VII- LES CHAMPIGNONS QUI NOUS NOURRISENT

### Les champignons alimentaires dans le monde



**Illustration :** dans une grotte, cueillette hypothétique de cèpes en Dordogne, il y a quelques millénaires... On ne peut s'empêcher d'avoir une pensée reconnaissante pour les humains qui ont, sans connaissances initiales, expérimenté dans le passé la consommation des végétaux et des champignons pour découvrir ceux qui étaient comestibles !

Les champignons sauvages comestibles ont été cueillis et consommés par les populations de diverses régions du monde pendant des milliers d'années. Il est difficile de savoir depuis quand bien sûr !

Les archives archéologiques révèlent des espèces comestibles associées aux populations vivant il y a 13000 ans au Chili. Les Grecs et les Romains de l'antiquité appréciaient beaucoup les champignons. L'Amanite des Césars (*Amanita caesarea*) témoigne d'une tradition antique de consommation d'espèces « nobles », englobant une diversité d'espèces dominée aujourd'hui par les truffes (*Tuber spp.*) et le cèpe de Bordeaux (*Boletus edulis*).

En Chine, l'usage alimentaire et médicinal d'une grande diversité de champignons remonte au moins à plusieurs centaines d'années avant la naissance du Christ et s'est conservé jusqu'à aujourd'hui. La Chine est aussi le pays exportateur principal de champignons cultivés. La production chinoise augmente actuellement de façon importante chaque année. Le Japon est également un pays de grande tradition de consommation des champignons, à des fins alimentaire et médicinale.

Le Mexique et la Turquie ainsi que de vastes régions de l'Afrique centrale et du sud ont une longue et notable tradition concernant les champignons sauvages comestibles. Un intérêt accru pour « l'ethno-mycologie » a conduit récemment à une meilleure connaissance des usages alimentaires des champignons sauvages. Les pays dans lesquels il existe une tradition de consommation se révèlent finalement être très nombreux.

**Aujourd'hui** et à côté des usages de cueillette et consommation des champignons sauvages, les cultures de champignons se développent dans de très nombreux Pays. La culture de champignons de Paris demeure une production très importante mais la progression concerne surtout un large éventail d'espèces dites « exotiques » et qui correspondent à la diversité des espèces qui peuvent pousser sur des « substrats » constitués de sous-produits de l'agriculture (pailles notamment) et de l'industrie du bois (sciures) ou bien encore sur du bois-bûches de faible valeur technologique (Bouleau par exemple, bois d'éclaircies...). Cet essor de la production répond visiblement à une évolution de certaines tendances alimentaires : régimes moins carnés, végétarien ou vegan, recherche de nouvelles « viandes végétales » et en l'occurrence de « viandes fongiques ».



Dans les Caraïbes et en Amazonie. Les champignons : « la dernière vie des arbres ».

---



**Illustration** : prospection mycologique en Martinique par Régis Courtecuisse et Jean-pierre Fiard. L'objectif principal est de mieux connaître la diversité des champignons de la forêt tropicale. Un deuxième est de collecter des champignons comestibles susceptibles d'être mis ensuite en culture.

Une étude très récente du Laboratoire Evolution et Diversité Biologique du Parc Amazonien de Guyane répertorie des espèces qui intéressent les forêts tropicales et des usages alimentaires et médicinaux de ces espèces, notamment au Brésil et en Guyane. Cette étude confirme que les récoltes concernent essentiellement des champignons du bois mort.

Pour les Uitoto, Muinane et Andoke, les champignons ne sont pas divisibles des essences végétales et sont associés aux troncs d'arbres morts. Ils sont considérés comme « **la dernière vie des arbres** ».

En Guyane, les Auriculaires sont consommés par les Maroni ou les Kalina. Les espèces de Pleurotes sont aussi consommées actuellement, mais essentiellement par des métropolitains installés en Guyane.

L'utilisation des champignons est distincte selon les communautés, et même entre différents groupes comme chez les Yanomami : les champignons seront cuits dans l'eau, rôtis et parfois, pour certaines espèces, mangés crus.

