

Évaluation de l'efficacité de *Cyrtobagous salviniae* et de *Alternaria jacinthicola* dans la lutte contre *Eichhornia crassipes* et *Salvinia molesta* à l'Office du Niger au Mali

Mamadou DEMBELE^{1*}, Karim DAGNO¹, Bakaye DOUMBIA¹, Bandiougou DIAWARA¹,
Mathieu TOGO¹ et Moussa KAREMBE²

¹ Institut d'Economie Rurale, BP 258, Rue Mohamed V Quartier du fleuve Bamako, Mali

² Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, Faculté des Sciences et Techniques,
Département d'Écologie Tropicale, BP 423 Bamako, Mali

(Reçu le 27 Novembre 2025 ; Accepté le 19 Janvier 2026)

* Correspondance, courriel : m64dembele@yahoo.fr

Résumé

Les plantes aquatiques macrophytes comme *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta* sont présentes dans le réseau hydraulique de l'Office du Niger au Mali. L'envahissement du réseau par ces espèces cause diverses nuisances et entraîne des perturbations écologiques et socioéconomiques. L'objectif de cette étude est de contribuer à la réduction de la prolifération des plantes aquatiques envahissantes afin de sécuriser la production des cultures irriguées. *Cyrtobagous salviniae* a été élevé en masse sur les plants de *Salvinia molesta* dans des bassins et les individus produits ont été lâchés en milieu réel sur les plans d'eau infestés par *Salvinia molesta*. Les observations ont été faites pour déterminer l'effet de *C. salviniae* sur *S. molesta*. Dans la lutte contre *E. crassipes*, *Alternaria jacinthicola* constitue le principe actif du bioherbicide. La souche utilisée est MUCL53159. La détermination de l'efficacité du bioherbicide a été faite par la notation visuelle. L'analyse des séries appariées a permis de faire la séparation des moyennes des paramètres étudiés. Les résultats révèlent un contrôle parfait de *S. molesta* par *Cyrtobagous salviniae* dans les canaux traités. Le bioherbicide a été efficace sur *E. crassipes*. L'usage de ces Agents de Lutte Biologiques est une meilleure stratégie de lutte contre *S. molesta* et *E. crassipes*. Les plans d'eau traités sont libérés de l'infestation de ces plantes.

Mots-clés : plantes aquatiques, envahissant, réseaux irrigation, lutte biologique, Office du Niger.

Abstract

Assessment of *Cyrtobagous salviniae* and *Alternaria jacinthicola* effectiveness in the control of *Salvinia molesta* and *Eichhornia crassipes* at the Office du Niger area in Mali

Macrophyte aquatic plants such as *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta* are present in the Office du Niger' hydraulic network. The invasion of the canals by these species causes various nuisances and leads to ecological and socio-economic disturbances. The objective of this study is to contribute to the reduction of invasive aquatic plants' proliferation in order to secure the production of irrigated crops. *Cyrtobagous salviniae* was widely reproduced on *Salvinia molesta* plants in tanks, and the resulting individuals were released into the field in water plans infested by *Salvinia molesta*. Observations were made to determine the effect of *C. salviniae* on *S. molesta*. In the control of *E. crassipes*, *Alternaria jacinthicola* is the active ingredient

of the bioherbicide. The strain used is MUCL53159. The efficacy of the bioherbicide was determined through a visual assessment. Paired series analyze allowed means separation of the studied parameters. Results showed that *S. molesta* completely controlled *Cyrtobagous salviniae* in the treated canals. The bioherbicide was effective in controlling *E. crassipes*. The use of biological control agents is a better strategy for controlling of *S. molesta* and *E. Crassipes*. The treated water plans are free from infestation by these plants.

Keywords : *aquatics plants, invasive, irrigation canals, biological control, Office du Niger.*

1. Introduction

Les ressources naturelles qui constituent la base des systèmes de production se dégradent d'année en année sous l'influence des aléas climatiques, des actions anthropiques et des espèces exotiques envahissantes [1]. Des nuisances de nature variée, occasionnées par la prolifération de plantes aquatiques sont signalées dans plusieurs pays, au niveau de divers types de milieux aquatiques. En Afrique, la première plante macrophyte envahissante la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) (Martius) Solms-Laubach a été signalée pour la première fois dans le Delta du Nil au début du 20^e siècle et au Zimbabwe en 1937 [2]. Des années 1950 à nos jours l'infestation s'est rapidement étendue dans le reste de l'Afrique. Ainsi, on retrouve *E. crassipes* sur le fleuve Congo et surtout en Afrique de l'Ouest au Nigeria, au Bénin, en Côte d'Ivoire, au Burkina Faso, au Niger [3]. La prolifération des plantes aquatiques exotiques envahissantes dans les réseaux fluviaux de l'Afrique de l'Ouest constitue une contrainte [4, 5]. En fonction de leur effet négatif sur l'environnement et la santé publique, les plantes aquatiques *E. crassipes* et la salvinia géante (*Salvinia molesta*) (Mitchell) occupent respectivement la première et la deuxième place sur une liste de mauvaises herbes les plus problématiques au monde [6]. Elles ont atteint des proportions alarmantes dans tous les pays de la sous-région ouest africaine [7]. Au Mali, les conséquences de l'invasion des macrophytes aquatiques sont désastreuses sur le réseau hydraulique de l'Office du Niger (ON) et sur d'autres plans d'eau du pays tels que le fleuve Niger et le Bani [8]. A l'Office du Niger le taux de couverture du plan d'eau par ces espèces envahissantes est supérieur à 75 % par endroit [9]. En fonction de leur répartition, certaines de ces plantes aquatiques ont des préférences pour tel ou tel type de plans d'eau, *Eichhornia crassipes* est abondante et envahissante dans les drains [9]. En absence d'intervention (nettoyage) durant une année, le fonctionnement du réseau est entravé, les infrastructures et les ouvrages de retenues sur le cours sont affectés [8]. Le dysfonctionnement du réseau crée un engorgement des parcelles rizicoles et des villages dans la zone de l'ON ou provoque une répartition irrégulière de l'eau au niveau du réseau hydraulique. Les pertes économiques sont élevées pour la production rizicole, la pêche et la navigation. Bien que les impacts directs sur la production du riz soit difficile à estimer, l'entretien du réseau hydraulique constitue un casse-tête pour l'Office du Niger. Il a dépensé 23 349 325 570 Francs CFA durant la période 2018-2022 pour l'entretien du réseau hydraulique [10]. Face à la problématique des plantes aquatiques plusieurs investigations ont été faites dans le domaine de la recherche. Les principales méthodes de lutte sont manuelle, mécanique par l'utilisation des engins (l'enlèvement de la biomasse), chimique par l'utilisation de molécules chimiques ou biologiques par l'utilisation d'ennemis naturels spécifiques [11 - 14]. Au Mali des campagnes de lutte manuelle, mécanique et biologique ont été menées contre *E. crassipes* et *Salvinia molesta* dans les grands plans d'eau tels que le fleuve Niger et canaux primaires d'irrigation [15]. L'objectif de cette étude est de contribuer à cette lutte en réduisant la prolifération des plantes aquatiques envahissantes sur les plans d'eau de l'Office du Niger par l'utilisation du charançon *Cyrtobagous salviniae* et du bioherbicide à base de *A. jacinthicola* afin de sécuriser la production des cultures irriguées.

