



**Typha**  
**Combustible et**  
**Construction**  
**en Afrique de l'Ouest**



---

# Essai sur la croissance et la productivité du typha

---

## Rapport Final



**Souleyman Diallo**  
**Décembre 2022**

## TABLE DES MATIERES

Table des matières.....	2
Résumé exécutif .....	3
1 - Introduction.....	4
1.1 - Contexte et justification .....	4
1.2 - Objectif de l'étude .....	4
1.3 - Etat des connaissances d'après la bibliographie .....	4
2 - Matériel et méthode.....	5
2.1 - Facteur étudié et traitements (ou niveaux).....	6
2.2 - Dispositif expérimental .....	6
2.3 - Paramètres ou variables suivis.....	6
2.4 - Protocole d'observation et d'échantillonnage sur le terrain .....	7
2.5 - Réalisation des analyses fines .....	7
3 - Conditions de réalisation de l'essai et problèmes rencontrés .....	8
3.1 - Température, humidité relative et précipitations.....	8
3.2 - Niveau d'inondation .....	8
3.3 - La prolifération du riz sauvage .....	10
4 - Résultats et discussions .....	10
4.1 - Effet des traitements sur la croissance en hauteur et sur la densité .....	10
4.2 - Effet des traitements sur le rendement et le taux de matière sèche.....	13
4.3 - Comparaison des traitements par rapport aux données d'analyse chimique .....	16
4.4 - Discussion .....	18
5 - Conclusion .....	19
5.1 - Bilan économique sommaire.....	20
5.2 - Que faut-il retenir ?.....	20
6 - Références bibliographiques.....	21
Quelques photos relatives à la conduite de l'essai .....	23

## RESUME EXECUTIF

L'étude sur la croissance et la productivité du Typha qui fait l'objet du présent rapport a été réalisée dans le cadre du programme TyCCAO (Typha Combustible Construction en Afrique de l'Ouest).

Consistant en un essai agronomique, elle a été conduite en milieu naturel sur une population de typha poussant sur la bordure nord-ouest de la réserve d'eau de Bango situé à environ 5 km au nord de Saint-Louis. Des parcelles de 25 m<sup>2</sup> ont été délimitées suivant un dispositif en blocs de Fisher avec 5 répétitions pour tester l'effet sur la croissance et la productivité de quatre régimes de coupe du typha sur une période de 12 mois, après une coupe de toutes les parcelles en T0 : coupe tous les 3 mois ; tous les 6 mois ; au bout de 9 mois ; au bout de 12 mois.

L'évaluation a porté sur la hauteur des plantes, sur la densité, et sur la biomasse et le taux de matière sèche de parties aériennes. Des analyses d'échantillons ont été également effectuées pour évaluer la variation de la composition chimique en sel (NaCl), extraits Soxhlet, lignine, cellulose, hémicellulose et cendres totales.

La croissance du typha durant la période de l'essai (de mars 2021 à mars 2022) a été influencée par un déficit prononcé de la submersion et des périodes prolongées d'assèchement des parcelles ainsi qu'une prolifération du riz sauvage à rhizomes.

Les hauteurs moyennes des plantes les plus élevées n'ont pas atteint les 3m. Les faibles intervalles de coupe ont eu pour conséquence une réduction significative de la hauteur moyenne des typhas : moyennes  $\leq 2$ m pour les récoltes tous les 3 mois, juste au-dessus de 2,40m pour les récoltes par 6 mois et entre 2,50 et 2,66<sup>2</sup> m pour les coupes au bout de 9 mois ou 12 mois.

Les densités enregistrées ont été globalement faibles, la moyenne générale sur l'ensemble de l'essai se situant à 12,9 /m<sup>2</sup>(contre 30 à 60 /m<sup>2</sup> observés dans d'autres études). Les traitements (régimes de coupes) ne semblent pas avoir eu d'effet sur la densité, les différences notées seraient plutôt imputables à la variabilité du terrain notamment par rapport aux deux facteurs adverses évoqués (déficit hydrique et prolifération du riz à rhizomes).

