

DEUXIEME PARTIE: Les Cormophytes ou Embryophytes

Ce groupe est composé par les végétaux supérieurs à chlorophylle dont l'amidon est stocké dans des plastes. Ils correspondent à des organismes toujours pluricellulaires et dont les cellules eucaryotes sont réunies en tissus, formant à leur tour des organes beaucoup plus complexes qu'un thalle appelé « Cormus » d'où le nom de Cormophyte.

Le «Cormus» (tige en latin et «phuton» : plante en grec) est un appareil végétatif comportant une tige feuillée. Anatomiquement, le cormus présente différents types cellulaires qui peuvent être associés en tissus, ensemble de cellules spécialisées dans une même fonction.

Il y a une grande diversité de cormus, de différentes tailles, allant de un millimètre pour la lentille d'eau à 100 mètres pour le séquoia. Les cormophytes sont divisées en plusieurs embranchements : Bryophytes, Ptéridophytes, Spermaphytes.

Les cormophytes ont des organes reproducteurs plus adaptés au milieu Terrestre d'où l'importance d'une enveloppe pluricellulaire :

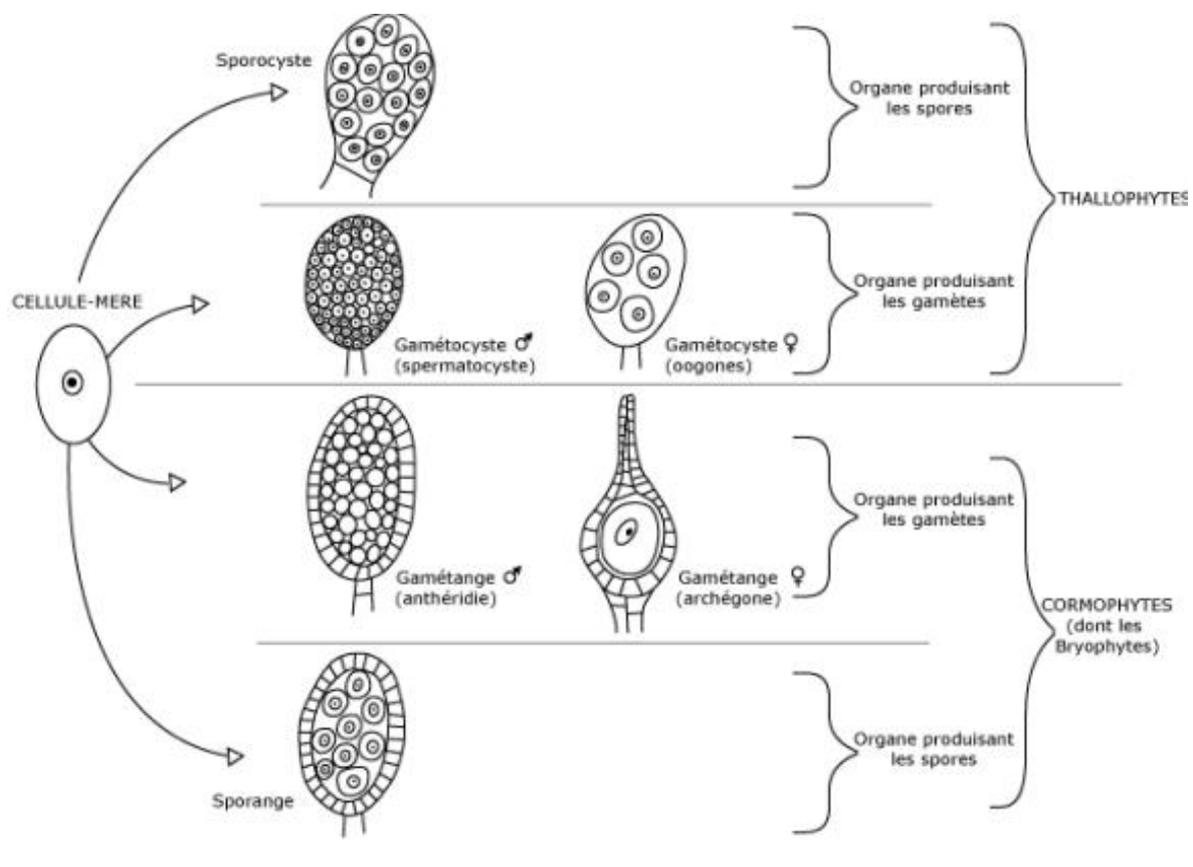
Gamétanges -----> **production des gamètes**

- Gamétange male= **anthéridie**
- Gamétange femelle = **archégone**

Sporange ----->**production des spores**

Chez les thallophytes :

- Gamétocystes -----> production des gamètes
- Sporocyste ----->production des spores



Chapitre IV: Les Bryophytes

Bryo « mousse », phyton « plante ». Ils sont également appelés mousses, environ 25 000 espèces de bryophytes existent dans le monde. Les bryophytes sont des plantes formées de sortes de "tiges" et de "feuilles", par contre **il n'y a pas de vraies racines, mais seulement des rhizoïdes filamenteux,**



- **ils ne possèdent pas de vrais vaisseaux conducteurs, ni de tissus ligneux** mais seulement de cellules allongées dans certaines tiges de mousses.
- Ce sont des végétaux terrestres de quelques centimètres de longueurs (Toujours petite taille (pas de lignine), chlorophylliens (autotrophes).
- Ils ont des habitats variés, la plupart vivent dans des endroits humides (sous-bois, berge des rivières, toitures des maisons, ...).
- La présence de l'eau est très importante pour leur cycle biologique (les gamètes sont aquatiques).

C'est un embranchement de végétaux de petite taille, comprenant les **Mousses**, les **Hépatiques** et les **Anthocérotes**.

1. Appareil reproducteur (gamétanges)

Les organes reproducteurs :

- A l'âge de maturité l'apex des tiges montre l'existence d'un involucre terminal de feuille.
- Au milieu de cet involucre on observe les organes reproducteurs -----> producteurs de gamètes (**Gamétanges**)

