

1. Caractères généraux

Les champignons sont maintenant considérés comme ayant des caractéristiques uniques qui justifient leur appartenance à un règne propre à eux, le règne des **Fungi**

Ils sont compris entre les organismes monocellulaires invisibles à l'œil nu, comme les levures et les champignons macroscopiques. Les champignons sont des membres de différents groupes d'organismes eucaryotes, qui contrairement aux animaux et aux plantes, se nourrissent en absorbant des nutriments provenant d'une source extérieure.

La majorité des champignons absorbent des aliments, de substrats comme le sol, le bois, les matières organiques pourries.

D'autres sont des parasites obligatoires qui se nourrissent de nutriments dérivés de plantes vivantes et de tissus d'animaux.

Les champignons sont diversifiés dans leurs modes de reproduction à tel point que certains se reproduisent exclusivement asexuellement, tandis que d'autres combinent le mode asexué et le mode sexué.

La couche extérieure d'une cellule de champignon est une paroi riche en **chitine**, ce qui les rapproche plus des animaux que des végétaux dont la paroi est **cellulosique**.

Les champignons sont :

- **Hétérotrophes** vis-à-vis du carbone, qu'ils doivent trouver dans leur environnement immédiat.
- **Organotrophes** : ils se nourrissent de composés organiques.
- **Absorbotrophes** : ils se nourrissent par absorption.
- **Cryptogames** : ils se reproduisent par spores.
- **Des thallophytes** : ils ne possèdent ni tige, ni feuilles, ni racines.

Les habitats des champignons sont très divers :

Quelques uns sont **aquatiques**, essentiellement **d'eaux douces** et un petit nombre de champignons **marins** sont également connus, cependant, la plupart des espèces sont **terrestres**.

Ils colonisent le sol ou les débris végétaux et jouent un rôle essentiel dans la **minéralisation du carbone organique**.

On distingue trois groupes majeurs de champignons :

- Les levures.
- Les moisissures.
- Les champignons macroscopiques.

2. Morphologie des champignons microscopiques

2.1 Les champignons unicellulaires ou levures

Les cellules de levures peuvent être sphériques, ovales ou cylindriques. La division cellulaire s'opère typiquement par bourgeonnement. Lors de ce processus, une petite excroissance se forme sur la cellule mère ; le bourgeon grossit progressivement avant de se séparer. Il peut être unipolaire, bipolaire, multipolaire ou multilatéral.

Bien que la reproduction de la plupart des levures conduise à des cellules isolées, quelques levures présentent des formes filamenteuses. Chez ces dernières, certains caractères ne peuvent s'exprimer que sous la forme

filamenteuse, par exemple la **pathogénicité** de **Candida albicans** est liée à la phase filamenteuse. Cette levure peut provoquer des infections du vagin, de la **bouche** et des **poumons**.

2.2 Les champignons filamenteux ou moisissures (pluricellulaires)

La structure fondamentale d'un champignon multicellulaire est l'**hyphe**, tissu tubulaire, ramifié, de 2 à 15 µm de diamètre et de longueur indéterminée.

Les hyphes s'associent pour former un réseau de filaments appelés, **mycélium**.

Chez ce type on distingue

- Des filaments **non cloisonnés**, **siphonnés** ou **coenocytiques** sous forme de cellules allongées simples, contenant plusieurs noyaux et fonctionnent comme une structure multicellulaire.

Le mycélium **non cloisonné** caractérise les champignons **inférieurs** ou **siphomycètes**.

- Des filaments **cloisonnés** ou **septés** : dans les parties jeunes du mycélium, les cloisons ou septa sont percées de **pores** qui permettent le passage du cytoplasme, d'un compartiment à un autre.

3. Structure

3.1. La paroi

Tout autour de l'hyphe, il existe une zone de contact entre les champignons et le milieu extérieur, la paroi.

Elle représente une cible de certains médicaments pour détruire les champignons nuisibles.

3.1.2. Rôles de la paroi

- La paroi confère une **rigidité** et **forme** aux champignons.
- Elle a un rôle de protection contre les **variations** de la **pression osmotique** et permet le maintien d'une pression osmotique intracellulaire **stable**.
- Elle joue un rôle de **protection** contre les **agents chimiques**.
- Contre les **radiations solaires**.
- Elle intervient dans les **phénomènes d'adhérence** (dans la reproduction) et la reconnaissance sexuelle (**antigènes**, **glucides** qui confèrent ces propriétés).
- Elle est le siège de nombreuses **enzymes hydrolytiques** qui participent à la **nutrition** des champignons tous les échanges se font à travers la paroi.
- La présence de la paroi empêche tout phénomène **de phagocytose**.

-3.2. Les autres organites.

3.2.1. La membrane plasmique ou plasmalemme: La membrane plasmique est riche en **ergostérols**. C'est une **cible antifongique** car on ne les retrouve que chez les champignons.

La **nystatine** se fixe sur les ergostérols, c'est un antifongique.

3.2.2. Le cytoplasme: il contient de nombreuses enzymes, des réserves de **glycogène** et des organites: réticulum endoplasmique, appareil de golgi, des mitochondries, des vacuoles, et ribosomes, et noyaux.

4. Physiologie générale

4.1. La nutrition

Les champignons sont **hétérotrophes** pour le carbone et vivent en général de manière **aérobie**. Ils stockent le sucre sous forme de glycogène, à la manière des organismes **animaux**.

Ils prélèvent les nutriments par **absorption**, en libérant dans le milieu des **enzymes lytiques**.

