

Analyse de la flore aquatique envahissante des réseaux d'irrigation de l'Office du Niger au Mali

Mamadou DEMBELE^{1*}, Karim DAGNO¹, Bakaye DOUMBIA¹, Bandiougou DIAWARA¹,
Moussa KAREMBE² et Soungalo SARRA¹

¹ Institut d'Économie Rurale du Mali, 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 Octobre 2023 ; Accepté le 10 Décembre 2023)

* Correspondance, courriel : m64dembele@yahoo.fr

Résumé

L'invasion des réseaux d'irrigation et de drainage par les plantes aquatiques macrophytes constitue un obstacle aux fonctions multiples que remplissent ceux-ci. Cette situation affecte la vie quotidienne des populations locales. L'Office du Niger a dépensé 23 349 325 570 francs CFA durant la période 2018-2022 pour l'entretien des réseaux hydrauliques. L'objectif de ce travail est de caractériser la composition structurale et la répartition de la flore envahissant des réseaux d'irrigation en zone Office du Niger. Les données ont été collectées de 2020 à 2022 au cours des prospections en cinq passages dans les sites de Markala, Bewani, Macina et Sahel. Au niveau de ces sites les types de plans d'eau prospectés sont les chenaux, canaux et drains comportant quatre-vingt-une stations de relevés. A chaque passage des relevés floristiques ont été faits par la méthode itinérante en suivant les secteurs de rives des plans d'eau. L'étude a permis de répertorier dix-neuf espèces de plantes aquatiques dont *Typha australis*, *Trapa natans*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta* sont les plus envahissantes. Certaines espèces ont une affinité en fonction des types de plan d'eau. *Typha australis* est cosmopolite mais elle est abondante dans les chenaux. *Trapa. natans* affectionne les eaux claires des canaux et des chenaux, alors que *E. crassipes* envahit permanemment les drains. La connaissance de la structure et la répartition de la flore permettent d'élaborer des stratégies adaptées de régulation de la prolifération des plantes aquatiques envahissantes et de gestion durable des réseaux hydrauliques à l'Office du Niger.

Mots-clés : *plantes aquatiques envahissantes, macrophytes, canaux d'irrigation, Office Niger.*

Abstract

Analysis of the invasive aquatic flora of the irrigation canal of the Office du Niger in Mali

The invasion of irrigation and draining channel by aquatic macrophyte plants constitutes an obstacle to the multiple functions that they fulfill. This situation affects the daily life of local populations. The Office du Niger spent 23,349,325,570 CFA francs during the period 2018-2022 for the maintenance of these networks. The objective of this work is to characterize the structural composition and distribution of the invading flora of irrigation networks in the Office du Niger zone. The data were collected from 2020 to 2022 during surveys in

five passes in channels, canals and drains, in eighty-one survey stations in the Office du Niger zone. At each visit, floristic surveys were made using the itinerant method following the shoreline sectors of the water bodies. The study made it possible to list nineteen species of aquatic plants of which *Typha australis*, *Trapa natans*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta* are the most invasive. Certain species have an affinity depending on the types of watercourses. *T. australis* is cosmopolitan but is abundant in channels. *T. natans* likes the clear water of canals and channels, while *E. crassipes* invades drains. Knowledge of the structure and distribution of flora makes it possible to develop appropriate strategies for regulating the proliferation of invasive aquatic plants and sustainable management of hydraulic canals in the Office du Niger.

Keywords : *aquatic plants invasive, macrophytes, irrigation canals, Office 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 les espèces exotiques envahissantes [1]. Ces perturbations agroécologiques ont favorisé l'introduction et la dispersion de nombreuses espèces dont certaines sont devenues nocives pour l'environnement. L'action humaine et l'interconnexion des réseaux fluviaux africains ont facilité la dispersion des espèces de plantes aquatiques exotiques envahissantes [2, 3]. En Afrique, la présence de *Eichhornia crassipes* a été signalée pour la première fois dans le Delta du Nil au début du 20^e siècle et au Zimbabwe en 1937 [4]. L'espèce *E. crassipes* est endémique en Afrique (Egypte, Sénégal, Nigeria, Madagascar et Mali) [5 - 8]. La prolifération des plantes aquatiques dans les réseaux fluviaux de l'Afrique de l'Ouest constitue un fléau [6, 9, 10]. L'espèce *Salvinia molesta* a été signalée dans plus de 20 pays dans le monde [11]. Au Mali, elle a été observée à Bamako en 2000 sur les berges du fleuve Niger et en 2002 à Ségou dans la zone Office du Niger (O.N) [12]. Les espèces *E. crassipes* et *Salvinia molesta* ont atteint des proportions alarmantes dans tous les pays de la sous-région ouest africaine. Elles ont envahi les rives du fleuve Niger, les infrastructures et les ouvrages de retenues d'eau ou d'irrigation situés sur le cours. Actuellement dans la zone O. N. on assiste à la prolifération des plantes aquatiques comme *T. natans* et le cortège composé de *Myriophyllum* sp, *Ceratophyllum demersum* et *Potamogeton* sp affectant négativement le fonctionnement du système d'irrigation [13, 14]. A l'Office du Niger, plusieurs études visant à lutter contre la prolifération des plantes envahissantes et leurs possibles valorisations ont été menées. Ces études ont porté entre autres sur la lutte mécanique (arrachage manuelle, utilisation de machines), la lutte biologique [13] ou intégrée [14]. Des stratégies d'ordre organisationnel ont été envisagées parmi lesquelles nous avons l'action de Communautés de Pratiques (CoP) pour améliorer la gestion de l'eau et l'entretien à l'échelle du réseau tertiaire [15]. Le coût d'entretien annuel du réseau d'irrigation de 12 000 km infesté par les plantes aquatiques s'élevait à quatre milliards six soixante-neuf millions huit cent soixante mille cent quatorze de francs CFA en 2022 [16]. Cependant, aucune analyse floristique d'ensemble sur la composition de la flore et la carte de répartition des espèces des plantes aquatiques envahissantes à travers les types de plans d'eau n'a jusqu'ici été établie. Les méthodes de luttés contre les espèces végétales aquatiques ont été engagées sans une bonne connaissance de ces informations. Or, elles sont capitales pour mettre au point des méthodes de lutte adaptées. La présente étude s'inscrit dans ce sens et a pour objectif de déterminer la composition structurale de flore et d'établir la carte de répartition des espèces de plantes aquatiques à travers les plans d'eau et les réseaux d'irrigation.