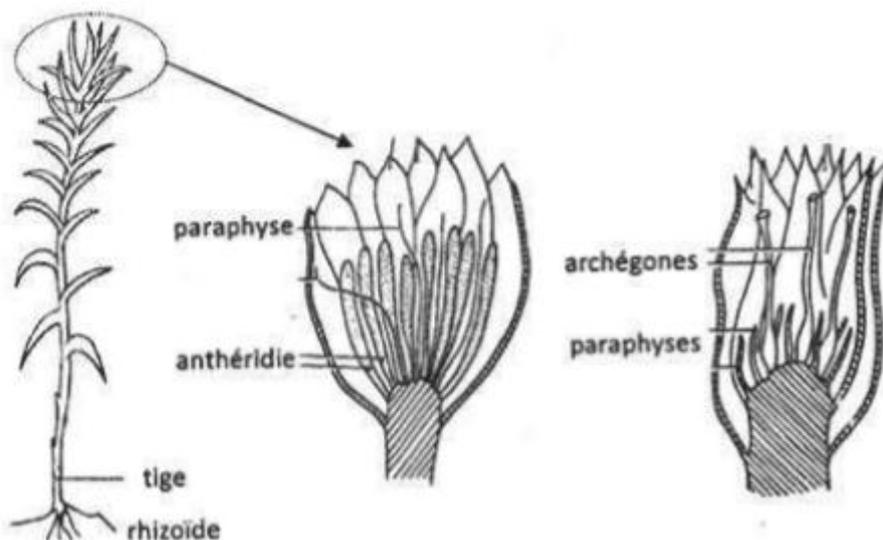


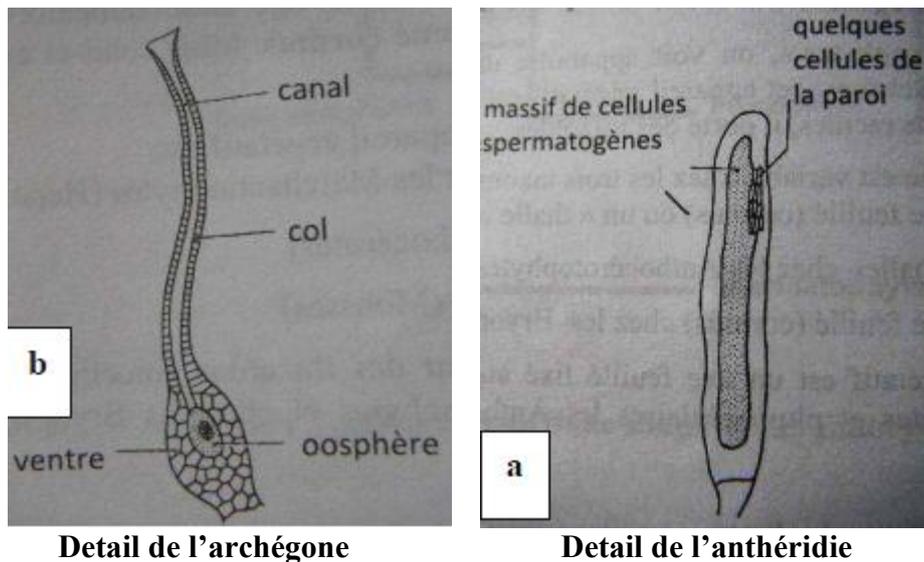
Figure 1 : Organes de reproduction de *Polytrichum*

- On a deux sortes d'organes reproducteurs:

Les anthéridies (male) -----> **Anthérozoïdes** (flagellés, mobiles)

Les archégonies (femelle)-----> **Oosphères**

Les anthérozoïdes et les Oosphères sont protégés par une couche de cellule protectrice.



Detail de l'archégone

Detail de l'antheridie

Figure 2 : organe de reproduction femelle et mâle des bryophytes

2. Reproduction et cycle de développement des Bryophytes

A. Reproduction sexuée

Le cycle de développement des bryophytes (*sensu lato*) est caractéristique (Fig. 3). Il présente une alternance régulière de phases :

- Une phase **haploïde** représentée par le **gamétophyte** dominant.
- Une phase **diploïde** constituant le **sporophyte** qui se développe sur le gamétophyte.

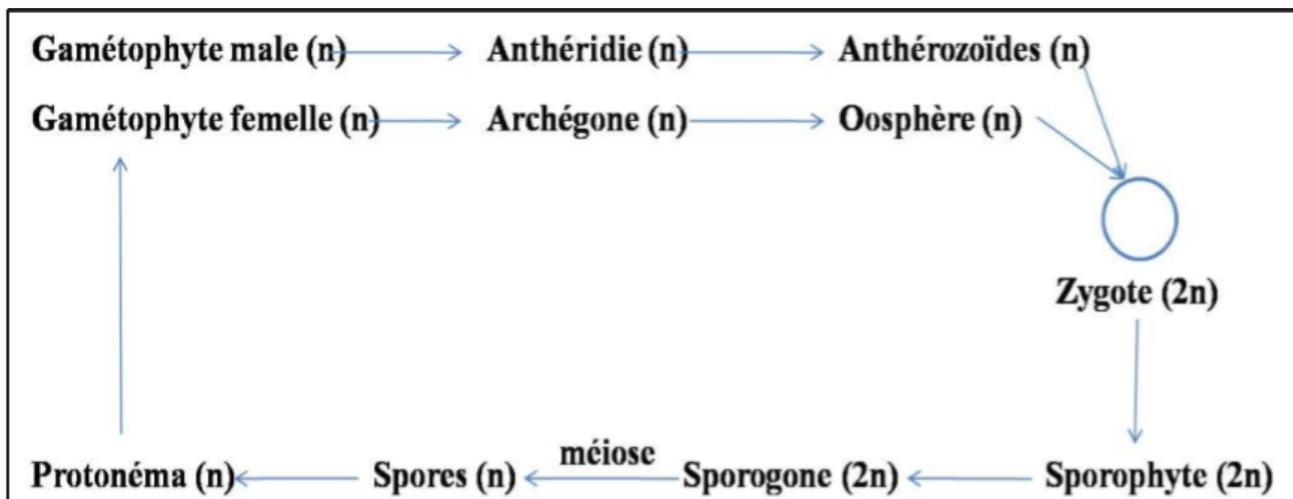


Fig. 3 : Cycle de développement des Bryophytes

Le gamétophyte (la plante feuillée) porte les organes sexuels : anthéridies et/ou archégone. Il donne après fécondation un zygote qui se développe dans l'archégone en un sporophyte particulier. Ce dernier est constitué d'un sporange appelé sporogone ou capsule qui produit des spores. Les capsules operculées de spores très visibles portées par une longue tige : la soie. Les spores sont contenues dans un organe clos, le **sporange** et elles sont inertes. Ces spores germent pour donner un protonéma sur lequel se développe le gamétophyte.

La reproduction sexuée se déroule donc sans fleurs, avec une fécondation encore aquatique et des gamètes mâles nageurs (caractère ancestral pour les végétaux). La fécondation chez les Bryophytes est de type **zoïdogamie** (un processus selon lequel le gamète mâle mobile atteint, et féconde, le gamète femelle en se déplaçant dans un liquide sécrété par certaines parties des appareils reproducteurs).

L'œuf ainsi formé se développe rapidement en un embryon qui évolue en un **sporophyte** (Fig. 4):

- La partie inférieure du sporophyte s'enfonce dans le sommet de la tige feuillée et forme un **sucoir permettant l'absorption de l'eau et des substances minérales** ;
- La partie moyenne constitue la soie ;
- La partie supérieure porte le sporange ou capsule appelé sporogone.

