Université Ferhat Abbas Sétif 1.
Faculté de Médecine
Département de Pharmacie

Cours de *Botanique Pharmaceutique*
2ème Année Pharmacie
(UFAS1)

Pr CHERMAT Sabah

Lichens et *Mycorhizes*

Les thallophytes symbiotiques

La symbiose

- Les algues et les champignons forment des symbioses entre eux ou avec d'autres organismes. Il y a deux types de symbioses qui jouent un grand rôle dans les équilibres écologiques :

les Lichens et les Mycorhizes

■ *Les Lichens*

- Ils font intervenir une algue (le **cyanobionte** et/ou le **phycobionte**) et un eumycète (le **mycobionte**).

- Les lichens sont des organismes résultant d'une symbiose entre un champignon nématothalle hétérotrophe appelé **mycosymbiote,** appartenant aux Ascomycètes ou aux Basidiomycètes et une algue verte ou une cyanophyte autotrophe nommée **photosymbiote**.

-Cette symbiose dérive d'une association appelée:

Lichénification ou **Lichénisation**

Lichénisation :

une association durable et reproductible, elle permet aux partenaires de coloniser ensemble des substrats sur lesquels ils ne pourraient s'établir séparément, elle entraîne des modifications morphologiques et physiologiques.

•Composition du lichen

Cette association fait intervenir différents partenaires :

- pour les Phycobiontes:

• des chlorophytes (dans environ 85% des cas) surtout des genres: *Trebouxia*, *Pseudotrebouxia*

• des cyanobactéries (dans 10 % des cas): les genres *Nostoc* et *Scytonema*

•très rarement des xanthophytes .

- **pour les Mycobiontes:** le plus souvent des Ascomycètes (98% des cas) ou des basidiomycètes (2% des cas).

Spécificité des Lichens

La spécificité des lichens dépend des partenaires en présence, avec dans certains cas, une association stricte entre une espèce d'algue et une espèce de champignon, et dans d'autres cas des fluctuations pour les partenaires.

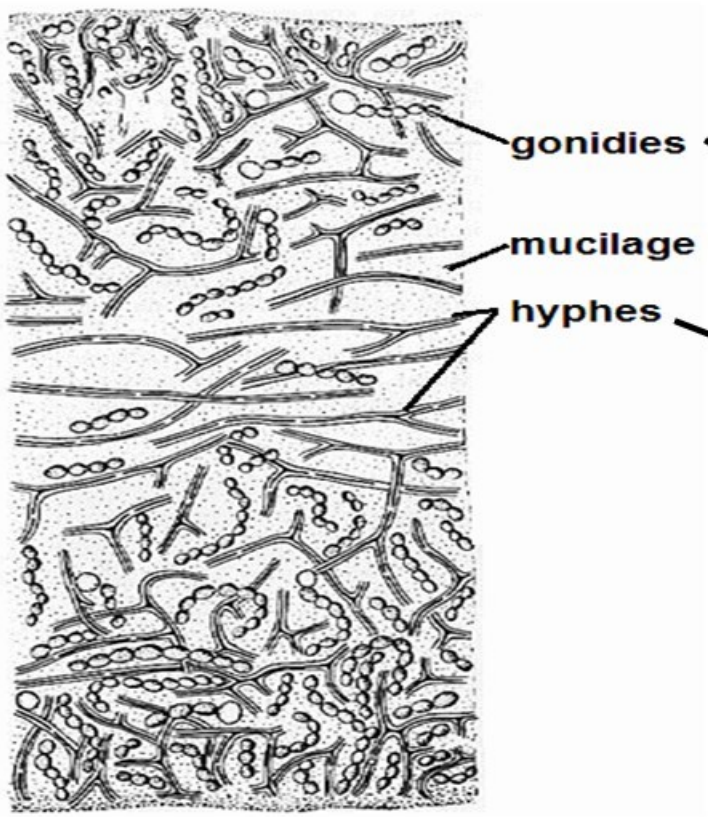
* On connaît aussi des associations tripartites

- Les lichens colonisent des biotopes difficiles.
- Ce sont souvent les organismes pionniers sur les substrats nus
- Les lichens crustacés peuvent être très longévives
- Certains lichens corticoles sont très sensibles à la pollution atmosphérique

Anatomie des Thalles

Le thalle de lichen est formé d'algue, représentée par des petites cellules arrondies, et de champignon , constitué d'hyphes haploïdes ramifiés:

structure simple ► informe structure stratifié ► mise en place de strates



Structure homéomère
Collema tenax

Structure hétéromère
Xantoria parietina

S.CHERMAT

Anatomie du Thalle de Lichen

- Le thalle d’un lichen a une forme caractéristique, il est généralement composé de trois couches :
- Une couche supérieure contenant des filaments fongiques.
- Une couche intermédiaire de cellules algales entremêlées à des filaments fongiques
- Une couche inférieure de filaments fongiques — la zone d'attachement au substrat qui porte les Rhizines.

- Il existe environ 16 000 espèces de lichens. Seules 17 espèces d’algues sont impliquées dans cette symbiose.

La diversité des lichens est essentiellement due aux **partenaires fongiques** .

Morphologie des Lichens

Thalles fruticuleux

Les lichens fruticuleux ont la forme d’un petit arbuste ,forme de touffes pendantes ou dressées sur les arbres souvent, en lanières plates, elles peuvent être divisées, cannelées ou en tiges simples plus ou moins ramifiées. Exp: *Ramalina*

Thalles foliacés

Ce type de lichens a la forme d’un disque constitué de lames +ou- lobés fixés au support par des crampons ou par un gel adhésif.

Point de fixation unique et généralement central: l'ombilic.

•Exp:*Umbilicaria et Parmelia*

Morphologie des Lichens

Thalles crustacés

Les lichens au thalle crustacé forment une croûte très adhérente et indissociable de leur substrat d'élection (rochers, pierres).

Exp: Rhyzocarpon

Thalles squamuleux :

Ces espèces sont composées d'écailles ou de lobes plus ou moins adhérents au substrat, mais pouvant aisément s'en détacher.

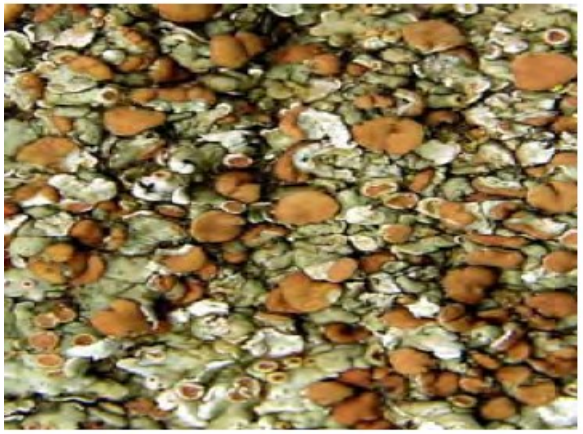
Exp*; Spora ,Squamaria*

Thalles complexes

Composé de *thalle primaire: la partie basilaire est foliacées

*thalle secondaire: la partie dressée s/f de filaments cylindriques +ou- ramifiés ou linéaires

