

Potentiel de valorisation d'*Azolla* en agriculture africaine *

par

Charles VAN HOVE **

Professeur à l'Université Catholique de Louvain



SUMMARY : *Azolla* valorization potential in african agriculture.

After a brief recall of the biology and traditional uses of the aquatic fern *Azolla* in agriculture, the present report describes the highlights of the researchs realized on this plant in the framework of a collaborative program between the West Africa Rice Development Association (WARDA) and the Catholic University of Louvain, Belgium.

Laboratory researchs bear on the development of an international reference collection of *Azolla*, with the view of selecting strains adapted to various environments, the criteria of selection being rough productivity, chemical composition, capacity of fixing N_2 in presence of combined nitrogen, appetency...

* Manuscrit reçu le 4 février 1987.

Communication présentée au Colloque **Aquaculture et Développement** organisé sous l'égide de la Fondation Roi Baudouin à l'Institut de Zoologie de Liège (18 novembre 1986) à l'occasion des manifestations marquant la remise du Prix International Roi Baudouin pour le développement 1986 à la Fondation Internationale pour la Science (IFS-Stockholm).

** Laboratoire de Physiologie Végétale, Université Catholique de Louvain, Place Croix du Sud, 4, B-1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.

In the field, adaptation trials followed by on farm introductions are performed in various african (and caribbean) ecologies; three concrete cases are presented with emphasis on the positive results as well as on the major limiting factors restricting *Azolla* valorization. The report concludes with some proposals for future action.

INTRODUCTION

La productivité des systèmes aquatiques aussi bien que terrestres est, dans de très nombreux cas, limitée par la quantité disponible d'azote assimilable (essentiellement le NO_3^- et le NH_4^+ pour les végétaux et les protéines pour les animaux). L'augmentation des exigences de productivité due à la pression démographique entraîne donc la nécessité d'un apport supplémentaire d'azote aux terres de culture, et ce d'autant plus que la séparation spatiale des sites de production et de consommation, due à l'urbanisation, rend de plus en plus problématique le recyclage de la biomasse et entraîne donc une diminution progressive des teneurs en azote des superficies exploitées. Il existe deux moyens pour enrichir les terres de culture et d'élevage en azote; tous deux sont basés sur la transformation du diazote (N_2) de l'air en ammoniac, l'une par voie de synthèse chimique industrielle, l'autre par voie microbiologique.

La synthèse d'ammoniac par le procédé Haber-Bosch, mise au point au début du 20^{ème} siècle, n'a cessé de se développer et est, dans une très large mesure, à la base des hauts rendements obtenus en agriculture intensive. L'utilisation des engrais chimiques présente cependant certains inconvénients sur le plan écologique mais surtout son coût, très directement lié à celui des produits pétroliers, est prohibitif pour de très nombreux agriculteurs, dont l'approvisionnement est d'ailleurs souvent rendu problématique en raison des politiques nationales et/ou de l'insuffisance des moyens de transport. La synthèse d'ammoniac par voie microbiologique a été valorisée depuis des temps immémoriaux en agriculture, par le biais des cultures de légumineuses associées à la bactérie diazotrophe *Rhizobium*.

Parmi les autres organismes fixateurs d'azote, bactéries ou cyanobactéries, seule *Anabaena azolla*, cyanobactérie réalisant une symbiose héréditaire avec la fougère aquatique *Azolla*, a été domestiquée. C'est au Vietnam et en Chine que la culture d'*Azolla* s'est développée, en relation avec la riziculture irriguée, qui constituait un écosystème particulièrement favorable à la valorisation de cette association. Il y a encore une trentaine d'années, l'azolliculture n'y était pratiquée qu'à petite échelle et de manière essentiellement empirique, principalement pour fertiliser les rizières, mais également pour l'alimentation de divers animaux d'élevage. Depuis lors cependant les recherches sur *Azolla* ont connu un développement considérable, dans ces pays d'abord, dans d'autres régions d'Asie ensuite, sous l'impulsion de l'International Rice Research Institute particulièrement.

En 1980, l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO) et l'Université Catholique de Louvain, en Belgique, décidaient de collaborer à la réalisation d'un programme de recherche (1) tendant à tester le potentiel d'*Azolla* en tant qu'engrais vert dans les conditions, très diversifiées sur le plan écologique, de l'Afrique de l'Ouest. Le programme comporte à la fois des recherches de laboratoire, des essais en stations expérimentales et des introductions en milieu paysan.