4.1.1. Relations avec d'autres organismes

Les champignons sont très importants en relation avec d'autres organismes. Selon plusieurs manières:

- **Saprophytes:** Ils sont très importants en tant que **décomposeurs** et **recycleurs** de matières mortes.
- **Parasites:** leurs nutriments proviennent de la matière vivante, certains champignons sont pathologiques. Ils utilisent les substances organiques des êtres vivants, qu'ils rendent malades.
- **Association symbiotique:** ces champignons obtiennent leurs nutriments grâce à un autre organisme, leur procurant en retour certains bénéfices

Ce type d'association est essentiel pour les végétaux, 90% des plantes seraient une symbiose avec ces champignons. Ces champignons sont appelés **mycorhizes**. D'autres mycètes vivent en relation avec une algue. Ils ne peuvent survivre l'un sans l'autre. Ce sont les **lichens**.

Certains champignons vivent à l'intérieur d'un organisme, ils sont dits **endophytes**.

4.3. La Respiration

Les champignons transforment leur source de carbone pour produire de l'énergie pour le métabolisme dans la mitochondrie comme toutes les cellules eucaryotes, à travers les voies métaboliques suivantes: la **glycolyse**, le **cycle de Krebs**, et la **chaîne de transport des électrons** est la voie principale utilisée pour la production d'énergie(ATP).

4.4. La reproduction

Les champignons ont la capacité de se reproduire de manière **sexuée** ou **asexuée**.

Lors de leur stade sexué, on dit que le champignon est **téléomorphe**. Les spores sont produites par méiose. Ce sont des **méiospores**. Lors de leur stade **asexué**, on dit qu'il est **anamorphe**. Les spores sont produites par mitose, ce sont des **mitospores**.

4.4.1. La reproduction asexuée ou multiplication végétative.

Il existe différents types de multiplication végétative

- **Bourgeonnement.**
- **Fragmentation du thalle.**
- **Production de stolons.**
- **Production de spores directes ou mitospores.** On distingue deux types de spores:

Les spores **endogènes**, les spores **exogènes**, appelées **conidies** ou bien **conidiospores**

4.4.2. La reproduction sexuée

Elle est **moins fréquente** que la reproduction **asexuée**.

Elle fait intervenir chez les champignons filamenteux, la rencontre des filaments spécialisés, la **conjugaison** des noyaux et enfin la **réduction chromatique**.

5. Importance économique des champignons

Les champignons sont importants tant par leurs effets bénéfiques que nuisibles.

Ce sont des agents de **décomposition**, qui dégradent les matières organiques complexes en substances simples.

-Les champignons sont la cause principale des maladies des végétaux.

-Les champignons interviennent dans la pathologie humaine de deux façons:

- **Intoxications alimentaires** liées à certains champignons comme les *Aspergillus* qui sont capables de produire des **aflatoxines**, mycotoxines **cancérogènes**.

- Des infections appelées, **mycoses**. La plupart sont **opportunistes**. Les mycoses peuvent être superficielles et locales, ou au contraire **systemiques**.

Les principales mycoses sont :

- Les **candidoses** : elles sont causées par les **levures** du genre *Candida*. Elles affectent la **peau** et les **muqueuses**.

-Les **dermatophytoses** : elles sont dues à des champignons des genres :

- **-Trichophyton**
- **-Microsporum**
- **-Epidermophyton**

- Les **aspergilloses** : elles sont dues aux champignons du genre *Aspergillus*. Elles peuvent envahir les organes internes comme les **poumons**.

Les champignons ont également de nombreuses **applications positives** :

6.1. L'industrie de l'agroalimentaire

Les fromages sont des produits complexes élaborés à partir du lait caillé, obtenu par l'action de la **présure** sur le lait frais. Interviennent dans la fabrication, de nombreux micro-organismes :

- des *Penicillium* comme :

* *Penicillium camembertii* qui utilise l'acide lactique et donc désacidifie et libère des enzymes intervenant dans la fabrication d'arômes.

* *Pencillium roquefortii* des fromages bleus qui grâce à des enzymes protéolytiques et lipolytiques modifie considérablement le goût du fromage originel. Il est ajouté au départ et l'aération du fromage par piqûre suffit à assurer son développement.

6.2. Dans la fabrication des additifs alimentaires

Des molécules sont souvent ajoutées à des aliments pour faciliter la préparation, améliorer la présentation et les qualités **organoleptiques** ou faciliter la **conservation**. Ces **additifs** peuvent être chimiques mais sont souvent apportés par des **champignons** :

- des acides organiques comme **l'acide citrique** : *Aspergillus niger*, *Penicillium citrinum*.

Des enzymes utilisées dans :

-la préparation du pain : Hydrolyse de l'amidon par **amylases** d'*Aspergillus*

-la coagulation du lait : **Pseudoprésures** de Mucorales

- la clarification des jus de fruits : **Pectinases** d'*Aspergillus*

-**Antioxydant**, comme la **glucose oxydase** comme **additif** des mayonnaises et des **œufs en poudre** :

Aspergillus niger

-Dans la fabrication du pain (pâtes)

La synthèse de **l'éthanol** biologique est essentiellement le fruit de l'action des levures, Saccharomyces.

La fermentation est utilisée aussi en panification pour la **levée** de la pâte grâce au dioxyde de carbone. L'éthanol s'évapore à la cuisson.

6.4. Dans la lutte biologique

Un certain nombre de champignons sont utilisés pour tuer des insectes dans la lutte ou vers nuisibles; *Beauveria bassiana* peut parasiter les insectes, *Arthrobotrys superba* les nématodes.

6.5. Dans la fabrication des médicaments

Le premier antibiotique, la **pénicilline**, est le fruit d'un champignon, *Penicillium notatum*

Industriellement : *Penicillium chrysogenum* pour le noyau **bêtalactame**,

-*Cephalosporium acremonium* qui produit un antibiotique antibactérien, les **céphalosporines**.