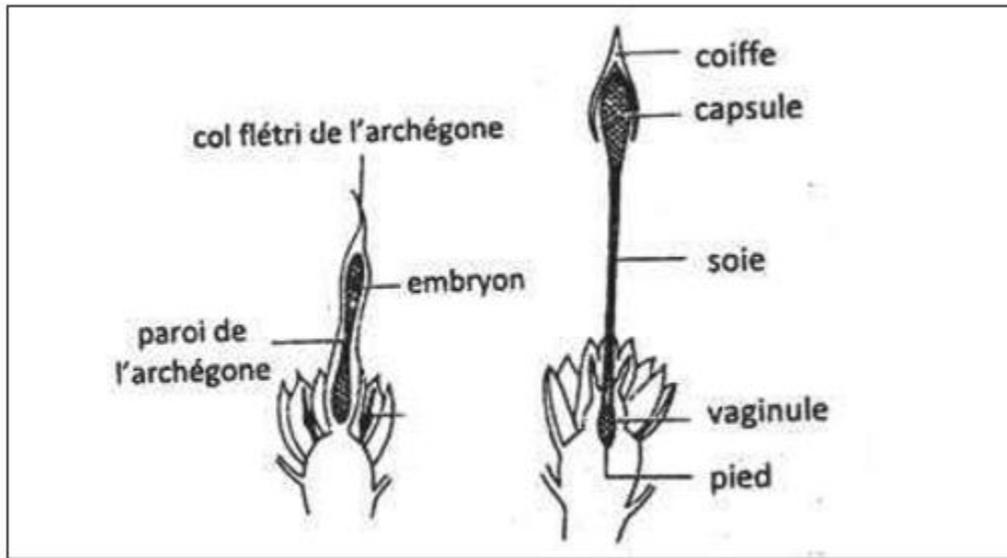


Fig. 4 : Evolution du sporophyte

B. Reproduction asexuée (végétative) Les Bryophytes peuvent aussi se multiplier par voie végétative (sans fécondation).

Chez les bryophytes, la multiplication végétative est un mode de reproduction qui favorise une occupation rapide des sols nus ou remaniés. Elle s'effectue de diverses manières. La spore en germant donne un ensemble cellulaire filamenteux ou thalloïde appelé protonéma, ce qui correspond à un individu. La fragmentation du protonéma assure ainsi un bouturage naturel.

Cycle de développement :

Parmi les caractères généraux du cycle de développement des Bryophytes (Fig. 5):

- **La fécondation est aquatique** : le déplacement des anthérozoïdes ciliés jusqu'à l'oosphère nécessite la présence d'eau, ce qui lie les bryophytes aux lieux humides. La fécondation ne peut s'effectuer qu'en présence d'eau. Le spermatozoïde nage dans l'eau pour se rapprocher de l'archégone. Les Bryophytes sont des plantes terrestres mais elles ont gardé la fécondation aquatique.
- La phase diploïde (sporophyte) est courte par rapport au gamétophyte, réduite au sporogone.
- Le gamétophyte est représenté par des organes végétatifs peu différenciés à N chromosomes.
- Les deux gamètes sont de morphologie très différente. L'oosphère est immobile et volumineuse, le spermatozoïde est petit et flagellé donc mobile. On parle dans ce cas d'oogamie.
- Les parois des organes reproducteurs, anthéridie et archégone, sont constituées par une couche de cellules. Il s'agit bien de gamétanges, qu'il faut opposer aux gamétocystes des Thallophytes.
- Le gamétange femelle a une structure originale : c'est un archégone. De ce fait on utilise souvent comme synonyme à Cormophytes le terme d'Archégoniates.
- Le gamétophyte (plante feuillée) porte les organes sexuels : anthéridies et/ou archégonies. Il donne après fécondation un zygote qui se développe dans l'archégone en un sporophyte particulier. Ce dernier est constitué d'un sporange appelé sporogone ou capsule qui produit des spores. Ces spores germent pour donner un protonéma sur lequel se développe le gamétophyte.

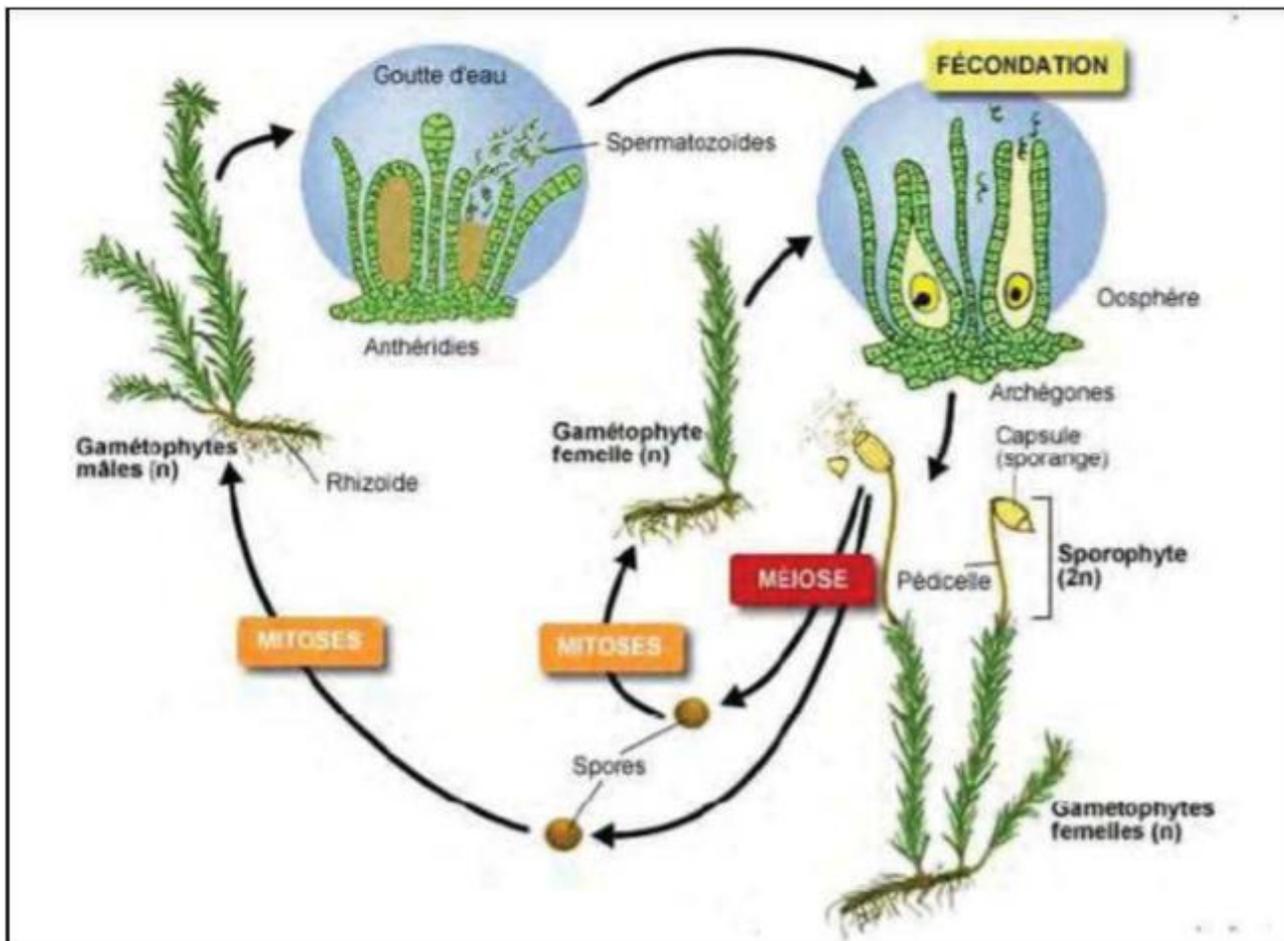


Fig. 5: Cycle de développement des Bryophytes

Le cycle est **digénétique haplodiplophasique**.

3. Classification des bryophytes

Il y a environ 25 000 espèces de Bryophytes dans le Monde divisées en 3 sous-embranchements (Fig.)

- ❖ **Bryophyta** : Mousses (15 200 espèces) et Sphaignes (150 espèces)
- ❖ **Marchantiophyta** : les Hépatiques (6000 à 8000 espèces)
- ❖ **Anthocerphyta** : les Anthocérotes (100 espèces)

3.1 Les Mousses (bryophyta):

Les mousses constituent un embranchement des végétaux vasculaires terrestres, elles ne possèdent ni racines ni vrai système vasculaire lignifié. Ils regroupent les mousses au sens propre et les sphaignes.

