

Les modes de nutrition

Les champignons sont-ils des plantes ?

Les végétaux à chlorophylle sont capables de fabriquer leurs constituants carbonés par photosynthèse en transformant le CO₂ contenu dans l'air en diverses substances organiques: sucres, lipides, cellulose... L'unique source d'énergie étant le soleil.

On les dit autotrophes.

Les champignons, par contre, sont dépourvus de chlorophylle, et ne sont pas capables de fabriquer les substances organiques nécessaires à leurs cellules pour la croissance.

Ils sont donc obligés de consommer des molécules fabriquées par d'autres organismes. On les dit hétérotrophes.

Les champignons se nourrissent par l'intermédiaire de leur organe végétatif appelé mycélium constitué de fins filaments parfois visibles à l'œil nu.

Le mycélium

Le mycélium a 2 fonctions :

- sécrétion: il sécrète des enzymes puissantes capables de décomposer la matière organique la plus résistante (bois par exemple)
- absorption: Il absorbe les éléments carbonés nécessaires à la survie de ses cellules

Les champignons se distinguent surtout des plantes par leur cycle végétatif :

spore -->mycélium primaire -->mycélium secondaire --> primordium --> champignon --> spores --> etc ...(voir cycle évolutif)

Lorsqu'un mycélium a accumulé suffisamment de réserves et que les conditions sont favorables il fructifie par l'apparition d'un carpophore. (partie visible du champignon)

Propriétés du mycélium

- Pouvoir de pénétration
- Pouvoir de dissémination

Le mycélium possède un grand pouvoir de pénétration dans le substrat.

Si la nourriture vient à manquer il se déplace ou se met au repos. S'il n'y a plus de nourriture il meurt. Ce phénomène est visible chez les polypores qui parasitent les troncs d'arbres: en une saison le bois se ramolli puis pourri avant d'être complètement absorbé par d'autres espèces.

Exemples: les champignons lignicoles, les levures. Le boulanger pour faire du pain utilise un champignon : la levure. Ce champignon s'attaque à l'amidon de la farine. Son mycélium (invisible) se développe si vite que la pâte gonfle.

Un champignon produit un nombre très important des spores pour se reproduire (Ex : une vesse de loup géante produit en moyenne 2000 milliards de spores)

Les basidiomycètes sont plus productifs que les ascomycètes. ex : l'agaric : 6 Milliards de spores en moyenne

Bulgaria inquinans : 80 millions / jour

Malgré cela l'espérance qu'une spore donne un nouveau champignon est très faible. En effet il faut qu'un certain nombre de conditions soient réunies pour obtenir la germination d'une spore qui donnera un filament de mycélium primaire. Mais ce dernier reste stérile. Il lui faudra encore rencontrer un autre filament primaire porteur d'un sexe opposé. Cette rencontre donnera un mycélium secondaire fertile.

Durée de vie

La durée de vie d'un carpophore est courte: de quelques heures à quelques mois pour les polypores, en général il dure quelques jours

En revanche la durée de vie du mycélium est bien plus longue. Après sa fructification il ne meurt pas mais il continue de végéter jusqu'à ce qu'il ait épuisé toutes les ressources du substrat. Il est alors capable de se déplacer à condition qu'il ne rencontre pas d'obstacle.

Ce déplacement peut s'observer par la formation des ronds de sorcières: en partant d'un point donné le mycélium, qui a une croissance centrifuge, s'écarte de ce point jusqu'à 40 cm par an. Il en résulte la formation des ronds de sorcière.

Ce phénomène discret en forêt se voit bien dans les prés: Les sécrétions du mycélium enrichissent le sol en azote et l'herbe paraît alors plus verte aux endroits matérialisés par le rond de sorcière. Un mycélium peut se mettre au repos plusieurs mois ou plusieurs années avant de donner un carpophore (froid, sécheresse) puis reprendre sa croissance.

Les spores aussi peuvent subsister quelques années en attente de conditions favorables pour germer et démarrer un nouveau cycle.

Les deux grandes catégories de champignons

- Les décomposeurs (ou les nettoyeurs)

Espèces décomposant la matière organique morte (bois mort, cadavres, excréments ...)
Souvent plusieurs espèces se succèdent sur un même substrat au fur et à mesure de sa décomposition. Ce sont les saprophytes

- Les profiteurs

Espèces vivant au profit d'un organisme vivant (plante, arbre, animal, homme, voire d'autres champignons). On les distingue par le type de relation qu'ils entretiennent avec leur hôte. Ce sont les biotrophes:

Si la relation est amicale, c'est-à-dire qu'il y a échange réciproque de substances ce sont des symbiotes

Si la relation profite uniquement au champignon (donc au détriment de l'hôte) ce sont des parasites

Les saprophytes

Ils décomposent les déchets organiques d'origines diverses (végétaux ou animaux). Il s'agit principalement des litières (feuilles ou aiguilles) et du bois mort.