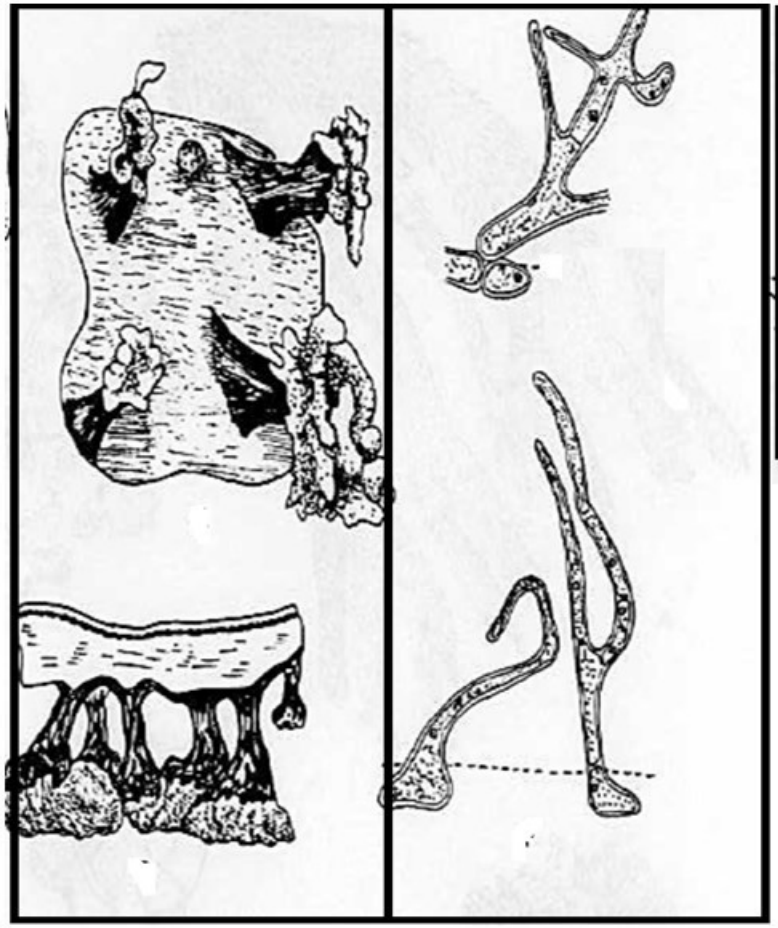
Exp: *Cladonia*

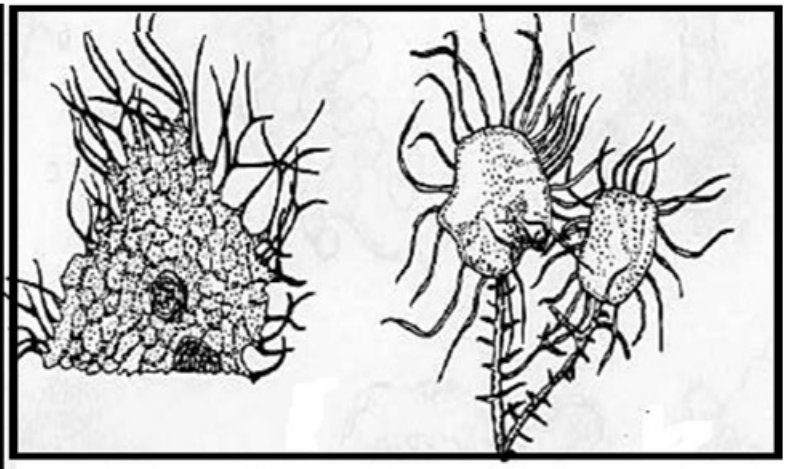


Appareil Végétatif

Organes portés par les lichens

De nombreuses ornementations peuvent décorer les faces supérieures et inférieures du thalle et permettent en partie leur détermination.





- Poils
- Rhizines
- Cils
- Fibrilles

S.CHERMAT

Labo Botanique - UFA Sétif 1.

Ecologie des lichens

- Les lichens colonisent les milieux terrestres suffisamment stables et humides, et se rencontrent même dans certains milieux aquatiques, on peut distinguer trois types principaux de peuplements :

Les lichens saxicoles

- colonisent les rochers sont très nombreux et diversifiés.

Exp: lichen calcifuge* lichen calcicole*.

Les lichens terricoles

- à la surface du sol, ils forment une flore calcifuge* et une flore calcicole* selon la nature du terrain.

Les lichens épiphytes

se développent sur les végétaux : les lichens corticoles*, lichens lignicoles*, lichens folicoles*.

**les lichens ne sont pas des parasites et ils utilisent les végétaux comme support de croissance.

Ecologie des lichens

Les facteurs de répartition des lichens

►La symbiose libère ces organismes de la dépendance du milieu:

- Capables de vivre dans des situations extrêmes
- Capables de reviviscence
- Les lichens sont les premiers colonisateurs de supports, pionniers de la végétation.

► Les facteurs écologiques nécessaires pour l'installation des lichens :

- types de substrats (milieu, composition…)
- types de climats (humidité, ensoleillement…)
- facteurs biologiques

(animaux intervenant sur leur installation, pollution humaine).

**La ressource en eau (taux d'humidité) et l'éclairement sont des facteurs écologiques essentiels dans la répartition des lichens et de leur localisation sur leurs supports.

Développement et croissance des Lichens

La croissance des lichens passe par trois phases :

→ croissance optimale.

→ maturation et reproduction

→ une dégénérescence au centre et une croissance de l'extérieur.

Les Lichens se développent de plusieurs manières mais principalement via les organes de multiplication végétative.

- Multiplication végétative

Elle se produit par dispersion de fragments de thalles ou d'organes spécialisés contenant les deux constituants de la symbiose:

- les **isidies** (excroissances du thalle)
- les **sorédies** (granules très fins).

Organes de multiplication végétative

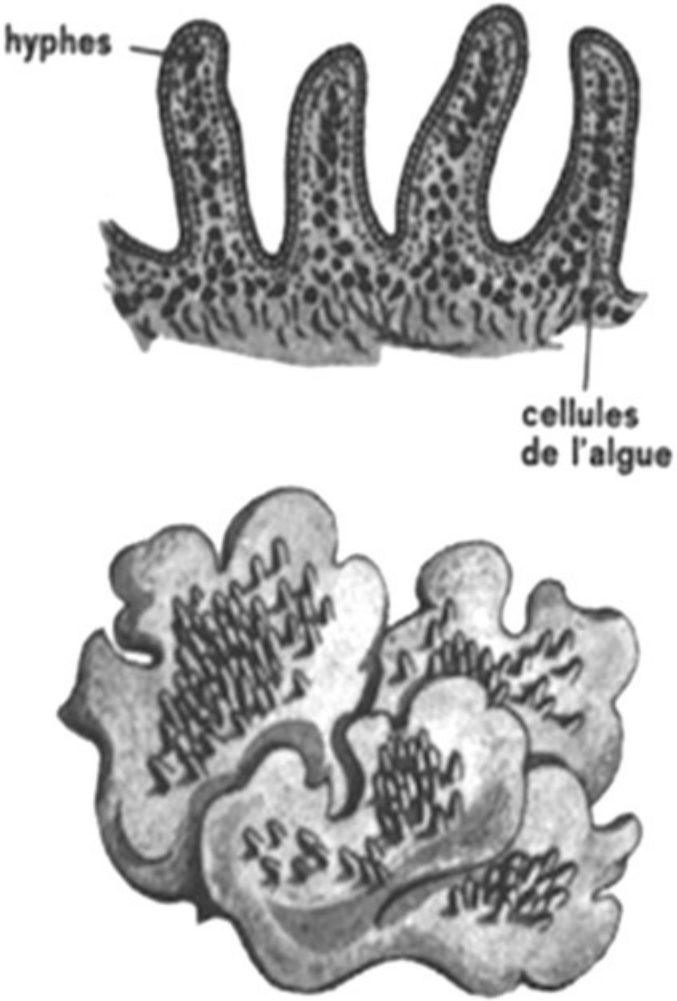
- **Les isidies** :des petites excroissances qui contiennent des cellules du photosymbiote entourées d'une couche serrée d'hyphes