(1) Le "Projet Azolla" est financé par l'Administration Générale belge de la Coopération au Développement.

L'objectif du présent rapport est de décrire dans leurs grandes lignes les actions menées dans le cadre du projet *Azolla* en vue d'en dégager les acquis et de circonscrire les principaux problèmes auxquels l'azolliculture se heurte. Il a cependant semblé utile de rappeler préalablement ce qu'est la symbiose *Azolla-Anabaena* et quels sont ses modes de valorisation traditionnels.

I. DESCRIPTION D'AZOLLA

I.1. Morphologie ⁽¹⁾

Une plante d'*Azolla*, souvent appelée fronde, est constituée d'un rhizome principal et de rhizomes de 2ème, 3ème et parfois de 4ème ordre, tous recouverts de feuilles alternes étroitement imbriquées (**figure 1**). Les rhizomes, qui flottent à la surface de l'eau, portent également des racines adventives à intervalles plus ou moins réguliers, plongeant dans l'eau. Chaque feuille est constituée d'un lobe supérieur (visible sur la photo), chlorophyllien, et d'un lobe inférieur, non chlorophyllien, en forme de barquette assurant la flottaison de la plante. Le lobe supérieur comporte une grande cavité centrale provenant d'une invagination de l'épiderme adaxial de la feuille, et abritant une population de cyanobactéries filamenteuses diazotrophes, c'est-à-dire capables de réduire le diazote de l'air, appelées *Anabaena azollae*.

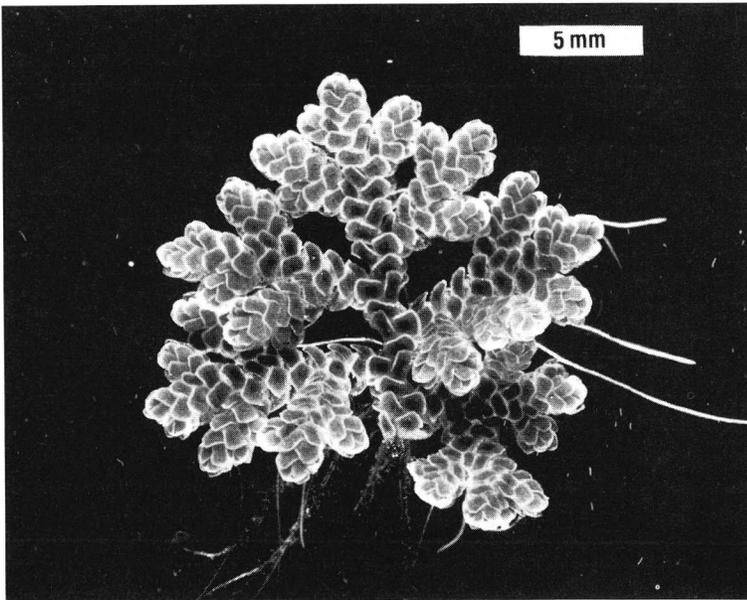


Figure 1. *Azolla microphylla* (souche ADUL-69 MI), vu du dessous.

(1) Le lecteur intéressé trouvera une description très complète d'*Azolla* dans "Azolla as a green manure : use and management in crop production", de T.A. LUMPKIN et D.L. PLUCKNETT, Westview Tropical Agricultural Series, N°5, Westview Press, Boulder, Colorado (1982).

1.2. Reproduction

La reproduction d'*Azolla* se réalise principalement par multiplication végétative, les rameaux d'une fronde se détachant de la plante mère suite à la formation d'une assise d'abscission à leur base. Dans certaines circonstances cependant, un processus de reproduction sexuée remarquablement complexe, de type hétérosporé, se déclenche; il assure également la permanence de la symbiose avec *Anabaena*. Les conditions d'induction de la reproduction sexuée sont cependant mal définies actuellement, ce qui oblige à conserver les *Azolla* en conditions de multiplication végétative, et donc à en prendre soin en permanence.

1.3. Taxonomie et répartition géographique

La systématique du genre *Azolla* est basée sur des critères extrêmement fragiles; on y reconnaît généralement 7 espèces, dont l'une subdivisée en 2 sous-espèces; il s'agit d'*A. caroliniana*, *A. filiculoides*, *A. mexicana*, *A. microphylla*, *A. nilotica*, *A. pinnata* var. *pinnata*, *A. pinnata* var. *imbricata*, et *A. rubra*. Le genre est cosmopolite; il est présent des régions tempérées froides à l'équateur, du niveau de la mer à plus de 4000 mètres d'altitude. Au sein d'une même espèce, il existe des écotypes extrêmement diversifiés.