En termes de productivité, le meilleur rendement obtenu a atteint à peine 25T/ha (en vert) et 6,5 t de Biomasse Sèche/ha sur 12 mois avec les quatre récoltes successives à trois mois d'intervalle. Cela représente environ 1/2 à 1/4 des valeurs de rendement le plus souvent rapportés dans la littérature qui sont comprises entre 11 à 25 tonnes de BS à l'hectare. En dépit de des niveaux faibles de production, il est apparu, de façon globale, que le rendement d'une récolte est d'autant plus élevé que la durée de croissance est plus longue, cela sur une période de 12 mois.

Le cumul des rendements sur une année a montré un avantage léger mais non-significatif de quatre récoltes tous les 3 mois ou de deux récoltes par six mois par rapport à une récolte au bout de 12 mois. Les niveaux assez élevés des taux de matière sèche observés (moyenne de 24,8%) sont sans doute liés aux conditions relativement "sèches" dans lesquelles l'essai s'est déroulé.

Les résultats des analyses chimiques ont montré des taux assez élevés en sel (2 à 3 %), plus élevés dans les cycles longs ; Cela serait dû à une remontée de la nappe salée causée par les périodes d'assèchement des parcelles.

Les cendres totales et les Extraits Soxhlet, avec des moyennes générales de 8,91% et 1,48%, semblent un peu faibles si on les compare aux données disponibles pour la zone du lac de Guiers : 14,91% de matières minérales et de 2,46% de matières grasses. Les taux de lignine plus élevés des traitements correspondant aux durées de croissance plus courtes (de l'ordre de 20%) est quelque peu surprenante car on pourrait s'attendre à ce que les plantes des traitements C12 et C9 soient plus lignifiées alors qu'ils ne représentent que 11%. Pour la teneur en cellulose et l'hémicellulose, il n'est pas apparu de tendance claire par rapport à la durée ou la période de croissance du typha.

Il serait intéressant de compléter les résultats obtenus à l'issue de cet essai par d'autres études qui seraient menées dans d'autres sites et qui couvriraient une période allant au-delà de 12 mois. Il est probable que les typhaies plus anciennes accumulent de la biomasse pendant plusieurs années, permettant des récoltes plus importantes pour des cycles plus long.

## 1 - INTRODUCTION

### 1.1 - Contexte et justification

Le présent rapport porte sur un essai agronomique sur la croissance et la productivité du Typha qui a été conduit à la suite d'un appel d'offre émis dans le cadre du programme TyCCAO (Typha Combustible Construction en Afrique de l'Ouest). Ce programme a pour objectif de contribuer à la transition énergétique et la lutte contre le changement climatique grâce au développement de l'utilisation de combustibles d'origine renouvelable et à la promotion de l'efficacité énergétique dans le bâtiment à travers une large utilisation de produits élaborés à base de typha.

Le programme TyCCAO comporte 4 volets dont : (1) connaissance et gestion de la ressource ; (2) valorisation du typha comme biocombustible ; (3) valorisation du typha comme matériau de construction ; (4) Capitalisation, sensibilisation et formation.

L'essai agronomique constitue une des composantes du volet 1 qui a pour objectif d'établir un plan de gestion permettant un approvisionnement durable en typha pour sa valorisation qui soit fondé sur une maîtrise du fonctionnement agronomique du Typha et de son développement dans le bassin du fleuve Sénégal (cartographie) ainsi que sur une concertation avec les acteurs.