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 (*Figure 1*). 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. Les périmètres de l'Office du Niger sont divisés en sept zones de production qui sont Macina, Kolongo, Niono, Bewani, Molodo, N'Débougou et Kouroumari. L'alimentation en eau se fait grâce au Barrage de Markala qui relève les eaux d'environ 5,5 mètres au-dessus du niveau d'étiage. 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 drainage est réalisé de façon symétrique. Le système de drainage est composé d'un ensemble de drains hiérarchisé en drains d'arroseurs, partiteurs et grands drains collecteurs.

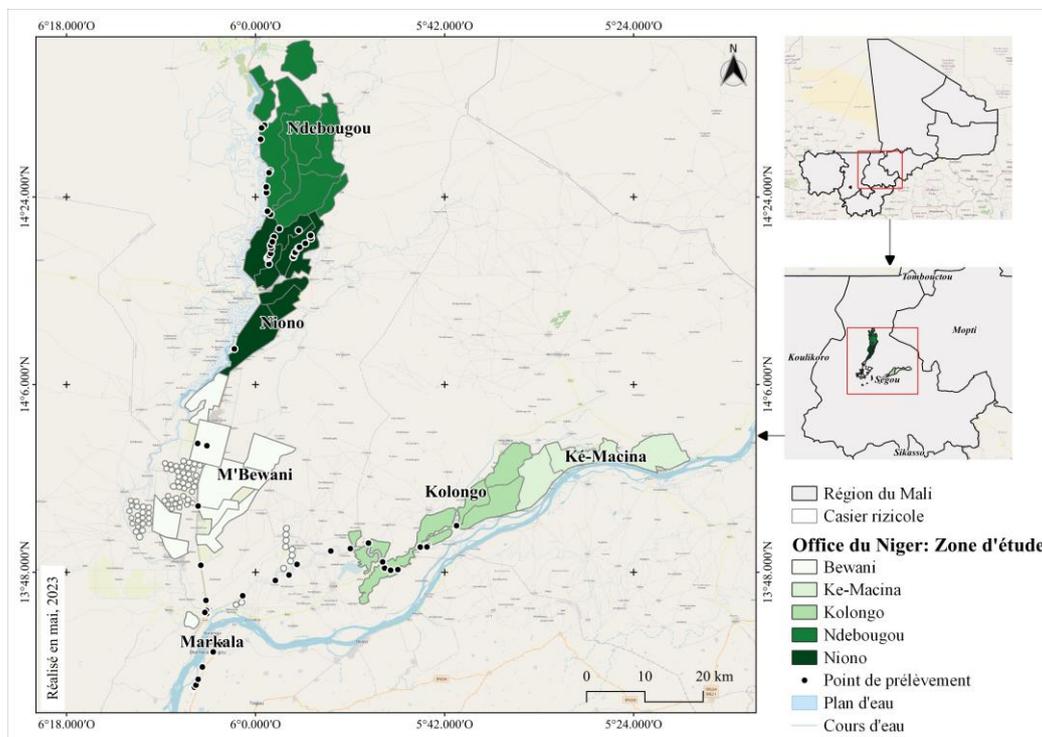


Figure 1 : Carte de la zone d'étude

2-2. Détermination de la structure du peuplement de la flore

La méthode de relevés des végétations sur les rives a été utilisée dans cette étude. Elle a été mise en œuvre sur les plans d'eau du littoral landais pour répondre à la fois aux question de gestion des plantes exotiques et au besoin de connaissances générales sur le fonctionnement des communautés macrophytes de ces plans d'eau [17]. Les types de plans d'eau prospectés dans cette étude ont été les chenaux, canaux et drains, quatre-vingt-une stations de relevés (secteurs de rives) ont été étudiées dans les sites d'étude de Macina, Bewani, Sahel et Markala. Chaque station a été géoréférencée à l'aide d'un GPS (Modèle GARMIN GPSmap 60Cx) afin de faciliter le suivi de l'évolution de flore aquatique. Dans cette étude les stations ont une longueur identique (100 m) conformes aux recommandation de [18, 19]. L'inventaire végétal est constitué de la liste de toutes