1.4. Ecophysiologie

Azolla, plante aquatique flottante, se développe sur des plans d'eau relativement calmes (mares, étangs, rivières); bien que capable de survivre sur des sols non inondés, où elle s'enracine, elle est très sensible à la sécheresse. Largement tolérante aux variations de pH et d'intensité lumineuse, elle manifeste par contre des exigences élevées en phosphore. En ce qui concerne la température, il existe des écotypes adaptés à une très large gamme de conditions, comme l'indique la répartition géographique du genre, et même des espèces. Enfin *Azolla*, grâce à son hôte *A. azollae*, est parfaitement capable de se développer en absence de composés azotés.

1.5. Les pratiques culturales

C'est principalement comme engrais vert en riziculture irriguée qu'*Azolla* est utilisée, essentiellement selon deux modalités. Dans la première un inoculum d'*Azolla*, provenant d'une pépinière, est introduit sur le plan d'eau avant repiquage du riz. Il y prolifère jusqu'à former un tapis dense, ce qui requiert généralement environ deux à quatre semaines (selon les conditions du milieu et l'importance de l'inoculum). La rizière est alors drainée et le tapis d'*Azolla* enfoui dans le sol avant remise sous eau du casier et mise en place du riz. La décomposition d'*Azolla* libérera progressivement l'azote fixé. Lorsque le calendrier cultural et/ou la disponibilité en eau ne permettent pas une telle opération de monoculture, on pratique la culture mixte riz-*Azolla*; dans ce cas, pour autant que le riz soit repiqué en ligne, il est possible d'incorporer le tapis d'*Azolla* à une, deux et parfois trois reprises pendant la période de développement du riz, à condition de veiller à ce qu'une fraction de la population d'*Azolla*, revienne chaque fois en surface, constituant un nouvel inoculum. Il est clair qu'il est possible de combiner monoculture et culture mixte, ce qui assure une nutrition azotée satisfaisante durant toute la végétation du riz. De manière générale, on peut estimer que l'incorporation d'un tapis d'*Azolla* a des

effets sur le rendement en paddy comparables à ceux provenant de l'application de 30 à 40 unités d'azote minéral. Il faut ajouter que la présence d'*Azolla* inhibe très sensiblement le développement des adventices; cet effet, qui permet une réduction considérable des travaux d'entretien de la culture, est souvent particulièrement apprécié par le cultivateur. La présence d'un tapis d'*Azolla* enfin réduit considérablement les pertes d'eau par évaporation, ce qui peut représenter une économie non négligeable lorsque l'eau d'irrigation est fournie par pompage. Lorsqu'*Azolla* est utilisée comme aliment (pour poissons, volaille et porcs, principalement), la densité de population de la culture est maintenue à un niveau assurant une productivité maximale (phase de croissance constante), l'excédent de biomasse prélevé à intervalles réguliers étant distribué aux animaux, à l'état frais ou sec.

2. LE PROJET AZOLLA : RECHERCHES MENEES EN LABORATOIRE

2.1. Etablissement d'une collection de référence

Dès le début du projet, la question s'est posée de savoir quelles *Azolla* utiliser dans les diverses régions concernées, caractérisées par des conditions écologiques extrêmement variées. On s'est donc consacré au développement et à la maintenance d'une collection de référence; celle-ci comprend actuellement plus de 200 souches représentant toutes les espèces et sous-espèces et provenant de tous les continents.

2.2. Caractérisation d'*Azolla* au niveau infraspécifique

Une des difficultés majeures liées à la conservation et à l'étude de nombreuses souches d'*Azolla* est le maintien de ces souches à l'état pur, les risques de mélange, liés à la mobilité de ces plantes flottantes et à la difficulté de les reconnaître sur base de leur morphologie, étant élevés. On s'efforce de caractériser chacune des souches de la collection par sa composition chimique; la recherche porte actuellement sur le spectre des composés phénoliques qui permet dès à présent d'identifier bon nombre de souches, mais il est probable que l'analyse d'autres groupes de biomolécules sera nécessaire pour obtenir des informations non ambiguës.

