

# Utilisation agricole de plantes aquatiques, notamment en tant qu'amendement des sols, dans la province de Thua Thien Hue, Centre Vietnam. 1. Inventaire, abondance et caractérisation chimique des plantes aquatiques disponibles localement

P.-Y. Ancion<sup>1</sup>, Hoang Thi Thai Hoa<sup>2</sup>, Ton That P.<sup>3</sup>, Pham Khanh T.<sup>2</sup>, Chiang C.N.<sup>1</sup>, J.E. Dufey<sup>1\*</sup>

Keywords: Tam Giang lagoon- Salinity- Organic fertilization- Sandy soils- Vietnam

## Résumé

*Une pratique empirique fréquente au Centre Vietnam est d'utiliser des plantes aquatiques à diverses fins, et notamment en tant qu'amendement des sols. Cette pratique contribue à augmenter les entrées de matière organique dans les systèmes de production, ce qui est particulièrement crucial dans les zones sableuses où les sols sont intrinsèquement peu fertiles. Dans la province de Thua Thien Hue, la grande lagune de Tam Giang (22.000 ha) constitue une source potentiellement très importante de biomasse exogène pour l'agriculture. La présente étude dresse un inventaire des macrophytes submergés et des algues de la lagune durant la période février-avril 2005. Douze espèces de macrophytes appartenant aux familles des Potamogetonaceae, Najadaceae, Cymodoceaceae, Hydrocharitaceae, Ceratophyllaceae et Haloragaceae, et 5 espèces d'algues appartenant aux familles des Ulvaceae, Cladophoraceae, Characeae et Gracilariaceae ont été identifiées. Leur abondance varie fortement en fonction de l'espèce et de la position dans la lagune qui conditionne le niveau de salinité, la profondeur et le type de sédiments dans lequel s'ancrent les macrophytes. Les biomasses fraîches les plus importantes pour des tapis végétaux monospécifiques ont été relevées pour Vallisneria spiralis (3,1 kg.m<sup>-2</sup>), Najas indica (2,9 kg.m<sup>-2</sup>), Halodule tridentata (2,5 kg.m<sup>-2</sup>) et Cymodoceae rotundata (2,3 kg.m<sup>-2</sup>). Toutes les plantes ont été collectées selon les techniques des agriculteurs et leur composition chimique a été déterminée. Pour les macrophytes, les gammes de teneurs suivantes ont été mesurées (en % de la matière sèche): N 1,0 à 3,5; P 0,08 à 0,45; K 1,0 à 4,2; Mg 0,3 à 1,4; Ca 0,7 à 2,8; Na 0,7 à 7,6; ce qui met en évidence des valeurs fertilisantes potentielles très différentes selon les espèces. Les algues présentent des teneurs encore plus contrastées selon les espèces pour la plupart de ces éléments. La teneur en Na est partiellement expliquée par le niveau de salinité du lieu de prélèvement.*

## Summary

### **Agricultural Use of Aquatic Plants, mainly as Soil Amendment, in the Thua Thien Hue Province, Central Vietnam. 1. Inventory, Abundance and Chemical Characterization of Collected Plants**

*The use of aquatic plants for various purposes, and notably as organic amendment for sandy soils with low inherent fertility is a frequent empirical practice in Central Vietnam. In the Thua Thien Hue Province, the Tam Giang lagoon covering 22,000 ha represents a source of exogenous biomass potentially important for agriculture. The present study makes an inventory of the submerged macrophytes and the algae occurring in the lagoon during the period of February-April 2005. Twelve species of macrophytes (belonging to the Potamogetonaceae, Najadaceae, Cymodoceaceae, Hydrocharitaceae, Ceratophyllaceae, and Haloragaceae families) and five of algae (belonging to the Ulvaceae, Cladophoraceae, Characeae, and Gracilariaceae families) were identified. Their abundance varies significantly following species and location in the lagoon. Indeed, the salt concentration, the water depth and the type of sediments in which the macrophytes are anchored are submitted to large variations depending on position in the lagoon. The highest values of fresh biomass measured for monospecific vegetal mats were observed for Vallisneria spiralis (3.1 kg.m<sup>-2</sup>), Najas indica (2.9 kg.m<sup>-2</sup>), Halodule tridentata (2.5 kg.m<sup>-2</sup>) and Cymodoceae rotundata (2.3 kg.m<sup>-2</sup>). The concentrations of main elements were determined in samples of all plant species. In the macrophytes, the following ranges of element concentrations (in % of dry matter) were found: N 1.0 to 3.5; P 0.08 to 0.45; K 1.0 to 4.2; Mg 0.3 to 1.4; Ca 0.7 to 2.8; Na 0.7 to 7.6. These variations indicate that the fertilization capacity of aquatic plants when they are used as soil amendment can vary to a large extent according to the species. Even more contrasted element concentrations were found for the algae. The Na concentrations in the collected plants can be partly explained by the salinity level met in the sampling areas.*

<sup>1</sup>Université catholique de Louvain, Soil Science Laboratory, Croix du Sud 2/10, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium. \*Corresponding author joseph.dufey@uclouvain.be

<sup>2</sup>Hue University of Agriculture and Forestry, 102 Phung Hung, Hue City, Vietnam.