les espèces observées dans le lit apparent du plan d'eau. Au point de vue taxonomique, les espèces ont été identifiées jusqu'au genre. Les documents de références utilisés pour identifier les espèces végétales ont été ceux de [20 - 22] et des appuis techniques ont été également consultés au besoin. Le suivi des plans d'eau a été fait en 5 passages entre août 2020 et décembre 2022 afin de rencontrer le maximum d'espèces sur les stations. Un inventaire exhaustif des espèces végétales (macrophytes aquatiques) a été réalisé sur les quatre-vingt-et-une stations soit à pied ou par pirogue en fonction de leur accessibilité. En plus du relevé global de la flore avec la liste des espèces repérées, l'abondance relative de chaque espèce (taxon) a été notée. L'échelle de notation est de 0 à 5 ; 0 caractérisant l'absence de l'espèce et 5 sa présence sur l'ensemble du secteur de rive [17, 23]. La détermination de la richesse spécifique de la flore a consisté à dénombrer des espèces présentes au niveau de chaque site. La similarité des espèces entre deux sites a été mise en évidence par le test de similarité de JACCARD (IJ) [24]. L'indice de similarité IJ a été calculé par la **Formule** :

$$IJ = \frac{NC}{(N1+N2) - NC} \quad (1)$$

NC = le nombre d'espèces communes aux deux sites ; N1 = le nombre total des espèces du site 1 ; N2 = le nombre total des espèces du site 2 ; Si IJ > 50 %, les milieux sont similaires et si IJ < 50 %, il n'y a pas de similarité.

Le relevé d'hivernage de 2021 a été pris en compte dans l'élaboration du tableau floristique. Le principe de l'analyse de ce tableau est d'en déplacer les lignes (les espèces) afin de dégager les groupes d'espèces liés à un site. Les Fréquences Relatives (FR) de présence des espèces ont été calculées de façon à pouvoir sélectionner les espèces présentes sur plus de 20 % des relevés.

2-3. Quantification des colonisations des plans d'eau par les végétaux

Les indicateurs utilisés pour la quantification des colonisations des plans d'eau par les plantes aquatiques sont les fréquences relatives, le coefficient d'abondance et l'indice d'occupation. Le coefficient d'abondance est classiquement établi lors du relevé floristique. Chaque espèce végétale du relevé, se voit affecté d'un coefficient d'abondance qui traduit le taux de recouvrement relatif de chaque espèce au sein du cortège floristique. Le coefficient d'abondance est estimé visuellement. La fréquence relative d'une espèce est l'expression en pourcentage du nombre de relevés qui contiennent l'espèce par rapport au nombre total de relevés pour chaque site. Les abondances sont des valeurs moyennes évaluées sur les relevés où l'espèce était présente. L'échelle de notation de l'abondance adoptée au cours de cette étude est celle de [17]. Elle varie de 1 à 5 et se présente comme suite 1 = Quelques pieds, 2 = Quelques petits herbiers, 3 = Petits herbier assez fréquents, 4 = Grand herbiers discontinus et 5 = Herbiers continus. Selon [17] l'indice d'occupation est le produit des fréquences par les abondances moyennes. Cet indicateur propose une évaluation globale de l'occupation de chaque espèce à l'échelle du plan d'eau. Elle permet donc des comparaisons entre espèces pour un même plan d'eau, entre les plans d'eau.

2-4. Analyse des données

Une analyse en Composante Principale (ACP) a été faite pour mettre en évidence des liens entre les sites et la présence des espèces en utilisant le logiciel IBM SPSS version 20. Le logiciel Excel version 2013 a été utilisé pour faire le tri.

3. Résultats

3-1. Plantes aquatiques inventoriées

L'inventaire de la flore aquatique a révélé la présence de 18 espèces de plantes aquatiques appartenant à 14 familles. La famille des poacées compte le plus grand effectif avec trois espèces. Toutes les autres familles sont représentées par une ou deux espèces (**Tableau 1**). Les plantes inventoriées sont de deux types biologiques. Elles sont héliophytes ou hydrophytes. Les différents formes de développement des plantes aquatiques ont été mises en évidence :

- héliophytes comme *Typha australis* dont une partie plus ou moins importante des feuilles et des tiges sont émergées (PE) ;
- Hydrophytes tels que *Trapa natans* Plante Enracinée à Feuilles Flottantes (PEFF),
- *Eichhornia crassipes* Plante à Feuilles Flottantes Libres (PFFL) et *Myriophyllum demersum* plante submergée (PS).

Les héliophytes comportent 56 % des espèces inventoriées contre 44 % pour les hydrophytes. Les hydrophytes regroupent trois formes de développement. Les groupes des plantes submergées et les plantes à feuilles flottantes libres sont équivalents en termes de contribution. Ensemble ils contribuent à 33 % de la population contre 11 % de plantes enracinées à feuilles flottantes. La richesse spécifique de la flore varie en fonction des sites de 11 à 16 espèces. Le Sahel enregistre le plus grand nombre d'espèces (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Les plantes aquatiques inventoriées dans les sites