-*Penicillium griseofulvum*, qui produit la **griséofulvine** antibiotique **antifongique**.

-*Taxomyces andreanae*, champignon **endophyte**, de l'arbre de l'espèce **Taxus brevifolia** . Il secrète un métabolite secondaire, le **taxol**, agent **anticancéreux** qui bloque la **division** des cellules cancéreuses, en interagissant avec le **fuseau achromatique**.

Ajoutons que la **cyclosporine** qui provient d'un champignon de l'espèce *Tolypocladium inflatum*, très important **immunosuppresseur** est utilisé dans les **greffes d'organes**.

De nombreuses protéines issues du **génie génétique (transgénèse)** sont aujourd'hui fabriquées par des **levures**. C'est le cas du **vaccin** contre **l'hépatite B**.

L'avantage des levures réside dans leur nature eucaryote pour la synthèse des protéines et la **facilité de leur culture** par rapport aux cellules **animales** en culture.

Chapitre 2

Les Protozoaires Parasites

Remarque : Concernant les Généralités sur les Protozoaires, nous avons vu ça avant le confinement sanitaire, donc il faut voir le cours.

Les protozoaires parasites sont divisés en :

=

1. Les Rhizoflagellés (Sarcomastigophores)

Les représentants de cet embranchement possèdent un seul noyau. La sexualité lorsqu'elle se manifeste est de type syngamitique. Ils peuvent avoir de **flagelles** ou de **pseudopodes**.

1.1. Classe des flagellés

Les flagellés sont caractérisés par la présence, pendant une partie au moins de leur cycle, d'un ou plusieurs flagelles locomoteurs. La reproduction **sexuée, assez exceptionnelle**, met en jeu des **gamètes flagellés**.

Ils sont hétérotrophes (nutrition osmotrophe ou phagotrophe)

1.1.1. Genre1 : *Trypanosoma*

Les Trypanosomes, au corps fusiforme, contourné, possèdent un long flagelle qui s'insère sur un cinétosome, situé en arrière du noyau; ce flagelle est relié au corps par une membrane ondulante et n'est libre qu'à son extrémité antérieure. Le cytoplasme contient également des granules lipidiques. Les Trypanosomes se multiplient par des **divisions binaires**.

1.1.1.1. *Trypanosome brucei gambiense*

- **L'agent pathogène**

Les trypanosomes sont des protozoaires flagellés fusiformes mis en évidence dans le sang, les ganglions et le liquide cébrospinal. Ils sont très mobiles à l'état frais.

La coloration permet de visualiser un noyau central et un point postérieur (kinétoplaste) duquel part le flagelle mobile (figure 1a, b) Le flagelle part vers l'avant, soulevant la membrane ondulante, et se prolonge par une partie libre en avant du trypanosome.

La taille du parasite varie de 12 µm à 42 µm de long sur 1,5 µm à 3,5 µm de large

Trypanosoma brucei gambiense adopte **deux morphologies** en fonction de l'hôte dans lequel il est présent :

- **Trypomastigote** : *Trypanosoma brucei* adopte cette morphologie lorsqu'il est dans son hôte **définitif**, les mammifères dont l'être humain. Le kinétoplaste et le corps basal sont alors **postérieurs** au noyau.
- **Épimastigote** : cette morphologie peut être observée lorsque *Trypanosoma brucei* infecte son hôte **intermédiaire**, la mouche tsé-tsé. Le kinétoplaste et le corps basal sont **antérieurs** au noyau.
- **Le vecteur** est un diptère du genre *Glossina*, **les mouches tsé-tsé**

Il existe un grand nombre d'espèces et de sous-espèces. Les espèces hygrophiles, *Glossina palpalis*, vectrices de *T. b. gambiense*, vivent dans les forêts et près de l'eau,

- **Cycle évolutif du *Trypanosoma brucei gambiense***

Très mobiles, les trypomastigotes vivent d'abord dans le sang, la lymphe et le suc ganglionnaire, se multipliant activement par simple division longitudinale ; plus ou moins tôt, elles envahissent le liquide céphalorachidien ,LCR, et s'y multiplient.

Le cycle évolutif nécessite un hôte **intermédiaire** et vecteur, une mouche piqueuse, *Glossina palpalis*, (diptère brachycère), appelée localement Tsé-tsé.

Les formes présentes dans le sang, pompées avec son repas par la glossine se multiplient d'abord dans son intestin puis remontent vers le proventricule et les glandes salivaires où après le passage par le stade épimastigote, elles vont s'accumuler ,en attente, sous forme trypomastigote métacyclique **infectieuse** (forme trapue à flagelle libre presque inexistant).

Le cycle est bouclé quand la glossine infectée, piquant un sujet neuf, lui injecte, avec la salive, 3 à 400 trypanosomes méta cycliques infectieux.

Le **porc**, le **chien** et les **antilopes** représentent des **réservoirs** des Trypanosomes. Ils hébergent, le parasite, mais **n'en subissent** aucun **dommage**.

1.2. Le genre *Leishmania*

Les Leishmanies sont des parasites hétéroxènes dont le cycle évolutif exige le passage par un Vertébré, et par un insecte piqueur, les phlébotomes.

Chez le Vertébré, ce sont des parasites **endocellulaires globuleux**, de petite taille, **2 à 6µm**, à noyau central dont le **flagelle** est **réduit** à une courte **portion intracytoplasmique**. Ces parasites sont de redoutables agents pathogènes.

- ***Leishmania donovani***: provoque une maladie grave, voire mortelle, la **leishmaniose viscérale**, caractérisée par une :
 - **fièvre irrégulière** et persistante,
 - **hypertrophie de** la rate et du foie : hépatomégalie et splénomégalie,
 - **réduction** du nombre des globules blancs ou **leucopénie**
 - **cirrhose**
 - **cachexie**

- *Leishmania tropica* est l'agent du Bouton d'orient (Bouton de Biskra), ulcère cutané fréquent sur les portions découvertes du corps. Ce parasite inoculé par *Phlebotomus papatasi* pullule au point de piqûre dans les cellules épithéliales et les leucocytes.