Ils jouent un important rôle de nettoyeurs en fabriquant l'humus : fertilisant réutilisable par les autres plantes. Sans eux la terre serait envahie par les déchets végétaux. Les champignons sont avec quelques bactéries les seuls organismes capables de décomposer la lignine et la cellulose, permettant ainsi leur recyclage.

les types de déchets consommés:

- les hydrates de carbone (sucres) par les champignons microscopiques (levures)
ex : levure de bière (*Saccharomyces cerevisiae*)
- la cellulose
par les espèces microscopiques (les pourritures)
par les décomposeurs de la litière : marasmes, mycènes, collybies
par les décomposeurs de la cellulose du bois : paxille, mэрule, divers polypores
- la lignine (25-30 % du bois)

Exemples: Tricholome rutilant (*Tricholomopsis rutilans*), Armillaire couleur de miel (*Armillaria mellea*), pholiotes, plutées, coprins, polypores, ganodermes, trametes, ...

Exemples de saprophytes:

- saprophytes de l'humus (terreau obtenu par la décomposition des végétaux)
Ex: les espèces humicoles : lépiotes, volvaires, plutées, collybies, clitocybes, marasmes
- saprophytes de la litière (feuilles mortes, aiguilles tombées au sol)
 - Litière de conifères
Clitocybe renversé (*Lepista inversa*)
Agaric des bois (*Agaricus silvaticus*)
 - Litière de feuillus
Collybie du chêne (*Collybia dryophila*)
Marasme guêtré (*Marasmius peronatus*)
 - Litière de feuillus et conifères :
Collybie beurrée (*Collybia butyracea*)
Collybie tachetée (*Collybia maculata*)
Pied bleu (*Lepista nuda*)
Clitocybe nébuleux (*Clitocybe nebularis*)
Strophaire vert-de-gris (*Stropharia aeruginosa*)
- Dans la mousse ou les sphaignes
Cystoderme furfuracé (*Cystoderma amianthinum*)
- Saprophytes lignicoles
Collybie à larges feuillettes (*Megacollybia platyphylla*) : sur hêtre
Pleurote en forme d'huître (*Pleurotus ostreatus*), Plutée du cerf (*Pluteus cervinus*),
Tramète versicolore (*Trametes versicolor*), Stereum hirsute (*stereum hirsutum*) : sur feuillus
Langue de bœuf (*Fistulina hepatica*) : sur chêne ou châtaigner
Polypore écailleux (*Polyporus squamosus*) : sur feuillus
Ganoderme aplani (*Ganoderma lipsiense*) : sur feuillus
Amadouvier (*Fomes fomentarius*), Xylaire du bois (*Xylaria hypoxylon*) : sur feuillus
- Saprophytes sur fumier ou excréments
Coprins, panéoles

Les symbiotes

Il y a 2 types de symbiotes

- les lichens
- les mycorhizes

Les lichens

C'est l'association d'une algue et d'un champignon

La symbiose est telle que les deux partenaires fusionnent pour ne former qu'un seul élément appelé : le thalle

(Thallophytes : champignons dont l'appareil végétatif n'est pas différencié)

Les lichens sont apparentés aux ascomycètes : loculoascomycètes

Ecologie des lichens :

Ce sont des durs: On les trouve dans des endroits où rien d'autre ne pousse (bois, rocher, tuiles, ...) Certains ne voient jamais la pluie (Ils se contentent de l'humidité de l'air), d'autres sont immergés plusieurs heures par jours (marées)

Les lichens sont de bons indicateurs de la pollution: ils sont rares dans les grandes villes

Les mycorhizes

Définition : Association à bénéfice réciproque entre les racines d'une plante et le mycélium d'un champignon. Il s'agit de l'intrication plus ou moins intime entre le mycélium du champignon et les radicelles de la plante. On trouvera dans cette catégorie la majorité des champignons forestiers.