Familles	Genres Espèces	Types biologiques	Formes de développement	Sites			
				Markala	Bewani	Macina	Sahel
Azollaceae	<i>Azolla Africana</i>	Hydrophytes	PFFL	+	+	+	+
Ceratophyllaceae	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Hydrophytes	PS	+	+	+	+
Cyperaceae	<i>Cyperus difformis</i>	Héliophytes	PE	+	+	-	+
Poaceae	<i>Echinochloa</i> sp	Héliophytes	PE	-	+	-	+
Pontédériacées	<i>Eichhornia crassipes</i>	Hydrophytes	PFFL	+	+	+	+
Poaceae	<i>Leersia hexandra</i>	Héliophytes	PE	-	-	-	+
Onagraceae	<i>Ludwigia adscendens</i>	Héliophytes	PE	-	+	+	+
Onagraceae	<i>Ludwigia</i> sp	Héliophytes	PE	-	-	+	-
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	Héliophytes	PE	+	-	+	+
Haloragaceae	<i>Myriophyllum</i> sp	Hydrophytes	PS	+	+	+	+
Poaceae	<i>Oryza longistaminata</i>	Héliophytes	PE	-	-	-	+
Polygonaceae	<i>Polygonum</i> sp	Hydrophytes	PE	-	+	+	-
Salviniaceae	<i>Salvinia molesta</i>	Hydrophytes	PFFL	+	+	+	+
Trapaceae	<i>Trapa natans</i>	Hydrophytes	PEFF	+	+	+	+
Typhaceae	<i>Typha australis</i>	Héliophytes	PE	+	+	+	+
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton</i> spp	Hydrophytes	PS	-	-	+	+
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea lotus</i>	Hydrophytes	PEFF	+	+	+	+
Cyperaceae	<i>Cyperus</i> sp	Héliophytes	PE	+	+	+	+
Richesse floristique				11	13	14	16

PE : Plantes Emergées, PEFF : Plantes Enracinées Feuilles Flottantes, PFFL : Plantes Feuilles Flottantes Libre et PS : Plantes Submergées
 (-) : absence et (+) : présence

L'analyse de la similarité de Jaccard (IJ) montre qu'il y a une similarité entre les sites par rapport aux espèces inventoriées. L'indice IJ varie entre 66 et 71 %. Toutes les valeurs calculées de l'IJ sont supérieures à 50 % (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Valeurs de l'indice de similarité de Jaccard des sites

Sites	Indice de Jaccard en %
Markala-Bewani	71 %
Markala-Macina	66 %
Markala-Sahel	69 %
Bewani-Macina	68 %
Bewani-Sahel	70 %
Macina-Sahel	67 %

3-2. Analyse qualitative des différents cortèges par sites

Un tableau floristique permet d'avoir une vision globale de l'ensemble de la végétation rencontrée, et également des cortèges floristiques propres à un site ou communs à plusieurs sites. La distribution intersites des cortèges floristiques a été mise en évidence. Le tableau synoptique ainsi obtenu a permis de comparer des groupes floristiques homogènes. Les cortèges floristiques propres à un site (en caractères gras sur le **Tableau 3**) sont mis en évidence. Au niveau du site de Macina un cortège composé de 10 espèces a été noté leur fréquence de présence varie de 57,1 à 100 %. Les sites de Bewani et Macina ont chacun un cortège composé de 10 espèces caractéristiques avec des fréquences variant de 25 à 100 %. Quant au site de Sahel les espèces caractéristiques sont au nombre de 9 dont la fréquence de présence varie de 27,5 à 82,5 % (**Tableau 3**). Certaines espèces sont représentatives de plusieurs sites telles que *A. africana*, *E. crassipes*, *N. lotus*, *T. australis* et *S. molesta*. Elles sont communes à tous les sites alors que d'autres ne sont communes qu'à un ou deux sites comme *Echinochloa sp*, *Ludwigia adscendens*, *Leersia hexandra* et *Oryza longistaminata*.

Tableau 3 : Tableau synoptique en fonction des sites (fréquence des espèces en %)

Espèces	Markala	Bewani	Macina	Sahel
<i>Azolla africana</i>	100	87,5	100	82,5
<i>Eichhornia crassipes</i>	100	100	66,7	60
<i>Cyperus sp</i>	100	50	42,9	17,5
<i>Cyperus difformis</i>	85,5	37,5	0	35
<i>Ceratophyllum sp</i>	71,4	12,5	66,7	5
<i>Myriophyllum sp</i>	71,4	12,5	90,5	10
<i>Trapa natans</i>	57,1	100	19	27,5
<i>Nymphaea lotus</i>	57,1	87,5	95,2	77,5
<i>Salvinia molesta</i>	57,1	87,5	47,6	40
<i>Typha australis</i>	57,1	75	71,4	32,5
<i>Mimosa pudica</i>	14,3	0	4,8	5
<i>Echinochloa sp</i>	0	75	0	17,5
<i>Ludwigia adscendens</i>	0	50	4,8	12,5
<i>Polygonum sp</i>	0	25	23,8	0
<i>Ludwigia sp.</i>	0	0	66,7	0
<i>Potamogeton sp</i>	0	0	31,1	12
<i>Leersia hexandra</i>	0	0	0	55
<i>Oryza longistaminata</i>	0	0	0	50
Total espèces	11	13	14	16

NB : les espèces dont la fréquence de présence est supérieure à 20 % sont caractéristiques au sein du site.

3-3. Détermination de l'état des colonisations végétales des types de plans d'eau

Les données présentées ici permettent d'obtenir une vision synthétique de l'état des colonisations des types de plans d'eau par les espèces de plantes aquatiques en juillet 2021. L'analyse de la contribution de chaque espèce au recouvrements (abondance) et l'indice d'occupation ne prennent en compte que les espèces caractéristiques du type de plan c'est à dire les espèces ayant une fréquence relative supérieure à 20 %.