Par ailleurs, dans l'optique du programme TyCCAO de favoriser une valorisation du typha pour atteindre un meilleur contrôle de la plante, il est nécessaire de mieux connaître ses caractéristiques physico-chimiques notamment liées aux techniques de coupe. Cela permettrait d'obtenir des produits qui répondent au mieux aux besoins des opérateurs qui souhaitent valoriser la plante notamment dans le secteur de la construction (sous différente forme : terre-typha, toit de chaume, etc.). Bien que la littérature fournisse certaines informations sur le sujet, il apparait essentiel aux acteurs de ces filières de réaliser de tests sur le terrain pour mieux connaître les impacts du régime de coupe sur la croissance, la productivité et la qualité de la plante.

### 1.2 - Objectif de l'étude

L'objectif de l'essai, selon les termes de référence, est d'étudier la croissance du typha (*Typha domingensis* Pers) et de déterminer certains de ses composants chimiques en fonction du régime (fréquence) de coupe sur une durée d'environ 12 mois (360 jours). De façon plus spécifique, il s'agissait d'évaluer la variation en fonction du régime de coupe des paramètres de croissance tels la hauteur des plantes, la quantité récoltée en vert et la biomasse aérienne après séchage, le taux de matière sèche ainsi que la composition des feuilles et tiges récoltées en sel (NaCl) , cellulose, hémicellulose, lignine, lignine Klason (insoluble en milieu acide), extraits Soxhlet et cendres totales.

### 1.3 - Etat des connaissances d'après la bibliographie

Les informations disponibles dans la littérature sur la croissance ou sur la productivité de *Typha domingensis* Pers. sont assez variables. Celles qui sont relatives à la région qui nous concerne, le delta du fleuve Sénégal, sont peu nombreuses.

*Typha domingensis* Pers. est une grande herbacée héliophyte dont la taille maximale mentionnée dans la littérature varie selon les auteurs, sans doute en raison de la variation des conditions du milieu. Des hauteurs pouvant être atteintes par cette espèce allant jusqu'à 5m, voire 6m ont été rapportées (Hall 2008, Bosch 2011, African Plant Database 2012, Mboup 2014. D'autres mentionnent des tailles de 3m à

4m de haut (Sarr 2003, Thiam 2012, Mbaye 2015, PREDAS (Projet régional de promotion des énergies domestiques et alternatives au Sahel), 2017). Des travaux portant sur des expériences en milieu contrôlé ont abouti à des hauteurs moins importantes : 2,75 m au bout de 6 mois de croissance (Grace, 1989) ; 2,06m mesurés sur plante issue de repousse de rhizome ou 1,80m sur plante issue de germination de graine après une croissance de 248 jours (Thiam, 2012).

En ce qui concerne la productivité, des rendements de biomasse verte (BV) de Typha dans le delta du fleuve Sénégal de 120 à 135 t/ha ont été rapportés par Sarr (2003), se basant sur une estimation par SIG effectuée par la SAED2 en 1998 sur 7000 ha. Le Programme PERACOD2 (Promotion de l'Electrification Rurale et de l'Approvisionnement Durable en Combustibles Domestiques) mentionne dans sa Brochure (2006) des rendements de 131 à 139 t/ha de BV ou entre 22,7 et 24,1 t/ha de biomasse sèche (BS), sans que la méthodologie utilisée ne soit précisée. Cette estimation a concerné les deux rives et a couvert 12566 ha. Les travaux de Mboup (2014), géographiquement beaucoup plus localisés et basés sur des données obtenues sur placettes de sondage, ont abouti à des rendements nettement inférieurs : 2,8kg /m<sup>2</sup> de BV (ou 28 t /ha) et 0,4kg /m<sup>2</sup> de BS, soit 4 t/ha.