Bénéfice pour le champignon :

Les glucides fabriqués par la plante constituent de la nourriture

Bénéfice pour la plante

- augmentation de la capacité de captage: le mycélium participe au captage car il descend plus profond
- augmentation de la capacité d'un arbre à s'adapter à un type de sol dans lequel il ne pourrait vivre sans mycorhize
- protection contre certains parasites

Il existe 2 types de mycorhizes:

- les ectomycorhizes
- les endomycorhizes

Les Ectomycorhizes

Le mycélium du champignon forme une gaine autour des racines (radicelles) de la plante.

80% des champignons supérieurs sont ectomycorhiziques

Exemples de champignons ectomycorhiziques: Bolets, amanites, tricholomes, lactaires, russules, hygrophores, cortinaires, inocybes, hébelomes, chanterelles, morilles

Les plantes formant des ectomycorhizes avec les champignons sont surtout des arbres

Exemples:

Conifères : Pin, épicéa, cèdre

Feuillus : Hêtre, chêne, châtaignier, acacia

Betulacés : Bouleau, Aulne

Rosacés

Un arbre peut héberger plusieurs mycorhizes de champignons différents (le Pin sylvestre peut faire des mycorhizes avec plus de 50 espèces de champignons), de même qu'un champignon peut mycorhizer plusieurs essences d'arbres différentes

Si un champignon se trouve toujours sous la même essence on parle d'association stricte

Exemples de mycorhizes:

- association stricte avec une seule espèce d'arbre
 - Bolet élégant (*Suillus grevillei*)
 - Bolet à pied creux (*Boletinus cavipes*) avec le mélèze
 - Bolet blafard (*Suillus placidus*) avec le pin Weymouth.
 - Russule couleur de fiel (*Russula fellea*) avec le hêtre
 - Lactaire à lames roses (*Lactarius controversus*) avec le peuplier
 - Bolet du charme (*Leccinum carpini*) avec le charme
 - Lactaire zoné (*Lactarius circelatus*) avec le noisetier
 - Lactaire pubescent (*Lactarius pubescens*) avec le bouleau
- association avec un seul genre d'arbre
 - Lactaire délicieux (*Lactarius deliciosus*) avec les pins

Nonette voilée (*Suillus luteus*) avec les pins
Bolet du chêne (*Leccinum quercinum*) avec les chêne

- association avec une famille d'arbre
Gomphide glutineux (*Gomphidius glutinosus*) avec les conifères
Entolome livide (*Entoloma lividum*) avec les feuillus
- associations non stricte
Cèpe de Bordeaux (*Boletus edulis*) avec le chêne, le hêtre, l'épicéa
Amanite tue-mouches (*Amanita muscaria*) avec l'épicéa, le bouleau
Amanite rougissante (*Amanita rubescens*) ,
Laccaire laqué (*Laccaria laccata*) avec les feuillus et conifères

Les Endomycorhizes

Chez ce type de mycorhize le mycélium du champignon pénètre à l'intérieur des cellules de la racine (partie extérieure)

Les plantes à endomycorhizes sont principalement les bruyères, les myrtilles, les orchidées, les herbes, Peu d'arbres (européens) sont concernés : l'if, l'acacia, les conifères exotiques

Remarque

Certains arbres peuvent être ecto- ou endo- : exemple : l'acacia

Les parasites

Un parasite est un champignon qui se nourrit et dépend d'un organisme vivant. (Plante ou animal)
Il n'y a pas d'échange réciproque : seul le parasite en profite.

Rôle des champignons parasites : ils contribuent à l'équilibre des forêts en évitant le surpeuplement
S'attaquent souvent aux blessures des arbres.

Types de parasites

- les prédateurs

Ils tuent pour mieux manger (parasites violents qui peuvent ensuite se transformer en saprophytes)
exemple : Armillaire obscur (*Armillaria ostoyae*)

- les profiteurs

Ils consomment avec modération : Ils tuent très lentement pour faire durer leur hôte
Ils ont souvent un hôte de prédilection (Exemple: Polypore du bouleau sur le bouleau)
Ils sont souvent plusieurs à vouloir profiter du même hôte (qui a peu de chances de survivre)
Il s'agit principalement d'espèces aériennes sur troncs ou branches (=lignicoles) ,
principalement des polypores.