  → prolongement du cortex supérieur

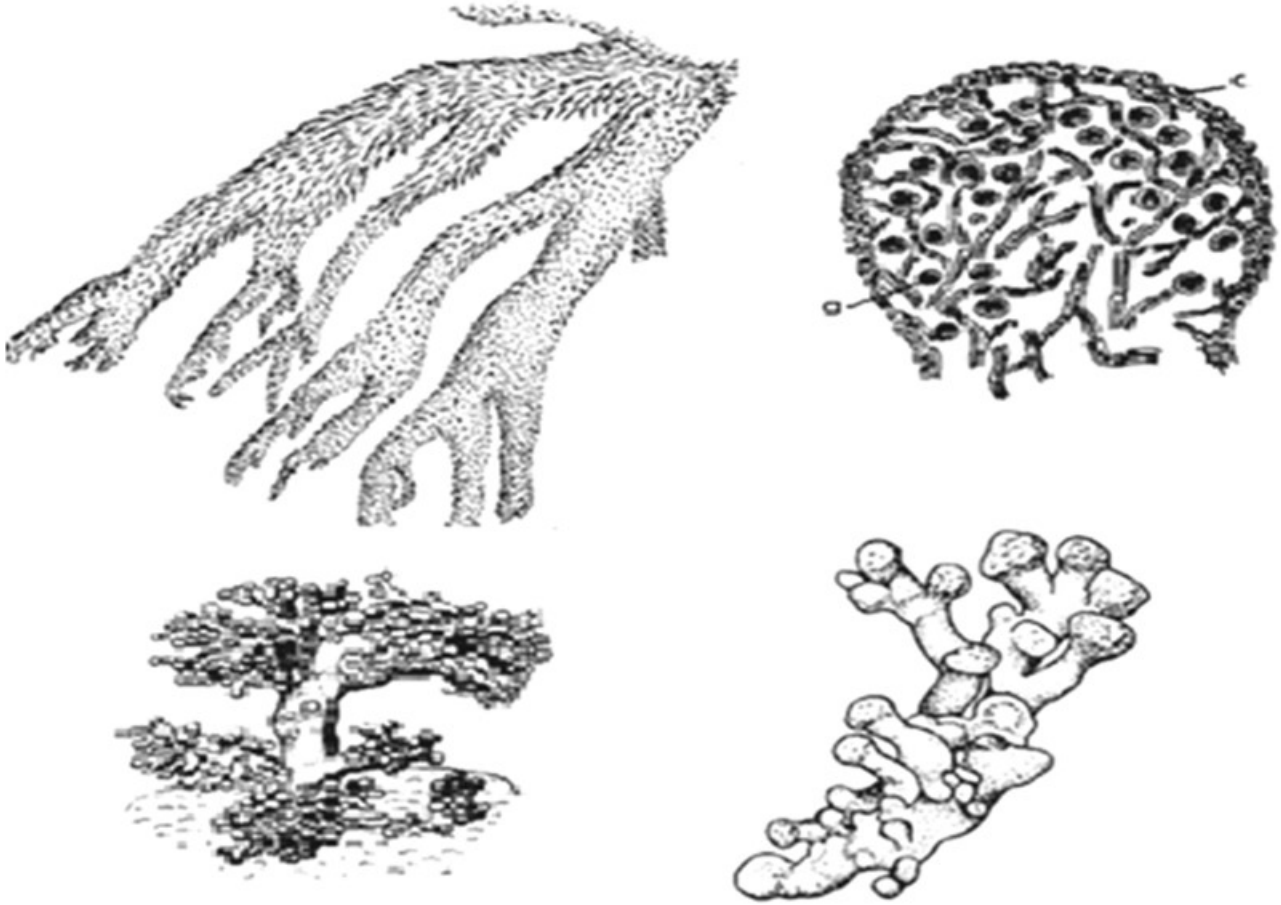
Les soralies : des groupements de sorédies (granulations , de très petite taille), formées d'un enchevêtrement d'algues et d'hyphes .

**Les grains ou verrues se détachent, sont emportées par le vent ou l'eau, se fixent et donnent naissance à un nouveau thalle, assurant ainsi une multiplication végétative efficace de l'espèce en disséminant simultanément les deux partenaires de la symbiose.