2.3. Etude de la croissance en conditions contrôlées

L'optimisation de la culture d'*Azolla* implique la connaissance de la courbe de croissance des populations. Celle-ci permet en effet de déterminer quelles sont les doses optimales d'inoculation et celles correspondant à la meilleure période d'enfouissement ou de récolte. Ces problèmes ont fait l'objet d'une étude approfondie qui a entre autres permis de développer une méthodologie adéquate pour comparer simultanément la productivité d'un grand nombre de souches en fonction de divers facteurs du milieu de culture tels que la température, la salinité, la teneur en phosphore, en fer, en aluminium, etc. Ces criblages de la collection, réalisés en conditions contrôlées, permettent une présélection des souches à tester sur le terrain.

2.4. Etude de la composition chimique d'*Azolla*

Si la productivité est une caractéristique essentielle à prendre en considération lors de travaux de sélection d'*Azolla* à usage d'engrais vert ou d'aliment, il en est d'autres telles que la teneur en azote, la composition des parois cellulaires, le rapport C/N, le spectre des acides aminés, les

teneurs en lipides, etc. Les données de la littérature sont très fragmentaires à ce propos, en particulier, en ce qui concerne la comparaison entre espèces et écotypes. Les travaux menés dans le cadre du projet *Azolla* ont dès à présent montré des différences considérables de composition non seulement selon l'espèce mais aussi le stade de développement des *Azolla* considérés.

2.5. Valeur alimentaire d'*Azolla*

Si *Azolla* est effectivement utilisée comme aliment pour divers animaux d'élevage, on ne disposait pas jusqu'à présent d'informations sur le degré d'appétence manifesté par ceux-ci à l'égard des diverses espèces d'*Azolla*. Les travaux en cours montrent que les animaux testés ont des préférences spécifiques très marquées, variant d'ailleurs d'une espèce animale à l'autre, et liées, au moins dans certains cas, à la présence de composés attractifs ou répulsifs dans les *Azolla*.

2.6. Diazotrophie d'*Azolla* en présence d'azote combiné

On sait que la réduction du diazote par les organismes diazotrophes est inhibée, dans une plus ou moins grande proportion, en présence de composés azotés. Compte tenu de ce que de tels composés sont toujours présents en quantités plus ou moins importantes dans le milieu, *Azolla* sera d'autant plus efficiente qu'elle sera apte à fixer le diazote malgré la présence de tels composés. Une étude basée sur l'emploi de l'isotope N₁₅ a montré que les espèces et écotypes divers d'*Azolla* réagissent très différemment dans ce domaine et a permis de sélectionner les souches les plus aptes à fixer le diazote en présence d'azote combiné.

3. RECHERCHES SUR LE TERRAIN

3.1. Les régions concernées

Le projet de valorisation d'*Azolla* en Afrique de l'Ouest intéresse des écologies extrêmement diversifiées; des essais d'adaptation d'*Azolla* et de mise au point de pratiques culturales ont donc dû être réalisés en de nombreux sites (Sénégal, Sierra Leone, Mali, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Nigeria, Guinée et Guinée Bissau). Des essais similaires sont en outre entrepris, avec l'aide de la FAO, en dehors de la région couverte par l'ADRAO (Burundi, Rwanda, Tanzanie, Caraïbes, Guyane...). L'exposé qui suit se limitera, à titre exemplatif, à la description de trois cas.

3.2. Le cas de la Vallée du Sénégal

Les recherches au Sénégal ont été axées sur la vallée du fleuve Sénégal où d'importants programmes de développement de riziculture irriguée sont en cours. *Azolla* n'est pas naturellement présente dans cette région à pluviométrie très faible (+ 300 mm), à insolation très élevée et où les écarts diurnes de température sont parfois importants. Plus de 100 souches d'*Azolla* représentant toutes les espèces ont été introduites pour des essais d'adaptation; contrairement aux prévisions, nombre d'entre elles ont un comportement satisfaisant dans ces conditions très spéciales; c'est le cas en particulier de plusieurs *A. caroliniana*, *A. microphylla* et *A. pinnata* var. *imbricata*. Par contre, très peu d'*A. filiculoides* et *A. pinnata* var. *pinnata* se sont adaptées, et aucune *A. mexicana*, *A. nilotica*

ni *A. rubra* (ces 3 dernières espèces n'étaient, il est vrai, représentées que par un nombre très réduit de souches). Les productivités des "bonnes souches", estimées par une méthode standardisée mise au point dans le cadre du projet, atteignent 200 g de matière fraîche par m² et par jour sur base annuelle, avec des maxima de plus de 230 g d'avril à juin et des minima de l'ordre de 170 g en saison froide (décembre à mars). Il est à remarquer que de telles productivités, qui peuvent être considérées comme élevées, sont obtenues en conditions d'insolation très élevées, souvent décrites comme freinant la croissance d'*Azolla*.