Au Suriname, l'Amazon Conservation Team Suriname a recensé une quinzaine d'espèces traditionnellement consommés

En Martinique, les prospections mycologiques menées par des équipes de mycologues (notamment régis Courtecuisse de l'Université de Lille et Jean-Pierre Fiard, mycologue local) ont permis d'identifier quelques genres et espèces de bons comestibles : notamment *Pleurotus djamor*, *Lentinula boryana*, *Auricularia fuscosuccinea*, *Grifola spp*, *Agaricus subrufescens*, *Lentinus calyx* (oreille bois)



**Illustration** : *Lentinus crinitus* d'après une photo prise en Martinique. Les lentins comptent un certain nombre de champignons comestibles.

## Trois genres de champignons parmi les plus consommés dans la Caraïbe.

---

### Les pleurotes.



Le genre *Pleurotus* regroupe quelques dizaines d'espèces dans le monde. En forêt tropicale, on ne connaît pas encore toute la diversité d'espèces présentes. *Pleurotus djamor* est la plus fréquente, regroupant des sous-espèces plus ou moins roses ou blanches.

Les pleurotes ont de grandes qualités nutritionnelles. Elles ont une saveur bien équilibrée entre la saveur délicieuse (que nous décrivons plus loin) et sucrée. La texture est légèrement fibreuse mais tendre, comme celle d'une viande tendre d'un poulet. Il faut les cueillir bien fraîches, l'âge les rendant un peu plus fibreuse-élastique, surtout autour du pied. Le bouquet d'arôme s'exprime bien avec la cuisson ou en faisant sécher les champignons : les arômes dominants sont des notes de fruits (citron mandarine, banane), de vieux rhum, de noisette et de lavande, de crème et de vanille.

Du fait de leurs qualités nutritionnelles et gastronomiques, les pleurotes font l'objet de cultures dans de nombreux pays du monde [3].

## Les lentins.

*Lentinus boryana* rappelle son cousin asiatique : le shii-take.

C'est un champignon aux grandes vertus nutritionnelles. La saveur délicieuse ou umami est très marquée. Les arômes comprennent des notes fruitées, d'agrumes et de pomme. La cuisson fait ressortir des arômes d'oignon, de légumes cuits à l'étouffé et de rôti.

La culture de *Lentinus boryana* est expérimentée au Brésil et à Cuba.



D'autres lentins sont consommés traditionnellement, les textures sont plus ou moins fibreuses et demandent des cuissons longues. De nombreuses espèces ne sont pas encore identifiées comme le champignon illustré ci dessous.



## Les auriculaires.

Les auriculaires sont très consommées dans le monde, particulièrement en Asie. Les champignons noirs de la cuisine asiatique sont des auriculaires et surtout *Auricularia auricula-judae*. En forêt tropicale, on peut rencontrer plusieurs espèces comestibles dont *Auricularia fusco-succinea*. Les couleurs vont du blanc, rose, rouge brique. Elles deviennent plus sombres à noires en séchant.

Les auriculaires ont une saveur umami marquée mais qui s'exprime bien en synergie avec d'autres produits ayant également cette saveur délicieuse marquée : le poulet, la viande de porc ou, pour les végétariens la tomate bien mûre, le poireau. Bien cuites, les auriculaires prennent une texture très agréable et expriment leurs saveurs. Les arômes sont très légers mais agréables, avec des notes fruitées.



## Les champignons sont des aliments précieux d'un point de vue nutritionnel.

Cet intérêt est encore inégalement reconnu dans le monde. Plusieurs pays asiatiques ont particulièrement valorisé cet aliment, notamment la Chine et le Japon. Parmi les nombreux exemples de régions de grande consommation des champignons à des fins à la fois alimentaire et de santé, citons la célèbre île d'Okinawa, dénommée l'île des centenaires et dont le régime alimentaire est reconnu comme très favorable à la santé. Parmi les huit aliments préférés, nous trouvons deux champignons, qui sont consommés quasi quotidiennement.