2. Matériel et méthodes

2-1. Zone d'étude

L'étude a été effectuée dans la zone de l'O N située dans la région administrative de Ségou au Mali. L'O.N est l'un des plus grands et plus anciens périmètres irrigués de l'Afrique de l'Ouest. Il est localisé dans la région administrative de Ségou approximativement au centre du Mali, en plein cœur du Sahel dans le delta central du Niger. Elle commence au barrage de Markala sur le fleuve Niger, à environ 260 Km de Bamako et 35 km de Ségou. L'Office du Niger est divisé en sept zones de production qui sont Macina, Kolongo, Niono, Bewani, Molodo, N'Débougou et Kouroumari. L'irrigation des périmètres se fait à partir du Barrage hydro-agricole de Markala. Le système de distribution est composé des infrastructures primaires (canaux adducteurs) se prolongeant par un jeu de canaux (distributeurs, partiteurs et arroseurs) qui amènent les eaux d'irrigation dans les terres aménagées. Le système de drainage est composé d'un ensemble de drains hiérarchisé en drains arroseurs, partiteurs et de grands drains collecteurs.

2-2. Matériel

- **Matériel biologique**

Le matériel biologique est composé des agents de lutte biologiques tels que le charançon *Cyrtobagous salviniae* contre *Salvinia molesta* et le bioherbicide à base du champignon *Alternaria jacinthicola* contre la jacinthe d'eau.

- **Matériel de laboratoire**

Le matériel de laboratoire (erlenmeyer, autoclave, hotte boîtes de Petri ...) et les consommables ont été utilisés pour la culture du champignon.

- **Matériel technique**

Le matériel technique est composé de GPS, un appareil photographique, un décamètre, de placettes d'observation, de râteau à manche longue, de balance etc.

2-3. Méthode

La carte de distribution de *S. molesta* dans la zone Office du Niger est présentée en **Figure 1**. Les tests de l'usage *C. salviniae* contre *S. molesta* ont été implantés dans les zones de production rizicole de Bewani, Niono et N'Débougou sur 12 plans d'eau composés de distributeurs de partiteurs et d'arroseur.