La période d'**incubation** varie entre **1 et 4 mois**. Les lésions siègent le plus souvent sur les parties découvertes et exposées à la piqûre des phlébotomes (visage, mains et avant-bras, membres inférieurs).

Elles débutent par une petite papule inflammatoire ou vésiculaire qui augmente régulièrement de taille. La guérison survient **spontanément** mais les traces sont **indélébiles**. Le **chien** et divers **Rongeurs**, sont pour ce parasite, **des réservoirs**.

- **L'agent pathogène**

Le parasite est un protozoaire flagellé tissulaire qui présente au cours de son cycle deux stades évolutifs distincts :

-Le stade **amastigote**, sans flagelle extériorisé, est **intramacrophagique** et retrouvé chez les **hôtes vertébrés** dont l'Homme.

-le stade **promastigote**, libre et mobile grâce à son flagelle, est retrouvé dans l'intestin du **phlébotome** et dans les milieux de culture.

Les formes **amastigotes** sont ovoïdes, mesurent **2 µm à 6 µm** et présentent en microscopie optique, après coloration au MGG, deux inclusions pourpres caractéristiques : le noyau, arrondi, et le kinétoplaste (origine du flagelle) en bâtonnet plus sombre (figure 1).

Les formes **promastigotes** sont allongées, mesurant **10 µm à 25 µm** de longueur (figure 2). Le noyau est central, le kinétoplaste est en position **antérieure**

Les leishmanies se multiplient par division binaire ,dans la ou les vacuoles **parasitophores** du cytoplasme des macrophages pour les amastigotes ; libérées ensuite par lyse du macrophage, elles sont phagocytées et évoluent dans d'autres macrophages.

En **culture**, comme dans **l'intestin** du **vecteur**, les formes amastigotes se transforment en formes promastigotes et **se multiplient** par scissiparité longitudinale.

- **-Le vecteur**

Les **phlébotomes** sont des **moucheron hémato-phages de** 1,5 mm à 4 mm de long. Ils piquent surtout le **soir et la nuit** par temps calme.

Seule la femelle, hémato-phage, assure la transmission de la leishmaniose (figure 3). Leur gîte est constitué par les anfractuosités de murs et de terriers où ils se gorgent sur des micromammifères (rongeurs), pouvant constituer le **réservoir** pour certaines espèces de leishmanies.

Les réservoirs naturels des *Leishmania* sont des **mammifères domestiques ou sauvages** chez lesquels le parasite colonise les cellules du système **des phagocytes mononuclées**.

Les mammifères réservoirs des *Leishmania* appartiennent à divers ordres : carnivores, rongeurs, marsupiaux, édentés, primates; dans ce cas, la leishmaniose est dite **zoonotique**. Lorsque **l'Homme** est **l'unique** réservoir du parasite, elle est dite **anthroponotique**.

- **Cycle évolutif**

Chez le vecteur, les formes amastigotes sont ingérées au cours du repas sanguin (figure4). Elles se transforment en formes promastigotes dans les heures qui suivent.

Elles subissent ensuite un cycle complexe comportant de nombreuses divisions mitotiques, deux étapes de fixation à l'épithélium de la muqueuse intestinale et une phase de migration vers la partie antérieure du tube digestif, où a lieu la transformation en formes virulentes dénommées **promastigotes métacycliques infectants**. Ces dernières sont régurgitées **lors du repas sanguin** suivant dans le derme d'un hôte favorable.

L'**inoculation intradermique de promastigotes** métacycliques induit, au site même de la piqûre, une **lésion** qui passe généralement inaperçue chez l'Homme et **dont le devenir** dépend du **tropisme** : cutané, muqueux ou viscéral des différentes espèces de *Leishmania*. : *Leishmania tropica*, *Leishmania infantum* et *Leishmania donovani*.

Dès la pénétration **intracellulaire**, les formes promastigotes se transforment en formes amastigotes.

La transmission vectorielle est le mode de contamination principal, la présence du phlébotome conditionnant la répartition de la maladie. Il existe également une transmission par échange de seringues chez les toxicomanes, les transmissions transfusionnelles et congénitales restent exceptionnelles.