Voici selon nous la liste des bienfaits alimentaires des champignons :

1. Les champignons ne provoquent pas d'élévation de la glycémie (élévation du taux de glucose dans le sang). Ils présentent un **index glycémique très faible**. En revanche, les glucides particuliers apportés par les champignons, comme les bêta glucanes, ont des propriétés nutritionnelles précieuses.
2. Les champignons sont des aliments savoureux mais qui apportent **très peu de calories**. Ce sont des aliments très efficaces pour couper la faim.
3. Les champignons apportent des **fibres**, qui complètent les fibres apportées par les végétaux. Ces fibres favorisent le transit intestinal et stimulent très favorablement également la flore intestinale.
4. Les champignons apportent comme les légumes et fruits des **molécules qui stimulent notre production naturelle d'antioxydants**.
5. Par ailleurs, ils sont eux-mêmes des **sources d'antioxydants très précieux** pour notre santé (notamment l'ergothionéine et le glutathion).
6. Les champignons sont des **sources de bêta-glucanes**, qui ont des propriétés très importantes pour la prévention de maladies liées au vieillissement
7. Les champignons sauvages comestibles comme les champignons cultivés sur des substrats naturels (bois de forêts naturelles, pailles et autres sous-produits agricoles issus de cultures biologiques...) représentent une **source diversifiée d'autres molécules précieuses** (vitamines, acides aminés essentiels), de minéraux et oligoéléments.
8. Les champignons peuvent facilement remplacer partiellement les viandes dans les menus : ils apportent **textures et saveurs qui évoquent les chairs animales**. Cela peut être intéressant d'un point de vue nutritionnel en cas de régimes trop carnés.

Ces caractéristiques sont détaillées dans un ouvrage réalisé dans le cadre du programme Myconova [4]

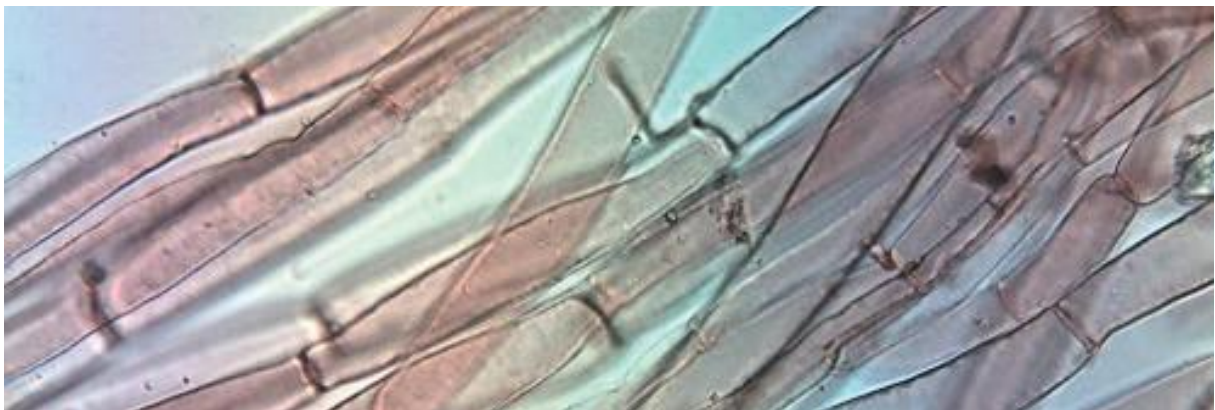
## Les saveurs et les arômes des champignons.

Les champignons sont caractérisés par trois saveurs différentes parmi les cinq saveurs des aliments.

Les champignons comestibles ont tous une saveur sucrée, plus ou moins marquée, parfois une légère saveur amère qui leur donne un caractère sauvage mais avant tout ils révèlent une saveur umami. Umami signifie délicieux en japonais. Cette cinquième saveur a en effet été découverte il y a un siècle par un chercheur japonais. La saveur délicieuse est une saveur qui fait le lien entre les autres. Elle est très présente dans les jus de viande, dans les tomates bien mûres, dans les poissons et elle est également très marquée chez les champignons. C'est l'une des raisons qui explique que les champignons remplacent facilement la viande.

Les deux autres saveurs possibles des aliments, l'acide et le salé, ne sont pas présentes chez les champignons.