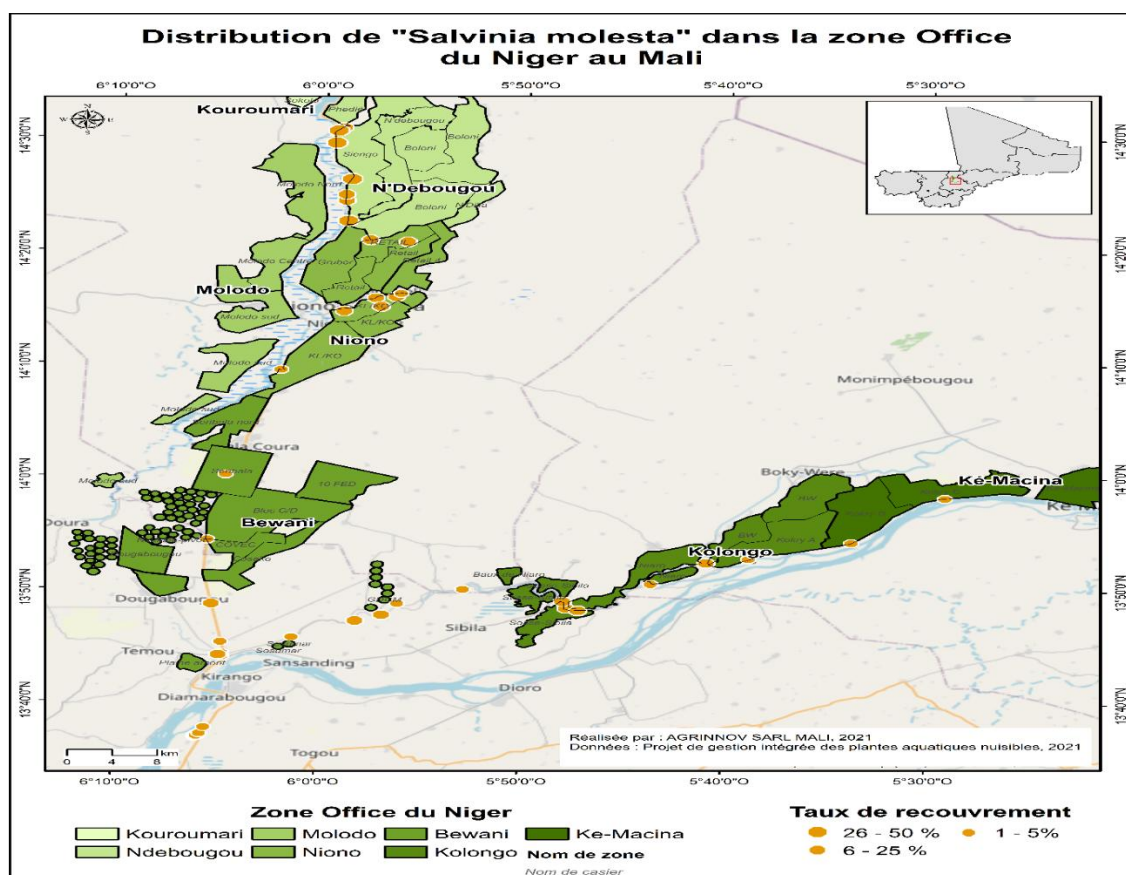


Figure 1 : Carte de répartition de *Salvinia molesta* dans la zone d'étude

2-3-1. Usage de *Cyrtobagous salviniae* contre *Salvinia molesta*

Cyrtobagous salviniae, un ennemi naturel spécifique de *S. molesta* a été utilisé dans cette étude.

- **Elevage de *Cyrtobagous salviniae***

L'Agent de Lutte Biologique (ALB) *Cyrtobagous salviniae* (Calder & Sands) est un charançon, ennemi naturel spécifique de *Salvinia molesta* (Figure 2). Les bassins d'élevage sont construits en béton armé de 2 m de côté et de 1 m de haut. La hauteur de remplissage d'eau est 0,75 m. La partie supérieure est fermée par un double battant en tamis métallique de mailles fines pour la protection des charançons. L'alimentation en eau des bassins est assurée par un robinet et un système de vidange situé en bas permet d'évacuer les eaux usées. L'élevage en masse de l'ALB a été faite au niveau de Station de Recherche Agronomique de Niono. Les plants de la jacinthe d'eau bien verts avec des feuilles ne présentant pas de symptômes de pourritures et brunissements ont été collectés et transplantés dans les bassins pour l'alimentation des charançons (Figure 2). Lors des prises de nourritures, les charançons adultes endommagent les bourgeons et les jeunes feuilles terminales. Afin d'améliorer la multiplication des insectes de nouveaux plants de *E. crassipes* sont régulièrement apportés dans les bassins d'élevage. Dans les condition normales la femelle pond un œuf tous les 2 à 5 jours, à l'éclosion les œufs donnent naissance à des larves qui se nourrissent des bourgeons, des rhizomes et complètent leur stades de développement au bout de 23 jours [16]. Les prélèvements de nourriture des adultes associés à ceux des larves provoquent des nécroses sur des plants qui finissent par pourrir.



Figure 2 : Adultes de *Cyrtobagous salviniae* sur *Salvinia molesta*

- **Lâcher de *Cyrtobagous salviniae* au niveau des réseaux d'irrigation**

Une fois un nombre important de *C. salviniae* produit, l'étape suivante consiste à les collecter au niveau du bassin d'élevage, de préférence tôt le matin ou au petit soir où la température est favorable à l'activité de l'insecte. Les insectes capturés sont conservés dans des boîtes rectangulaires en plastique de dimensions 16 cm x 10 cm x 7 cm avant d'être lâchés sur les plants de *S. molesta* en milieu réel. Le lâcher a lieu dans les 24 heures qui suivent la capture. Le lâcher a consisté à déposer 200 individus adultes de *S. salviniae* sur les feuilles de *Salvinia molesta* sur 100 mètres linéaires. Quelques caractéristiques biologiques de *S. molesta* ont été mesurées avant le lâcher, trois et six mois après le lâcher pour déterminer l'effet des insectes sur *S. molesta*. Les données collectées ont été le nombre de plants/m², le nombre de feuilles/plant, le nombre de bourgeons/plant, le nombre de feuilles attaqués/plant. Les observations ont été faites dans un quadrat de 0,25 m². L'emplacement du quadrat a été fait de façon aléatoire en le jetant 10 fois au niveau de chaque station.

2-3-2. Usage *Alternaria jacinthicola* contre *Eichhornia crassipes*

Le champignon *Alternaria jacinthicola* DAGNO et JIJAKLI, souche MUCL53159 a utilisé sous forme de bioherbicide contre la jacinthe d'eau. Le substrat végétal utilisé pour la culture du champignon a été le riz paddy. Le petit matériel de laboratoire et les consommables (produits chimiques) ont été utilisés pour les manipulations techniques de la production de *Alternaria jacinthicola*. Les tests ont été implantés dans les zones de production rizicole Niono sur deux drains collecteurs répété trois fois. La **Figure 3** représente la carte de répartition de la jacinthe dans la zone d'étude.