<sup>3</sup>Hue University, College of Sciences, 27 Nguyen Hue street, Hue City, Vietnam

Reçu le 07.03.07 et accepté pour publication le 28.05.09.

## Introduction

Le niveau de vie des familles paysannes du Centre Vietnam est limité par la faible production agricole sur les sols sableux de la zone côtière où la majorité de la population est concentrée. En 2007, la production vivrière était de l'ordre de 287 kg par personne et par an au Centre Vietnam alors que la moyenne nationale était de 580 kg, avec un maximum de 1.075 kg dans le Delta du Mékong (Le Courrier du Vietnam, 17 octobre 2008). Dans la province de Thua Thien Hué, ces sols sableux naturellement pauvres représentent environ 50.000 ha des 84.000 ha occupés par l'agriculture (10, 12). Dans ce contexte, l'optimisation du cycle des matières organiques est vraisemblablement la clé de l'amélioration de la productivité des sols. A cet effet, certains agriculteurs utilisent des plantes aquatiques pour amender leurs sols et pour nourrir leur bétail, ce qui contribue à augmenter les intrants organiques dans le système cultural. Ces plantes sont récoltées principalement dans la grande lagune de Tam Giang (Figure 1). Ce grand ensemble lagunaire côtier couvre environ 22.000 ha (2, 3). Des plantes d'eau douce sont aussi récoltées dans les rivières, les mares et les bassins piscicoles.

Une revue de la littérature sur l'utilisation des plantes aquatiques a été publiée par Little en 1979 (7). A notre connaissance, aucune publication de synthèse n'a été réalisée ultérieurement sur ce sujet. En agriculture tropicale, la plupart des études sont consacrées à un nombre limité d'espèces telles que *Azolla* (6, 8, 23) et la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) (4, 5, 7). La culture d'*Azolla* est cependant devenue peu fréquente au Centre Vietnam, étant donné le climat très chaud, les sécheresses fréquentes et la commodité d'utilisation des engrais minéraux. Par ailleurs, on ne relève que de rares recherches menées sur l'utilisation agricole des espèces se développant en eau saumâtre dans les lagons côtiers (19, 20).

Etant donné le potentiel de ressources organiques exogènes que représente la lagune de Tam Giang pour l'agriculture locale et le peu de données quantitatives que fournit la littérature sur l'utilisation agricole des plantes d'eau saumâtre, une recherche a été entreprise sur la pratique empirique d'amendement des sols par ces plantes. L'objectif de cet article est de dresser un inventaire des espèces aquatiques macrophytes trouvées dans la lagune de Tam Giang et d'en tenter une caractérisation tant sur le plan de leur abondance que sur le plan de leur teneur en différents éléments potentiellement intéressants pour la fertilisation des sols. Quelques algues et deux plantes d'eau douce, la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) et la laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) sont aussi intégrées dans l'étude, à titre de comparaison. La jacinthe d'eau, espèce invasive très prolifère, est largement utilisée par les

agriculteurs pour l'amendement des sols alors que la laitue d'eau est très répandue également mais ne fournit qu'une biomasse assez limitée.

Un deuxième article portera sur l'utilisation de ces plantes par les agriculteurs de la zone côtière de la province de Thua Thien Hue. Les données quantitatives ainsi récoltées permettront d'évaluer l'efficacité de cette pratique empirique et éventuellement de contribuer à la dissémination de cette technologie au Centre Vietnam et dans d'autres régions tropicales bénéficiant également de ressources végétales aquatiques.

## Matériels et méthodes

### Inventaire des plantes aquatiques

Un inventaire exhaustif des macrophytes submergés de la lagune de Tam Giang (Figure 1) a été effectué durant les mois de février, mars et avril 2005, en plus de 50 endroits différents. Cette période correspond au début de la saison sèche où toutes les cultures d'hiver-printemps sont déjà implantées et susceptibles d'être fertilisées par des plantes aquatiques. La récolte de plantes aquatiques avant cette période, c'est-à-dire durant la saison des pluies, est rendue quasi impossible par les fréquentes inondations et les difficultés de déplacement dans la zone côtière. Par ailleurs, l'utilisation d'algues lagunaires et de plantes d'eau douce étant assez fréquente chez les agriculteurs, les plantes de ce type les plus importantes ont aussi été identifiées mais de façon non exhaustive. Les déterminations taxonomiques ont été effectuées à l'aide des ouvrages de Nguyen Huu Dinh *et al.* (11), Pham Hoang Ho (14, 15) et Ton That Phap (21), ainsi que de la documentation disponible sur internet (USDA Plants database, <http://plants.usda.gov/>). Lors de chaque prélèvement, une mesure de la conductivité électrique de l'eau a été effectuée en vue de déterminer le niveau de salinité du milieu de croissance des plantes. En effet, la salinité de la lagune est susceptible de varier dans une très large mesure (3) en fonction de la position par rapport à l'embouchure des cours d'eau et par rapport aux passes entre la lagune et la mer. La conversion des mesures de conductivité électrique (CE) en concentration pondérale en sels (C, g.L<sup>-1</sup>) a été effectuée sur la base de l'équation établie de longue date (17) et confirmée par un grand nombre d'analyses chimiques des eaux de la lagune effectuées par les auteurs (non rapportées dans cet article), soit  $C (g.L^{-1}) \approx 0,64 CE (Ms.cm^{-1})$ .