Des écotypes d'*Azolla* adaptés aux conditions drastiques prévalant dans la région sont donc disponibles. De plus, en raison probablement de ces conditions et de l'isolement, aucun problème dû à des prédateurs n'est à déplorer après six ans de culture continue; récemment cependant des microlépidoptères ont été observés, qui s'attaquent préférentiellement à *A. filiculoides*, mais sans provoquer de dégâts sérieux jusqu'à présent. Cela étant, les diverses pratiques culturales connues pour la valorisation d'*Azolla* en riziculture ont été testées avec les résultats positifs généralement observés en cas de bonne productivité d'*Azolla*, à savoir : augmentation sensible de la productivité de paddy, inhibition des adventices, économie en eau... On aurait pu s'attendre dès lors à ce que les essais en milieu paysan, en cours depuis deux ans dans plusieurs zones de la moyenne vallée, soient couronnés de succès, mais des contraintes sont rapidement apparues, qui limitent considérablement les possibilités de valorisation d'*Azolla* pour le moment.

Le coût actuel de l'eau ne permet pas la monoculture d'*Azolla*; de plus, la capacité limitée des pompes, ainsi que les pannes mécaniques et les ruptures de stock de fuel, fréquentes, provoquent souvent des assèchements momentanés des rizières, surtout en début de culture du riz. Les *Azolla* utilisées jusqu'à présent en culture mixte (*A. pinnata* var. *imbricata*) résistent mal à de tels assèchements; leur remplacement récent par *A. microphylla* permet d'espérer de meilleurs résultats. Cette espèce s'enracine en effet plus facilement que la précédente et tend à conserver une meilleure humidité du sol en cas de rupture d'alimentation en eau. Il n'en reste pas moins que, tant qu'une meilleure maîtrise de l'eau ne sera pas assurée, la culture mixte *Azolla*-riz restera problématique au moins pendant les 10 ou 15 premiers jours suivant le repiquage. Dans ces conditions on doit s'attendre à ce que l'effet "herbicide" d'*Azolla* soit considérablement atténué et on ne peut envisager qu'un seul enfouissement d'*Azolla* en cours de culture. En outre, la maintenance de pépinières permanentes pose problème, spécialement dans le cas (le plus fréquent) où une seule culture annuelle de riz est assurée; on envisage cependant actuellement la mise en valeur de certaines mares naturelles permanentes pour assurer cette maintenance tout au long de l'année.

En conclusion, le facteur limitant l'utilisation d'*Azolla* dans la vallée du fleuve Sénégal à l'heure actuelle est la disponibilité en eau. Les aménagements en cours permettent cependant d'espérer une amélioration de la situation dans ce domaine. S'il devait bien en être ainsi, l'azolliculture aurait sans doute un rôle important à jouer dans la région, et ce surtout dans l'éventualité probable où deux cultures annuelles de riz se généralisent. En attendant, il reste à déterminer si les avantages limités que l'on peut attendre d'une culture associée tardive riz-*Azolla* se justifient, et à essayer de tirer parti des plans d'eau permanents pour accroître la biomasse qui fait si cruellement défaut tant pour fertiliser les sols que comme aliment pour le bétail.

3.3. Le cas de la Sierra Leone

La Sierra Leone est un des principaux pays producteurs de paddy en Afrique de l'Ouest. Les conditions climatiques sont caractérisées par une pluviométrie et une humidité très élevées, par une insolation et des variations de température faibles. Parmi les nombreuses souches d'*Azolla* introduites, un écotype local et un autre d'origine australienne, tous deux appartenant à l'espèce *A. pinnata* var. *pinnata*, sont particulièrement performants. Les essais d'introduction se poursuivent activement à la station ADRAO de Rokupr. *Azolla* cultivée en monoculture croît mieux et augmente plus la productivité du riz qu'*Azolla* en culture mixte; ceci est à mettre en relation avec la faible radiation solaire. La culture mixte par ailleurs a un effet négatif très marqué sur le développement des adventices. Divers essais en riziculture de bas-fonds réalisés en milieu paysan indiquent un potentiel d'accroissement de la production de paddy de l'ordre de 14 à 42 %. Le problème majeur est la maîtrise de l'eau; les précipitations, souvent très intenses, tendent à disperser les *Azolla* en dehors des rizières et en outre rendent l'enfouissement difficile et même parfois impossible. Un microlépidoptère, *Elophila* sp? *africalis*, dont le comportement est fort semblable à celui de *Nymphula*, espèce prédatrice fréquente en Asie, est en observation mais ne cause pas de dégâts importants jusqu'à présent.

