

Sporulation des fougères aquatiques (*Azolla*) en fonction des conditions climatiques

Tahirou M. Traoré

A*zolla* est une fougère aquatique réalisant une symbiose avec *Anabaena azollae*, une cyanobactérie fixatrice d'azote atmosphérique. Elle est apte, grâce à cette propriété, à servir d'engrais vert. La reproduction du sporophyte d'*Azolla* est habituellement végétative ; toutefois, lorsque les facteurs biotiques varient brutalement au début ou à la fin d'une période de stress, un processus de reproduction sexuée très complexe, de type hétérosporé, débute [1] et assure la permanence de la symbiose avec *Anabaena*. Les conditions d'induction de la reproduction sexuée sont cependant mal définies, ce qui oblige à conserver les *Azolla* en condition de multiplication végétative, malgré des inconvénients majeurs : attaques fréquentes par divers prédateurs des *Azolla* (*Lebistes reticulatus*, *Limnaea natalensis*) [2] (*Nymphulaenixalis*) [3]. Les longues périodes de sécheresse peuvent entraîner la disparition de la fougère dans les sites naturels de développement (mares, étangs, rivières), de sorte que les azolliculteurs se trouvent

confrontés au problème de l'obtention d'inoculum pour la production de biomasse d'*Azolla* utilisée comme engrais vert ou comme aliment. L'utilisation des spores d'*Azolla* pour la multiplication de la fougère représente une solution de remplacement à cet égard.

Pour l'étude du début de la sporulation, deux données sont à considérer : le nombre total de microspores, indice de l'abondance de la sporulation, et le pourcentage des mégaspores par rapport aux microspores ; plus ce pourcentage est élevé, plus il y a de possibilités de reproduction, chaque mégaspore ne donnant qu'une oosphère.

La présente note a pour but de déterminer la période et le taux de sporulation de neuf souches d'*Azolla* en fonction des conditions climatiques.

Les souches d'*Azolla* étudiées (huit souches étrangères introduites et une souche locale) se répartissent entre trois espèces : *A. microphylla* (souches 69MI, 104MI, 175MI) ; *A. caroliniana* (souches 44CA, 195CA) ; *A. pinnata* qui se subdivise en deux sous-espèces : *A. pinnata* var. *imbri-cata* (souches 07PI, 88PI) et *A. pinnata* var. *pinnata* (souches 138PP, 203PP). La souche 203PP est la seule autochtone recensée au Mali actuellement.

Dans certaines conditions de milieu encore mal définies, *Azolla* produit, en place du lobe inférieur de la feuille, une paire de sporocarpes qui sont les organes contenant les sporanges. Il en existe deux

type. Les plus volumineux, présentant un diamètre d'environ 2 millimètres, sont facilement visibles à l'œil nu : ils renferment une centaine de microsporangies produisant des microspores, d'où leur dénomination paradoxale de microsporocarpes. Les plus petits, d'environ 0,5 millimètre de diamètre et appelés mégasporocarpes, sont difficilement observables : ils contiennent un seul mégasporange producteur d'une seule mégaspore. Microsporocarpes et mégasporocarpes constituent les semences d'*Azolla* dont la récolte permet effectivement de conserver la plante pendant plusieurs mois sans entretien.

L'étude s'est déroulée à la station de recherche de l'École normale supérieure de Bamako. Les observations ont été effectuées de janvier à avril, en 1991 et 1992. Le dénombrement des microsporocarpes et des mégasporocarpes s'est effectué une fois par semaine sur 100 frondes sous loupe binoculaire. Le taux de sporulation (Tsp) est calculé selon la relation :

$$Tsp = \frac{\text{Nombre de frondes portant des sporocarpes} \times 100}{\text{Nombre total de frondes examinées}}$$

T.M. Traoré : École normale supérieure, BP 241, Bamako, Mali.

Tirés à part : T.M. Traoré

Les températures minima et maxima ont été enregistrées pendant toute la durée des observations.

Sept souches d'*Azolla* ont effectivement sporulé sur les neuf examinées. Les courbes de variation de la sporulation obtenues sont comparables (figure 1).