Les Mousses sont les Bryophytes les plus répandues et les plus riches en espèces. On les rencontre dans le monde entier. Elles ne mesurent en général que quelques centimètres.

Ils présentent un axe feuillé (cormus) portant des feuilles simples, disposées de façon hélicoïdale, les feuilles ne portent pas de bourgeon à leur aisselle. L'axe feuillé est à symétrie radiale. Le sporophyte est constitué d'un pied inclus dans le gamétophyte, d'une soie et d'une capsule avec columelle renfermant les spores.

La « tige » est un simple cordon revêtu d'un épiderme faiblement cutinisé. Des cellules allongées, les hydroïdes spécialisées dans le transport de l'eau et les leptoïdes dans celui des molécules issues de la photosynthèse, apparaissent seulement chez certaines Mousses tropicales et les Sphaignes. Les « feuilles » présentent des pseudo-nervures chlorophylliennes et sont de simples émergences de la tige constituées

d'une seule assise de cellules chlorophylliennes, excepté dans la région médiane où deux ou trois épaisseurs de cellules simulent une nervure.

La tige est fixée au sol par une touffe de rhizoïdes (filament pluricellulaires aux cloisons transversales obliques).

Les Bryophyta présentent des caractéristiques propres :

- ❖ le sporophyte est **chlorophyllien** ;
- ❖ la déhiscence de la capsule se fait par un **opercule** ou des **valves**
- ❖ les **rhizoïdes sont pluricellulaires**.

1.1 Classification

La classification des bryophytes est toujours discutée. Selon les auteurs, on distingue 3 classes ou plus :

- Les sphagnopsida (sphaignes).
- Les andraeopsida.
- Les bryopsida (mousses).

1 Les bryopsida (Les Bryales) :

C'est de loin, le groupe des mousses le plus riche (plus de 15 000 espèces) Un pied des Bryales est formé d'un gamétophyte végétatif et d'un sporophyte qui va donner des spores.

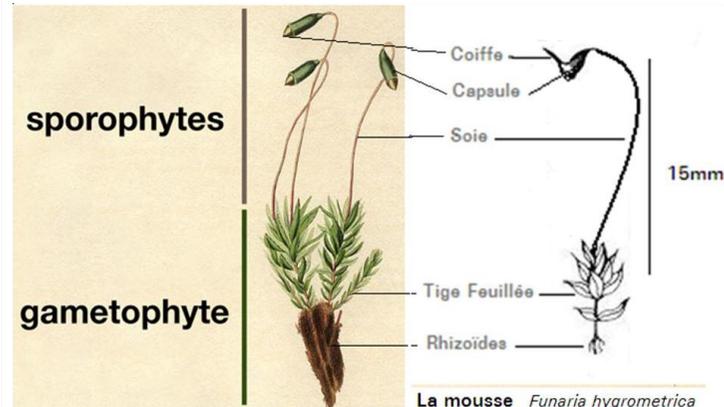


Figure 1 : Pied des Bryales (ex : *Funaria hygrometrica*)

Le **gamétophyte** est un axe feuillé à symétrie axiale, de couleur verte claire de 2 à 3 cm de haut, formé de :

- **Rhizoïde** : Poil filamenteux permettant à la mousse de se fixer sur son support et d'absorber de l'eau et des sels minéraux.
- **Tige** : Partie principale de la mousse, qui porte les feuilles en spirale tout autour d'elle. Elle peut être dressée ou couchée.
- **Feuille** : Partie de la mousse naissant sur la tige, spécialisée dans la captation de la lumière, la fonction de photosynthèse et l'absorption d'eau.

Le **sporophyte** il se développe sur le gamétophyte est formé de :

- **Pédicelle ou soie** : Axe long et mince supportant la capsule et permettant son alimentation en substances nutritives.
- **Capsule** : Organe creux fabriquant de petits grains servant à la reproduction, les spores. Fermée avec un couvercle qui s'ouvre pour libérer les spores mûres.

1.2 Les sphagnopsida (Les Sphaignales):

contient une seule famille: Sphaignacées et un seul genre Sphagnum, avec 300 espèces, très utilisées dans l'industrie cosmétique. de couleur très variable, verte avec une coloration jaunâtre, brunâtre ou parfois rougeâtre.

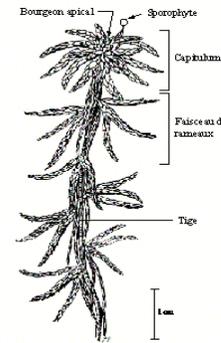


Figure 2 : Plante des Sphaignales (ex : *Sphagnum*)

- Bryophyte typique de milieux très humides et sur sols acides.
 - La plante contient des cellules mortes qui se gorgent d'eau.
 - Ce sont des espèces dioïques, Le pied est formé **d'un gamétophyte végétatif et d'un sporophyte**.
 - Les gamétophytes **n'ont pas de rhizoïdes**, l'absorption se fait par les feuilles et la tige, Les feuilles sont disposées en spirales autour de la tige ou des rameaux contrairement aux hépatiques à thalles. L'extrémité de la tige (**capitulum**) est pourvue de nombreux rameaux, mais de plus en plus courts vers le sommet (donne un aspect d'étoile).
 - Les sporophytes est formé d'un pédicelle hyalin et capsule brune.
 - Les rameaux sont arqués vers le bas, ce sont des rameaux pendants.
- Cette plante meurt par le bas et continue à croître.

1.3 Les andraeopsida (Les Andréales) :

Ce sont des mousses qui vivent dans les roches siliceuses et aussi dans les régions froides. La structure du gamétophyte est identique à celle des Bryales

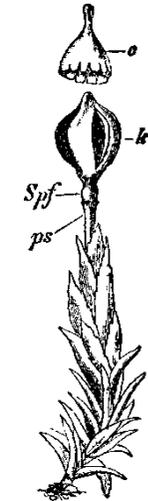


Figure 3 : Plante des Andréales (ex : *Andreaea*)

- Elle possède **une tige avec des feuilles en spirales**, un pédicelle chlorophyllien et une capsule globuleuse.
- Cette **capsule** s'ouvre en 4 (C'est une exception: les autres mousses n'ont pas de capsule qui s'ouvre en 4).

1.2 Reproduction des mousses :

Les mousses sont des espèces dioïques. La reproduction est sexuée et la fécondation est une oogamie.

- Les cellules reproductrices, spores et gamètes, sont respectivement formées dans les sporanges (capsules contenant les spores) et les gamétanges (anthéridie et archégone), qui sont des organes spécialisés munis d'une enveloppe pluricellulaire.
- Chez la plupart des espèces de mousses, les gamétophytes mâles et femelles sont distincts. Les mâles portent des anthéridies et les femelles des archégonies.
- Chez les mousses, les gamétanges se différencient à l'extrémité des axes des gamétophytes.
- Les gamétanges mâles ou anthéridies sont de petits sacs ovoïdes portés par un court pédicelle et limités par une enveloppe pluricellulaire. A maturité, ils sont remplis d'anthérozoïdes biflagellés (les gamètes mâles) qui seront disséminés.
- Les gamétanges femelles ou archégonies ont la forme de petites bouteilles.
- Le spermatozoïde nage dans une mince couche humide vers l'archégone et féconde l'oosphère.
- Le zygote diploïde se divise par mitose et devient un embryon de sporophyte à l'intérieur de l'archégone.
- Le jeune sporophyte, encore rattaché au gamétophyte femelle, laisse croître une longue tige.
- Au bout de la tige se développe un sporange, c'est-à-dire une capsule dans laquelle se développent des spores haploïdes par méiose. Les spores se dispersent quand le sporange éclate.
- La spore se développe par mitose et forme un protonéma filamenteux qui ressemble à une algue verte.
- Le protonéma continue sa croissance pour former un nouveau gamétophyte.
- Le cycle est **digénétique haplodiphasique**.