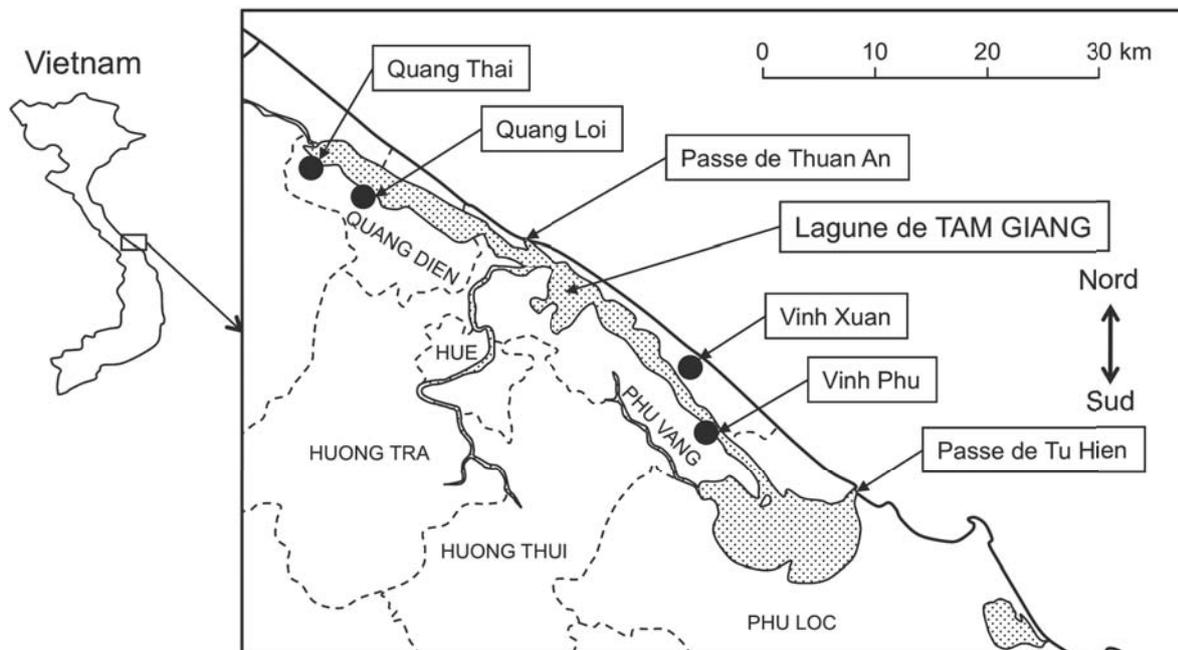


Figure 1: Carte schématique de la zone côtière de la province de Thua Thien Hue, Centre Vietnam (schéma tracé par les auteurs).

### Abondance des espèces lagunaires

L'abondance des espèces a été évaluée en quatre endroits de la lagune dans les communes de Quang Thai et Quang Loi le 8 mars 2005, et dans les communes de Vinh Xuan et Vinh Phu le 24 mars 2005. Ces communes, deux au Nord de la lagune et deux au Sud, ont été choisies sur la base d'une large enquête socio-économique et agricole effectuée en 2004 (16). Sur chaque site, 4 parcelles de 1 m<sup>2</sup> distantes de 20 m ont été délimitées, à des distances variables de la berge où la profondeur d'eau était de l'ordre de 1 m. L'abondance relative des espèces a été déterminée par évaluation visuelle du pourcentage de recouvrement de chaque espèce, sur la base de schémas carrés présentant aléatoirement différents taux de remplissage. Ensuite, la totalité de la biomasse a été récoltée; les plantes ont été triées par espèce, rincées dans l'eau de la lagune pour enlever la terre adhérente, débarrassées de leurs racines le cas échéant, secouées vigoureusement pour enlever l'excès d'eau et pesées pour déterminer le poids de la biomasse fraîche. Par ailleurs, on a recherché des sites caractérisés par un tapis dense constitué d'une seule espèce, à savoir *Vallisneria spiralis*, *Najas indica*, *Cymodocea rotundata* ou *Halodule tridentata*. Les mesures de biomasse fraîche ont également été effectuées sur des parcelles de 1 m<sup>2</sup>.

### Caractérisation chimique des plantes aquatiques

Trente échantillons de plantes aquatiques, séchés à 60 °C et broyés finement, ont fait l'objet d'une analyse chimique par des méthodes classiques (24): teneur en N par la méthode Kjeldahl, teneurs en P,

K, Mg, Ca, Na sur échantillons calcinés à 450 °C, avec dissolution des cendres à l'acide et dosage des éléments par spectrophotométrie ICP (plasma à couplage inductif). La teneur en C a été évaluée en considérant que la perte de masse après calcination à 450 °C correspond approximativement au double de la teneur en C organique (1, 18).