## Mais d'où viennent, concrètement, les saveurs d'un aliment et en particulier d'un champignon ?



Les saveurs sont dues à des petites molécules solubles, en solution dans les liquides des cellules qui constituent la chair des champignons.

Ainsi, dans les liquides cellulaires des champignons, on trouve beaucoup d'acides aminés libres. Les acides aminés sont les constituants élémentaires des protéines. A côté des **acides aminés** qui sont contenus dans les protéines, d'autres sont libres et dissous dans les cellules. Les acides aminés peuvent avoir trois saveurs différentes : la saveur sucrée, la saveur amère et la **saveur umami**.

On trouve également des **ribonucléotides**. Ces molécules moins connues sont les constituants de l'ARN. Parmi les ribonucléotides, certains ont un goût umami.

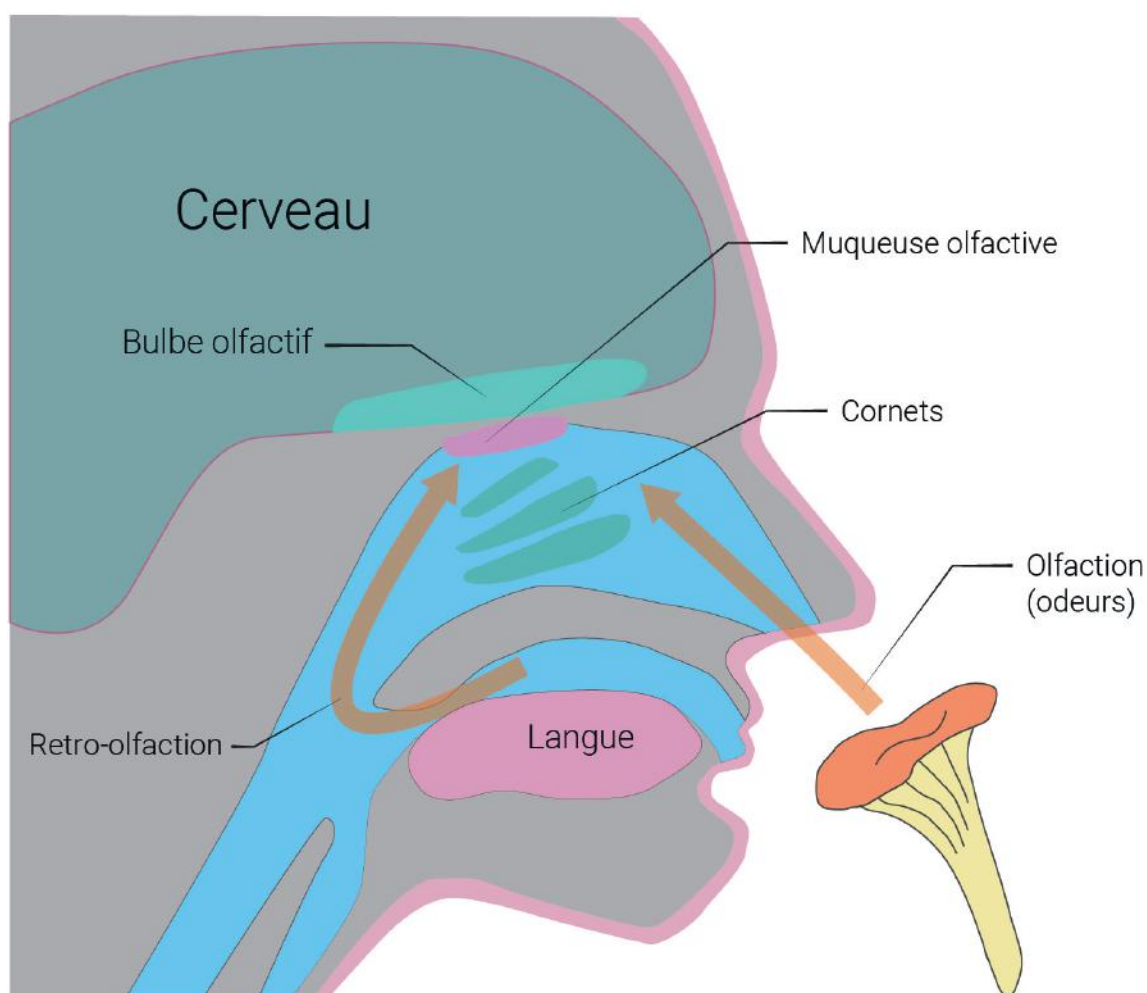
Et puis nous trouvons des sucres. A côté du glucose que l'on peut trouver dans tous les aliments, les champignons sont assez riches en certains sucres qui leur sont propres : le tréhalose, le mannitol. Ces sucres ont un pouvoir sucrant un peu plus faible que celui du glucose mais bien présent quand même.