Exemples

- Parasites des feuillus

Polypore du bouleau (*Piptoporus betulinus*) : surtout bouleau
Souchette (*Collybia fusipes*) au pied des chênes, châtaigniers et hêtres
Armillaire couleur de miel (*Armillaria mellea*) : feuillus
Langue de bœuf (*Fistulina hepatica*) : chêne ou châtaigner
Polypore soufré (*Laetiporus sulphureus*): feuillus

- Parasites des conifères

Armillaire obscur (*Armillaria ostoyae*)
Polypore du pin (*Fomitopsis pinicola*), (Quelques fois aussi sur feuillus)

- - Parasites d'autres champignons
 - Xerocomus parasiticus qui pousse sur *Scleroderma citrinum*
 - Nyctalis parasitica sur lactaires ou russules
 - Cordyceps capitata sur *Elaphomyces granulatus*
 - Parasites sur des animaux
 - Cordyceps militaris qui s'attaque aux pupes de divers insectes

Remarques

Il n'y a pas de délimitation stricte entre ces différents modes de vie. On trouve souvent des intermédiaires entre parasites et mycorhiziques et même saprophytes.

exemples : laccaire améthyste, paxille enroulé, bolet subtomenteux, ...

Cas particulier des armillaires:

Pendant longtemps on pensait qu'il n'existait qu'une espèce d'armillaire. On en recense actuellement 5 espèces européennes, toutes sont des parasites mais certaines sont en plus des saprophytes

Armillaria bulbosa est plutôt saprophyte, *Armillaria mellea* parasite les feuillus, *Armillaria ostoyae* parasite les conifères.

Remarque:

Le passage d'un arbre vivant au stade de décomposition ne se fait pas instantanément : Il y a une succession d'espèces qui défilent en partant du parasite strict en passant par les espèces qui sont à la fois parasites et saprophytes pour finir par les saprophytes stricts qui nettoient ce qui reste de l'arbre jusqu'à sa complète minéralisation !

Ecologie des champignons

Généralités et définitions

L'écologie (du grec oikos , demeure, et logos , science): C'est la science qui étudie les rapports qui existent entre des organismes vivants (bactéries, plantes, animaux) et le milieu où ils vivent.

L'écologie appliquée à la mycologie est l'étude des relations entre les champignons et le milieu où ils se trouvent. Les relations avec les végétaux (arbres) dépendent du mode de vie du champignon.

Le milieu

Endroit de l'espace qui contient les éléments avec lesquels un organisme vivant est en contact (habitat).

Il existe une grande diversité de milieux : milieu forestier, milieu de prairie, milieu de montagne, de plaine, milieu acide, milieu calcaire, ...

Un arbre ou même une bouse de vache peuvent constituer un milieu. A chaque type de milieu est associé une population de champignons.

Certains champignons poussent n'importe où comme l'Agaric des trottoirs (*Agaricus bitorquis*)

D'autres ne poussent que dans des milieux particuliers (On ne trouvera pas de cèpes sur les trottoirs !)

L'écologie est une aide à l'identification des champignons. C'est aussi une aide à la compréhension du milieu (Indicateurs du milieu). Par exemple la présence de certaines espèces indique un milieu acide d'autres un milieu calcaire ...

Les milieux forestiers

- forêts de conifères

Sapins (sapinière)

Epicéas (pessière)

Pins (pinède)

Mélèzes (mélèzaie)

Cèdres (cèdraie)

- forêts de feuillus

Hêtres (hêtraie)

Chênes (chênaie)

Charme (charmaie)

Bouleaux (bétulaie)

Les milieux non forestiers

On y trouvera principalement des saprophytes humicoles

Types de sols

- Sol acide

Ex: *Amanita muscaria*, *Amanita citrina*

- Sol calcaire

Ex: *Amanita pantherina*, *Amanita fulva*, *Boletus satanas*, *Tricholoma saponaceum*, *Russula fellea*, *Russula queletii*

- Sol siliceux

Ex: *Amanita virosa*, *Lactarius plumbeus*, *Russula ochroleuca*, *Russula virescens*, *Russula sardonia*, *Russula turci*

- Sol argileux

Ex: *Amanita spissa*, *Lactarius quietus*, *Russula foetens*, *Entoloma lividum*

Nature du substrat

C'est la matière dans ou sur laquelle pousse le champignon

Pour les champignons on s'intéresse en particulier au pH du sol:

- $\text{pH} < 6$: espèces acidophiles on parle de milieu acide
- $6 < \text{pH} < 8$: espèces neutrophiles on parle de milieu neutre
- $\text{pH} > 8$: espèces basophiles (ou calcicoles) on parle de milieu alcalin

Types de substrat

- dans le sable (sabulicoles)
- dans l'humus (humicoles)
- sur la terre nue, dans les champs (terricoles)

Ex: *Volvaires*, *pezizes*, *inocybes*

- dans l'herbe (praticoles)

Ex: *Agarics*, *lépiotes*, *vesses de loup*, *hygrophores*

- sur fumier ou excréments (coprophiles)