Au moins un échantillon de chaque espèce a été analysé ainsi que plusieurs échantillons des espèces les plus importantes prélevées à des stades de développement différents ou à des endroits différents. La récolte s'est effectuée selon les pratiques locales de manière à obtenir des échantillons comparables aux matières végétales utilisées par les agriculteurs pour la fertilisation. Des échantillons d'eau ont également été prélevés afin d'observer d'éventuelles influences de la salinité de l'eau sur la composition des échantillons de plantes.

### Résultats et discussion

#### Inventaire des plantes aquatiques

Douze espèces de macrophytes submergés ont été identifiées appartenant à deux classes différentes, dix de la classe Liliopsida et deux de la classe Magnoliopsida; cinq espèces d'algues ont été relevées dans la lagune, et par comparaison, nous avons aussi inclus dans cette étude deux plantes d'eau douce. La taxonomie et diverses caractéristiques de ces plantes sont données au tableau 1. Bien que notre inventaire ait porté sur une période limitée (février à avril), on note que seules deux espèces de macrophytes supplémentaires ont été relevées par Do Trinh Hue (3)

suite à des observations sur une plus longue durée (1998-2003), à savoir *Ruppia maritima* et *Thalassia hemprichii*. On peut en déduire que les espèces

inventoriées sont vraisemblablement présentes de façon constante dans les lagunes côtières étudiées.

Tableau 1

## Taxonomie des espèces aquatiques, noms locaux, nombre de sites et période d'observation, et salinité des lieux de prélèvement

Espèce Classe Famille	Noms locaux	Nbre sites obs.	Période observ.	Salinité g. l <sup>-1</sup>	Remarques
Macrophytes submergés de la lagune					
<b><i>Potamogeton malaianus</i></b> Miq. Liliopsida Potamogetonaceae	co hoi, la tre, co ngua, rong duoi ngua	10	février mars avril	1 à 8	plante toujours mélangée à d'autres espèces, notamment <i>Vallisneria spiralis</i> et <i>Hydrilla verticillata</i> .
<b><i>Najas indica</i></b> (Willid.) Cham. Liliopsida Najadaceae	co long, rong dot, rong rau cam	14	février mars avril	1 à 26	espèce rencontrée dans la surface la plus étendue.
<b><i>Najas minor</i></b> All. Liliopsida Najadaceae	co long, rong dot, rong rau cam	4	février mars	1 à 4,5	rencontrée uniquement en petites quantités, de façon éparpillée.
<b>Cymodoceae rotundata</b> Asch. & Schweinf. Liliopsida Cymodoceaceae	co he, co toc, thai kim ba rang	8	avril	17 à 33	plante toujours rencontrée sous forme de tapis dense monospécifique.
<b><i>Halodule tridentata</i></b> Unger Liliopsida Cymodoceaceae	co he, co toc	8	avril	17 à 22	rencontrée uniquement sous forme de tapis végétal monospécifique.
<b><i>Hydrilla verticillata</i></b> Royle Liliopsida Hydrocharitaceae	rong co chon, thuy thao, rong duoi cho, co dang, la cho	10	février mars avril	0 à 8	souvent rencontrée de manière éparse, en mélange avec <i>Vallisneria spiralis</i> et <i>Potamogeton malaianus</i> ; ne semble pas envahissante dans les conditions locales.
<b><i>Vallisneria spiralis</i></b> L. Torr. Liliopsida Hydrocharitaceae	rong mai cheo, rau la	14	février mars avril	1 à 8	rencontrée parfois sous forme de couvert monospécifique assez dense et parfois en mélange avec d'autres espèces.
<b><i>Blyxa japonica</i></b> Maxim. ex Asch. u. Gurk. Liliopsida Hydrocharitaceae	chan thuy	5	février avril	1 à 4,5	toujours présente de manière très éparse.
<b><i>Halophila ovalis</i></b> Hook.f. Liliopsida Hydrocharitaceae	inconnu	2	avril	19	observée dans des bassins d'aquaculture; couvert très peu dense.
<b><i>Halophila beccari</i></b> Aschers. Liliopsida Hydrocharitaceae	inconnu	6	avril	17 à 22	tapis très denses monospécifiques.
<b><i>Ceratophyllum cf. submersum</i></b> L. Magnoliopsida Ceratophyllaceae	rong duoi chon, co hoi	1	mars	/	
<b><i>Miriophyllum spicatum</i></b> L. Magnoliopsida Haloragaceae	rong duoi chon, rong duoi cho gie	4	février mars avril	1 à 4,5	très fréquente dans les rivières et les mares, peu fréquente dans la lagune, souvent à proximité des arrivées d'eau douce.