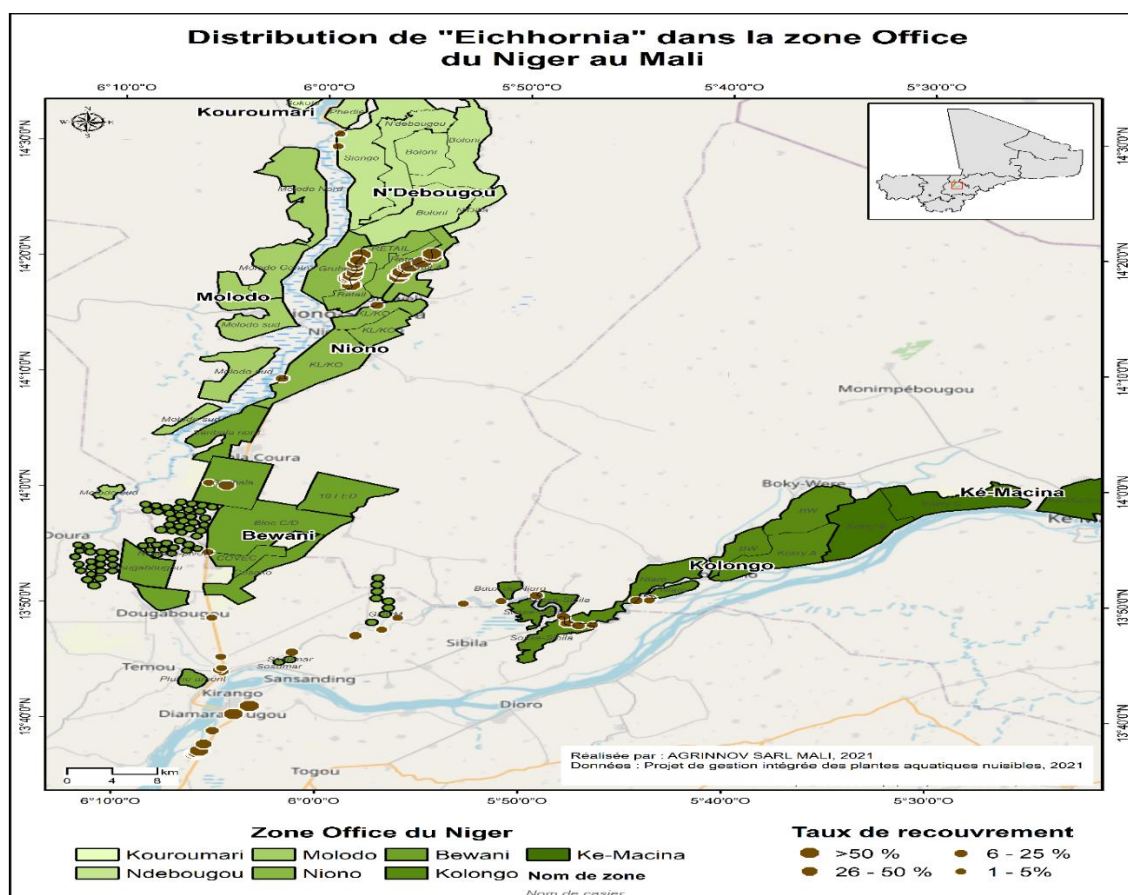


Figure 3 : Carte de répartition de la jacinthe dans la zone d'étude

- **Multiplication de *Alternaria jacinthicola* en milieu de culture pure**

Le milieu PDA (Potato Dextrose Agar) a été utilisé pour la culture de *Alternaria jacinthicola*. Il a été préparé à la dose de 39 g pour 1000 mL d'eau distillée à laquelle on a ajouté 0,2 g de tétracycline hydrochloride (un antibiotique). Le mélange a été agité dans un erlenmeyer avec un barreau aimanté. La solution ainsi obtenue a été mise en autoclave à 120°C pendant 15 minutes. Après l'autoclavage et un léger refroidissement, le milieu est coulé sous flux laminaire dans les boîtes de Pétri. Le milieu a été inoculé avec la souche MUCL53159 et conservé dans une armoire à la température ambiante avant leur utilisation.

- **Inoculation de *Alternaria jacinthicola* sur le riz paddy**

La souche de *Alternaria jacinthicola* a été produite dans des bouteilles contenant 1000 g de substrat végétal (riz paddy). Le substrat a été stérilisé dans l'autoclave à 120°C pendant quinze minutes. Un filtre microbiologique (bourse d'ouate) fermant les bouteilles a été utilisé pour empêcher la contamination du milieu, une fois refroidi le substrat contenu dans les bouteilles est inoculé avec une solution de spores à base d'eau contenant 10^5 spores. mL⁻¹. Le champignon a été incubé pendant 4 semaines.

- **Formulation et application du bioherbicide à base de *Alternaria jacinthicola***

L'agent de lutte biologique *A. jacinthicola* a été formulé dans 25 % d'huile de palme raffinée obtenue dans le commerce général + 15 % de lécithine de soja + 5 % de Tween 20. La dose de la formulation utilisée est de 60 l/ha de surface couverte par les plants de jacinthe. La concentration de *A. jacinthicola* a été ajustée à 5×10^6 spores mL⁻¹. La préparation de la bouille est le suivant : eau + huile + inoculum puis agiter vigoureusement le mélange. Le bioherbicide a été appliqué sur des plants de jacinthe d'eau à l'aide d'un

pulvérisateur atomiseur motorisé de marque CIFRELLI. Les observations ont porté sur la notation de la sévérité de la maladie sur les plants de *E. crassipes* toutes les semaines jusqu'à 6 semaines après l'inoculation. La sévérité de la maladie (gravité de la maladie) a été déterminée pour chaque feuille sur une échelle de 0 à 9, où 0 = sain et 9 = 100 % malade comme décrit par [17]. Dans cette étude 5 plants ont été examinées au niveau de chaque placette de 0,25 m². La sévérité de l'effet du bioherbicide a été notée sur chacune des feuilles du plant retenu.

2-3-3. Analyse des données

Le t-test a été utilisés pour départager les moyennes de deux échantillons appariés (modalités avant et lâcher) au seuil de signification de (0,05 %). L'analyse statistique a été faite avec le logiciel IBM SPSS version 20. La moyenne de notation a été calculée pour chaque plant.

3. Résultats

3-1. Évaluation de l'effet *Cyrtobagous salviniae* contre *Salvinia molesta*

La **Figure 4** présente l'aspect du tapi des plants de *S. molesta* deux mois après le lâcher, les insectes se sont installés. Leur présence se manifeste par les traces d'alimentation sur les feuilles, la destruction des bourgeons, des chloroses suivies par une dégénérescence des plants et quelques charançons observés.