Ainsi, grâce aux acides aminés et aux ribonucléotides qui ont une saveur umami, les champignons ont une « saveur délicieuse » bien marquée et grâce aux acides aminés sucrés et aux sucres proprement dits, les champignons ont une légère saveur sucrée.

Chez les bons champignons comestibles, ces deux saveurs masquent le plus souvent une légère saveur amère qui est due aux acides aminés amers.

## Les arômes des champignons

Les arômes des champignons sont des molécules volatiles (qui s'échappent donc des aliments pour être transportées par l'air) et que nous pouvons sentir de deux façons : soit avec notre nez, soit par la rétro-olfaction quand nous mâchons un aliment.



**Schéma** : représentation de la façon dont nous ressentons les molécules aromatiques. Nous les ressentons par l'odorat d'une part, et par la rétro-olfaction d'autre part. On parle de rétro-olfaction quand les molécules aromatiques sont libérées par le fait de mâcher un aliment. Dans ce cas celles-ci remontent par l'arrière-nez pour finalement rentrer en contact avec la muqueuse olfactive.



Ce sont les mêmes molécules que nous allons ressentir par l'olfaction et la rétro-olfaction. Et ce sont les mêmes cellules nerveuses qui vont ressentir les odeurs au niveau du sens de l'odorat qui correspond à une zone nerveuse située à la base du cerveau : le bulbe olfactif. Les terminaisons nerveuses qui reçoivent les molécules aromatiques sont situées tout en haut de cette cavité de l'arrière-nez. C'est pourquoi, on ressent mieux les odeurs en penchant légèrement la tête en arrière et en faisant monter l'air bien haut, un peu comme si on véhiculait l'air jusque derrière le front !

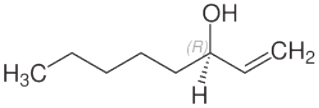
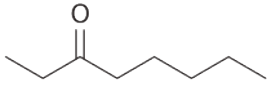
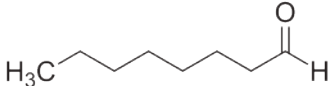
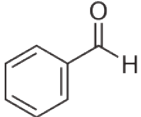
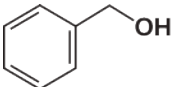
Remarquons que les molécules que nous ressentons par la rétro-olfaction sont mêlées aux saveurs et elles paraissent ainsi légèrement différentes des mêmes molécules reçues sous forme d'odeurs.

Donc, quand nous parlons d'arômes des champignons, nous parlons encore de chimie ! Mais les champignons comme celui qui les sent et qui les mange sont faits de molécules organiques ! Et le cuisinier est également un chimiste qui transforme des molécules en les faisant chauffer, en faisant des marinades, en mélangeant les produits !

### Un peu de chimie des arômes.

Voici le profil aromatique d'une Chanterelle. Toutes les chanterelles émettent ces molécules typiques, avec des concentrations différentes selon les espèces. La Chanterelle du *Coccoloba* n'échappe pas à la règle !