Algues de la lagune				
<b><i>Enteromorpha flexuosa</i></b> J. Agardh Chlorophyceae <i>Ulvaceae lamouroux</i>	tao xanh	10	février mars	présente dans les zones peu à moyennement salées.
<b><i>Enteromorpha flexuosa f. submarina</i></b> Collins & Hervey Chlorophyceae <i>Ulvaceae lamouroux</i>	tao xanh	3	février mars	présente en quantités beaucoup plus faibles que <i>Enteromorpha flexuosa</i> .
<b><i>Rhizoclonium kernerii</i></b> Stockmayer Chlorophyceae Cladophoraceae	tao xanh	15	février mars	fréquente dans les eaux peu à moyennement salées; présente surtout aux endroits de rejet des effluents des villages dans la lagune et dans les bassins d'aquaculture isolés par des digues en terre.
<b><i>Chara zeilanica</i></b> Klein ex Willdenow Chlorophyceae Characeae	tao xanh	7	février mars avril	présence de plusieurs espèces de <i>Chara</i> dans la lagune, très ressemblantes; zones de salinité faible à moyenne et dans les bassins d'aquaculture fermés par des digues en terre; parfois en mélange avec <i>Najas indica</i> et <i>Vallisneria spiralis</i> .
<b><i>Gracilaria tenuistipitata</i></b> C.F. Chang & B.M. Xia Floridophyceae Gracilariaceae	tao nau, rau cau	20	février mars avril	zones de salinité moyenne à élevée; très fréquente, souvent cultivée et récoltée pour la fabrication de l'agar.
Plantes d'eau douce				
<b><i>Eichhornia crassipes</i></b> Solms Liliopsida Pontedeiriaceae	beo luc binh, beo nhat ban	>100	février mars avril	plante flottante avec racines immergées, envahissante, très connue dans le monde entier sous le nom de jacinthe d'eau; couvre la totalité de la surface de certains plans d'eau; rencontrée aussi dans les grands cours d'eau, notamment dans la rivière de parfums.
<b><i>Pistia stratiotes</i></b> L. Araceae	beo ong	10	février mars avril	plante flottante de petite taille connue sous le nom de laitue d'eau; moins fréquente que la jacinthe d'eau, mais présente assez souvent dans les zones inondées où le courant est faible; couvert quelquefois assez dense.

### Abondance des espèces lagunaires

L'abondance des espèces mesurée en 4 sites est donnée au tableau 2. Le pourcentage de recouvrement de chaque espèce sur les parcelles de 1 m<sup>2</sup> est donné par rapport au recouvrement de l'ensemble des espèces, que celui-ci soit total ou partiel. Cinq espèces étaient présentes en mélange sur les sites de Quang Thai et Quang Loi, alors qu'une seule espèce a été observée sur les sites de Vinh Phu et Vinh Xuan. A Quang Thai, *Vallisneria spiralis* dominait largement (60% de la couverture totale), mais n'empêchait pas la prolifération d'autres espèces en quantités non négligeables. A Quang Loi, *Najas indica* et *Vallisneria spiralis* représentaient 80% de la couverture totale tout en permettant également le développement d'autres espèces. A Vinh Xuan et Vinh Phu, une seule espèce était présente mais la couverture était loin d'être totale, ce qui n'entravait donc pas le développement éventuel d'autres espèces. Cette couverture monospécifique peut être due à des conditions de sédiments et de salinité peu favorables à la biodiversité; le sol était beaucoup plus sableux et la salinité beaucoup plus élevée à Vinh Xuan et Vinh Phu qu'à Quang Thai et Quang Loi.

La biomasse végétale fraîche récoltée sur les parcelles de Quang Thai et Quang Loi était légèrement supérieure à 3 kg.m<sup>-2</sup> alors qu'elle était de 0,9 et 1,5 kg.m<sup>-2</sup> pour les couvertures monospécifiques de Vinh Xuan et Vinh Phu. Ces résultats peuvent être comparés aux mesures de biomasse effectuées sur 4 autres sites présentant un tapis dense d'une seule espèce. Ainsi, on a mesuré des biomasses fraîches de 3,1 kg.m<sup>-2</sup> pour *Vallisneria spiralis*; 2,9 kg.m<sup>-2</sup> pour *Najas indica*; 2,3 kg.m<sup>-2</sup> pour *Cymodocea rotundata* et 2,5 kg.m<sup>-2</sup> pour *Halodule tridentata*. Ces valeurs sont comparables aux données du tableau 2 pour les parcelles contenant 5 espèces, ce qui donne à penser qu'une valeur de l'ordre de 3 kg.m<sup>-2</sup> représente la biomasse potentielle de macrophytes dans des conditions optimales de croissance à cette période de l'année. Nos mesures d'abondance confirment celles de Do Trinh Hue (3) qui rapporte des valeurs de biomasse fraîche variant de 0,15 à 3,7 kg.m<sup>-2</sup>.

### Caractérisation chimique des plantes aquatiques

Le tableau 3 présente les résultats des analyses des échantillons de plantes aquatiques récoltés de façon

**Tableau 2**  
**Abondance relative et pondérale (MF: matière fraîche) des espèces observées sur 4 parcelles de 1 m<sup>2</sup> en 4 sites de la lagune de Tam Giang**

Site	Espèces	Couverture relative	Biomasse (kg MF. m <sup>-2</sup> )
Quang Thai	<i>Vallisneria spiralis</i>	60 %	2,3
	<i>Potamogeton malaianus</i>	15 %	0,3
	<i>Najas indica</i> et <i>N. minor</i>	10 %	0,3
	<i>Hydrilla verticillata</i>	10 %	0,2
	<i>Blyxa japonica</i>	5 %	< 0,1
Quang Loi	<i>Najas indica</i>	50 %	1,8
	<i>Vallisneria spiralis</i>	30 %	1,1
	<i>Hydrilla verticillata</i>	10 %	0,4
	<i>Potamogeton malaianus</i>	5 %	< 0,1
	<i>Ceratophyllum cf. submersum</i>	5 %	0,1
Vinh Xuan	<i>Halodule tridentata</i>	100 %	0,9
Vinh Phu	<i>Cymodoceae rotundata</i>	100 %	1,5