Figure 4 : Effet de *Cyrtobagous salviniae* sur *Salvinia molesta* au niveau du partiteur N10 dans la zone de production rizicole de Niono

3-1-1. Évolution des paramètres biologiques de *Salvinia molesta* après le lâcher de *Cyrtobagous salviniae*

L'évaluation de la couverture du plan d'eau (tapis de *Salvinia molesta*) avant le lâcher de *Cyrtobagous salviniae* et 3 et 6 mois après lâcher est illustrée par la **Figure 5**. Le taux de recouvrement moyen avant le lâcher de *C. salviniae* a été de 78,8 %. Les sites, le partiteur KO1, l'arroiseur indépendant G1 et le partiteur N7 sont totalement couverts par *S. molesta*. Les observations n'ont révélé la présence d'aucun plant de *S. molesta* sur les plans d'eau après trois d'activité des charançons. A cet effet *C. salviniae* a été efficace contre

S. molesta en contrôlant l'infestation à 100 % sur tous les plans d'eau. Après six mois de suivi, les stations sur le distributeur Kouai (KO) et les partiteurs de Kouai (KO1 et KO3) et le distributeur de Sérababougou ont été ré-infestées. Au niveau de ces plans d'eau, il a été observé une ré-infestation avec un taux recouvrement du plan d'eau qui varie de 10 à 30 %. Par contre les stations sur le distributeur Rétail (partiteurs N7 et N10), le distributeur Siengo (Siengo1 et 2) n'enregistrent aucun pied de *Salvinia molesta* (**Figure 5**).

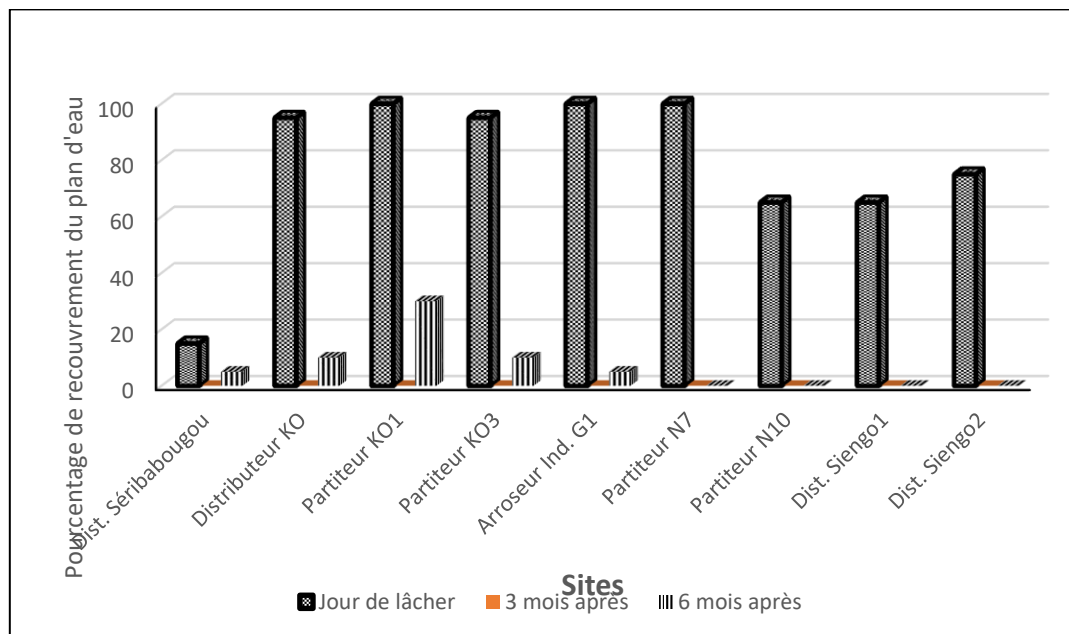


Figure 5 : Effet de *Cyrtobagous salviniae* sur le taux de recouvrement des plans d'eau par *Salvinia molesta*

A partir de six mois, les sites du distributeur KO ont commencé à être re-infestés. Les plants présents sont jeunes, ne portent aucun insecte. Le système KO est constamment infesté par *Salvinia molesta*, ce phénomène s'explique par l'arrivée des plants provenant du réseau hiérarchique (le Gruber) à travers le mouvement de l'eau d'irrigation. Les nouveaux plants qui ré-infestent les réseaux en absence d'ennemis naturels recolonisent les lieux. La lutte biologique contre salvinia au moyen de *C. salviniae* doit être faite simultanément sur les différents réseaux inter connectés pour éviter le phénomène de ré-infestation.

3-1-2. Évaluation statistique de l'efficacité de *Cyrtobagous salviniae* sur *Salvinia molesta*

Le résultat d'analyse des variables est présenté dans le **Tableau 1**. L'analyse montre de différences hautement significatives entre les densités moyennes de pré lâcher et de post lâcher de *Cyrtobagous salviniae* ($P < 0,001$). De même, pour le nombre de bourgeons et la biomasse ont significativement varié entre les deux périodes ($P < 0,001$).

Tableau 1 : Effet de *Cyrtobagous salviniae* sur les paramètres biologiques de *Salvinia molesta*

Effets	Moyenne	Ecart-type	t-test	Signification
Densité pré lâcher — post lâcher	76	71,8	8,8	$P < 0,001$
Nombre bourgeons pré lâcher — post lâcher	7	9,7	5,93	$P < 0,001$
Biomasse pré lâcher — post lâcher	2.001	1,94	8,63	$P < 0,001$

3-2. Effet de *Alternaria jacinthicola* contre la jacinthe d'eau

3-2-1. Production d'inoculum de *Alternaria jacinthicola*

Alternaria jacinthicola a été repiqué dans 30 boîtes afin d'obtenir de conidies pour ensemer le substrat (riz paddy). Les colonies de l'ALB produites sur milieu de culture PDA ont servi à la production du champignon sur le riz paddy. Après 2 à 3 semaines d'incubation, l'ALB est prêt à être formulé comme bioherbicide.