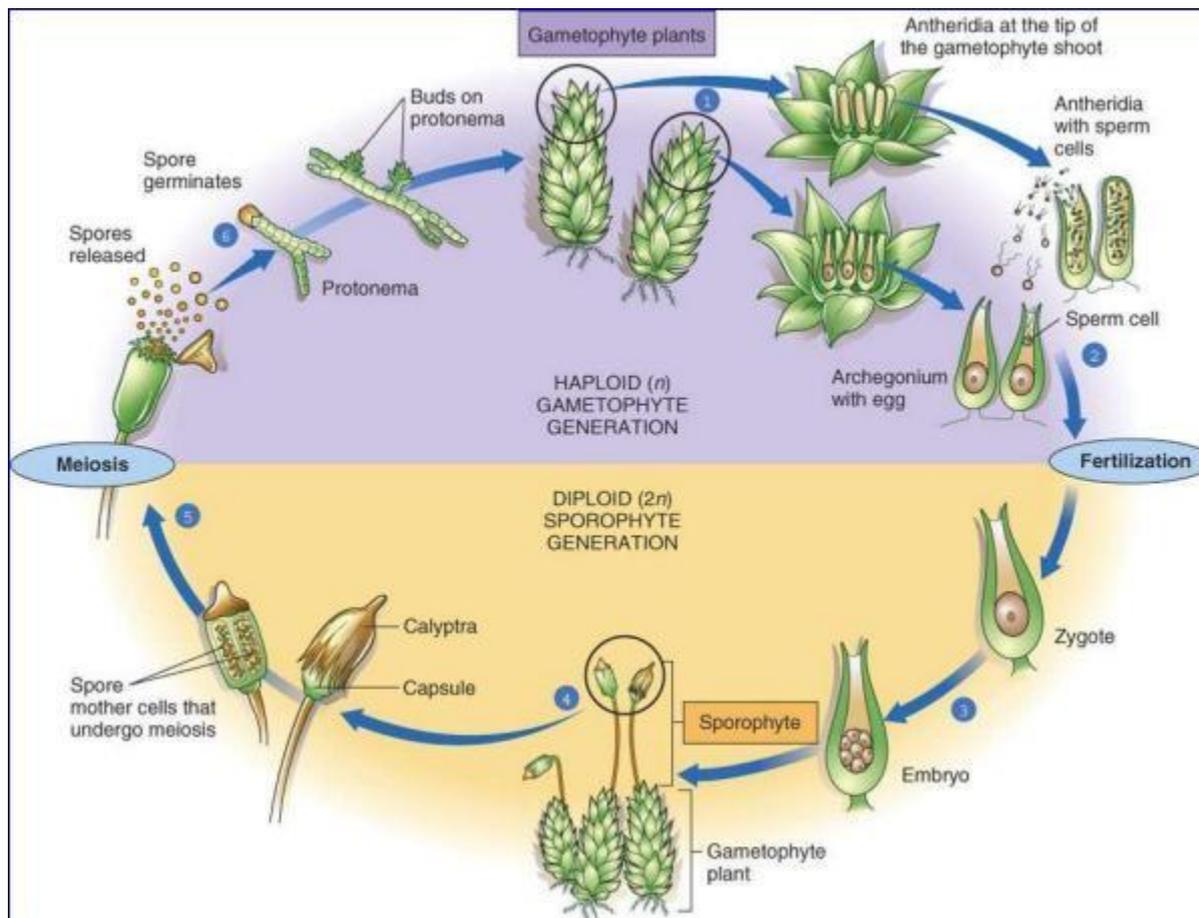


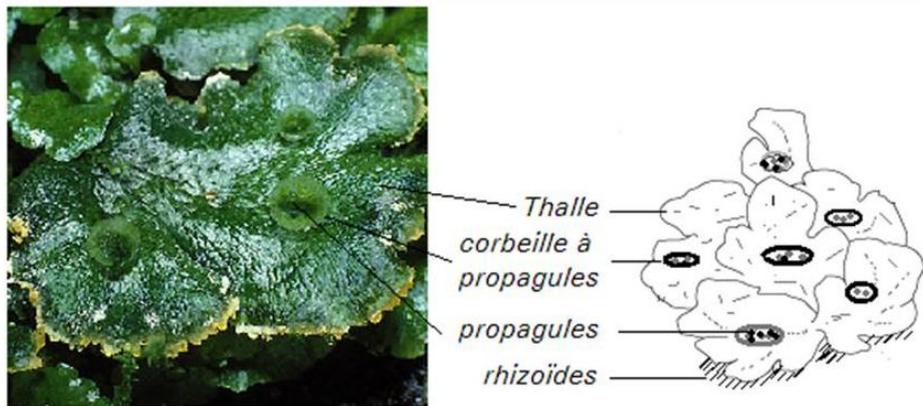
Figure 6: Le cycle de vie d'une mousse

➤ Marchantiophytes

Les Marchantiophyta (Hépatiques), sont de petites plantes sans racines ni système vasculaire (cornus thaloïde). L'appareil végétatif est variable (Fig. 43), il se présente sous la forme d'une lame foliacée chlorophyllienne ou « thalle » plus ou moins différencié ou bien d'une tige feuillée de quelques centimètres posée sur le sol fixée par des rhizoïdes. Cette lame thaloïde se ramifie dichotomiquement et possède des pseudo-nervures. Elle est à haut degré de différenciation, elle présente des chambres assimilatrices pour la photosynthèse. Les feuilles peuvent être extrêmement petites ; elles sont issues du fonctionnement de la cellule apicale mais elles n'ont pas de bourgeon à leur aisselle ; elles ne correspondent donc pas à vraies feuilles. Elles présentent souvent un aplatissement dorsiventral bien marqué entraînant une symétrie bilatérale. Il n'y a pas de stomates.

Leurs principales caractéristiques particulières des hépatiques sont :

- présence d'inclusions lipidiques appelées oléocorps (ce sont des gouttelettes d'huile)
- synthèse d'acide lunularique
- perte des stomates au profit de pores aériens



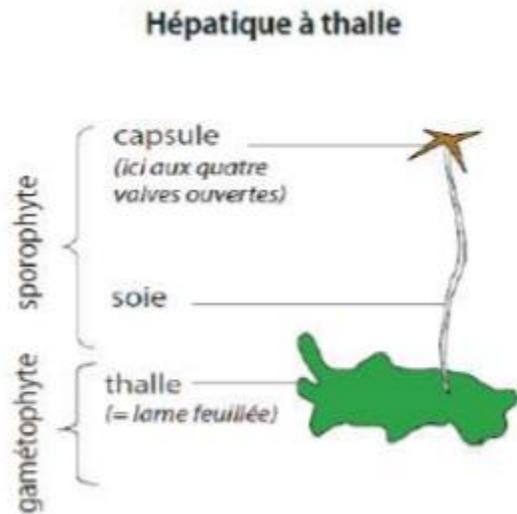
L'hépatique *Marchantia polymorpha*

c- Classification :

La classe des hépatiques contient trois ordres :

- **Marchantiales** : 32 genres, 700 espèces.
- **Jungermanniales** : 125 genres, 8000 espèces.
- **Metzgeriales** : 17 genres, 550 espèces.