3-3-1. État des chenaux

Les espèces les plus fréquentes dans les chenaux sont *T. australis*, *A. Africana*, *E. crassipes* et *Ceratophyllum demersum* avec des FR supérieures 90 % (**Tableau 4**). L'espèce *T. australis* se présente sous forme de grands herbiers discontinus avec 3,4 d'indice d'occupation. Elle est la première espèce la plus abondante dans ce milieu. *T. natans* se rencontre sur 45 % des stations mais elle enregistre une note d'abondance moyenne de 3,6 avec un indice d'occupation de 1,62. L'espèce *Myriophyllum* sp révèle, elle aussi un caractère envahissant avec une fréquence de présence de 90 % sous forme de quelques petits herbiers. Les espèces *E. crassipes* et *Ceratophyllum demersum* avec des FR élevée au niveau des chenaux sont assez abondantes par endroit.

Tableau 4 : Type biologique et fréquence des espèces dans les chenaux

Espèces	Type biologique	Fréquence %	Abondance 1 à 5	Indice d'occupation 0 à 5
<i>Typha australis</i>	Hélophyte	100	3,4	3,40
<i>Azolla africana</i>	Hydrophyte	100	1,0	1,00
<i>Eichhornia crassipes</i>	Hydrophyte	95	1,4	1,35
<i>Ceratophyllum</i> sp	Hydrophyte	95	1,4	1,30
<i>Myriophyllum</i> sp	Hydrophyte	90	1,7	1,50
<i>Nymphaea lotus</i>	Hydrophyte	90	1,0	0,90
<i>Salvinia molesta</i>	Hydrophyte	75	1,4	1,05
<i>Ludwigia</i> sp.	Hélophyte	70	1,7	1,20
<i>Cyperus</i> sp	Hélophyte	70	1,0	0,70
<i>Trapa natans</i>	Hydrophyte	45	3,6	1,62
<i>Polygonum</i> sp	Hélophyte	25	1,6	0,40

3-3-2. État des canaux d'irrigation

Dans les canaux d'irrigation *S. molesta* et *T. natans* de par leur abondance et leur indice d'occupation sont les plus envahissantes. La note d'abondance moyenne atteint 2,1 pour *Trapa natans* avec un indice d'occupation moyenne supérieur à 1 (**Tableau 5**). Les autres espèces se caractérisent soit par une aire de dispersion réduite ou par une faible abondance partout où elles ont été rencontrées. Par exemple *A. africana* et *N. lotus* se rencontrent presque au niveau de toutes les stations mais sous forme de pieds isolés.

Tableau 5 : Fréquence des espèces dans les canaux d'irrigation

Espèces	Fréquence %	Abondance 1 à 5	Indice d'occupation 0 à 5
<i>Azolla africana</i>	77,8	1,0	0,78
<i>Nymphaea lotus</i>	66,7	1,1	0,72
<i>Salvinia molesta</i>	61,1	1,8	1,08
<i>Cyperus difformis</i>	52,8	1,2	0,61
<i>Trapa natans</i>	50,0	2,1	1,03
<i>Eichhornia crassipes</i>	38,9	1,8	0,69
<i>Echinochloa</i> sp	33,3	1,6	0,52
<i>Typha australis</i>	33,3	1,7	0,58
<i>Myriophyllum</i> sp	30,6	1,7	0,53
<i>Potamogeton</i> spp	29,15	1,4	0,41
<i>Cyperus</i> sp	30,6	1,0	0,31
<i>Ludwigia adscendens</i>	22,2	1,2	0,28

3-3-3. État des drains de vidange

Les drains sont des milieux où la richesse floristique est inférieure aux autres types de plans d'eau (7 espèces contre plus d'une dizaine pour les chenaux et les canaux). Au niveau des drains 85,7 % des espèces rencontrées ont des fréquences de présence supérieure 90 %. Dans ce milieu *E. crassipes* et *L. hexandra* montrent un caractère envahissant avec une fréquence et une note d'abondance élevées (**Tableau 6**). Le reste des espèces se présentent sous forme de quelques pieds isolés dans les endroits où elles ont été rencontrées.

Tableau 6 : Fréquentes des espèces dans les drains d'irrigation

Espèces	Fréquence %	Indice d'abondance 1 à 5	Indice d'occupation 0 à 5
<i>Eichhornia crassipes</i>	100	3,80	3,80
<i>Azolla africana</i>	100	1,0	1,00
<i>Nymphaea lotus</i>	100	1,0	1,00
<i>Oryza longistaminata</i>	100	1,0	1,00
<i>Leersia hexandra</i>	100	2,7	2,70
<i>Echinochloa sp</i>	95	1,0	1,00
<i>Typha australis</i>	30	1,0	0,30

3-4. Présence des espèces et corrélations par l'approche multidimensionnelle

L'analyse en composante principale a été réalisée en prenant en compte la présence ou l'absence de l'espèce au niveau du site (**Figure 2**). Dans l'approche ACP deux composantes ont été extraites (F1 : 41,9 % et F2 : 34,4). Elles représentent ensemble 76,3 % de la variation totale (inertie totale). Les coefficients de corrélation sont entre parenthèses. La composante 1 est liée aux sites de Macina (0,876), Markala (0,724) et Bewani (0,621) dans sa partie positive. Quant à la composante 2 est décrite par le site du sahel (0,962).

