



IMAGE A LA UNE

2024 - 2

ETRANGE SURFACE...



Jouez le jeu ! A quoi peut correspondre le cliché ?

Une savane africaine vue d'avion ? La surface d'une fosse à purin ? ou celle d'une boîte de Pétri couverte de moisissures ? A vrai dire, il vous manque l'échelle ! Disons que le cliché couvre une surface d'environ 2 à 3 m² : l'échelle est toujours indispensable pour discuter un cliché, surtout lorsqu'aucun indice ne permet de l'établir, même approximativement. Difficile donc d'associer à ce cliché l'idée qu'il s'agit de la surface d'un chenal côtier, couverte de petites fougères, de bien curieuses fougères... aquatiques. © prepas-svt.fr

Le cliché est une surface d'eaux saumâtres, couverte d'une population dense d'*Azolla filiculoides*, petite fougère aquatique. Cette plante d'origine asiatique, abondante dans les rizières, et introduite en Europe au XIX^e, est une remarquable plante invasive échappée de jardins botaniques et/ou d'aquariums, et elle peut coloniser des plans d'eau où elle trouve des conditions de développement propices. Et ce à la vitesse d'un hectare/an !

Au-delà de son caractère aquatique, que dire de cette fougère ? Bien que les fougères aient en grande partie disparu des programmes de Bcpst (seuls sont abordés le cycle de vie et la reproduction du polypode), le cas d'*Azolla filiculoides* peut être développé dans d'autres parties du programme, notamment à propos des relations interspécifiques au sein d'un écosystème ou encore de la dynamique de certains écosystèmes.

Organisation

Azolla est une petite fougère d'environ 1-2 cm de diamètre. Elle possède un rhizome ramifié qui se fractionne au fur et à mesure de la croissance de la plante, assurant une multiplication végétative efficace. Les frondes (= feuilles des fougères) sont écaillées et hydrophobes sur leur partie supérieure. Elles s'étalent horizontalement sur la surface de l'eau - cf le cliché ci-contre - au fur et à mesure de la croissance de la plante. Vertes à rosées, elles peuvent se teinter de rouge en fin d'été (présence d'anthocyanes). Leur face inférieure est garnie de poils. Le rhizome produit les frondes ainsi que des racines adventives de quelques centimètres, qui plongent dans l'eau sous la surface.



Détail des frondes (©prepas-svt.fr)

Les sporanges se développent sur la face inférieure des frondes, enveloppés dans une petite capsule verdâtre à brun rougeâtre, le sporocarpe. Les sporanges sont sexués : microsporangies mâles et macrosporangies femelles. Les microsporangies contiennent de nombreuses et minuscules spores adhérant entre elles en bouquet. Les sporocarpes femelles contiennent un macrosporangie à macrospore unique. L'espèce est donc hétérosporee. A l'automne, les azollas dépérissent et les spores tombent sur le fond et passent l'hiver, plus ou moins protégées par la vase.

Après germination, les microspores et la macrospore donnent respectivement naissance à des gamétophytes mâles et un gamétophyte femelle qui remontent en surface. Ce dernier porte un petit nombre de gamétanges, (archégones), qui produisent les gamètes femelles (oosphères). Les gamétophytes mâles portent des anthéridies qui produisent chacune huit spermatozoïdes ciliés. La fécondation est externe (et aquatique), et donne naissance à un zygote, futur pied feuillé (sporophyte). L'hétérosporie et l'hétéroprothallie mises à part, peu de différences avec le polypode ! Vous devriez être capables de réaliser un schéma du cycle de vie de cette fougère, et noter les différences avec celui du polypode... : n'oubliez pas, évidemment, de figurer la multiplication végétative, particulièrement prolifératrice chez cette fougère.

Conséquences de la multiplication végétative

Les tapis d'azolla couvrant l'eau ou poussés par le vent vers une berge deviennent rapidement si denses qu'ils peuvent contribuer à des phénomènes d'eutrophisation (enrichissement des eaux en éléments nutritifs) voire de dystrophisation. Le processus entraîne une anoxie des eaux, néfaste à de nombreuses espèces végétales et animales ; espèce invasive, l'azolla devient alors une « peste végétale » contre laquelle il convient de lutter (faucardage, ramassage à l'aide de filets, et même tentative de lutte biologique par de petits charançons ...).