•Les Marchantiales ou hépatiques à thalles :



Formée d'une lame verte de 4 à 8 mm de large et 2 à 3 de long, couchée sur le sol. Elle pousse en forme de revêtements stratifiés sur la terre humide, sur les parois des rochers, des fossés et sur les berges de ruisseaux.

Leur morphologie est de type thalloïde, leur face inférieure est en contact avec le substrat et possède des structures unicellulaires, les rhizoïdes, leur permettant de se fixer au substrat. Leur croissance est dichotome et due à des cellules apicales (il n'y a pas de méristème). Ils ne possèdent pas de stomates mais des pores aérifères ouverts en permanence. Ces pores débouchent dans une chambre aérifère permettant ainsi la respiration et la photosynthèse. Il n'y a pas non plus de tissus conducteurs vrais, la conduction a lieu de cellule à cellule.

•Les Jungermanniales ou hépatiques à feuilles :

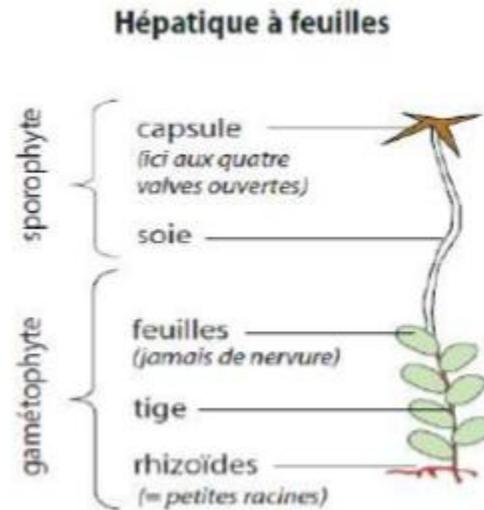


Figure 1 : Hépatiques à feuilles

à feuilles si elle est formée d'une tige (sans canaux ni cellules spécialisées) de 2 à 4 cm comportant des feuilles alignées sur deux rangs latéraux et parfois un rang de petites feuilles ventrales plus petites situées entre les rhizoïdes. Le gamétophyte est un axe cylindrique rampant qui porte des excroissances ou lobes de plusieurs types : dorsaux, latéraux, le plus grand lobe ventral est dit « amphigastre ». Le sporophyte est plus volumineux, il est constitué d'un suspenseur : la soie et d'une capsule terminale qui s'ouvre par 4 valves.

•Les Metzgeriales :

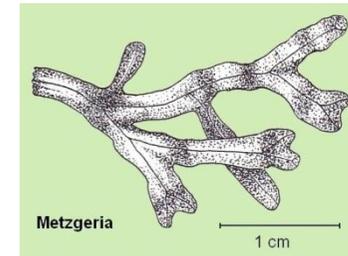


Figure 2 : Le thalle des Metzgeriales

Chez les hépatiques à thalle lisse, le pédicelle est hyalin et la capsule est globuleuse et brune. À maturité, elle s'ouvre en 4 valves. Le même type de sporangie se constate chez les hépatiques à feuilles.

Les Metzgeriales sont typiquement petits et assez fins pour être translucides, la plupart des tissus n'étant qu'une seule couche cellulaire. Parce que ces plantes sont minces et relativement indifférenciées, les Metzgeriales sont parfois appelés «hépatiques simples».

Les Metzgeriales diffèrent également des Jungermanniales apparentés dans l'emplacement de leur archégonie (structures reproductives féminines). Alors que l'archégonie dans les Jungermanniales se développe directement à partir de la cellule apicale à la pointe d'une branche fertile, l'archégonie des Metzgeriales se développe à partir d'une cellule derrière la cellule apicale. En conséquence, les organes reproducteurs féminins et les sporophytes qui se développent en eux sont toujours situés sur la surface dorsale de la plante.

Reproduction des hépatiques :

• **Reproduction asexuée :**

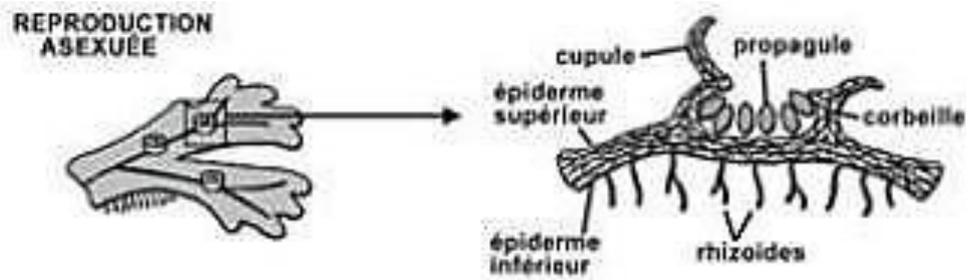


Figure 9 : Les propagules des hépatiques

La reproduction asexuée est une multiplication végétative grâce à des corbeilles à propagules, ces dernières sont des organes de multiplication végétative spécialisés, qui peuvent être formés. Il s'agit soit de cellules isolées, soit de petits massifs cellulaires d'aspects variés qui se différencient à la marge ou à l'extrémité des feuilles, au sommet des axes ou sur le thalle. Les propagules sont dans certains cas produites dans des organes particuliers, telles les "corbeilles à propagules" typiques de ou d'hépatiques comme Lunularia ou Marchantia.

• **Reproduction sexuée :**

Les anthérozoïdes mâles sont formés dans les têtes anthéridiales sur des plants mâles.

Les oogones femelles sont portées dans les têtes archégonales sur des plants femelles.

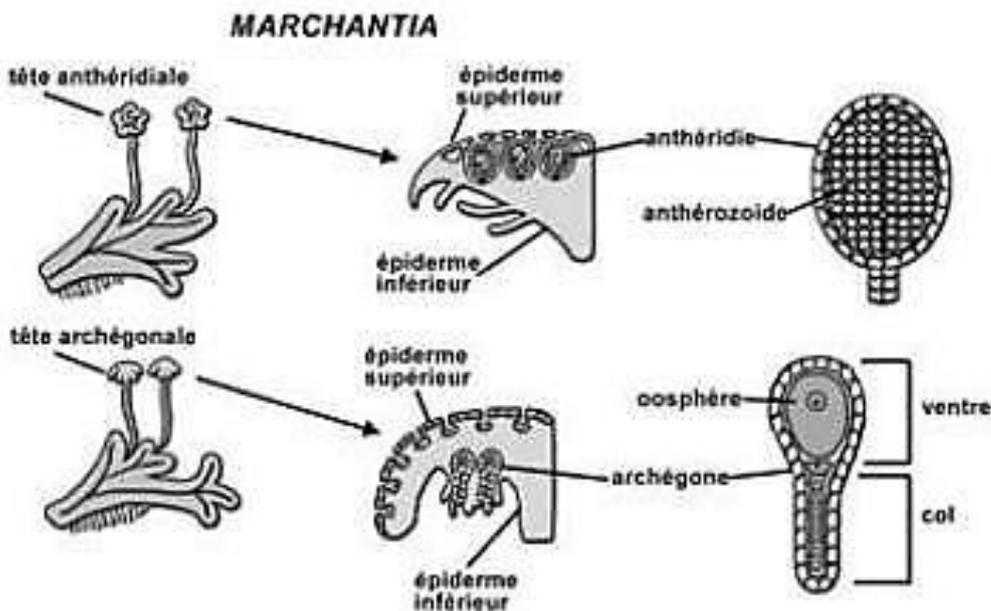


Figure10 : Les organes reproducteurs des hépatiques

La majorité des hépatiques sont dioïques. Quand les conditions sont favorables, il y a apparition des structures qui vont porter les archégones et les anthéridies sur leurs faces inférieures. La fécondation est une oogamie. Cela va déboucher à la production d'un embryon puis d'un sporophyte très réduit qui va ressembler à l'embryon et qui va rester fixé au gamétophyte. Il comprend une capsule sporogène où va avoir lieu la méiose. La capsule s'ouvre par déchirement. La phase dominante est la phase gamétophytique haploïde (n).