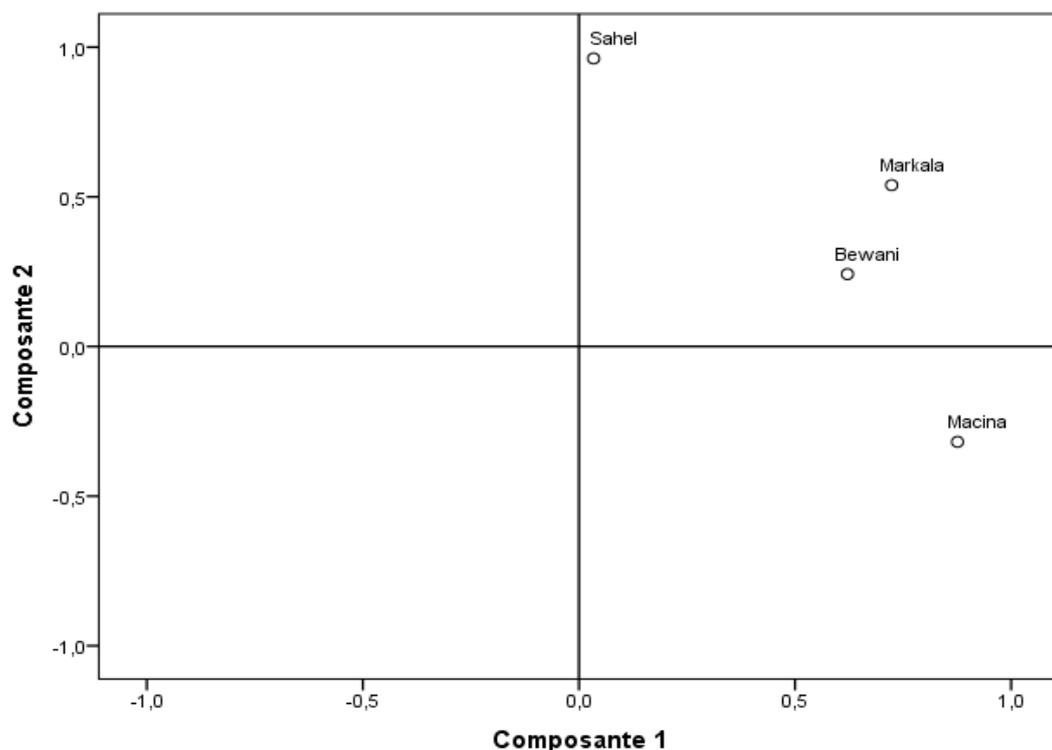


Figure 2 : ACP représentant la projection des sites dans le plan des composantes 1 et 2

4. Discussion

4-1. Caractéristiques structurales du peuplement de la flore aquatique du réseau hydraulique

Dix-huit espèces ont été recensées dans les quatre sites inspectés. La liste des plantes aquatiques inventoriées contient des espèces envahissantes comme *T. australis*, *S. molesta*, *E. crassipes*, *Ceratophyllum* sp et *Myriophyllum* sp. La présence de ces espèces sur d'autres plans d'eau du pays tels que le fleuve Niger et le Bani a été rapportée par [13]. Au niveau des plans d'eau de la berge vers la pleine eau, il y a une distribution zonale des espèces en fonction de leur forme de développement. Les plantes à feuilles émergées sont les premières rencontrées à partir de la berge suivie des plantes enracinées à feuilles flottantes, des plants à feuilles flottantes libres et les plantes submergées en pleine eau. Ce résultat confirme celui de [24] dans des eaux continentales de la Côte d'Ivoire. La structure du peuplement a été analysée par la technique traditionnelle de tri dans un tableau de relevés floristiques en comparant les sites. Les sites se distinguent par leurs espèces caractéristiques dont les fréquences de présence sont supérieures à 20 %. Le calcul de fréquences et le test de similarité de Jaccard ont permis d'apprécier la répartition des espèces et la similarité des sites par rapport aux espèces rencontrées. L'analyse en composante principale permis de regrouper les sites en deux groupes en fonction des espèces rencontrées. Le premier groupe rassemble les sites de Markala, Macina et Bewani, le second groupe est représenté par le seul site du Sahel. Ce dernier site compte plus d'espèces que les autres sites.