Ex: *Coprins*, *panéoles*

- sur bois : lignicoles
Ex: polypores
- sur feuilles mortes (follicoles)
Ex: petits marasmes
- sur places à feu (carbonicoles)
Ex: hébélomes, tephrocibes, pezizes
- sur mousse (mussicoles)
Ex: Cystodermes
- tourbières (Milieu très acide)
Ex: Russule émétique (*Russula emetica*)

Facteurs externes

Un certain nombre de facteurs externes au milieu viennent modifier les propriétés d'un milieu le rendant propice ou non au développement des champignons

- La température

Elle peut varier de -5°C à $+35^{\circ}\text{C}$ en fonction de l'espèce. La température idéale pour la plupart des espèces se situant entre $+20^{\circ}\text{C}$ et $+25^{\circ}\text{C}$.

Les variations de températures (saisons) ainsi que leur durée peuvent influencer la croissance du carpophore.

Exemples:

l'amanite des césars (*Amanita caesarea*) fréquente dans le midi mais très rare en Alsace. Les coprins du fumier

Certaines lépiotes exotiques (*Leucoagaricus flos-sulphuris*)

Les Moisissures

Les espèces aimant la chaleur sont dites : thermophiles

Il y a aussi des espèces aimant le froid : Elles se développent avec une température d'environ $+10^{\circ}\text{C}$ et leur croissance s'arrête si la température atteint les $+20^{\circ}\text{C}$.

Exemples : La flammuline à pied velouté (*Flammulina velutipes*) entre $+10^{\circ}\text{C}$ et $+15^{\circ}\text{C}$.

Tubaria hiemalis aux alentours de $+1^{\circ}\text{C}$

La pezize écarlate (*Sarcoscypha coccinea*) et la morille conique (*Morchella conica*) poussent dès le mois de février

L'hygrophore blanc d'ivoire (*Cuphophyllus niveus*) se trouve jusqu'à fin décembre

Les espèces aimant le froid sont dites : cryophiles

Remarques :

Certaines espèces nécessitent une période d'enneigement ou de gel minimale pour apparaître. Si la plupart des champignons craignent le froid, le mycélium (enterré) par contre peut résister au gel prolongé de l'hiver.

- l'humidité

Elle est indispensable : un champignon est composé de 85% à 90 % d'eau

Les besoins sont variables :

les petites espèces sont plus sensibles (moins de réserves) mais elles apparaissent rapidement après une pluie (Mycènes, marasmes, ...)

Les grandes espèces mois sensibles apparaissant plusieurs jours après la pluie (bolets, russules, ...)

Les espèces aimant l'humidité sont dites hydrophiles

Les espèces aimant le sec sont dites xérophiles

Remarques

L'humidité soit survenir au bon moment et ne doit pas durer trop longtemps (un été pluvieux et un automne sec ne sont pas propices aux bonnes récoltes)

- la lumière L'absence de photosynthèse rend les champignons indépendants de la lumière. Ils peuvent donc pousser la nuit ou dans l'obscurité permanente.
exemple : le champignon de Paris (de culture) pousse dans les caves
Le mycélium également pousse sans lumière
- l'altitude
L'altitude joue une importance car elle agit sur les facteurs tels que la pression atmosphérique, la température, la durée d'enneigement, le type de végétation, etc.
On peut trouver des champignons jusqu'à 2500 m d'altitude environ
A partir de 800-1000m on parlera d'espèce montagnarde
- la lune ?
Vieille croyance: Nouvelle lune = poussée des champignons ?
Aucune étude scientifique sérieuse n'a pour l'instant permis d'établir de lien entre les phases lunaires et l'apparition des champignons.
- Les saisons
Hiver : saison creuse, quelques rares champignons peuvent cependant se trouver s'il ne gèle pas: la flammuline, l'hygrophore de mars, quelques lignicoles.
Printemps : Quelques espèces dont la plupart sont exclusivement printanières : tricholome de la St Georges, entolomes, agrocybes, et surtout des ascomycètes : morilles, pezizes
Été : On trouve tous les champignons précoces : des russules, des bolets, des amanites, des lépiotes
Automne : c'est la meilleure saison où l'on trouve le maximum d'espèces jusqu'aux premières gelées.

Remarque:

Certaines espèces n'ont pas de saison particulière et peuvent pousser à n'importe quelle époque de l'année. Il s'agit principalement des saprophytes .

Exemples: Les champignons de culture (Champignon de Paris), les lépiotes dans les serres, etc.