3-2-2. Évaluation de l'efficacité de *Alternaria jacinthicola* sur la jacinthe d'eau

La **Figure 6** présente la photo de l'évolution des chloroses provoquées par *A. jacinthicola* sur *E. crassipes*.

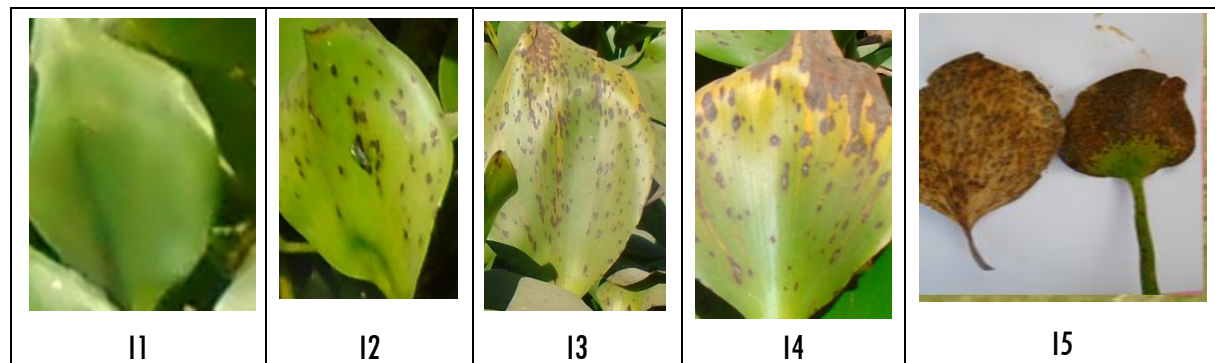


Figure 6 : Image de Chloroses observées sur les feuilles de jacinthe (11) avant application du bioherbicide, (12) une semaine après application du bioherbicide, (13) 15 jours application du bioherbicide, (14) 30 jours application du bioherbicide et (15) 45 jours application du bioherbicide

La notation de la chlorose de l'infection provoquée par *A. jacinthicola* sur la jacinthe d'eau est consignée au **Tableau 2**. L'effet du champignon a provoqué la maladie sur les feuilles de *E. crassipes*. L'apparition des taches brunes commence une semaine après l'application du bioherbicide. Les taches se présentent sous forme de points bruns isolés sur le limbe des feuilles de quelques plants. A quinze jours après l'application du bioherbicide les taches s'élargissent et commencent à se coaliser cette phase correspond aux notes 5 et 7. Le moment où l'assèchement des feuilles devient général sur le limbe et la présence des taches sur le pétiole (30 et 45 jours après l'application du bioherbicide) correspond aux notes 7 et 9. A cette phase de la maladie, les plants de *E. crassipes* commencent à mourir.

Tableau 2 : Notation visuelle de chloroses provoquées par *Alternaria jacinthicola* sur *Eichhornia crassipes*

Carrés d'observations	Notation 15 JAT	Notation 30 JAT	Notation 45 JAT
Placette 1	5	7	9
Placette 2	5	7	9
Placette 3	7	7	9
Placette 4	7	9	9
Placette 5	5	7	9

JAT : jour après traitement.

La **Figure 7 (P1)** montre l'état des plants de la jacinthe avant l'application du bioherbicide à base de *A. jacinthicola*. Les plants de *Eichhornia crassipes* sont en pleine végétation et couvrent entièrement la surface du plan d'eau du drain. Quarante-cinq jours après application du bioherbicide les feuilles de *Eichhornia crassipes* présentent des chloroses à 85 % de la surface foliaire avec des dessèchements bien prononcés comparativement au jour de l'application du bioherbicide (**Figure 7 (P2)**).

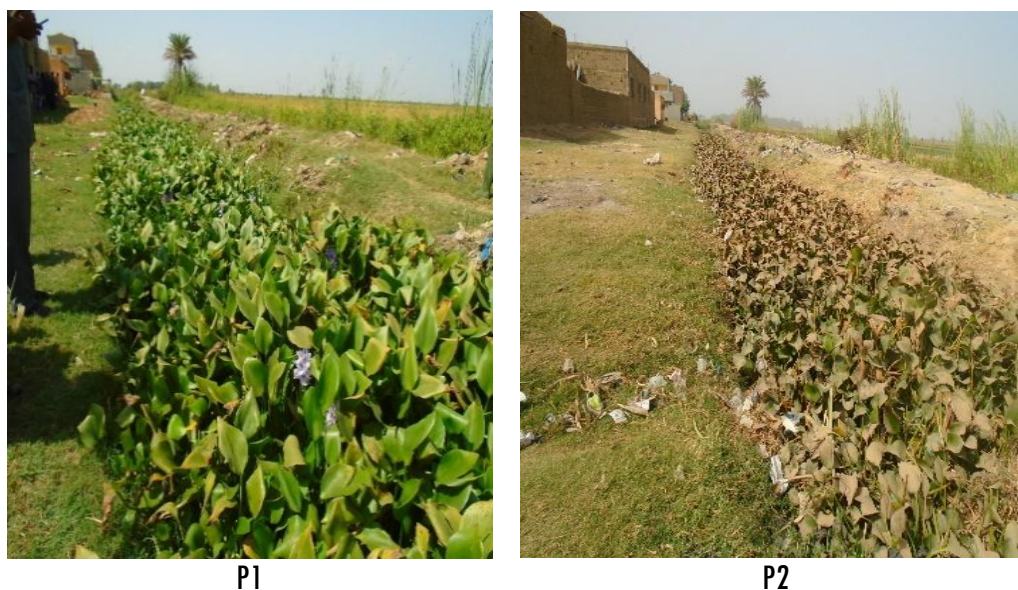


Figure 7 : Etat des plants de *Eichhornia crassipes* (P1) avant application du bioherbicide (*Alternaria jacinthicola*) et (P2) 45 jours après application du bioherbicide (*Alternaria jacinthicola*) dans un réseau de drainage de l'Office du Niger à Niono