Pour qui s'intéresse à la gastronomie et aux arômes des aliments, il est intéressant de réaliser que de nombreuses molécules volatiles (qui ont donc cette propriété d'être emportés facilement par l'air) ont une odeur particulière. Cette odeur est parfois simple et peut se traduire par le nom d'un produit que nous connaissons bien : « abricot » ou parfois l'odeur est plus complexe. Il nous faut plusieurs noms de produits pour la décrire : « amande, amande amère, anis... »

oct-1-èn-3-ol (44%)		"Fongique typique"
Octan-3-one (0,3%)		Note zestée, fruitée
Octanal (0,2%)		Note miellée-orangée
Benzaldehyde (0,5%)		Abricot, prune
Alcool benzylique (0,2%)		Odeur combinée amande et anis

**Tableau :** quelques molécules importantes du profil aromatique de la Chanterelle.

Avec la liste des molécules aromatiques, nous pouvons consulter un référentiel qui associe les molécules avec les odeurs telles que les humains en général les ressentent (colonne de droite). Ensuite vient le plus intéressant pour nous : sentir la Chanterelle et essayer de trouver ces odeurs qui sont signalées dans le tableau.

Bon ! C'est une façon de se faciliter le travail car normalement nous devrions identifier les odeurs sans avoir une liste sous les yeux !

C'est vrai mais c'est plus difficile ! En revanche, une fois que nous avons identifié les odeurs une fois (grâce à la liste !), il est beaucoup plus facile de les retrouver ensuite. Le fait est que le sens de l'odorat et la capacité à percevoir les arômes s'éduquent assez rapidement.

Les arômes les plus marqués chez les champignons en général sont :

Des arômes de fruits et de fleurs, de fruits confits, de sous-bois, de crustacés, d'épices (anis, safran, poivre...), de chocolat, d'alcool (brandy, cognac, vieux rhum...).

Mais au fait...

..Quel est le thème du repas ?!



## La cuisine des champignons :

Comme pour tout produit, la cuisine peut être décrite comme un art de marier les saveurs, les arômes, les textures...

Nous renvoyons le lecteur à un ouvrage réalisé dans le cadre du même programme et qui parle en détails des qualités nutritionnelles et gastronomiques des champignons et qui propose des principes de cuisine saine et savoureuse en même temps [4].

Vous lirez par exemple qu'une simple cuisson en cuit-vapeur de champignons, servis ensuite avec un filet de bonne huile crue et éventuellement une persillade permet de préparer un plat très léger et savoureux. Autrement dit, les champignons se suffisent à eux-mêmes sans besoin de prévoir des recettes compliquées.



Champignons cuits à la vapeur et tomates séchées et réhydratées permettent de faire des tapenades savoureuses (il y a une synergie umami entre ces deux aliments) et allégées. La chair des champignons emprisonne de l'air quand elle est mixée et la texture allégée obtenue est très stable.



Un autre mode de préparation est intéressant également en termes de cuisine saine : une marinade (de poulet, de poisson... et de champignons) dans un jus de fruit et en présence de nombreux aliments riches en anti-oxydants (curcuma, ail, oignon, échalote, gingembre) permet de protéger ensuite les aliments, durant la cuisson, de certaines réactions chimiques préjudiciables.



Pour des recettes plus élaborées et pour présenter les choses de manière la plus simple, nous pouvons dire que quasiment toute recette de viande ou de poisson peut être adaptée en rajoutant des champignons à la préparation, voire en remplaçant la chair animale par la chair de champignons. En effet, la texture un peu fibreuse de nombreux champignons et la saveur umami marquée évoquent la chair et la saveur des chair animales.

En nous basant ensuite sur les saveurs et les arômes des champignons, nous pourrions rechercher des harmonies évidentes entre saveurs umami et arômes respectifs des champignons et des aliments associés.

La recette illustrée ci-dessous est inspirée d'un ouvrage culinaire martiniquais. Elle nous semble un bon exemple de préparation qui peut être valorisée par une association avec des pleurotes.



Cette recette est nommée « Poulet vieux rhum ananas ». [5]

Les ingrédients prévus sont du poulet, des tranches d'ananas, une tranche d'orange, un verre de jus d'ananas, un peu de vieux rhum, un demi citron vert, deux gros oignons, deux cives, de l'huile, sel et poivre. On peut donc rajouter avec bonheur des pleurotes dans cette liste.

La saveur umami du Pleurote trouvera une synergie avec la saveur umami du poulet.

La texture fibreuse mais tendre du pleurote fera une transition entre la texture plus ferme du poulet et les textures plus tendre de l'ananas.