**Tableau 3**  
**Résultats des analyses de plantes aquatiques, avec indication entre parenthèses du nombre d'échantillons analysés pour une espèce donnée, s'il échet.**

Espèces	MS %MF	C %MS	N %MS	C/N	P %MS	K %MS	Mg %MS	Ca %MS	Na %MS
Macrophytes submergés de la lagune									
<i>Vallisneria spiralis</i> (5)	14,0	27,4	2,08	13,2	0,25	3,95	0,48	0,88	1,66
<i>Najas indica</i> (3)	8,9	28,8	2,39	12,0	0,34	4,19	0,87	0,65	3,37
<i>Cymodoceae rotundata</i> (3)	17,9	35,6	1,43	24,9	0,19	2,01	1,23	1,12	4,50
<i>Halodule tridentata</i> (2)	17,5	36,2	1,32	27,5	0,26	2,38	1,04	2,79	3,91
<i>Potamogeton malaianus</i> (2)	13,7	33,7	2,06	16,3	0,30	2,44	0,55	0,80	1,83
<i>Blyxa japonica</i>	10,4	32,2	2,32	13,9	0,33	3,93	0,29	0,74	0,72
<i>Hydrilla verticillata</i>	15,5	36,4	1,20	30,2	0,27	1,02	0,58	0,84	2,08
<i>Ceratophyllum cf. submersum</i>	20,7	12,4	1,90	6,5	0,08	0,97	0,39	0,23	0,81
<i>Halophila beccari</i>	16,3	26,3	1,68	15,7	0,26	1,90	0,85	2,19	4,73
<i>Halophila ovalis</i>	21,2	32,0	0,98	32,7	0,45	2,79	1,41	0,67	7,57
<i>Myriophyllum spicatum</i>	11,3	32,6	3,54	9,2	0,28	1,02	0,43	0,73	1,93
Algues de la lagune									
<i>Enteromorpha flexuosa</i> (3)	8,5	25,6	1,43	17,9	0,12	3,14	2,44	0,72	4,60
<i>Enteromorpha flexuosa f. submarina</i>	7,9	13,4	2,04	6,5	0,07	1,09	0,77	0,34	1,46
<i>Gracilaria tenuistipitata</i>	13,8	30,5	4,37	7,0	0,15	7,99	0,60	0,41	2,51
<i>Rhizoclonium kernerii</i>	8,8	22,2	0,34	66,1	0,14	4,91	1,52	1,60	4,12
<i>Chara zeylanica</i>	16,1	22,3	1,18	18,9	0,15	1,56	1,32	8,57	0,56
Plantes flottantes d'eau douce									
<i>Eichhornia Crassipes</i>	7,2	20,6	2,30	9,0	0,22	2,67	0,41	0,45	0,30
<i>Pistia stratiotes</i>	12,4	33,0	1,04	31,8	0,35	3,53	0,38	1,39	0,66

MF: matière fraîche, MS: matière sèche

analogue à ce qui se pratique localement en vue de leur utilisation en agriculture. Les valeurs moyennes sont fournies pour les espèces ayant fait l'objet de plusieurs récoltes.

La teneur en eau est dans presque tous les cas supérieure à 80% de la matière fraîche. C'est une donnée à ne pas négliger en pratique étant entendu que le transport et la manipulation de ces récoltes de

plantes aquatiques représentent un travail très lourd. L'azote est un élément clé de la valeur fertilisante des amendements organiques et l'on observe une très grande diversité de contenus pouvant guider le choix des agriculteurs dans leur stratégie de récolte. Une autre étude a porté spécifiquement sur la capacité de fertilisation azotée d'une dizaine de plantes aquatiques (9). Le rapport C/N est important à considérer dans le processus de minéralisation-humification de ces

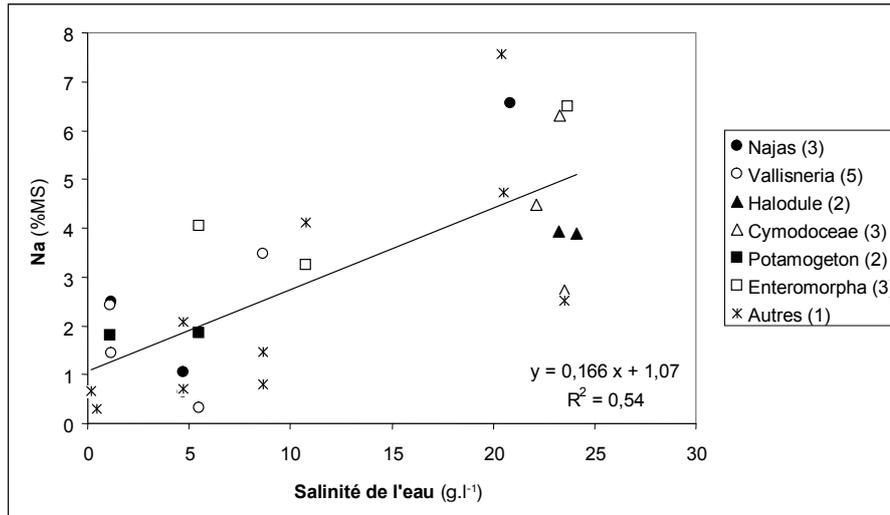


Figure 2: Relation entre la teneur en Na des plantes aquatiques (MS: matière sèche) et la salinité de l'eau. Le nombre de sites d'observation pour une espèce donnée est indiqué entre parenthèses.