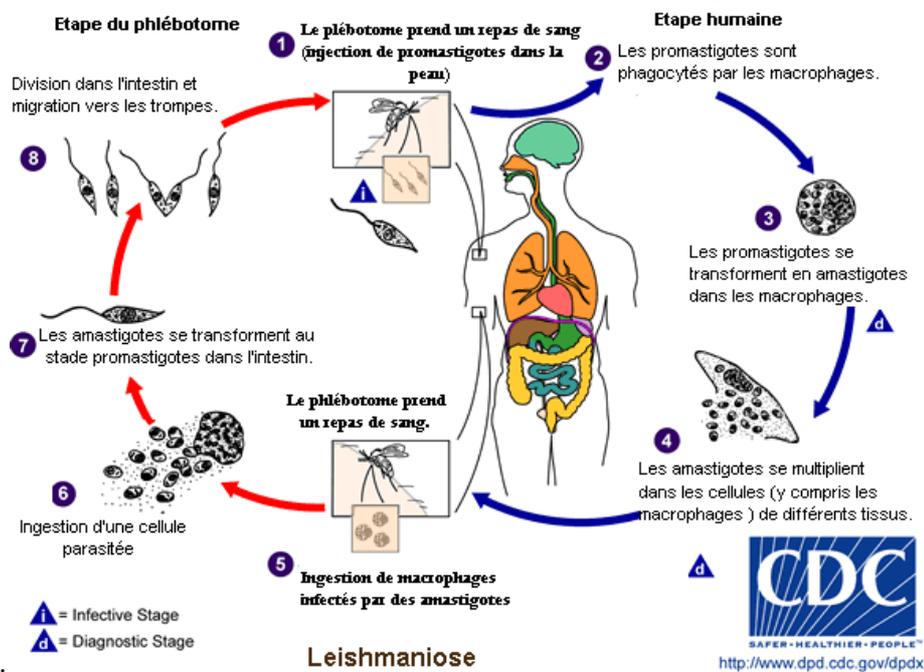


Fig4 : Représentation schématique du cycle évolutif du genre *Leishmania*

1.2. Classe des Rhizopodes

Le déplacement se fait par pseudopodes ou lobopodes. Les flagelles, lorsqu'ils existent, sont temporaires et confinés à des stades précis du développement. Corps nu ou protégé par un squelette externe.

La multiplication asexuée se fait par scission. La sexualité, lorsqu'elle existe, est liée à la présence de **gamètes flagellés, ou plus rarement, amiboïdes**. Les espèces sont **libres et parasites**.

1.2.1. Le genre *Entamoeba*

Ce genre comporte les vraies amibes, typiquement uninucléées, qui n'ont pas de stade **flagellé**.

1.2.1.1. *Entamoeba histolytica* (*E.dysenteriae*).

Cette amibe pathogène vit dans le **gros intestin** de l'homme et détermine la **dysenterie amibienne**. Elle existe sous deux formes: une forme **mobile végétative** et une forme **kystique de résistance**.

- **La forme végétative**

Cette forme peut revêtir deux aspects différents qui présentent une physiologie particulière.

- **La forme hématophage**: est une grosse amibe **de 20 à 30 µm** à endoplasme **granuleux** et ectoplasme **hyalin**.

- **Cycle évolutif**

L'homme se contamine par ingestion de kystes, qui se transforment en trophozoïtes dans le côlon sous l'action des sucs digestifs. Les trophozoïtes se déplacent activement dans l'intestin ainsi que dans les ulcérations qu'ils déterminent d'où des **hémorragies locales**. Ces trophozoïtes se transforment en kystes lors de la constitution du bol fécal. Dans certaines circonstances, certains trophozoïtes peuvent devenir **histolytiques** : ils pénètrent dans la paroi colique en détruisant les tissus : amibiase intestinale aiguë. C'est alors que, par voie sanguine, ils peuvent gagner différents organes, le foie en premier lieu, la rate puis éventuellement le poumon, le cerveau, ainsi que les téguments : **amibiase tissulaire**, qui se traduit, entre autres, par des **abcès**.

A ces niveaux, l'amibe se nourrit par phagocytose des **hématies**. Elle se divise rapidement par **division binaire**.

- **La forme minuta**: d'un diamètre moyen de **10 à 15µm**, présente un ectoplasme clair et un endoplasme granuleux, le noyau caractéristique : arrondi, d'un diamètre de 5 microns,

.**Non hématophage, exclusivement** localisée dans la **lumière de l'intestin**, ses mouvements sont **moins rapides**. Elle se nourrit des **débris cellulaires**.

Le passage à la forme **histolytica** peut se faire à tout moment sous l'influence de divers facteurs dont certains seulement sont élucidés :

- flore associée
- pH
- déficit en IgA sécrétoires
- fléchissement de l'état général.

L'amibe change alors de biologie : pénétrant dans l'intimité de la muqueuse, grâce à des enzymes protéolytiques, elle devient hématophage et se multiplie activement provoquant une nécrose tissulaire.

- **La forme kystique**

Avant de s'enkyster, l'amibe élabore des produits de réserves. Les kystes de **5 à 20µm**, à **4 noyaux**, se forment quand l'**oxygénation** et le **pH** du milieu **diminuent**.

Ces kystes sont **très résistants**, en particulier **au suc gastrique** (contamination orale). Rejetés avec les **excréments**, ils peuvent souiller **les légumes, l'eau, les aliments crus**.

Leur **dissémination** est assurée par la **mouche domestique** qui peut les **absorber** mais les rejette **intacts** avec ses **excréments**.

Lors du dékystement les noyaux **se divisent** d'où la libération de **8 petites amibes uninucléées**.

Un porteur d'amibes peut éliminer un nombre **important** de **kystes** par jour, ce qui explique la **facilité** et la **rapidité** de la **contamination**, si l'hygiène est **défectueuse**.

2. Phylum II: Apicomplexa

Ils sont caractérisés à l'échelle ultrastructurale, par la présence d'un complexe apical, absence de cils. Sexualité par syngamie. Toutes les espèces sont parasites.

2.1. Classe: Sporozoa

Les sporozoaires sont des protozoaires parasites haplobiontiques, monoxènes ou hétéroxènes.

Leur reproduction est très active et présente des phénomènes sexuels nets.

Leur cycle de développement débute toujours par un stade vermiforme, le sporozoïte, qui pénètre dans la cellule-hôte grossit considérablement, divise son noyau plusieurs fois, puis se divise en éléments uninucléés, les schizozoïtes, à l'origine des gamontes.

Le zygote subit immédiatement, la réduction chromatique. L'oocyste est à l'origine des sporozoïtes. Dépourvus de structures de locomotion à l'état adulte, ces organismes se déplacent par glissement. Absence de pseudopodes ou interviennent que dans le processus de prise alimentaire.

2.1.1. Sous classe : Coccidia

Les sporozoaires de cette sous classe, sont de taille petite ou moyenne.

Ils sont des parasites des Arthropodes, d'Annélides et des Vertébrés.