Une symbiose efficace

Initialement, les riziculteurs asiatiques avaient noté qu'il n'était pas nécessaire d'apporter d'engrais azotés à leurs cultures de riz : depuis, on a pu montrer qu'azolla jouait le rôle d'engrais vert, par l'intermédiaire d'une symbiose avec une cyanobactérie fixatrice de diazote, *Anabaena*. Cette cyanobactérie (*Anabaena azollae*) se

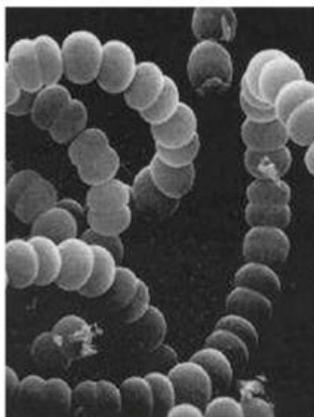
développe dans une cavité située à la base du lobe dorsal de chaque feuille d'azolla (figure ci-après). L'association est spécifique, durable..., et basée sur des échanges réciproques puisqu'*Anabaena* amplifie sa diazotrophie lorsqu'elle est installée au sein de la cavité foliaire (organe propre à la symbiose) : le nombre d'hétérocystes (= cellules spécialisées dans la diazotrophie) est alors augmenté de 30 % par filament d'*Anabaena*.

La nutrition azotée de la fougère est assurée par l'excrétion de l'azote fixé (azote assimilable : NH_4^+) par la cyanobactérie. Cette excrétion est favorisée par la répression de la glutamine-synthétase de la cyanobactérie... par la fougère elle-même ! Les « poils absorbants » situés à l'intérieur de la cavité foliaire assurent pour l'essentiel l'absorption des substrats azotés excrétés par la cyanobactérie symbiote.

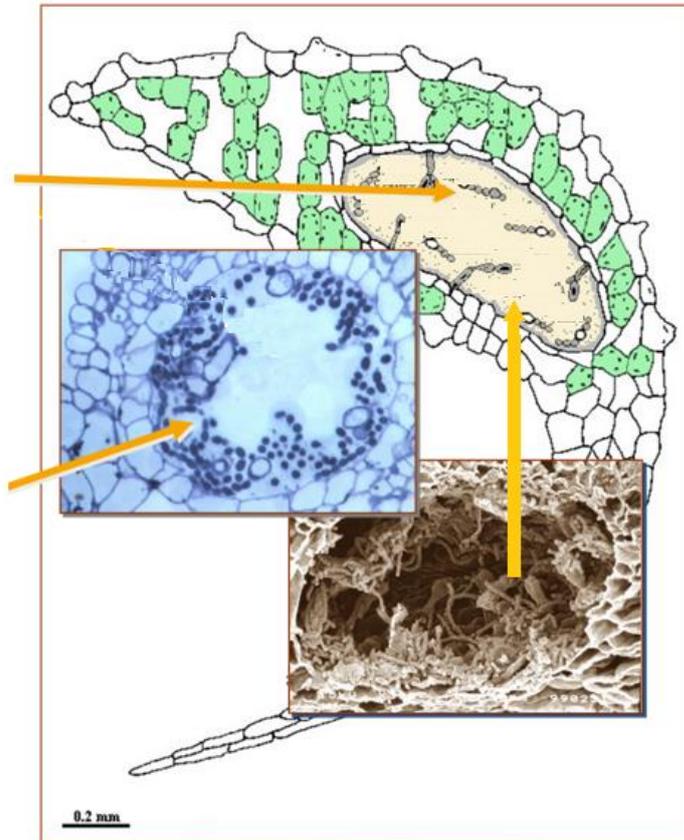
Enfin, la symbiose est « héréditaire » (elle se transmet au cours de la reproduction sexuée) : on trouve des filaments de la cyanobactérie dans le gamétophyte de la fougère, ces filaments recontaminant le jeune sporophyte ancré sur le gamétophyte.



Azolla : fronde



Anabaena



Localisation des cyanobactéries dans les feuilles d'azolla. (© F. Carrapico, Université de Lisbonne, modifié. *Azolla, as a superorganism. Its implication in symbiotic studies*, DOI: [10.1007/978-90-481-9449-0_11](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9449-0_11), 2010)

Autres particularités...

Les riziculteurs asiatiques avaient découvert une autre particularité à cette fougère : leur présence dans les rizières limitait la prolifération des moustiques, le développement rapide de la fougère entraînant la mort des larves de ces derniers (pour rappel, les larves de moustiques sont aquatiques et vivent près de la surface des eaux où elles viennent réaliser leurs échanges gazeux respiratoires avec l'atmosphère).

Par ailleurs, on a également noté une capacité remarquable de ces fougères dans la bioconcentration de métaux (cuivre, or, métaux utilisés en informatique ou en chimiothérapie, métaux lourds toxiques et écotoxiques...), ce qui en fait des auxiliaires de récupération (métaux précieux) et de dépollution. On commence également à l'utiliser dans des unités de méthanisation : au final, une petite fougère pleine de ressources !