3.4. Le cas de la Côte d'Ivoire

Plusieurs souches d'*Azolla* ont été introduites à Korhogo, par des volontaires oeuvrant dans le cadre d'un programme de développement intégré de la SODEPRA à Korhogo. Deux écotypes (un *A. caroliniana* et un *A. pinnata* var. *imbricata*) sont multipliés en permanence et avec succès sur 1/2 ha depuis deux ans et servent à l'alimentation quotidienne de porcs et de volaille à titre de complément à la ration normale. On ne dispose pas encore de données quantitatives sur l'influence de cette alimentation complémentaire sur le développement des animaux mais l'expérimentation dans ce domaine doit débuter en 1987, ainsi que l'introduction d'*Azolla* dans trois périmètres rizicoles (60 ha) en milieu paysan.

4. CONCLUSIONS

Les premières années d'existence du projet *Azolla* ont été consacrées essentiellement à la constitution d'une collection de référence (actuellement l'une des trois plus importantes sur le plan mondial), à des essais en laboratoire et en station, destinés à la sélection des souches d'*Azolla* les plus performantes et à l'optimisation des pratiques culturales. Une formation spécialisée a été donnée à de nombreux agronomes de la région à l'occasion de divers cours, stages et séminaires. Les travaux, initialement menés aux stations de St Louis et Rokupr, se sont progressivement étendus à d'autres stations et plus récemment des essais en milieu paysan ont été mis en place. L'ensemble des informations ainsi accumulées permet de dégager un certain nombre de conclusions.

- a. Sauf dans quelques situations extrêmes, les régions d'Afrique où la riziculture irriguée de bas-fonds est pratiquée ont des conditions écologiques permettant une bonne productivité d'*Azolla* pour autant qu'une sélection appropriée soit assurée. Les souches d'*Azolla* natives d'Afrique sont, à quelques exceptions près, peu performantes; il en résulte la nécessité de faire appel à des espèces et écotypes introduits dont la sélection implique l'établissement d'une collection de référence et la

caractérisation des souches qui la composent. Dès à présent des écotypes performants sont disponibles pour la plupart des milieux étudiés, mais des améliorations sont encore possibles dans ce domaine.

- b. Lorsque les pratiques culturales d'*Azolla* sont bien appliquées, les effets attendus sont manifestes et généralement bien perçus par les paysans :
- augmentation sensible de la productivité rizicole : de manière très générale, on peut comparer les effets d'une monoculture d'*Azolla*, de même que ceux d'une culture mixte riz-*Azolla*, à l'application de 30 à 40 unités d'N. Ces effets sont particulièrement intéressants pour les cultivateurs de la région qui n'ont souvent pas accès, pour diverses raisons, aux engrais commerciaux;
 - diminution des pertes d'eau par évaporation et donc économie de carburant dans les zones où l'eau d'irrigation est pompée;
 - diminution remarquable du développement des adventices et donc des travaux de sarclage.
- c. Bien que des insectes "prédateurs" d'*Azolla* aient été observés dans plusieurs sites, ils ne provoquent pas jusqu'à présent de dégâts considérables, comme c'est parfois le cas dans plusieurs régions d'Asie. Une tâche importante du projet consistera à suivre l'évolution dans ce domaine et à intervenir dès que besoin s'en fait sentir.
- d. Le facteur physique limitant le plus souvent les possibilités de valorisation d'*Azolla* est l'eau, dont le contrôle n'est actuellement assuré de manière satisfaisante que dans un nombre limité de sites. Il y a lieu cependant de penser que la situation dans ce domaine s'améliorera dans les prochaines années, compte tenu du fait que la maîtrise de l'eau est essentielle non seulement pour *Azolla* mais encore pour le riz; des efforts considérables sont d'ailleurs consentis dans plusieurs pays pour accroître les superficies rizicoles irriguées.
- e. Si l'on excepte le problème du contrôle de l'eau, le principal facteur limitant le développement de l'azolliculture en Afrique est probablement le manque de support apporté au personnel susceptible de valoriser *Azolla*. Le projet *Azolla* a consacré une bonne part de son action à la formation d'agronomes et de techniciens. Les conditions d'isolement scientifique dans lesquelles ils oeuvrent, la faiblesse des moyens dont ils disposent et les nombreuses autres tâches auxquelles ils sont astreints les empêchent souvent de mener à bien les opérations d'introduction d'*Azolla* en milieu paysan et d'assurer l'encadrement indispensable à leur réussite. L'expérience acquise dans plusieurs pays d'Asie a démontré que la valorisation d'*Azolla* en riziculture implique dans les premiers temps un effort d'encadrement soutenu.