Leur cycle présente en alternance, une phase de gamogonie et une phase de Schizogonie.

Ces deux phases peuvent se dévoiler chez un même hôte ou chez deux hôtes distincts.

La gamétogenèse femelle est beaucoup plus courte que la gamétogenèse mâle et l'anisogamie est très marquée.

Le gamonte femelle se transforme directement en gamète. Le gamète mâle, très petit est toujours osmotrophe.

- *Toxoplasma gondii*

La toxoplasmose est une infection, causée par un parasite nommé *Toxoplasma gondii*. Non contagieuse, elle reste le plus souvent bénigne et asymptomatique. Toutefois, elle peut causer des complications parfois graves chez :

- les patients souffrant d'*immunodépression* ;
- les fœtus des femmes enceintes n'ayant pas été au contact du parasite avant leur grossesse.

❖ L'agent pathogène

Toxoplasma gondii existe sous trois formes évolutives différentes :

- Une forme végétative appelée **tachyzoite** ou **trophozoite**, parasite **intracellulaire obligatoire** de 6 à 8 µm de long sur 3 à 4 µm en forme **d'arc** qui peut parasiter toutes les cellules de l'organisme, dont celles du système des phagocytes multinucléés, au sein desquelles il va se multiplier rapidement.

- Le bradyzoite qui résulte du stade tachyzoite au cours de son évolution chez l'hôte intermédiaire. Morphologiquement très proche, il s'en distingue par un métabolisme ralenti conduisant à un état de latence. Les bradyzoites sont regroupés au sein de kystes où ils sont

inaccessibles aux défenses immunitaires et aux traitements actuels. Ils siègent principalement dans les neurones, les astrocytes, les cellules musculaires et les cellules rétinienne.

- Le sporozoïte est le résultat de la reproduction sexuée qui a lieu dans les cellules de l'épithélium intestinal de l'hôte définitif. Morphologiquement peu différent des autres stades infectieux, il est contenu dans des oocystes sporulés(Fig4) qui peuvent survivre sur le sol plus d'un an dans un climat humide. Les oocystes sont de forme ovoïde et mesurent environ 12 µm.

- **Cycle évolutif**

Le cycle de *Toxoplasma gondii* peut se dérouler selon différentes modalités (figure 4). Il peut s'agir :

-d'un cycle complet, comportant une phase de reproduction **sexuée** chez les hôtes définitifs, chat et félidés sauvages, et une phase de reproduction **asexuée** chez les hôtes intermédiaires (autres animaux homéothermes, qu'il s'agisse de mammifères ou d'oiseaux) ;

-ou d'un cycle incomplet, uniquement entre hôtes intermédiaires, ne comportant que des phases de reproduction **asexuée**.

- **Cycle complet, sexué**

Les félidés s'infectent par ingestion des hôtes intermédiaires infectés qui hébergent des kystes dans leurs tissus. Les bradyzoïtes, libérés des kystes dans le tube digestif du chat, pénètrent dans les cellules épithéliales intestinales. Après une phase de multiplication asexuée par schizogonie, certains parasites peuvent se transformer dans les cellules épithéliales en **gamétocytes**, puis en gamètes soit mâles soit femelles (phase de gamétogenèse). L'union d'un gamète mâle et d'un gamète femelle aboutit à la formation d'un **oocyste non sporulé** qui est émis dans les **féces** du chat.

En quelques jours, dans le milieu extérieur, se produit une sporulation au sein de l'oocyste qui donne naissance aux sporozoïtes contenus dans des **oocystes matures ou sporulés**. Ces oocystes sporulés qui souillent le sol, les végétaux et l'eau sont à l'origine de la contamination des hôtes intermédiaires.

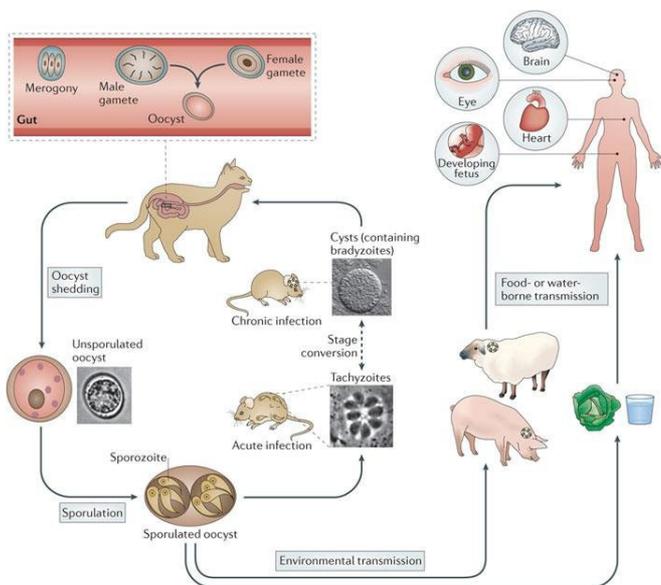
Après ingestion des oocystes par l'hôte intermédiaire, les sporozoïtes libérés des oocystes envahissent les cellules intestinales et se transforment en tachyzoïtes. Les tachyzoïtes se multiplient dans n'importe quelle cellule nucléée et se disséminent dans l'organisme. Après quelques jours d'évolution, les tachyzoïtes ralentissent leur multiplication et se transforment en bradyzoïtes au sein de structures kystiques intratissulaires.

Les kystes prédominent dans les muscles et le système nerveux des animaux infectés. Ils sont à l'origine de l'infection des félidés par carnivorisme.

- **Cycle incomplet asexué**

La particularité du toxoplasme est la possibilité de transmission du parasite entre hôtes intermédiaires : les bradyzoïtes contenus dans les kystes sont également infectants pour d'autres hôtes intermédiaires.