Organes de multiplication végétative - isidies

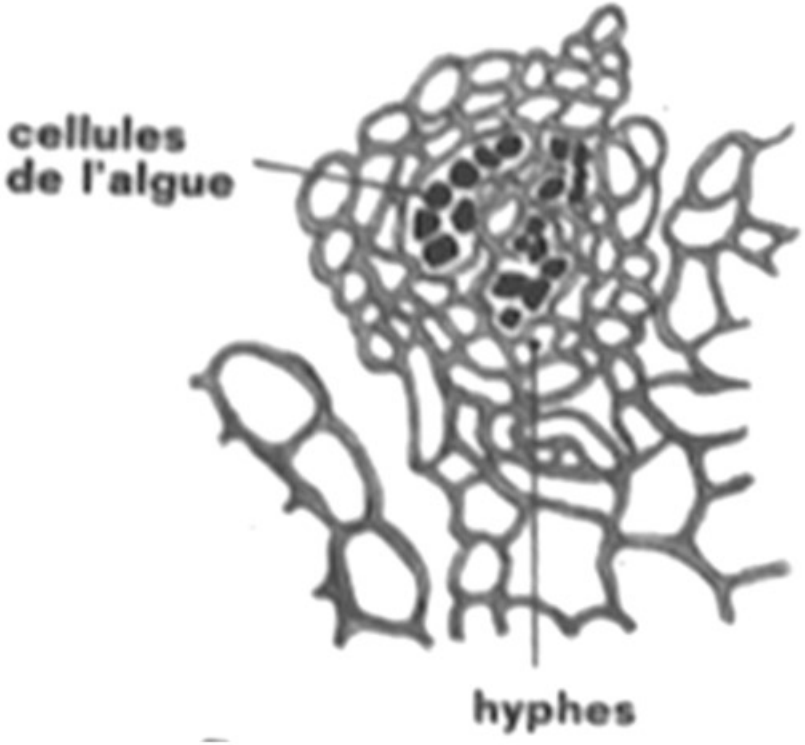


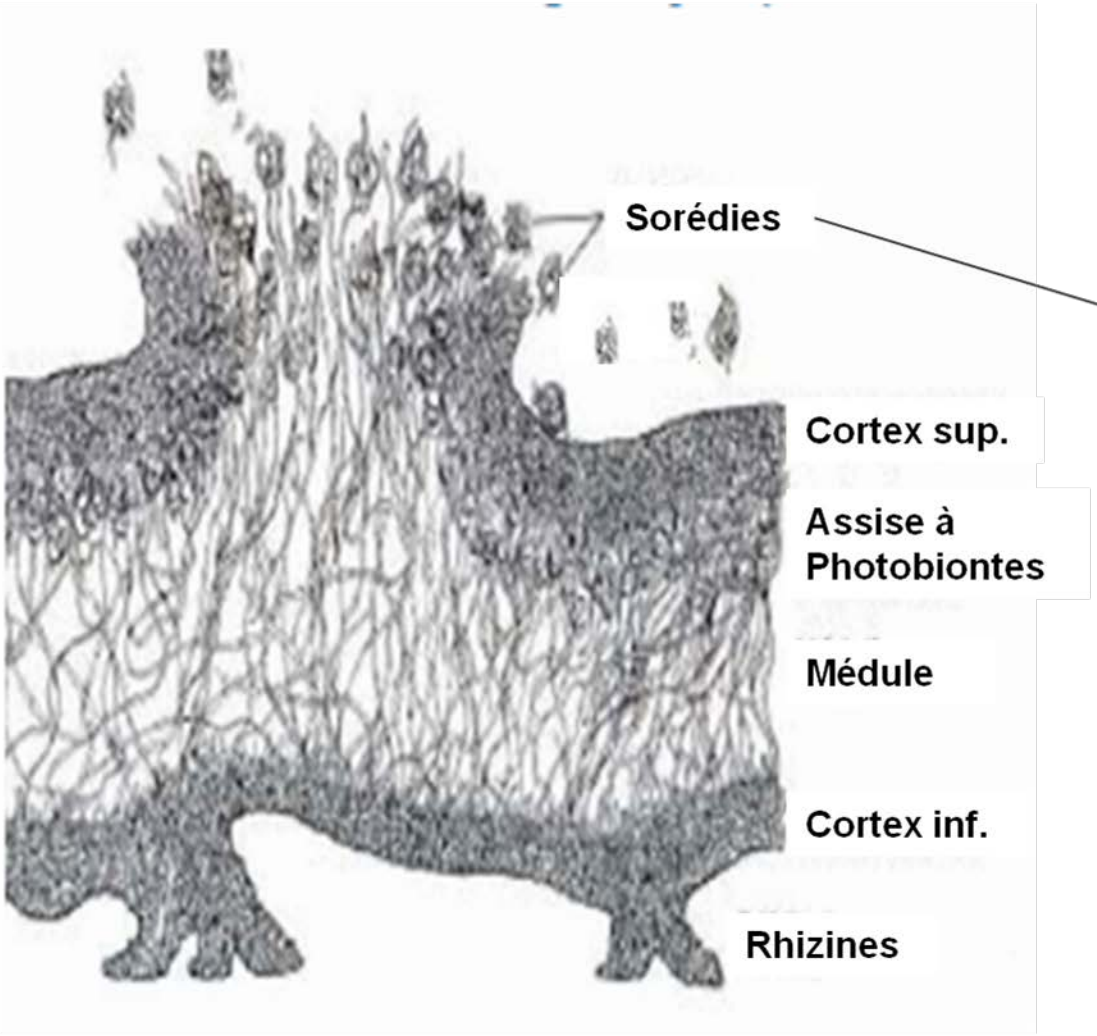
Organes de Multiplication

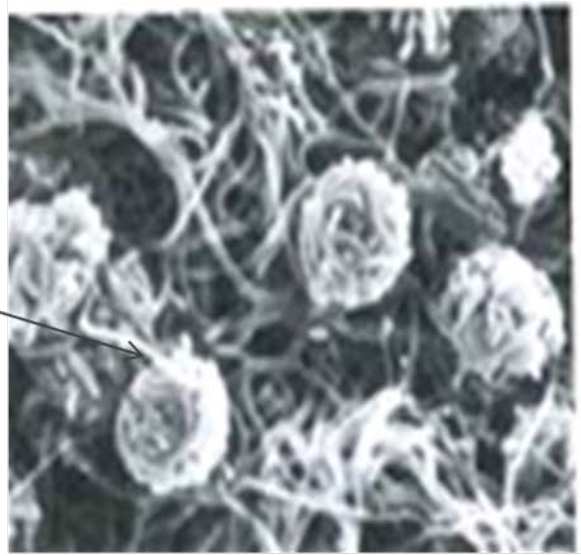


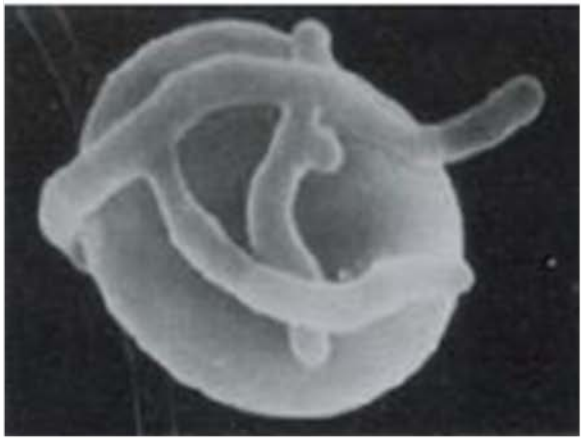
Isidies (verruviformes, sphériques, coralloides)

Organes de multiplication végétative - Sorédies




Sorédies
Cortex sup.
Assise à Photobiontes
Médule
Cortex inf.
Rhizines





s. chermat

Organes de Multiplication

Soralies

sorédies

soralies isidiales

isidies sorédiales

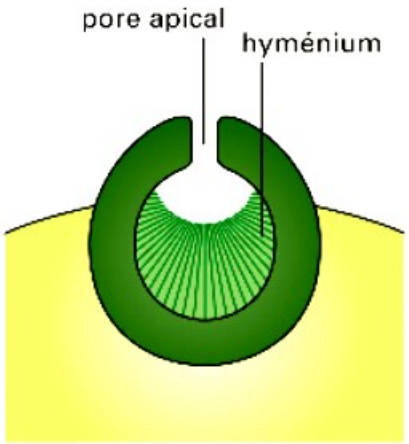
S.CHERMAT

Reproduction sexuée

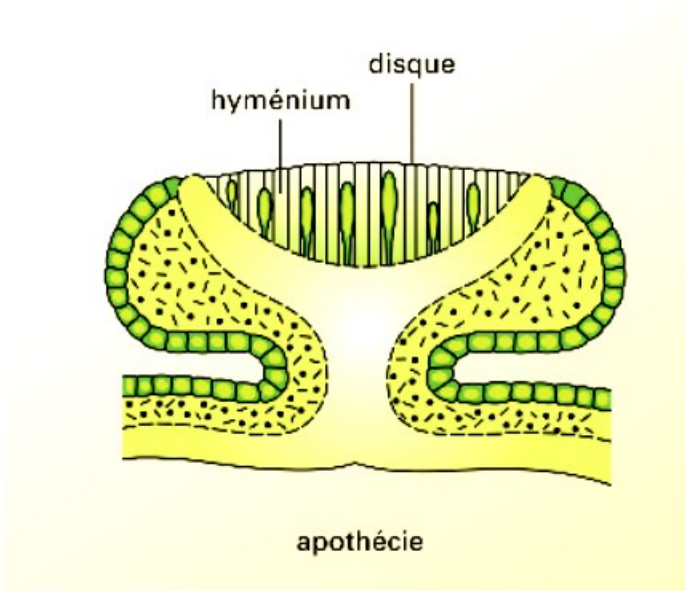
- Les lichens se reproduisent au moyen de spores*, émises en grande quantité par des organes spécialisés, selon leur aspect, on distingue des formes plus ou moins ouvertes parmi lesquelles les apothécies* et les périthèces*

Les apothécies ont la forme d'un disque plus ou moins saillant à la surface du thalle.

Les périthèces ont une forme de poche souvent enfoncée dans le thalle, et qui s'ouvre par un pore dans sa partie supérieure



périthèce



apothécie

Reproduction sexuée

***Le Mycobionte émet des **ascospores** ou des **basidiospores** ; qui sont libérés à la surface du thalle.

- Les hyphes issus des ascospores par germination doivent rencontrer une algue verte ou une cyanobactérie.

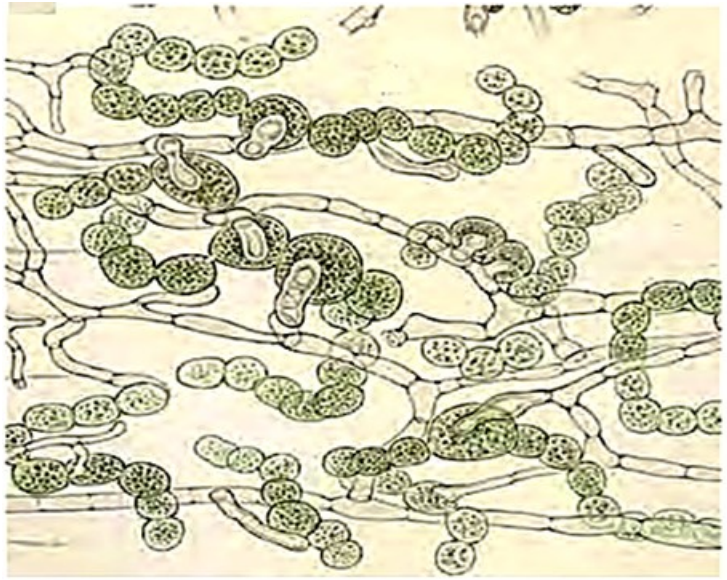
- L'hyphe enveloppe l'algue → il se forme ainsi une ébauche de thalle → nouvel lichen (la forme définitive).