4. Discussion

4-1. Efficacité de *Cyrtobagous salviniae* dans la lutte contre *Salvinia molesta*

Le charançon *Cyrtobagous salviniae* a été efficace dans la lutte contre *Salvinia molesta*. Il est à noter que tous les paramètres étudiés ont subi une réduction significative sous l'effet des insectes. Au niveau de toutes les stations, l'insecte a contrôlé l'infestation de salvinia géante à 100 %. Ce résultat confirme les travaux de [15] sur les grands plans d'eau tels que le lac de retenue du barrage de Markala au Mali où 16 mois ont suffi pour libérer totalement 90 ha de superficie infestée par la salvinia géante. *Cyrtobagous salviniae* a été utilisé avec succès dans la lutte contre *S. molesta* dans d'autres pays du monde. [18] ont rapporté une réduction du taux de couverture du tapis de *S. molesta* de manière significative entre 2008 et 2017, passant de 51 % à 100 %. En Inde, en Afrique du Sud et au Botswana, l'introduction de *Cyrtobagous salviniae* a induit une réduction de l'infestation à 1 % des surfaces infestées sur les cours d'eau [19]. Le contrôle le plus spectaculaire de *S. molesta* par les charançons a eu lieu dans le fleuve Sepik, en Papouasie-Nouvelle-Guinée, où 250 km² de surface infestée ont été réduits à 3 km² en 18 mois [20]. Le phénomène de ré-infestation des sites libérés six mois après le lâcher de *C. salviniae* avec un recouvrement de 5 à 30 % corrobore les résultats de [21]. Ces auteurs ont rapporté une ré-infestation de 73,3 % dans les canaux entre juillet 2016 et janvier 2017. Les insectes ne sont pas les seuls agents de lutte biologiques contre les plantes aquatiques envahissantes, des champignons pathogènes spécifiques aussi sont utilisés contre *Eichhornia crassipes*.

4-2. Efficacité de *Alternaria jacinthicola* sur *Eichhornia crassipes*

Les drains sont des milieux favorables au développement de *E. crassipes*, elle est dominante dans ce milieu [9]. L'effet du bioherbicide (*Alternaria jacinthicola*) s'est manifesté au 15^e et 30 jours par des taches brunes qui commencent à se coaliser et à 45 jours après application du bioherbicide la sévérité de la maladie a atteint 90 à 100 % de la feuille avec des tâches sur le pétiole. Ces résultats sont en adéquation avec celui du test de bioherbicide à base de *A. jacinthicola* en serre [22, 23] où les plants de *E. crassipes* ont été inoculés dans les

pots. En effet, en condition de serre, ces auteurs ont rapporté qu'en plus du dessèchement généralisé des feuilles 90 % de plants de *E. crassipes* étaient morts. Selon [17] l'incidence de la maladie est considérée sévère lorsque plus de 75 % de la surface foliaire est couverte par la maladie, cela est en adéquation avec nos résultats. Des résultats similaires ont été obtenus par [24] avec *A. eichhorniae* 5 (Ae5) (Nag Raj and Ponnappa) formulé dans une émulsion d'huile de coton qui a permis de supprimer à 100 % *E. crassipes* entre 7 à 13 semaines après application en milieu réel. Il en est de même selon [25], un contrôle efficace de *E. crassipes* a été obtenu avec *Alternaria alternata* (Nag Raj and Ponnappa). Les plants ont été pulvérisés avec une formulation de 10⁶ conidies par ml et 10 % d'émulsion d'huile.

5. Conclusion

Les plantes aquatiques *Salvinia molesta* et *E. crassipes* infestent constamment les réseaux d'irrigation à l'Office du Niger. *Salvinia molesta* a une préférence pour les canaux primaires, secondaires et tertiaires, quant à *Eichhornia crassipes*, elle est abondante dans les drains avec un taux de couverture très important. La lutte biologique avec l'utilisation de leurs ennemis spécifiques. L'usage de *Cyrtobagous salviniae* dans la lutte contre *S. molesta* a été un succès. L'insecte a totalement contrôlé les infestations de salvinia géante au niveau de tous les sites. Il est à noter que certaines stations ont été ré-infestées six mois après lâche par de nouveaux plants en provenance du réseau hiérarchique. Pour palier à la ré-infestation, de lâchers doivent être faites concomitamment sur les réseaux connectés. Le bioherbicide à base de *Alternaria jacinthicola* a permis de libérer les réseaux de l'infestation de *Eichhornia crassipes*. Le contrôle de *E. crassipes* a été effectif à six semaines après l'application du bioherbicide. Ces stratégies innovantes se sont révélées efficaces dans le contrôle de *Salvinia molesta* et *Eichhornia crassipes*. L'utilisation de ces méthodes de lutte à savoir l'usage de *Cyrtobagous salviniae* et du bioherbicide (JACOIL) respectivement contre salvinia géante et la jacinthe d'eau est une solution durable pour la gestion des réseaux d'irrigation à l'Office du Niger.