Les arômes de fruits et d'agrumes de ce champignons trouveront un écho intéressant avec les agrumes du plat.

## VIII- CONCLUSION

### Qu'est-ce qu'un « champignon » ?

---

Au-delà de la diversité de leurs aspects, milieux et modes de vie, est-il possible de définir ce qu'est un « champignon » ? Pour cela, il nous faut mettre en évidence les points communs entre tous...

**1) Les champignons forment tous du mycélium (excepté les levures). Les champignons vivent essentiellement sous la forme de mycélium. C'est ce qui les caractérise avant tout.**

Avec leurs mycéliums, tous les champignons partent à la recherche des sucres qu'ils ne savent pas fabriquer.

Les mycéliums des champignons saprotrophes se développent au contact des matières qu'ils vont décomposer en excréant des enzymes (un morceau de bois, une feuille, la chair d'un fruit...). Les champignons parasites font de même : ils décomposent des tissus végétaux mais alors que ces végétaux sont vivants. Ils sont différents des premiers car ils ont la capacité de surmonter les défenses naturelles des plantes.

Ces enzymes vont transformer des sucres complexes (la cellulose du bois, la pectine d'un fruit...) en sucres solubles (glucose...) que le mycélium va dès lors pouvoir absorber. La levure se nourrit le plus souvent quant à elle de sucres déjà solubles présents dans son milieu liquide (jus de canne, jus de fruit...) ou solide (un levain de boulangerie...).

D'autres champignons installent leurs mycéliums au contact intime des cellules racinaires. Ils absorbent alors les sucres de la sève élaborée des plantes. qui les ont accueillis.

Les mycéliums forment des réseaux complexes qui permettent des transports de molécules à travers ces voies de circulation que forment les filaments. Chez les champignons mycorhiziens, les réseaux de mycéliums peuvent relier plusieurs systèmes racinaires entre eux. Les molécules qui circulent sont des nutriments mais également des signaux de communication entre les plantes.

**2) Tous les champignons forment des spores.** (La levure elle-même ressemble à une sorte de spore). Chez certains champignons, les spores contiennent l'ensemble du patrimoine génétique de l'organisme fongique. Une spore est ainsi un individu à part entière en quelque sorte, qui peut régénérer un mycélium complet : spores des champignons arbusculaires, spores ou conidies des champignons inférieurs (« moisissures » saprotrophes, champignons parasites). Les macromycètes, saprotrophes ou ectomycorhiziens, produisent des spores ne contenant que la moitié du patrimoine génétique (la moitié des chromosomes). Ces spores naissent dans des des organes fructifères : les « champignons » du sens commun.

### 3) Les champignons ont une chimie particulière :

Ils produisent, comme les insectes, de la chitine. La chitine est un sucre (ou glucide) complexe qui assure la rigidité et la souplesse des carapaces d'insectes et des crustacés. Cette même molécule assure la solidité des parois cellulaires du mycélium. Les champignons stockent leur réserves de sucres sous forme de glycogène, comme chez les animaux. Ils produisent ensuite de nombreux sucres spécifiques, comme les Bêta glucanes qui donnent aux champignons comestibles des propriétés très favorables à la santé.

### Les champignons et les plantes

---

Les champignons et les plantes sont intimement liés depuis l'origine de la vie sur terre. Les champignons arbusculaires sont aussi anciens que les plantes les plus anciennes comme les mousses, les fougères... Les plantes ont pu coloniser les terres émergées grâce à la symbiose avec ces champignons. Les autres groupes de champignons mycorhiziens sont apparus au fil de l'évolution, en symbiose avec d'autres familles de plantes, comme les orchidées, certains arbres tropicaux, les arbres des forêts boréales, des forêts des milieux tempérées ou méditerranéens.

Les champignons saprotrophes ont également permis depuis l'origine des plantes terrestres de recycler les éléments nutritifs de la matière organique des plantes mortes au profit des nouvelles plantes. Les champignons arbusculaires associés aux champignons saprotrophes ont depuis toujours été des artisans essentiels à la fabrication de l'humus et des sols qui sont les supports de la vie terrestre. Ainsi les champignons participent étroitement à la fabrication des sols pour les plantes et assurent leur approvisionnement en éléments minéraux et en azote.