- Les méiospores germent pour donner un protonéma haploïde très court à partir duquel une lame verte foliacée, appliquée sur le substrat, prend rapidement naissance.
- Le gamétophyte adulte(n) peut être considéré comme un thalle. Il est édifié par quelques cellules méristématiques situées dans l'échancrure apicale du thalle (et non par une cellule apicale unique comme chez le mousse) et se ramifie de façon dichotomique.
- Durant la bonne saison, les thalles en croissance produisent des rameaux spécialisés, dressés (+/- 3 cm de haut), insérés dans le prolongement direct de la nervure, au point où fonctionnait le méristème : ce sont les gamétangiophores.
- Les rameaux produits par certains thalles portent, au sommet d'un axe, un plateau lobé dont l'anatomie est identique à celle du thalle. Néanmoins, entre les chambres aérifères, se différencient des anthéridies enfoncées dans des cavités ovoïdes formées par des replis de l'épiderme; ces cavités s'ouvrent par un petit canal à la face supérieure. L'éclatement des anthéridies libère les anthérozoïdes qui sont projetés sur le plateau dans un film d'eau.
- Les rameaux spécialisés produits par les thalles femelles ont une structure analogue à celle des rameaux mâles. Ils se distinguent cependant par leurs lobes plus profondément échancrés, généralement au nombre de 9. Les archéogones, au nombre de 12 à 16 et de structure fort semblable à celle des archéogones des mousses, sont initiés entre les lobes de manière centripète. Ils sont protégés par un involucre (sorte de collerette)
- La fécondation a lieu par temps humide, avant l'élongation complète du rameau spécialisé. Elle se produit grâce au film d'eau qui recouvre les thalles.
- L'oeuf fécondé (zygote) se développe à l'intérieur de l'archéogone dont les parois se modifient pour abriter le jeune sporophyte en croissance.
- Le sporophyte est nettement réduit par rapport à celui des mousses. La soie (l'axe portant le sporange) reste très courte et ce n'est que peu avant la maturité que le sporange est poussé en avant et déchire le sommet de l'archéogone accrescent.
- Le sporange ne possède ni columelle, ni coiffe. Il s'ouvre par 4 à 6 valves qui sont des déchirures de la paroi plutôt que des fentes de déhiscence.
- Les cellules mères subissent la réduction chromatique et chacune d'elles donnera 4 méiospores (archéospores) libérées après la destruction des tissus du thalle (en général, un an après).
- Les spores sont accompagnées de structures sensibles à l'hygrométrie qui facilitent leur dispersion et la dissémination : les élatères. Elles seraient également impliquées dans la poussée qui fait éclater le sporange.
- La nouvelle génération donne un protonéma.
- Le cycle est **digénétique haplodiplophasique**

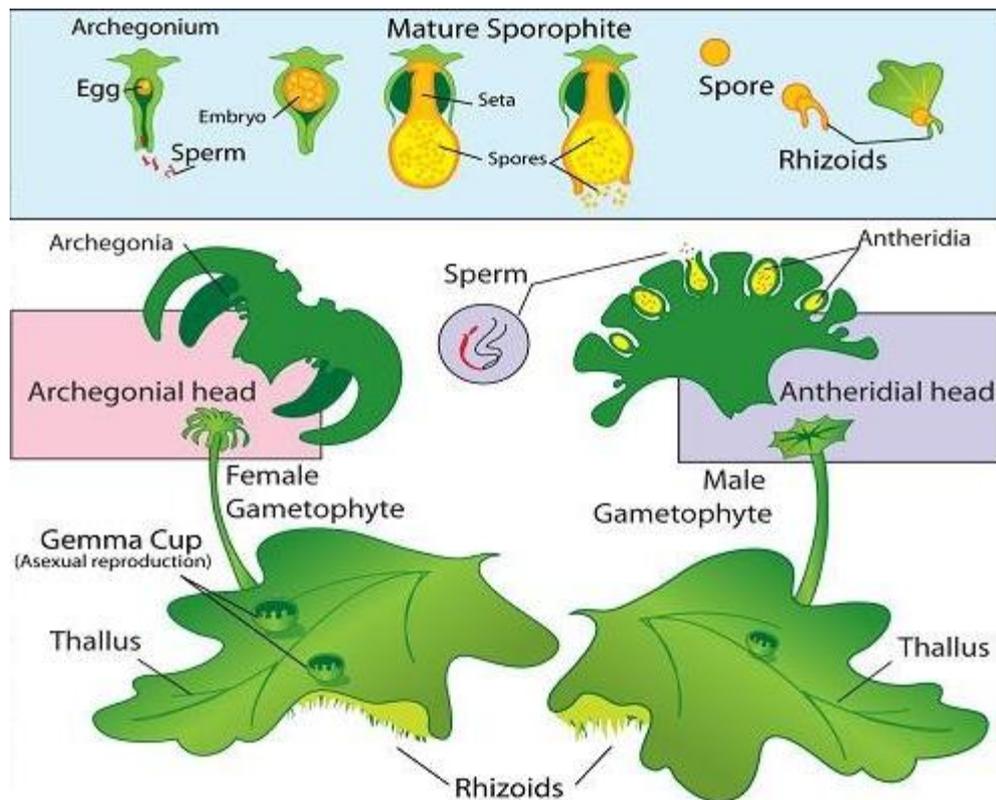


Figure 7 : Le cycle de vie des hépatiques

➤ Anthocérotophytes

Les Anthocérophytes sont des organismes thalloïdes à symétrie dorsi-ventrale, de petite taille et abondant dans les zones tropicales. Le gamétophyte a une forme thalloïde pourvu de pyrenoïdes dans les chloroplastes, aplati qui porte des rhizoïdes pluricellulaires sur sa face inférieure. Elles possèdent des stomates aussi bien sur le gamétophyte que sur le sporophyte; l'archégone, très protégé, est inclus dans les tissus du gamétophyte; le sporophyte est capable d'une certaine croissance en hauteur grâce à un méristème basal (Fig. 8).