Pour toutes les souches sporulantes d'*Azolla*, la sporulation commence début janvier. Le processus se poursuit jusque fin mars-début avril pour les souches 175MI, 203PP et 07PI. Pour ces trois souches, la durée de sporulation varie en moyenne entre 75 et 90 jours, le record étant enregistré pour la souche 07PI avec 90 jours. La sporulation dure environ 60 jours pour les souches 138PI et 88PI. Elle est très brève pour la souche 44CA, ne dépassant guère 20 jours. Il n'a pas été observé de sporulation pour les souches 69MI et 195CA au cours des deux années d'observation.

Le taux de sporulation varie très peu d'une année à l'autre pour toutes les souches considérées. En revanche, on observe une grande variabilité dans le taux de sporulation des souches d'*Azolla* selon qu'elles appartiennent à la même espèce ou à des espèces différentes. Les taux les plus élevés (85 à 100 %) sont obtenus principalement chez *A. pinnata* avec les souches 07PI, 88PI et 203PP et chez *A. microphylla* avec la souche 175MI. Les taux les plus faibles sont enregistrés chez les souches 44CA (10 %) et 104MI (20 %). Pour toutes les souches d'*Azolla* sporulantes, le taux maximum de sporulation est observé fin janvier-début février, c'est-à-dire au moment où les températures sont basses (22-27 °C). Les écarts journaliers entre les températures minima et maxima varient entre 10 et 20 °C pendant les deux années 1991 et 1992.

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus dans divers sites bioclimatiques : aux Philippines, on a montré que *A. microphylla* (souches 403, 407 et 415) et *A. pinnata* (souches 5 et 704) sont également les meilleurs espèces, sur le plan de la sporulation [4]. *A. microphylla* sporule durant toute l'année et présente un taux maximum de sporulation (65 à 80 %) de novembre à février, période où les températures sont basses (22-25 °C). Pour *A. mexicana*, l'induction aux basses températures (26 °C/10 °C) est le principal facteur promouvant la sporulation [5]. Au Sénégal, la sporulation débute chez *A. africana* vers fin novembre-début décembre. Elle correspond à d'importants changements bioclimatiques : les

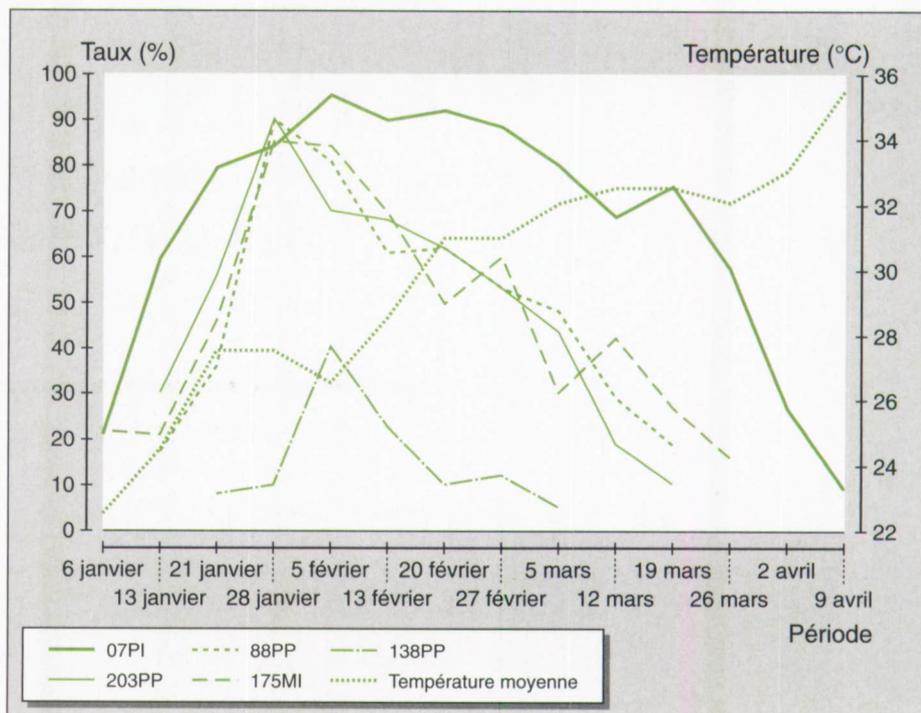


Figure 1. Taux de sporulation des *Azolla* (1991).