Les champignons permettent enfin aux plantes de communiquer entre elles et d'échanger nutriments et signaux de communication. Plantes et champignons participent ainsi activement à la régulation et à l'adaptation des écosystèmes au fil du temps et des événements climatiques.

Cette relation privilégiée entre le Règne des plantes et le Règne des champignons ne doit pas nous faire oublier les relations entre ces derniers et les animaux. Mais il faudrait un autre livre pour en parler...

### La révolution des champignons ?

---

Les champignons sont à la mode ! Beaucoup en parle comme les futurs alliés majeurs de l'agriculture de demain. On entend dire qu'ils pourront nous aider à nous nourrir demain et à mieux nous nourrir également. Des matériaux à base de champignons commencent à apparaître sur le marché, en remplacement de produits à base de cuir animal ou de matériaux issus des produits pétroliers... Beaucoup de pistes à suivre !

## IX- BIBLIOGRAPHIE

- [1] Courtecuisse R. et al. – 2013 - Liste préliminaire des Fungi recensés dans les îles françaises des Petites Antilles : Martinique, Guadeloupe et dépendances. II – Basidiomycètes non lamellés (espèces gastéroïdes, rouilles et charbons exclus) – Documents Mycologiques Tome XXXV – p47-173.
- [2] Gaëlle J. et al. 2019. Fungi of French Guiana gathered in a taxonomic, environmental and molecular dataset. Scientific data.
- [3] Rondet J. Champignons comestibles dans les Caraïbes. L'écologie des champignons. Perspectives et techniques de production. Edition 88 pages. Programme Interreg Caraïbes Myconova.
- [4] Rondet J. Champignons comestibles dans les Caraïbes. Nutrition et gastronomie. Edition 88 pages. Programme Interreg Caraïbes Myconova.
- [5] L'essentiel de la cuisine martiniquaise. Editions Orphie.





Tout les documents et livres réalisés dans le cadre du projet  
**INTERREG - Caraïbes MYCONOVA**, sont disponibles sur le site [www.myconova.eu](http://www.myconova.eu)



SENS & TERRITOIRE

Jean Rondet

SENS ET TERRITOIRE / [www.sensterritoire.com](http://www.sensterritoire.com)



Infographie Couverture / Illustrations / Mise en page

Alexandre Parolo / OSTPROD / [www.ostprod.com](http://www.ostprod.com)

Crédit photo couverture : DEAL Martinique.



# MYCONOVA CARAÏBES

---

## Le monde des champignons Dans la Caraïbe

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

Ce livre est une introduction à la découverte du monde des champignons dans la Caraïbe.

C'est un monde d'une très grande diversité, autant sinon plus que celui des plantes ou que celui des animaux. Sans les champignons, les plantes n'auraient pu coloniser les terres émergées. Sans eux, les plantes d'aujourd'hui ne pourraient se nourrir, les sols fertiles n'existeraient pas. Les fonctions des champignons, dans les écosystèmes, sont essentielles. Ils sont le lien entre le sol et les plantes. Ils sont également le lien entre les plantes elles-mêmes.

Il est possible que nous soyons bientôt les témoins d'une relation beaucoup plus forte entre les hommes et les champignons ! De plus en plus de forestiers et d'agriculteurs réalisent que ce sont des alliés indispensables pour faire face aux défis environnementaux de demain. Les champignons comestibles sont de plus en plus considérés comme des aliments de grande qualité nutritionnelle. Ils sont des sources de nouveaux matériaux qui nous affranchissent de notre dépendance aux produits pétroliers...

Ce livre qui s'adresse à tous publics est également une introduction à des ouvrages plus techniques, plus spécialisés et que le lecteur pourra trouver sur le site du programme du projet Interreg Caraïbes Myconova :

[www.myconova.eu](http://www.myconova.eu)

**Interreg**  
Caraïbes  
Fonds européen de développement régional



l'Europe  
**s'engage**  
avec les Antilles-Guyane  
dans la Grande Caraïbe

 CTM  
Collectivité  
Territoriale  
de **Martinique**



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