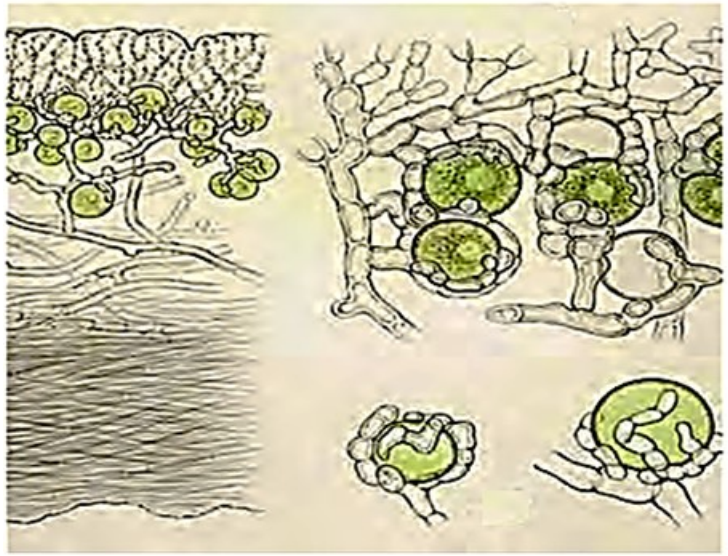
Lab. Botanique Pharmaceutique (UFAS1)
S.CHERMAT

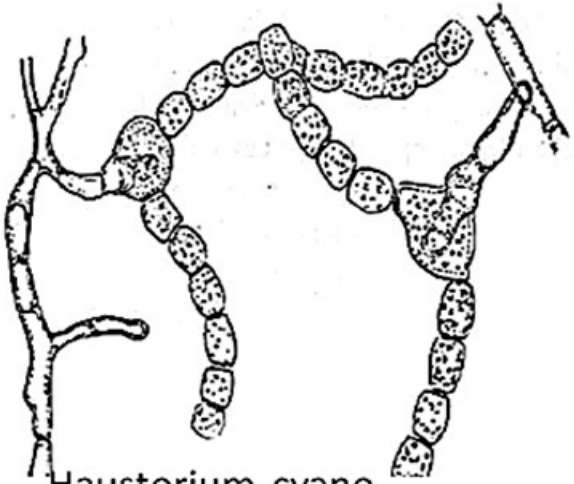
- **Biologie du lichen**
  L'algue fournit les glucides formés au cours de la photosynthèse.

- Le champignon fournit l'eau et les sels minéraux ainsi qu'une protection efficace contre les agressions externes et la déshydratation .

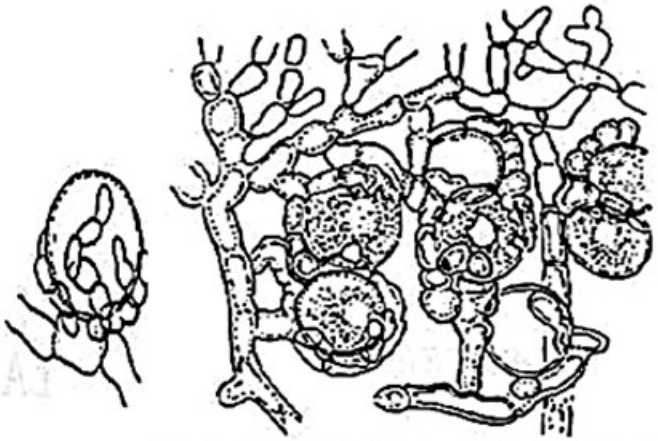
- Ils procèdent également à des échanges de vitamines. L'algue fournit de la vitamine B au champignon, et celui ci apporte de la vitamine C à l'algue.







Haustorium cyano



Haustorium chloro

S.CHERMAT

• Rôle et usages des lichens

- La somme du champignon et de l'algue fait apparaître des propriétés propres aux lichens.

Plus de 750 métabolites secondaires sont isolés à partir de lichens .

Utilisation en pharmacie

- Les lichens produisent de très nombreux composés chimiques qui leur sont propres et qui sont susceptibles d'avoir des applications pharmaceutiques(une activité antibiotique ou anti-inflammatoire ou des propriétés photoprotectrices).

Les lichens produisent essentiellement des composés phénoliques :

- **acide lichenique** , acide lecanorique → *Lecanora*
- **acide physodique** → *Parmelia*
- **acide usnique** → *Usnea* .
- Exp: **acide usnique** de *Cretaria islandica** et *Sticta pulmonaria*,* est utilisé dans la fabrication d'antiseptiques respiratoires

Rôle et usages des lichens

Rôle écologique

•Les lichens s'insèrent dans les chaînes alimentaires, ils sont consommés par
certains animaux, ou font l'objet d'un parasitisme par d'autres champignons

Teintures et pigments

•Les pigments produits par les lichens ont été utilisés pour fabriquer des teintures ou bien comme adjuvant pour la parfumerie.

•Parmi les lichens tinctoriaux : *Ochrolechia* et *Roccela* fournissent des colorations pourpres à violacées.

•Parfums et cosmétiques : plusieurs lichens comme l'évernie *Evernia prunastri* et *Pseudevernia furfuracea*

Rôle et usages des lichens

Bio-indication

•Du fait de leur sensibilité ou de leur capacité d'accumulation de polluants, les lichens sont souvent utilisés comme bio-indicateurs.

• Très peu tolérants vis à vis de gaz toxiques tels que le dioxyde de soufre .

La présence d'une grande variété d'espèces et leur abondance sont généralement indicatrices d'une bonne qualité de l'air.

Exp:-***Xanthoria parietina***

-Pseudevernia

-Parmelia

-Ramalina

**La pollution azotée d'origine humaine et animale entraîne l'installation d'une flore de lichens nitrophiles

Systématique

Les lichens se décomposent selon le schéma suivant :
I -S /classe des *Ascolichenes* : spores produites dans des asques.

➢**Série des *Pyrenocarpeae*** : ascocarpes ne s'ouvrant que par un pore: thalles en général crustacés (environ 17 familles)
➢**Série des *Gymnocarpeae*:** ascocarpes plus ou moins largement ouverts, thalles de tous les types.

- **Sous-série des *Graphidineae*** : Le thalle est en majorité crustacé, ou fruticuleux.

- **Sous-série des *Cyclocarpineae*** : ascocarpes de forme arrondie. C'est le groupe le plus nombreux, où se trouvent tous les types de thalles.

II- S /clase des *Basidiolichenes* (*Hymenolichenes*): spores produites sur des basides. Il existe 3 genres en tout avec moins de 20 espèces qui sont tropicale

Les champignons symbiotiques-
Les Mycorhizes

La majorité des plantes terrestres vivent en symbiose avec des champignons du sol.