Figure 1. *Azolla* sporulation rates (1991).

mares contenant l'*Azolla* commencent à s'assécher, la température diminue jusqu'à 16-20 °C la nuit et 22-23 °C le jour, l'humidité relative passe de 90-50 % à 90-35 %, tout ceci entraînant un arrêt de la croissance. La composition du milieu de culture influence également la sporulation chez *A. africana*, et c'est l'absence de phosphore qui serait le facteur le plus stimulant à cet égard [2]. L'étude des moyennes avec écart type et des comparaisons deux à deux à l'aide du test t des frondes homosporées portant uniquement des microsporocarpes (Fmi) ou des mégasporocarpes (Fme), et des frondes hétérosporées présentant les deux types de sporocarpes (Fh), ne montre pas de différence significative entre les proportions des Fmi/Fme pour les souches 175MI, 07PI et 138PP. En revanche, il y a une différence hautement significative entre les proportions des Fmi/Fh pour les souches 07PI, 203PP et 138PP. On observe également une différence hautement significative entre Fme/Fh pour les souches 175MI, 07PI et 138PP. On

constate enfin qu'aux faibles proportions de Fmi correspondent de fortes proportions de Fh pour les souches 175MI et 07PI. Le phénomène est inverse pour la souche 138PP. Le nombre des Fme est dans les tous cas inférieur à celui des Fmi et des Fh.

La comparaison des moyennes faites à l'aide du test t ne montre pas de différence significative entre les proportions des microsporocarpes et des mégasporocarpes pour toutes les souches d'*Azolla* en 1991 et pour les souches 175MI et 104MI en 1992. En revanche, on observe une différence significative pour la souche 07PI et une différence hautement significative pour les souches 138PP et 203PP en 1992. Le taux des mégasporocarpes par rapport aux microsporocarpes est très élevé (80 à 110 %) pour toutes les souches en 1991 ; il est, en 1992, de 70 à 85 % pour les souches 175MI et 104MI et seulement d'environ 40 % pour les souches 138PP et 203PP. Ce rapport est d'une très grande importance, car plus il est élevé, plus il y a de

possibilités de reproduction, chaque mégaspore provenant d'un mégasporocarpe ne donnant qu'une oosphère. La durée de la sporulation d'*Azolla* varie selon les espèces et les souches. Les températures basses semblent être un facteur déterminant dans le commencement et le maintien du processus de la sporulation. Les meilleures souches sporulantes appartiennent essentiellement à l'espèce *Azolla pinnata*. Le taux des mégasporocarpes par rapport aux microsporocarpes est généralement très élevé (70 à 100 %). Il reste à déterminer le taux de germination des spores produites en conditions de stress induisant une sporulation maxima ■

Summary

Azolla sporulation period according to climatic conditions

T.M. Traoré

Azolla is an aquatic fern symbiotic with Anabaena azollae, a nitrogen-fixing cyanobacterium. The sporulation period of various strains of Azolla was determined. One hundred fronds were observed for sporocarps once a week during the productive period of January to April for two consecutive years (1991-1992). Minimum and maximum temperatures were recorded during the observations period. Seven out of nine Azolla strains observed actually sporulated, with maximum rates occurring at the time of year when temperatures were low (22-27 °C), i.e. from January to February.

Cahiers Agricultures 1995 ; 4 : 211-3.

Références

1. Ashton P.J. Factors affecting the growth and development of *Azolla filiculoides* Lam. In : *Proc Second Natl Weed Conf South Africa, Capetown 1977* : 249-68.
2. Reynaud P. *Écophysiologie des cyanobactéries fixatrices d'azote, libres ou en symbiose (Azolla) dans la zone tropicale sèche*. Paris : Prospectives agronomiques TDM n° 30, 1984 ; 257 p.
3. Katanyukul W. Chemical control of *Azolla* insects. *IRRN* 1983 ; 8 : 1-14.
4. National *Azolla* action program. *Growing from spores*. Laguna : College of Agriculture UPLB College, 1988 ; 16 p.
5. Watanabe I, Ke-Zhi Bai, Berja NS, Espinas CR, Itoo, Subudhi BPR. The *Azolla-Anabaena* complex and its use in rice culture. *IRPS* 1981 ; 1 : 69 p.