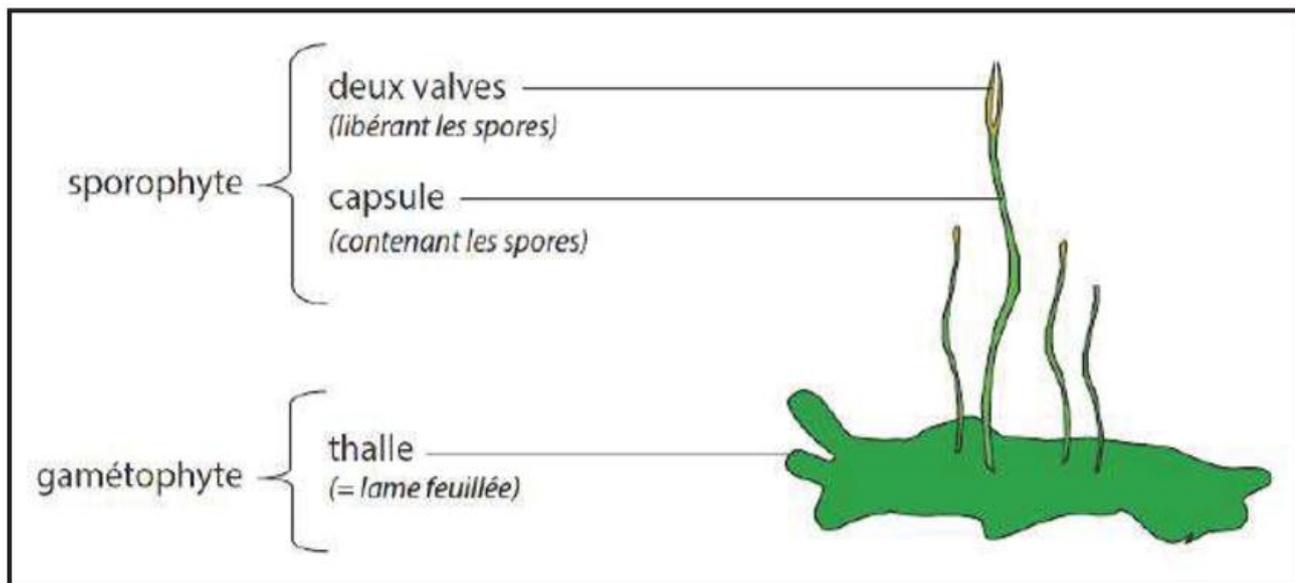


Fig. 7: Aspect morphologique des Anthocérotophytes

Reproduction des Anthocérophytes:

- **Reproduction asexuée** : par propagules comme chez les hépatiques.
- **Reproduction sexuée** : La fécondation est une oogamie. Le thalle est monoïque.
- Le Gamétophyte est un thalle à croissance dichotome (phase dominante).
- Les gamétanges (archégonies et anthéridies) sont inclus dans le thalle.
- Grâce aux gouttellettes d'eau, les spermatozoïdes issus des anthéridies sont transportés jusqu'à l'archégonie.
- L'oosphère est fécondée.
- Un zygote diploïde se forme dans l'archégonie.
- Le zygote subit des mitoses pour former un sporophyte diploïde (2N)
- Le sporophyte contient des sporanges contenant les cellules mères des spores.
- La cellule mère des spores subit une méiose pour donner des spores haploïdes.
- Le sporophyte ou sporogone est linéaire, au centre il y a une colonne : la columelle avec des spores organisées en tétrades. Il va s'ouvrir par deux fentes longitudinales.
- Quand les conditions sont favorables les archéospores germent et donne un protonéma qui se développe en gamétophyte haploïde qui va développer des gamétanges (anthéridies et archégonies) et ainsi de suite.

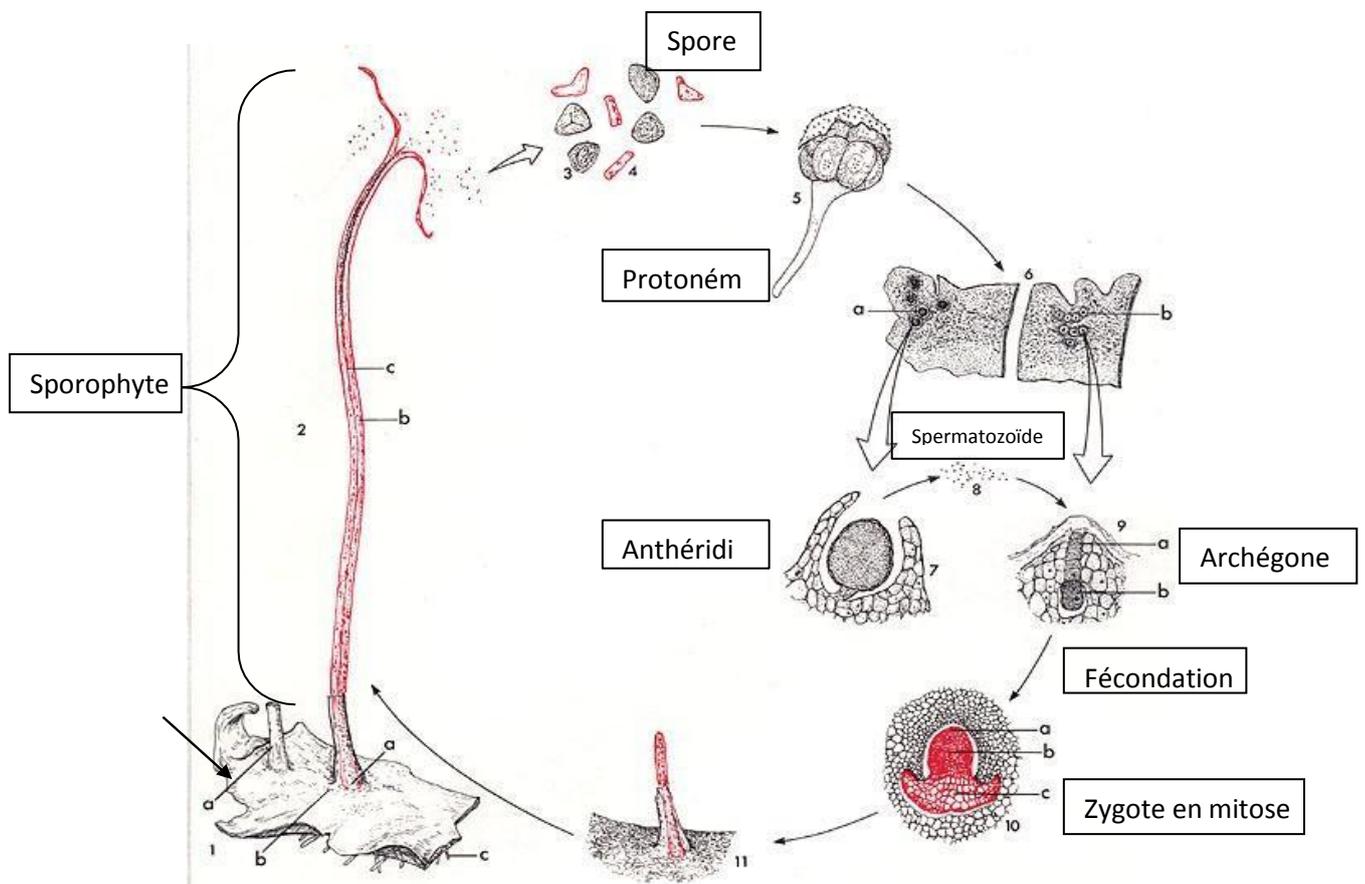


Figure13- Cycle de vie des Anthocérophytes.

Le cycle est **digénétique haplodiplophasique**.