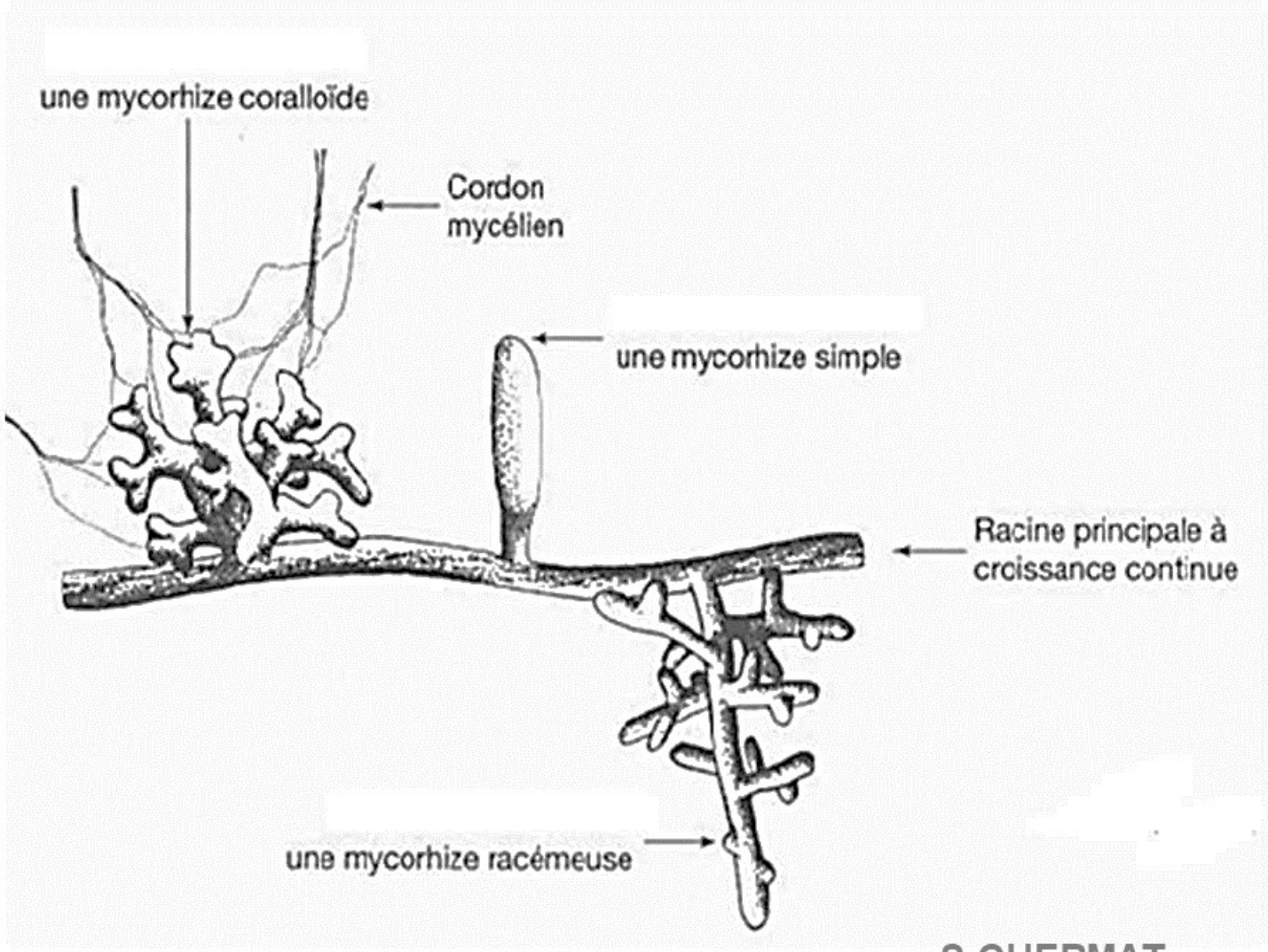
Les mycorhizes sont des associations symbiotiques entre des phanérogames et certains champignons, qui se rencontrent chez 90 % des taxons végétaux et engendrent deux types principaux d'organes mixtes racine-mycélium:

- **Les ectomycorhizes** :caractérisées par la présence d'un manteau fongique qui entoure la racine courte. Le mycélium pénètre entre les cellules du cortex racinaire , au niveau de la lamelle moyenne, sans jamais traverser la paroi des cellules vivantes.

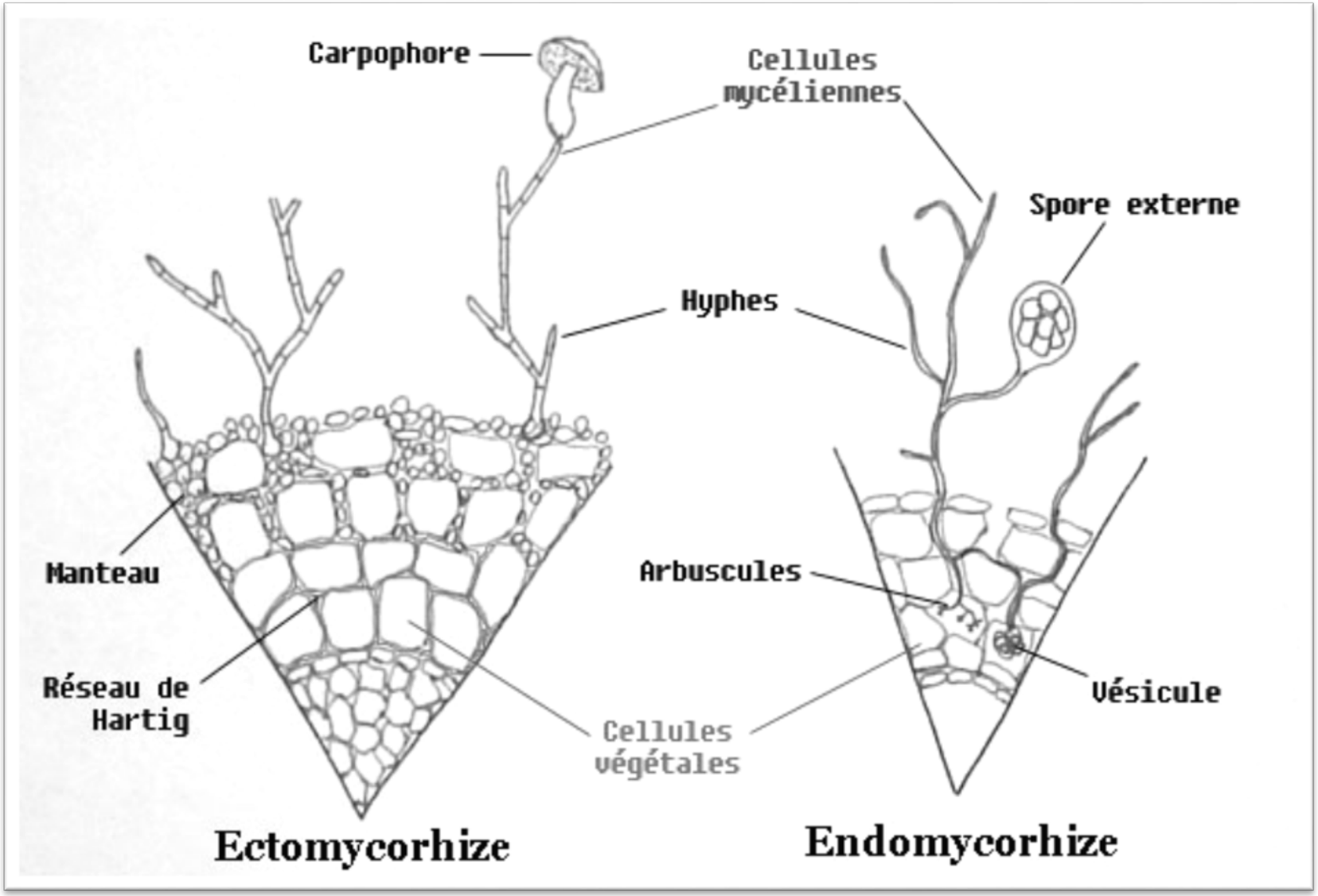
Ce mycélium intercellulaire est dénommé "**réseau de Hartig**". La morphologie des racines est modifiée par l'infection ectomycorhizienne .

Les ectomycorhizes sont présentes exclusivement sur des espèces ligneuses (*Abietaceae, Fagaceae, Salicaceae, etc.)*

- Ces mycorhizes sont essentiellement formées par des Ascomycètes ou des Basidiomycètes et sont surtout observées chez les végétaux ligneux.