Ailleurs, Bosch (2011) mentionne une production de *T. domingensis*, en Afrique, de 13-15 t /ha /année de BS, ce qui correspond à 65-75 t /ha /année de BV (taux de conversion de 20%). Au lac Burullus en Egypte, la biomasse sèche aérienne totale de *T. domingensis* a été estimée à 3578g /m<sup>2</sup> en moyenne mais avec une forte variation allant de 340g /m<sup>2</sup> à 8211g /m<sup>2</sup> (Ebrahim M. Eida et al. 2012). Cela correspond à une moyenne de 35,78 t/ha avec une variation de 3,4 t/ha à 82,11 t/ha (mais on parle dans ce cas de biomasse sur pied et non de productivité annuelle). Ce même auteur cite d'autres travaux rapportant des poids secs maximaux de : 14-24 t/ha à San Jan River, Cuba (Fraga et Kvet, 1993) ; 11-12 t/ha en Floride, USA (Miao et Sklar, 1998) ; 19-25 t/ha à Rio de Janeiro, Brésil (dos Santos et al. 2006).

Parmi les facteurs de variation de la croissance et de la productivité de de *T. domingensis*, la fertilité du milieu et la profondeur de la submersion sont les plus cités dans la littérature. Une étude en milieu contrôlé de de Grace, 1989, a montré une forte différence de la taille des plantes selon le niveau de submersion : 275 cm dans une profondeur d'eau de 95-130 cm de contre 110 cm dans 5 cm de profondeur d'eau, cela après 6 mois de croissance. Des travaux ont montré que des apports de phosphore ou de phosphore + azote ont entraîné un accroissement significatif ( $p = 0,013$ ) de la hauteur ainsi que de la production de feuilles et du nombre de pousses et donc de la biomasse (Macek et Rejmánková, 2007, Rejmánková et al., 2008).

Il ressort des informations rapportées par ces différentes références que la productivité du typha est très variable, dépendant sans doute des milieux et des conditions de croissance. Les biomasses mesurées directement (qu'il ne faut pas confondre cependant avec la productivité annuelle) varient de 4T à 80T BS/ha, avec une majorité aux alentours de 20T/ha. Parmi les conditions de variation, les plus déterminantes pour une zone climatique donnée, sont le niveau de submersion et la richesse du milieu en éléments nutritifs, phosphore et azote en particulier. On peut également mettre en avant l'âge des peuplements, les peuplements les plus anciens continuant sans doute à accumuler de la matière sèche au fil des années.

## 2 - MATERIEL ET METHODE

L'essai a été conduit en milieu naturel sur une population de typha poussant sur la bordure ouest de la réserve d'eau de Bango qui alimente la ville de Saint-Louis. Le site est situé à moins d'un km au nord du village de Bango, à droite sur la piste qui mène au périmètre aménagé pour les rizières du village et qui aboutit au village de Mboubène. La réserve, protégée par un barrage contre l'intrusion de l'eau salée, est alimentée par le marigot de Mboubène qui est un défluent du Lampsar. D'après les informations recueillies, l'étendue colonisée par le typha au niveau de la réserve s'étend sur plusieurs dizaines d'hectares. Le typha croissant dans cette zone est fréquemment exploité par les populations pour des besoins d'artisanat, de construction ou de vente suivant des commandes contractées par des

partenaires, et en particulier par M. Mbaye, artisan spécialisé dans la production et la construction de clôture et autres à base de typha, qui a collaboré dans le cadre de cet essai.

L'emplacement de l'essai a été choisi en fonction de l'homogénéité de la végétation de typha et de l'uniformité du niveau de submersion. L'essai lui-même a été entouré par une clôture en grillage pour le protéger contre la divagation des animaux. Une allée de 2-3 m de large a été disposée tout autour de l'essai et a été régulièrement entretenue pour servir de pare-feu.

## 2.1 - Facteur étudié et traitements (ou niveaux)

L'étude portait sur un seul facteur étudié, le régime ou fréquence de coupe qui comportait 4 niveaux (ou traitements):

- 1) coupe tous les 3 mois ou 90 jours (noté C/3) : 4 coupes au total
- 2) coupe tous les 6 mois ou 180 jours (C/6) : 2 coupes au total
- 3) coupe après une croissance de 9 mois ou 270 jours (C/9) : 1 seule coupe
- 4) coupe après une croissance de 12 mois ou 360 jours (C/12) : 1 seule coupe