Le toxoplasme pourra donc se propager par carnivorisme, entre hôtes intermédiaires, dans un cycle totalement asexué ne faisant pas intervenir l'hôte définitif.



Nature Reviews | Microbiology Fig4 : Cycle évolutif de *Toxoplasma gondii*

❖ Modes de contamination

La contamination de l'homme 'effectue selon trois modalités principales :

- **Transmission par absorption d'oocystes** : cette contamination est essentiellement indirecte par consommation de fruits et légumes crus mal lavés ou d'eau de boisson contaminée, et à cause d'une hygiène des mains insuffisante, après contact avec le sol (jardinage) ou les animaux.

- **Transmission par des kystes** : la contamination se fait par consommation de viandes fumées, saumurées ou insuffisamment cuites (en particulier le mouton), les kystes n'étant détruits que par une cuisson de la viande à 65°C ou une congélation à -12°C pendant 3 jours au moins. Ce sont également les kystes qui sont impliqués dans la transmission par transplantation d'organe d'un donneur séropositif pour la toxoplasmose vers un receveur négatif avant la greffe.

- **Transmission par les tachyzoites** : le tachyzoite est une forme fragile, détruite dans le milieu extérieur et par le suc gastrique. C'est l'agent de la transmission transplacentaire, responsable de la toxoplasmose congénitale. C'est également le tachyzoite qui est responsable des cas exceptionnels de transmission par **transfusion**, possibles si le donneur était en pleine phase parasitémiq ue d'une toxoplasmose.

Chapitre 03

Les Algues

1. Caractères généraux

Les algues sont des organismes eucaryotes photosynthétiques, dépourvus de racines, de tige (absence de tissus vasculaires) et de feuilles, mais possédant de la chlorophylle ainsi que d'autres pigments accessoires pour réaliser la photosynthèse productrice d'oxygène.

Les algues sont classées dans le groupe des **thallophytes**, dans le règne **végétal**,

La taille des algues peut varier de la cellule microscopique unique, à quelques cellules en colonie et jusqu'à 75m (laminaires, sargasses) pour certaines formes multicellulaires.

2. Distribution

La plupart des algues se développent en milieu aquatique d'eau douce, saline ou saumâtre, mais certaines sont terrestres et sont capables de se développer à même le sol ou sur le tronc des arbres.

Dans l'eau, les algues ainsi que de petites plantes constituent le phytoplancton, le zooplancton étant constitué par des animaux et des protistes non photosynthétiques.

Certaines algues se développent sur des rochers humides. Sur le tronc des arbres (*Pleurococcus*, Chlorophyte), ou sur un sol mouillé.

Certaines algues vivent en symbiose avec des champignons pour former les **lichens**.

3. Structure du thalle

Le corps végétatif des algues est appelé un thalle. Il peut être constitué d'une cellule unique jusqu'à un grand nombre de cellules associées.

- Les thalles les moins élaborées sont **unicellulaires**, coloniaux (coenobes) ou filamenteux non ramifiés. Il n'y a pas de communications cytoplasmiques entre les cellules.

- Les thalles **intermédiaires** sont des filaments plus ou moins ramifiés, dont les cellules communiquent entre elles (plasmodesmes). On distingue une partie rampante et une partie dressée.

- Les thalles **fucoïdes** (*Fucus*) sont les plus complexes, ils sont **ramifiés et très structurés**.

4. Ultrastructure

Les cellules d'algues sont isolées ou en colonies plus ou moins structurées.

4.1. La paroi des algues

Les algues présentent une diversité considérable dans la structure et la chimie de leur paroi cellulaire. Dans de nombreux cas, la paroi cellulaire est composée d'un réseau de fibres de cellulose, mais d'autres polysaccharides sont aussi présents comme la pectine, les xylanes, les mannanes, les alginates ou les fucanes. Chez certaines algues, la paroi est de plus renforcée par la déposition de carbonate de calcium; ces formes sont appelées algues coralligènes (c'est-à-dire ressemblant à du corail).

Chez les **Diatomées**, la paroi cellulaire est composée de silice, à laquelle s'ajoutent des protéines et des polysaccharides. Même après que la cellule est morte et que la matière organique a disparu, la structure externe, appelée frustule, demeure souvent intacte démontrant que cette partie siliceuse est en fait responsable de la rigidité de la cellule.

La paroi des algues contient des **pores** d'une dimension de **3 à 5nm** qui ne peuvent laisser passer que les substances de faible poids moléculaire comme l'eau, les ions inorganiques, les gaz et d'autres petites molécules nécessaires au métabolisme et à la croissance. **La phagocytose n'est donc pas possible**, ce qui **différencie** de manière fondamentale les algues des protozoaires **phagotrophes**.

4.2. Le noyau : il occupe en général le centre de la cellule et comprend un nucléole. Il est parfois suspendu au centre de la cellule par des travées cytoplasmiques, comme chez *Spirogyra* ou chez les Diatomées naviculoïdes. Chez

les genres à cellules à plusieurs noyaux (chez les Rhodophytes principalement), les noyaux sont en général situés dans le cytoplasme entre les vacuoles et les plastes. En général, la structure ne diffère pas de celle du noyau des cellules de plantes supérieures, mais il est plus petit

4.3. Les plastes : ils sont porteurs de la chlorophylle et des pigments accessoires. Ils sont de forme très variées mais caractéristiques et constantes pour chaque espèce : disques, **plaques pariétales**, **rubans** spiralés ou non, forme **réticulée, étoilée, branchue**,

Chez certaines formes flagellées, une partie du plaste subit une différenciation localisée constituant le stigma ; celui-ci est formé par l'accumulation de granulations rouge-orangé chargées de carotène ; c'est un **organe photosensible** orientant les déplacements phototactiques de la cellule. Dans certains groupes comme les Euglénophytes, quelques Xanthophycées et Dinophycées, le stigma est **indépendant du plaste**.