plantes lorsqu'elles sont appliquées au sol. Un rapport C/N de l'ordre de 20-25 permet d'assurer une humification sans immobilisation nette d'azote inorganique du sol (13). Ainsi des plantes très utilisées en pratique comme *Najas indica*, *Vallisneria spiralis*, *Enteromorpha flexuosa* et *Eichhornia crassipes* présentent des rapports C/N faibles, ce qui, combiné à leur abondance, les rend particulièrement intéressantes en tant que source potentielle d'azote pour les cultures. Par contre, *Hydrilla verticillata* présente un rapport C/N élevé bien que ce soit une espèce très appréciée. *Rhizoclonium kernerii* est une algue très prolifique dans les bassins d'aquaculture; son rapport C/N très élevé pose cependant question pour son utilisation agricole potentielle.

Quant aux teneurs en autres éléments, on note que les algues sont particulièrement pauvres en P par rapport aux autres plantes. Les teneurs en K, élément considéré comme immédiatement disponible pour les plantes lors d'amendements organiques, sont variables, mais on note des teneurs élevées pour des plantes très utilisées comme *Vallisneria spiralis*, *Najas indica* et *Enteromorpha flexuosa*, cette dernière espèce présentant également une teneur élevée en Mg. Les teneurs en Na sont nettement plus élevées pour les plantes de la lagune que pour les plantes d'eau douce, ce qui laisse supposer une liaison à la salinité de l'eau comme montré à la figure 2. La corrélation s'avère significative au niveau  $P < 0,001$ , la salinité expliquant 54% de la variance des teneurs en Na.

## Conclusion

Cette étude a mis en évidence la diversité de plantes aquatiques présentes dans la lagune de Tam Giang, susceptibles d'être utilisées comme amendement des

sols sableux par les agriculteurs. L'abondance de ces plantes dépend de l'espèce et de la localisation dans la lagune dont la salinité est très variable allant d'eaux relativement douces à proximité des embouchures des rivières à des eaux dont la composition est comparable à celle de l'océan au voisinage des passes entre la lagune et la mer.

La biomasse maximale relevée au cours des mois de février à avril s'élève à un peu plus de 3 kg de matière fraîche par m<sup>2</sup>; le potentiel de production de biomasse est cependant fortement tributaire des conditions locales, notamment de la nature des sédiments d'ancrage des macrophytes aquatiques et de la profondeur d'eau. L'accessibilité de ces ressources végétales doit aussi être considérée, notamment suite au développement rapide de l'aquaculture qui restreint les zones de prélèvement possible (22).

L'originalité de cette recherche réside aussi dans la caractérisation chimique des plantes aquatiques pour lesquelles peu de données sont disponibles dans la littérature et qui conditionne leur valeur fertilisante. Outre des éléments nutritifs essentiels, ces plantes contiennent des concentrations variables de sodium, partiellement reliées à la salinité du lieu de prélèvement. Un article suivant se penchera sur l'utilisation de ces plantes par les agriculteurs que l'on tentera de relier à leur disponibilité dans la lagune et dans les autres systèmes aquatiques.

## Remerciements

Les auteurs remercient la CUD (Commission de Coopération au Développement des universités francophones de Belgique) pour le soutien financier apporté à ce projet de recherche. P.-Y. Ancion et Hoang Thi Thai Hoa remercient aussi la CUD et

l'Université Catholique de Louvain pour l'octroi de bourses de voyage et de recherche au Vietnam et en Belgique. Les auteurs sont très reconnaissants

à Mesdames A. Iserentant et Cl. Givron (UCL) pour leur appui technique très efficace à la réalisation des analyses chimiques rapportées dans cette étude.