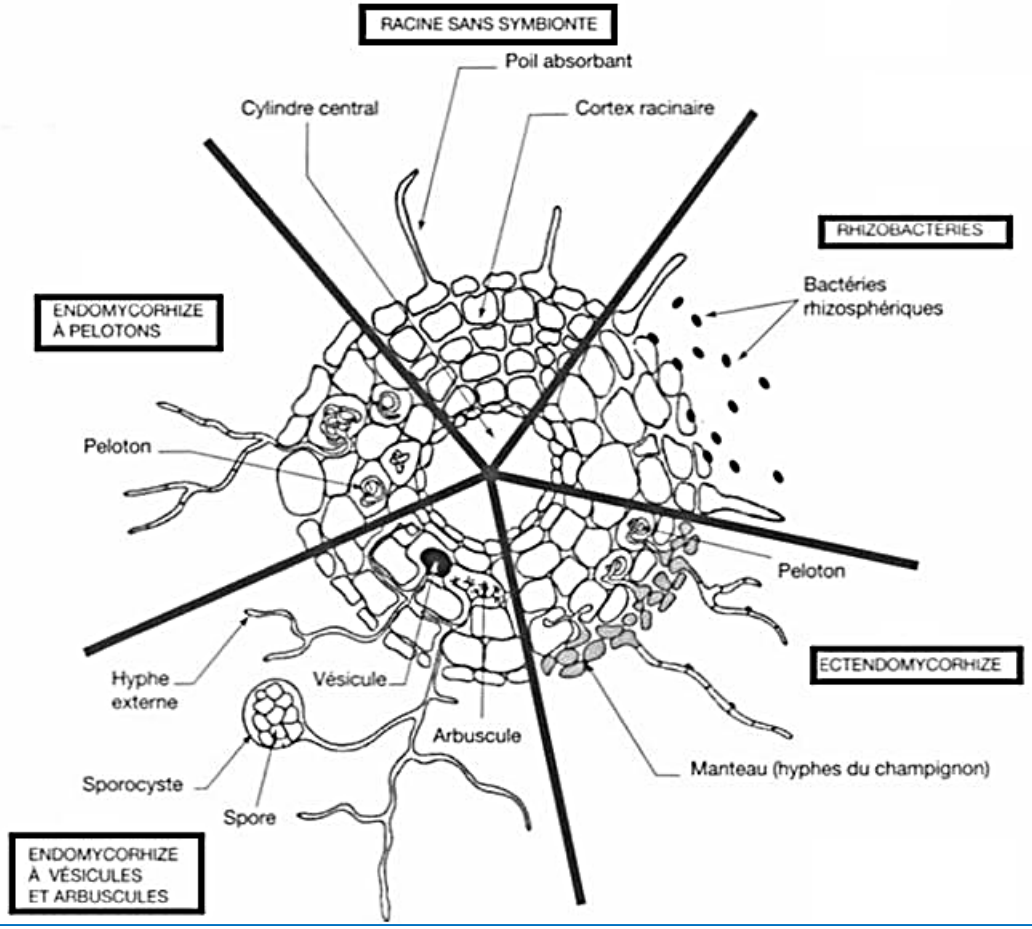


S.CHERMAT


Carpophore
Cellules mycéliennes
Spore externe
Hyphes
Manteau
Arbuscules
Réseau de Hartig
Vésicule
Cellules végétales
Ectomycorhize
Endomycorhize

- **Les Endomycorhizes**

Le champignon pénètre dans les cellules de l'hôte. Dans ces cellules, il différencie une structure dont la morphologie permet de distinguer plusieurs types d'endomycorhizes : mycorhizes à vésicules ,arbuscules ou mycorhizes vésiculo-arbusculaires (VAM), mycorhizes à pelotons.



Les mycorhizes à vésicules et arbuscules

C'est le type mycorhizien le plus répandu. Les plantes endomycorhizées peuvent être des végétaux herbacés (plantes cultivées : tabac, tomate, blé, maïs,...) ou ligneux (Érables, Merisier, Frênes, If,…).

- Ces mycorhizes se trouvent aussi chez des Ptéridophytes et certaines Hépatiques. Dans ce cas, la structure symbiotique est formée à l'intérieur du thalle, on parle de **mycothalle.**
- Ces mycorhizes sont formées par des champignons appartenant à la seule famille des *Endogonacées* .

  particulièrement les genres *Glomus, Gigaspora, Acaulospora.*

Les mycorhizes à pelotons

Le champignon pénètre dans les cellules de la racine .Ces mycorhizes sont essentiellement formées par des Ascomycètes ou des Basidiomycètes.

-Les mycorhizes éricoïdes caractérisent les Éricacées (*Erica, Gaultheria, Vaccinium)*,le partenaire fongique est un Ascomycète .

-Chez les Orchidées, le partenaire est souvent un Basidiomycète appartenant au genre *Rhizoctonia.*

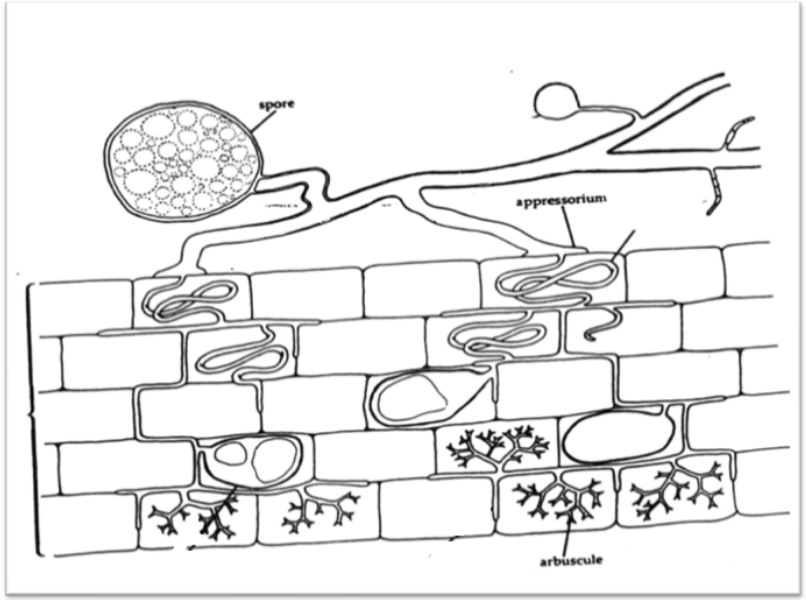
Les ectendomycorhizes

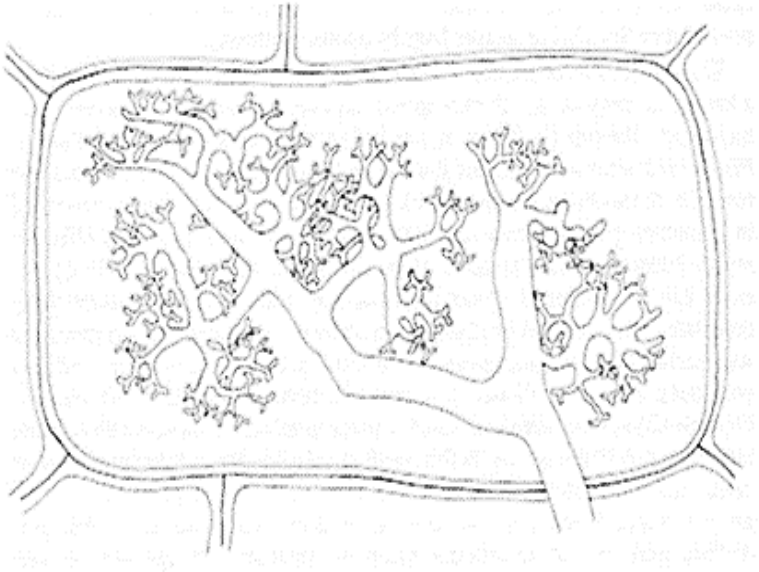
Ce sont des mycorhizes présentant à la fois des structures d'ectomycorhizes et des structures d'endomycorhizes, sont présentes sur un petit nombre d'espèces ligneuses appartenant aux *Salicaceae* (*Populus) et Myrtaceae (Eucalyptus).*

Echange entre partenaires

- la plante-hôte approvisionne le champignon en glucides et en vitamines. En échange, le champignon absorbe les éléments minéraux et les transfère à la plante-hôte. Ces échanges ont lieu à l'interface formée par la juxtaposition des parois des hyphes et des cellules du cortex des racines, au niveau du réseau de Hartig des ectomycorhizes et à celui des arbuscules des endomycorhizes.
- Les mycorhizes stimulent généralement la croissance des plantes - hôtes. Elles apparaissent comme des sites privilégiés d'absorption et d'accumulation de phosphore « la stimulation de la nutrition phosphatée »