4.4. Les flagelles : les zoospores et zoogamètes (Zoides) qui se forment au cours de la multiplication de certaines algues et les cellules végétatives d'un certain nombre d'espèces sont munies de flagelles ; ceux-ci sont insérés sur un mastigosome ou blépharoplaste, les mastigosomes étant unis entre eux et avec le centrosome situé contre le noyau par un fin filament.

Les flagelles peuvent être lisses ou présenter deux rangées de fibrilles très fines appelées mastigonèmes : ils ont alors un aspect plumeux et sont appelés pleuronématés. Il peut y avoir une seule rangée de mastigonèmes, disposition stichonématée.

4.5. L'appareil de Golgi : il existe dans un certain nombre d'algues sous forme de dictyosomes, petits corps ovoïdes formés de deux parties, l'une chromophile, l'autre chromophobe ; ils sont généralement groupés autour du noyau.

4.6. Le chondriome : il se présente sous forme de mitochondries granuleuses. Il est présent dans toutes les cellules algales

4.7. Les vacuoles : le cytoplasme contient généralement des vacuoles de disposition et de volume variables ; elles sont par exemple de volume réduit chez de nombreuses formes unicellulaires flagellées.

Le suc vacuolaire est riche en substances variées : sels de potassium, pigments dissous. Certaines substances comme l'oxalate de calcium ou des cristoalloïdes protéiques peuvent se cristalliser dans les vacuoles.

Chez beaucoup d'algues unicellulaires flagellées, il existe des **vacuoles pulsatiles** ayant un **pore excréteur et régulateur de la pression osmotique**. Dans certains cas, il existe comme chez les Protozoaires, des vacuoles digestives.

4.8. Les inclusions lipidiques : des gouttelettes d'huile sont fréquentes dans le cytoplasme de beaucoup d'algues, particulièrement chez les groupes qui n'élaborent pas d'amidon. Chez les Chlorophytes, les inclusions lipidiques sont surtout abondantes dans les formes de résistance (kystes) ou lorsque les conditions de milieu sont défavorables à la croissance et à la multiplication. Des pigments caroténoïdes dissous colorent souvent en jaune-orangé ou rouge ces inclusions.

5. Morphologie

Les algues se présentent sous un nombre de formes très variées, depuis le type unicellulaire jusqu'aux filaments ramifiés. On peut ainsi distinguer : **les formes unicellulaires, coloniales, filamenteuses et les formes parenchymateuses**

6. Reproduction

6.1. La reproduction asexuée : Elle peut être de 3 types.

-**Fragmentation** : le thalle se sépare en deux parties qui redonneront chacune un nouveau thalle.

-**Sporulation** : des spores peuvent être formées dans les cellules végétatives ordinaires ou dans des structures spécialisées appelées sporanges.

-**scission binaire** : division du noyau puis du cytoplasme.

6.2. La reproduction sexuée

Dans la reproduction sexuée, il y a fusion de gamètes mâle et femelle pour produire un zygote diploïde. Des œufs se forment dans les cellules réceptrices identiques aux cellules somatiques (Spirogyra) ou dans des cellules végétatives femelles peu modifiées nommées oogones (Fucus). Les spermatozoïdes sont produits dans des structures mâles spécialisées appelées anthéridies.

7. Classification

Les bases de classification des grandes lignées d'algues, selon De Reviere (2002) sont :

- Les pigments
- Les glucanes de réserve
- La disposition des hyaloïdes
- La forme des crêtes mitochondriales
- L'appareil flagellaire
- L'appareil photorécepteur
- Les grands types de structures péricellulaires (composition de la paroi)

7.1. Les chlorophytes ou algues vertes

7.2. Les Euglénophytes

7.3. Les Chrysophytes ou algues brunes

7.4. Les Rhodophytes ou algues rouges

7.5. Les Pyrophytes

8. Importance économique des algues

En Asie, **Rhodophytes et Phéophytes** sont utilisées dans l'alimentation et entrent dans la composition de nombreux plats, principalement au Japon où les algues marines du genre *Porphyra* (Rhodophycées) sont très largement cultivées le long du littoral. Sur les autres continents, l'utilisation des algues comme nourriture pour l'homme est peu répandue.

En Europe, des cultures **semi-industrielles** ont été tentées avec les algues des genres *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Oscillatoria* en vue d'obtenir des produits riches **en protéines** utilisables soit directement pour l'alimentation humaine, soit pour le nourrissage de la volaille ou du bétail.

Certaines **algues marines** sont récoltées pour l'extraction de **colloïdes** (**agar-agar, carragahénine**) employés pour les cultures de **bactéries** et de **champignons** en laboratoire et dans les **industries** pharmaceutique, **photographique** et **alimentaire**.

Les accumulations **d'algues calcaires** sont utilisées dans certaines régions comme **engrais**.

Les algues sont à l'origine de nombreux **dépôts calcaires ou siliceux**, les thèques des organismes s'accumulant sur les fonds. Les dépôts de **Diatomées fossiles** constituent ainsi des couches géologiques d'une épaisseur pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres d'un **matériau léger, friable et poreux : la diatomite**.

Les algues constituent un **bon indicateur biologique** de **pollution** des **eaux douces**. Dans les régions tempérées, les eaux les plus **pures** sont peuplées par des **Rhodophycées**, mais sont envahies par des **Cyanophytes**, puis des **Euglénophytes** lorsque le milieu devient plus **eutrophe**. Lorsque **la pollution** atteint son **maximum**, les algues **disparaissent** presque entièrement et **sont remplacées** par des **bactéries**.