5. LISTE CHRONOLOGIQUE DES PUBLICATIONS DU PROJET AZOLLA

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE.

Report on the third trials of *Azolla* use in rice, INSFER (1981).
Los Banos, Laguna, Philippines (1982).

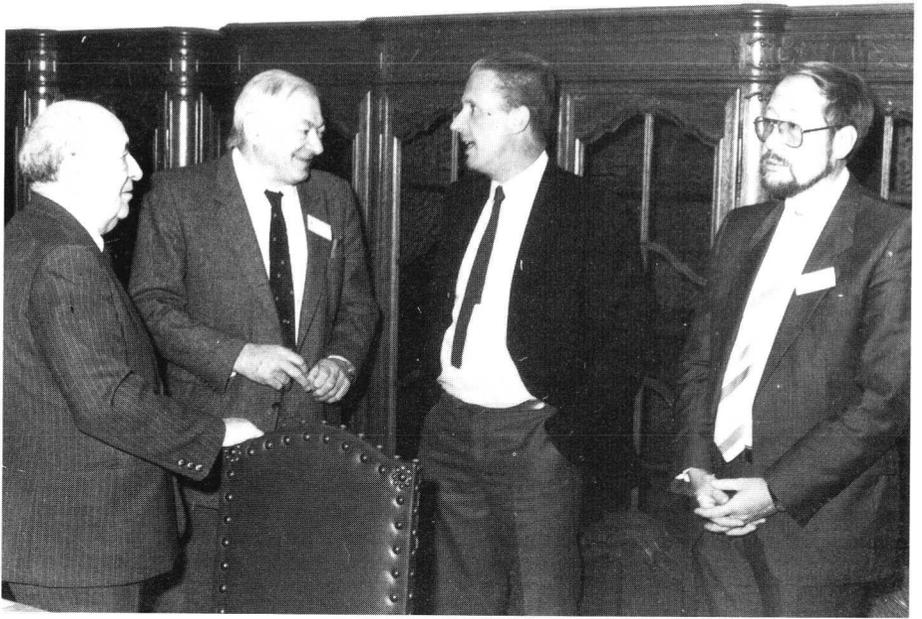
DIARA, H.F. and C. VAN HOVE.

The influence of *Azolla* on rice productivity - Preliminary results obtained at WARDA Richard Toll project - Senegal.

WARDA technical Newsletter, 4, 7-8 (1983).