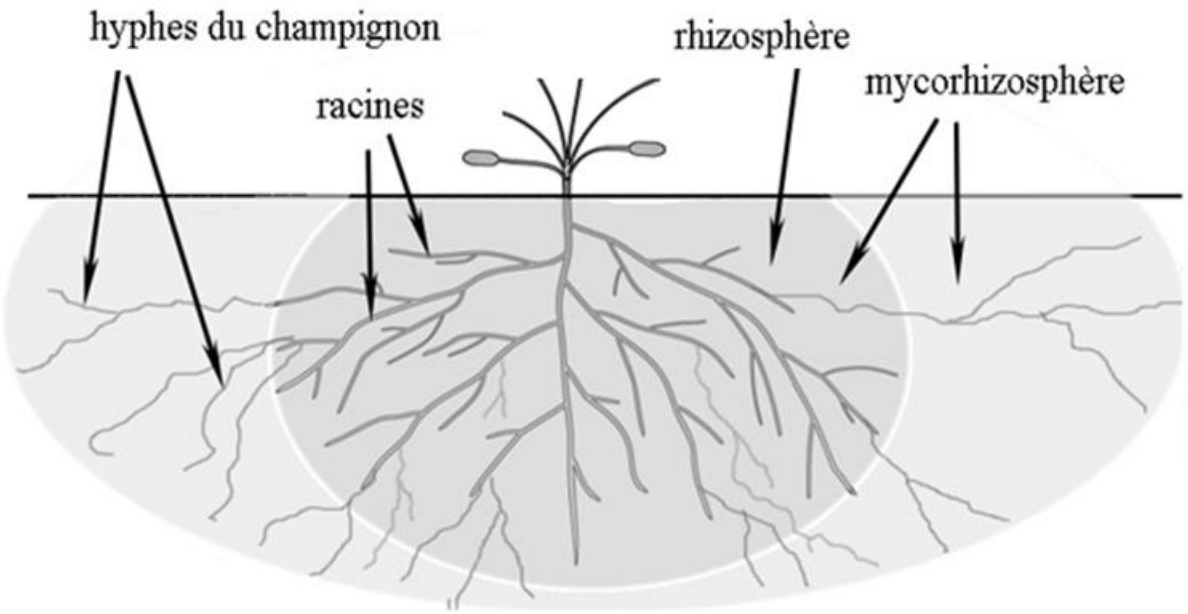
Ectendomycorhize





Avantages pour la plante-hôte
- Accroissement du volume de sol exploitable

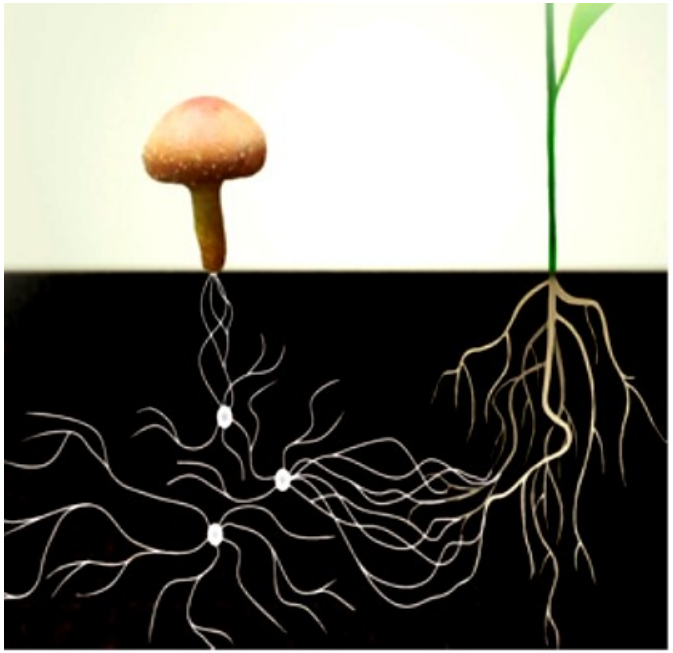
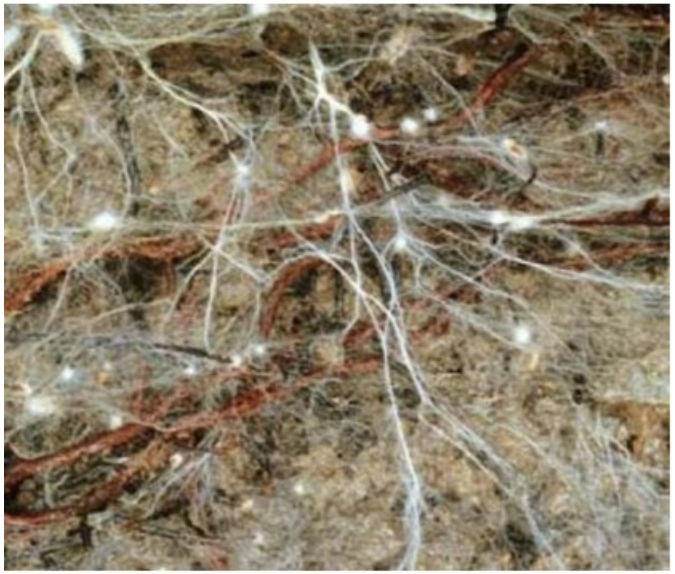
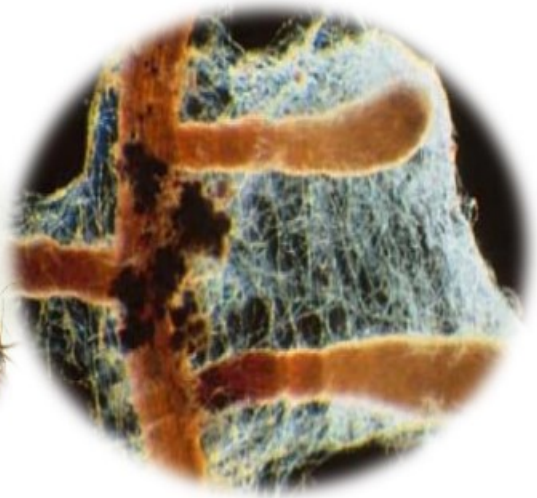
Les possibilités d'échanges entre les racines et le sol sont limitées au volume de sol accessible aux racines ; ce volume correspond à la rhizosphère. Lorsque les racines sont prolongées par des hyphes fongiques, le volume de sol exploitable augmente, il y a création d'une **mycorhizosphère** qui amplifie de façon très significative la zone dans laquelle la plante peut extraire de l'eau et des éléments nutritifs et peut explorer des couches humides situées à grande profondeur.



*Les champignons mycorhiziens sont aussi utilisés pour restaurer des sols perturbés, car ils protègent les racines contre la sécheresse et fournissent des nutriments et de l'eau aux plantes, même dans des sols très pauvres.

*L'utilisation de champignons mycorhiziens permet également de réduire l'utilisation de pesticides, car leur présence protège les racines contre les organismes pathogènes. À long terme, leur utilisation réduit les divers coûts associés à l'enrichissement des sols destinés à la culture.

Ainsi, ces champignons sont une excellente alternative aux produits chimiques, autant dans les pays en voie de développement que dans les pays industrialisés

Intérêts des mycorhizes pour la plante hôte:

- ✓ optimisation de la microflore du sol
- ✓ augmentation du potentiel nutritionnel des sols par la ramification des racines fines
- ✓ augmentation de la biomasse des plantes par:
  - la vitesse de croissance des plantules
  - précocité des cultures (le nombre de fleurs et de fruits) ↗↗
- ✓ augmentation du nombre de boutures, des tiges et des ramifications
- ✓ augmentation de la force et de la performance du système racinaire
- ✓ augmentation de la qualité et la valeur nutritive des récoltes
- ✓établissement d'une bioprotection toute naturelle par la résistance aux stress induits par l'environnementaux et les maladies (aux parasites et aux insectes)