4-2. Colonisations végétales des types de plans d'eau

Les espèces rencontrées au cours de cette étude peuvent être classées en deux groupes en fonction du degré de nocivité. Les espèces inoffensives telles que *A. africana*, *N. lotus*, *Cyperus* spp, *Ludwigia* spp sont moins agressives dans l'occupation de l'espace. Par contre les espèces *E. crassipes*, *S. molesta*, *T. natans*, *T. australis* *Myriophyllum* sp, *Ceratophyllum demersum* sont plus prolifiques dans les réseaux hydrauliques, elles sont envahissantes [13, 25]. Les conséquences de leur invasion sont désastreuses sur les réseaux hydrauliques de l'ON. Le taux de couverture du plan d'eau par ces espèces envahissantes est supérieur à 75 % par endroits. En fonction de leur répartition certaines de ces espèces ont des affinités pour tel ou tel type de plans d'eau. La jacinthe se retrouve dans tous les types de plans d'eau, mais elle est abondante dans les drains. La note d'abondance maximale de la jacinthe dans les drains atteint le niveau 4. En absence d'intervention (nettoyage) durant une année certains drains sont totalement colonisés par cette plante. La prolifération de la plante est favorisée par des polluants d'origine agricole. Ces milieux enregistrent moins d'espèces que les canaux et chenaux. Les drains étudiés sont par endroit couverts totalement d'un tapis vert de *E. crassipes* qui gêne la présence d'autres espèces végétales. Selon [26] les plantes aquatiques envahissantes peuvent diminuer les chances de survie de certaines espèces animales telles que les poissons. Ces auteurs stipulent qu'une forte eutrophisation a pour conséquence une réduction notoire du nombre d'espèces aquatiques végétales et animales et que certaines espèces sont favorisées au dépend d'autres. Les drains collectant les polluants d'origine agricole sont des milieux qui sont favorables au développement de *E. crassipes*, cela a pour conséquence l'obstruction des voies d'eau, la réduction de la superficie des plans d'eau [2]. La persistance de *E. crassipes* dans les drains avait été rapporté par [13] du fait que ces milieux bénéficient des polluants d'origine agricole favorable au développement de la plante mais aussi par la durée de conservation du stock de graines de jacinthe dans les sédiments. Elles restent viables pendant 20 ans dans les sédiments [5], cela permet une colonisation constante des milieux infestés. Les espèces *T. natans* et *Salvinia molesta* se retrouvent très rarement dans les drains. Elles colonisent les eaux claires des chenaux, des canaux. *Trapa natans* est prolifique au niveau des canaux et chenaux. Par contre elle est absente au niveau des drains. *Typha australis* affectionne les grands plans d'eau des chenaux avec une grande aire d'occupation. L'indice

d'occupation moyen atteint la note 3,4 qui correspond à 68 % de la surface du plan d'eau couvert. [27] a rapporté qu'après la germination de *T. australis*, la plante se multiplie par rhizomes sur des superficies atteignant 60 m² en l'espace de 2 ans. Les opérations d'entretien au niveau des chenaux sont rares, ce qui est favorable à l'augmentation de l'aire couverte par *T. australis*. La comparaison du niveau de colonisation entre les types de plans d'eau montre que les chenaux et les drains sont plus envahis par les plantes aquatiques que les canaux. Cela s'explique par l'entretien régulier des canaux où la flore n'a pas le temps nécessaire de les recoloniser. Le suivi de l'évolution du peuplement de la fore est donc nécessaire pour prévenir toutes modifications éventuelles des statuts des espèces envahissantes afin d'assurer un programme consistant d'entretien des voies d'eau. Un paramétrage des principales données abiotiques sur l'eau et le sol est important pour mieux comprendre le phénomène de prolifération des plantes aquatiques dans ces milieux. La caractérisation de la composition structurale du peuplement des plantes aquatiques envahissantes et la détermination de leur répartition permettront de définir de meilleures stratégies de gestion du réseau hydraulique.

5. Conclusion

Au terme de ce travail, il est à retenir que la flore macrophyte aquatiques du réseau hydraulique de l'O.N est assez diversifiée. Au total dix-huit espèces ont été inventoriées, regroupées en 13 familles. Le nombre d'espèces varie de 12 à 16 par sites. Il y a une similitude entre les sites par rapport à la composition du peuplement de la flore. Les espèces *A. africana*, *E. crassipes*, *N. lotus*, *T. australis* et *S. molesta* sont communes à tous les sites. Les espèces *T. australis*, *E. crassipes*, *S. molesta* le complexe *Myriophyllum* sp, *Potamogeton* sps et *Ceratophyllum* sp sont envahissantes. *Typha australis* est prolifique dans les grands plans d'eau des chenaux. Les espèces *S. molesta* et *T. natans* se retrouvent fréquemment dans les chenaux et les canaux. Les espèces *A. africana* et *N. lotus* sont présentes sur plusieurs plans d'eau sans être agressives c'est-à-dire envahissantes. La connaissance de la composition de la flore macrophyte aquatiques des réseaux et leur localisation permettent de définir des politiques de gestion des plantes aquatiques envahissantes. Un suivi des réseaux d'irrigation devrait être institué par les gestionnaires de l'O. N. pour une meilleure régulation du niveau de prolifération des plantes aquatiques envahissantes et une meilleure planification des travaux de maintenance du réseau hydraulique.

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] - K. DAGNO, R. LAHLALI, D. FRIEL, M. BAJJI & M. H. JIJAKLI, Synthèse bibliographique : Problématique de la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes*, dans les régions tropicales et subtropicales du monde, notamment son éradication par la lutte biologique au moyen des phytopathogènes. *Biotechnol. Agron. Soc.*, 11 (2007) 299 - 311
- [3] - K. DAGNO, Sélection, efficacité, caractérisation écologique et formulation des pathogènes fongiques contre la jacinthe d'eau douce [*Eichhornia crassipes* (martius) solms-laubach] au Mali thèse de Doctorat de l'université de Liège Gembloux agro – bio tech Belgique, 107 p <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/96927/1/Th%C3%A8se%20Dagno%20K-%20011.pdf>
- [4] - 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)
- [5] - B. GOPAL, *Water hyacinth*. Elsevier Science Publishers, (1987) 609 p.