Références

- [1] - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE, *IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss caused by alien invasive species*. Species Survival Commission Fifth Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, Nairobi, Kenya, 15-26 May, (2000)
- [2] - L. G. HOLM, D. L. PLUCKNETT, J. V. PANCHO & J. P. HERBERGER, *The world's worst weeds. Distribution and biology*. University Press of Hawaii, (1977)
- [3] - K. L. S HARLEY, M. H. JULIEN & A. D. WRIGHT, *Water hyacinth : A tropical worldwide problem and methods for its control*, (1996)
- [4] - A. H. PIETERSE, A. MANGANE, M. TRAORE, D. G. VAN & R. P. J. VAN, The water hyacinth problem in West Africa and proposals for control strategies in strategies for water hyacinth control. *Report of a panel of experts meeting 11–14 September, 1995. Fort Lauderdale, Florida, USA*, (1996)
- [5] - G. W. HOWARD & S. W. MATINDI, Les espèces étrangères envahissantes dans les zones humides de l'Afrique. *UICN, GISP, RAMSAR*, 15 (2003)
- [6] - L. S. KOUTIKA & H. J. RAINEY, A review of the invasive, biological and beneficial characteristics of aquatic species *Eichhornia crassipes* and *Salvinia molesta*. *Applied ecology and environmental research*, 13 (1) (2015) 263 - 275
- [7] - H. DE GROOTE, O. AJUONU, S. ATTIGNON, R. DJESSOU & P. NEUENSCHWANDER, Economic impact of biological control of water hyacinth in Southern Benin. *Ecological Economics*, 45 (1) (2003) 105 - 117

- [8] - L. DIARRA, S. SARRA, B. DEMBELE et M. DIOURTE, Mise au point des techniques de lutte intégrée contre la jacinthe d'eau et d'autres plantes aquatiques nuisibles (JAC1), (2005) [Rapport final, 25 p.]. Institut d'Economie Rural Mali
- [9] - M. DEMBELE, K. DAGNO, B. DOUMBIA, B. DIAWARA, M. KAREMBE et S. SARRA, Analyse de la flore aquatique envahissante des réseaux d'irrigation de l'Office du Niger au Mali. *Afrique SCIENCE*, 23 (6) (2023) 72 - 83
- [10] - OFFICE DU NIGER, Bilan du Programme Annuelle d'Entretien des Réseaux Hydrauliques de l'Office du Niger « Rapport de campagne », (2022) 60 p.
- [11] - W. T. HALLER, D. N. RIEMER, G. E. BOWES, A. M. FOX, J. C. JOYCE, T. V. MADSEN, M. R. RATTRAY & A. E. W. E. S. V. MS, International Symposium on the Biology and Management of Aquatic Plants Held in Daytona Beach, Florida on 12-16 July 1992, Vol. 31, (1993)
- [12] - C. J. CILLIERS, M. P. HILL, J. A. OGWANG et O. AJUONU, Aquatic weeds in Africa and their control. In *Biological control in IPM systems in Africa*. CABI Publishing Wallingford UK, (2003) 161 - 178
- [13] - J. A. COETZEE, M. P. HILL, M. J. BYRNE & A. BOWNES, A review of the biological control programmes on *Eichhornia crassipes* (C. mart.) solms (Pontederiaceae), *Salvinia molesta* DS Mitch. (Salviniaceae), *Pistia stratiotes* L. (Araceae), *Myriophyllum aquaticum* (vell.) verdc. (Haloragaceae) and *Azolla filiculoides* Lam. (Azollaceae) in South Africa. *African Entomology*, 19 (1) (2011) 451 - 468
- [14] - P. W. TIPPING, L. A. GETTYS, C. R. MINTEER, J. R. FOLEY & S. N. SARDES, Herbivory by biological control agents improves herbicidal control of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Invasive Plant Science and Management*, 10 (3) (2017) 271 - 276
- [15] - L. DIARRA, S. SARRA, M. KAYENTAO et N. KAMISSOKO, Lutte intégrée contre la fougère d'eau (*Salvinia molesta*) et autres plantes aquatiques nuisibles, 20ème Session de la Commission Scientifique du Comité National de la Recherche Agricole CNRA, Rapport final, (2013) 34 p.
- [16] - B. M. MAY & D. P. A. SANDS, Descriptions of larvae and biology of *Cyrtobagous* (Coleoptera : Curculionidae) : Agents for biological control of *Salvinia*, (1986)
- [17] - E. M. EL-MORSY, Evaluation of microfungi for the biological control of water hyacinth in Egypt. *Fungal Divers*, 16 (2004) 35 - 51
- [18] - D. G. MARTIN, J. A. COETZEE, P. S. WEYL, M. C. PARKINSON & M. P. HILL, Biological control of *Salvinia molesta* in South Africa revisited. *Biological control*, 125 (2018) 74 - 80
- [19] - J. D. OLIVER, A Review of the biology of giant salvinia (*Salvinia molesta* Mitchell). *Journal of Aquatic Plant Management*, 31 (1993) 227 - 231
- [20] - P. A. THOMAS & P. M. ROOM, Successful control of the floating weed *Salvinia molesta* in Papua New Guinea : A useful biological invasion neutralizes a disastrous one. *Environmental Conservation*, 13 (3) (1986) 242 - 248
- [21] - S. E. WOODLEY, C. F. WAHL, A. TRYFOROS et R. DIAZ, Biological control of invasive floating fern leads to rapid recovery of ecological functions in coastal freshwater wetlands in Louisiana. *Journal of Aquatic Plant Management*, 61 (2023) 42 - 54
- [22] - K. DAGNO, Selection, efficacy, ecological characterization and formulation of fungal control agents against water hyacinth [*Eichhornia crassipes* (Martius) Solms] in Mali, (2011)
- [23] - M. DEMBELE, S. SARRA, K. DAGNO et L. DIARRA, Recherche de méthodes d'utilisation optimale de *Neochetina bruchi* et *Neochetina eichhorniae* en combinaison avec les bioherbicides pour une gestion durable de la jacinthe d'eau au Mali. 25e Session du Comité des Programmes de l'Institut d'Economie Rural Mali, Rapport final, (2019) 20 p.
- [24] - Y. M. SHABANA, The use of oil emulsions for improving the efficacy of *Alternaria eichhorniae* as a mycoherbicide for waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*). *Biological Control*, 32 (1) (2005) 78 - 89
- [25] - R. M. BABU, A. SAJEENA et K. SEETHARAMAN, Bioassay of the potentiality of *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler as a bioherbicide to control waterhyacinth and other aquatic weeds. *Crop Protection*, 22 (8) (2003) 1005 - 1013