- CHARLIER, S., A. LEGROS, C.M. ASINARI DI SAN MARZANO,
H. NAVEAU, E.J. NYNS, C. VAN HOVE and P. GODARD.
Biomethanisation Potentials of *Azolla*.
3rd International Symposium on Anaerobic Digestion, Boston, U.S.A.
(1983).
- VAN HOVE, C. and Y. LOPEZ.
Fisiologia de *Azolla*.
Boletin Tecnico Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia,
1, 43-58 (1983).
- VAN HOVE, C., H.F. DIARA and P. GODARD.
Azolla en Afrique de l'Ouest - in West Africa.
56 pp. 11 illustrations. Ed. Impr. E. Oleffe, Belgique (1983).
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE.
Report on the fourth trials of *Azolla* use in rice, INSFFER (1982).
Los Banos, Laguna, Philippines (1983).
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE.
Report on the fifth trials of *Azolla* use in Rice, INSFFER (1983).
Los Banos, Laguna, Philippines (1984).
- DIARA, H.F., C.A. DIXON and C. VAN HOVE.
Azolla in West Africa : first results from the WARDA Program.
In Developments in Plant and Soil Sciences, Vol. 13, Practical Application
of *Azolla* for rice Production, 202-207, Ed. by W.S. Silver and E.C.
Schröder Martinus Nijhof / Dr. W. Junk. Publ. 1984.
- DIARA, H.F. and C. VAN HOVE.
Azolla a water saver in irrigated rice fields ?
in Developments in Plant and Soil Sciences, Vol. 13. Practical Application
of *Azolla* for Rice Production, 115-118, ed. by W.S. Silver and E.C.
Schröder Martinus Nijhof / Dr. W. Junk, Publ. (1984).
- MAI KODOMI, Y., P. GODARD and C. VAN HOVE.
Flavonoid analysis in the genus *Azolla*.
Arch. Int. Physiol. Biochim., 92 (1) : 34-35 (1984).
- de WAHA, T., P. GODARD and C. VAN HOVE.
Chemical composition of *Azolla* populations as affected by ageing.
Arch. Int. Physiol. Biochim., 92 (1) : 30 (1984).
- DIARA, H.F., C.A. DIXON and C. VAN HOVE.
Influence d'*Azolla* sur la productivité du riz à Rokupr en Sierra Leone.
Bulletin Technique de l'ADRAO, 5 (1) : 3-4 (1984).
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE.
Report on the sixth trials of *Azolla* use in Rice, INSFFER (1984).
Los Banos, Laguna, Philippines (1985).
- DIARA, H.F., H. VAN BRANDT, C.A. DIXON, A.M. DIOP and C. VAN
HOVE.
Azolla and its use in Rice Culture in West Africa.
Proceedings of the International Workshop on *Azolla* use, Fuzhou, China.
(1985) (sous presse).

- ANTOINE, T., S. CARRARO, J.C. MICHA and C. VAN HOVE.
Cichlasoma and *Tilapia* selective Appetency for *Azolla*.
 Proceedings of the International Workshop on *Azolla* use, Fuzhou, China.
 (1985) (sous presse).
- VAN HOVE, C., T. de WAHA, H.F. DIARA, P. GODARD, Y. MAI KODOMI
 and N. SANGINGA.
Azolla collection and Selection.
 Proceedings of the International Workshop on *Azolla* use, Fuzhou, China.
 (1985) (sous presse).
- ANTOINE, T., S. CARRARO, J.C. MICHA and C. VAN HOVE.
 Comparative appetency for *Azolla* of *Cichlasoma* and *Oreochromis*
 (Tilapia).
Aquaculture, 53 : 95-99 (1986).
- DIARA, H.F. and H. VAN BRANDT.
 WARDA strategy to introduce *Azolla*.
Azolla Newsletter (IRRI), 2, 1 (1986).
- DIARA, H.F. and C.A. DIXON.
Azolla in Sierra Leone Swamp Rice farming.
Azolla Newsletter (IRRI), 2, 1 (1986).
- DIARA, H.F. and I. CAMARA.
 Comparison of the effects of two sources of phosphorus used with or
 without *Azolla* incorporation on the grain yield of irrigated rice in the
 Senegal river valley.
 Submitted to International Rice Commission Newsletter.
- OKORONKWO, N. and C. VAN HOVE.
 Dynamics of *Azolla-Anabaena* nitrogenase activity in the presence and
 absence of combined nitrogen.
Microbios, 49 : 39-45 (1987).
- WERY, P., J.C. MICHA, C. VAN HOVE and J.C. BRAEKMAN.
 Chemical relationships between *Azolla* and *Cichlasoma*.
Aquaculture (under press).
- FANNAH, S.J.
Elophila sp. *Africalis* Hampson (Lepidoptera : Pyralidae).
 A new discovered insect pest of *Azolla* in Sierra Leone.
 Submitted to International Rice Commission Newsletter.
- MICHA, J.C., T. ANTOINE, P. WERY and C. VAN HOVE.
 Comparative Growth, Ingestion Capacity and Appetency of *Oreochromis*
 (*Tilapia*) *niloticus* and *Tilapia rendalli* fed with *Azolla*.
 Accepted for publication.



Les professeurs Frenkiel (U.Lg.), De Bont (K.U.L.), Van Hove (U.C.L.) et Ollevier (R.U.G.).



Les jeunes - étudiants, chercheurs et stagiaires - ont assisté nombreux au colloque.