- [6] - B. DEMBELE, La jacinthe d'eau, un fléau pour les cours d'eau au Mali? Mali. *CILSS. Sahel PV info*, 63, 8 (1994)
- [7] - K. L. S Harley, M. H. JULIEN & A. D. WRIGHT, *Water hyacinth: A tropical world wide problem and methods for its control*, (1996)
- [8] - C. DIARRA, La jacinthe d'eau *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, un danger pour les cours d'eau du Mali. Mali. *CILSS. Bulletin bimestriel de l'Institut du Sahel. Sahel IPM*, 13, 3 (1997)
- [9] - G. W. HOWARD & S. W. MATINDI, Les espèces étrangères envahissantes dans les zones humides de l'Afrique. *UICN, GISP, RAMSAR*, 15 (2003)
- [10] - 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)
- [11] - J. D. OLIVER, A Review of the biology of giant salvinia (*Salvinia molesta* Mitchell). *Journal of Aquatic Plant Management*, 31 (1993) 227 - 231
- [12] - B. DEMBELE, L. DIARRA & M. KAYENTAO, Mise au point des techniques de lutte intégrée contre la jacinthe d'eau et d'autres plantes aquatiques nuisibles « Rapport final » Centre Régionale de Recherche Agronomique Programme Riz Irrigué Institut d'Economie Rurale Mali 30 p, (2005) 25 p.
- [13] - B. DEMBELE, L. DIARRA, S. SARRA, N. KAMISSOKO, M. KAYENTAO & M. DEMBELE, Lutte biologique contre la fougère d'eau (*Salvinia molesta*) en zone Office du Niger, « Rapport final » Centre Régionale de Recherche Agronomique Programme Riz Irrigué Institut d'Economie Rurale Mali, (2011) 30 p.
- [14] - L. DIARRA, S. SARRA, M. KAYENTAO & N. KAMISSOKO, Lutte intégrée contre la fougère d'eau (*Salvinia molesta*) et autres plantes aquatiques nuisibles « Rapport final » Centre Régionale de Recherche Agronomique Programme Riz Irrigué Institut d'Economie Rurale, (2013) 17 p.
- [15] - M. DICKO, B. DIAWARA, B. TANGARA, J-Y JAMIN, J. E. ROUGIER & S. BAH, Une approche participative pour améliorer la maintenance du réseau et la gestion de l'eau dans un périmètre irrigué au Mali. *Irrigation and Drainage*, 69 (2020) 139 - 147
- [16] - OFFICE DU NIGER, Bilan du Programme Annuelle d'Entretien des Réseaux Hydrauliques de l'Office du Niger « Rapport de campagne », (2022) 60 p.
- [17] - V. BERTRIN, A. DUTARTRE, A. CARO, S. MOREIRA, G. JAN & S. BOUTRY, Communautés végétales aquatiques des lacs médocains. *Colloque ECOVEG 8 Ecologie des Communautés Végétales*, 24 (2012) <https://doi.org/10.33044/hal-02598036>
- [18] - N. GRASMUCK, La végétation aquatique des cours d'eau de Lorraine: Typologie floristique et écologique: Contribution à l'étude de l'autoécologie des espèces de la flore aquatique lorraine Thèse de doctorat de l'Université Paul Verlaine-Metz, (1994) 248 p. <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01777155>
- [19] - L. FERREIRA, M. RAMBAUD & T. FERNEZ, Programme d'inventaire des macrophytes et des végétations associées du bassin de la Seine-Protocole d'échantillonnage. Conservatoire botanique national du Bassin parisien-Muséum national d'Histoire naturelle, Agence de l'eau Seine-Normandie, 5, 7 (2018)
- [20] - J. BERHAUT, *Flore du Sénégal*, ed. 2 (1967) 1 - 485
- [21] - D. E. JOHNSON, Les Adventices En Riziculture En Afrique de l'Ouest; Weeds of Rice in West Africa. *Imprint Design, Côte d'Ivoire*, (1997) 334 p.
- [22] - S. MATTHEWS & K. BRAND, Africa invaded : The growing danger of invasive alien species. *Africa invaded: the growing danger of invasive alien species*, (2004) 30 - 35
- [23] - A. ZUAZO, L. FOURNIER, A. DUTARTRE & V. BERTRIN, Les macrophytes indigènes et exotiques : Mieux connaître pour mieux gérer. *Dynamiques environnementales. Journal international de géosciences et de l'environnement*, 43 - 44 (2019) 50 - 73
- [24] - <https://www.bonobosworld.org/fr/glossaire/indice-de-similarite-de-jaccard> Indice de similarité de Jaccard « *ÉCOLOGIE / ECOLOGY* » (consulté 15 septembre 2022)

- [25] - B. H. MULLIN, L. W. J. ANDERSON, J. M. DITOMASO, R. E. EPLEE & K. D. GETSINGER, *Invasive plant species*, 13, 18 (2000)
- [26] - R. GALVEZ-CLOUTIER, S. IZE & S. ARSENAULT, Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophisation. *Vecteur environnement*, 35 (6) (2002) 18 p.
- [27] - A. TIAM, (Etude de la flore vasculaire, de la végétation et des macrophytes aquatiques proliférants dans le Delta du fleuve Sénégal et le Lac de Guiers (Sénégal), Université Cheikh Anta Diop de Dakar, (2012) 240 p. <https://www.researchgate.net/publication/32941639> (03octobre 2022)