### Références bibliographiques

- Adams R.C., MacLean F.S., Dixon J.K., Bennett F.M., Martin G.I. & Lough R.C., 1951, The utilization of organic wastes in N.Z.: second interim report of the inter-departmental committee. New Zealand Engineering, 15, 396-424.
- Brzeski V.J. & Newkirk G.F. (Eds), 2002, Lessons in resource management from the Tam Giang lagoon, The Gioi Publishers, Hanoi, 237 p.
- Do Trinh Hue (Ed.), 2003, Atlas des lagunes de Thua Thien Hue. Connaissance pour un développement durable, Hue University, College of Sciences, and Université de Lille I, 111 p.
- Gajalakshmi S., Ramasamy E.V. & Abbasi S.A., 2002a, Vermicomposting of different forms of water hyacinth by the earthworm *Andrilus Eugeniae*, Kingberg. Bioresource Technology, 82, 165-169.
- Gajalakshmi S., Ramasamy E.V. & Abbasi S.A., 2002b, High-rate composting-vermicomposting of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*, Mart. Solms). Bioresource Technology, 83, 235-239.
- Kim Pham, 1982, L'*Azolla pinnata*, plante miracle des rizières du Vietnam. Biofutur, 1, 11-21.
- Little E.C.S., 1979, Handbook of utilization of aquatic plants. FAO Fisheries Technical paper n°187, Rome, 176 p.
- Moore A.W., 1969, *Azolla*: biology and agronomic significance. Botanical Review, 35, 17-34.
- Nève C., Ancion P.-Y., Hoang Thi Thai H., Pham Khanh T., Chiang C.N., Dufey J.E., 2009, Fertilization capacity of aquatic plants used as soil amendment in the coastal sandy area of Central Vietnam. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40, 17-18, 2658-2672.
- Nguyen Cong Loi (Ed.), 2006, Statistical yearbook 2005. Thua Thien Hue statistical office, Hue, 276 p.
- Nguyen Huu D., Huynh Quang N., Tran Ngoc B. & Nguyen Van T., 1993, Marine algae of North Vietnam. Editions Science et Technique, Hanoi (en vietnamien).
- Nguyen Van T., 2004, Characteristics of coastal arenosol soils and present utilization in Northern Central region. Vietnam Soil Science Journal, 20, 25-29 (en vietnamien).
- Paul E.A. & Clark F.E., 1989, Soil microbiology and biochemistry. Press Academy Inc., San Diego, 273 p.
- Pham Hoang H., 1972, An illustrated flora of south Viet-Nam. Maison d'édition de Saigon, Ho Chi Minh-City (en vietnamien).
- Pham Hoang H., 1993, An illustrated flora of Vietnam. Tome II Fascicule I et Tome III fascicule I. Maison d'édition Jeunes, Ho Chi Minh-City (en vietnamien).
- Pham Khanh T., Hoang Thi Thai H., Hoang Nghia D., Le Dinh H., Nguyen Dang H., Nguyen Thi D., Nguyen Minh H., Le Duc N., Pham Quang H., Lebailly P., Francis F., Haubruge E., Bragard C., Dufey J.E., 2005, Farming systems in the sandy area of the Thua Thien Hue Province, Central Vietnam. Survey of socio-economic situation and constraints identified by farmers. In: Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture. Proceedings Symposium Khon Kaen, Thailand, Nov 28 -Dec 2, 2005, FAO Corporate Document Repository, 75-80.
- Richards L.A., 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture handbook n°60. United States Department of Agriculture. Government Printing Office, Washington, 160 p.
- Richard T., 1992, Ratio of C and N. In: Rynk R. (Ed.), On-farm composting handbook. published by NRAES Ithaca (<http://compost.css.cornell.edu/calc/carbon.html>).
- Singh S.B., 1962, Preliminary experiments on the relative manorial values of some aquatic weeds as composts, pp. 141-145. In: Little E.C.S., 1979, Handbook of utilization of aquatic plants. FAO Fisheries Technical paper n°187. Rome, 176 p.
- Tate R.L. & Riemer D.N., 1988, Aquatic weed biomass disposal: effect on soil organic matter. Journal of Environmental Quality, 17, 163-168.
- Ton That P., 1993, Study about the aquatic plants in Tam Giang Lagoon in Thua Thien Hue province. PhD Thesis, Hue University, Hue-City (en vietnamien).
- Ton That P., Le Van M. & Le Thi Nam T., 2002, Sustainable development of aquaculture in Tam Giang lagoon, pp. 27-37. In: Brzeski V.J. & Newkirk G.F. (Eds.), Lessons in resource management from the Tam Giang lagoon, The Gioi Publishers, Hanoi, 237 p.
- Van Hove C. & Lejeune A., 2002, Applied aspects of *Azolla-Anabaena* symbiosis, pp. 179-193. In: Rai A.N., Bergman B. & Rasmussen U. (Eds), Cyanobacteria in symbiosis, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 368 p.
- Van Ranst E., Verloo M., Demeyer A. & Pauwels J.M., 1999, Manual for the soil chemistry and fertility laboratory. Analytical methods for soils and plants. Equipment and management of consumables, University of Ghent, Gent, 243 p.

P.-Y. Ancion, belge, bioingénieur UCL, Doctorant, University of Auckland, New Zealand.

Hoang Thi Thai Hoa, vietnamienne, MSc, Professeur, Hue University of Agriculture and Forestry, Vietnam.

Ton That P., vietnamien, PhD, Professeur, College of Sciences at Hue University, Vietnam.

Pham Khanh T., vietnamien, MSc, Professeur, Hue University of Agriculture and Forestry, Vietnam.

Chiang C.N., belge, Dr, Professeur, Université catholique de Louvain, Belgique.

J.E. Dufey, belge, Dr, Professeur, Université catholique de Louvain, Belgique. Gsm: 0476 75 94 53 [joseph.dufey@uclouvain.be](mailto:joseph.dufey@uclouvain.be)