## 2.2 - Dispositif expérimental

L'essai a été conduit suivant un dispositif en blocs complets randomisés avec 5 répétitions impliquant un nombre total de 20 parcelles pour l'ensemble de l'essai. La dimension d'une parcelle pour chaque traitement mesurait 25 m<sup>2</sup>, soit 5 m \* 5 m. Les parcelles étaient séparées par des allées de 1 m pour faciliter les mesures, l'échantillonnage et les opérations de coupe. Une allée d'au moins 2 m de large était disposée tout autour de l'essai et était fréquemment entretenue pour minimiser les risques d'incendie. Le schéma du plan d'implantation de l'essai est représenté à la figure 1.

Avant le démarrage de l'essai, une coupe préliminaire a été effectuée sur toute la surface occupée par l'essai pour constituer une sorte de mise à niveau, ayant un rôle équivalent à celui d'une plantation. La date de réalisation de cette coupe, le 14 mars 2021, constituait le début de démarrage effectif de l'essai dont la conduite au champ s'est déroulée jusqu'au 10 mars 2022, soit une période de 12 mois (360 jours).

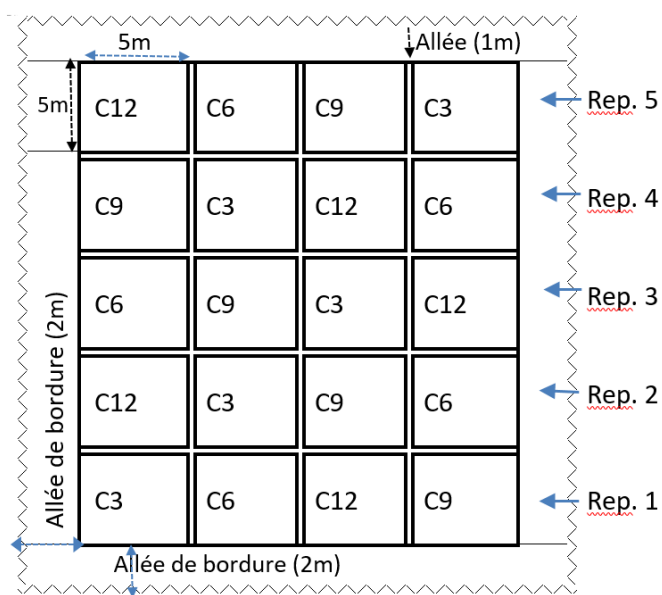


Figure 1 - Schéma de l'implantation de l'essai

## 2.3 - Paramètres ou variables suivis

Les observations de terrain ont porté sur les paramètres suivants : la hauteur des plantes mesurée tous les 15 jours ; le niveau l'eau dans les parcelles ; la densité des pousses avant chaque coupe ; le poids en vert des parties aériennes et la biomasse récoltée après séchage à l'air ; (tiges + feuilles)

Les analyses au laboratoire ont concerné : l'évaluation du taux de matière sèche des parties aériennes après séchage à l'étuve qui a été effectuée au laboratoire des sols et plantes du Centre ISRA de Saint-Louis ; la composition chimique des tiges + feuilles récoltées pour laquelle les analyses ont été réalisées au Laboratoire Nationale d'Elevage et de Recherche Vétérinaire de l'ISRA à Dakar ; ces analyses chimiques ont porté sur le sel (NaCl), la cellulose, l'hémicellulose, la lignine, la lignine Klason (insoluble en milieu acide), les extraits Soxhlet et les cendres totales.

## 2.4 - Protocole d'observation et d'échantillonnage sur le terrain

### 2.4.1 - Observations continues réalisées tous les 15 jours

La profondeur de submersion dans chaque parcelle a été mesurée à deux endroits pris au hasard à l'aide d'une règle graduée.

La hauteur moyenne des plantes dans chaque parcelle a été estimée en effectuant la mesure sur un échantillon de 10 plantes prises au hasard ; cette mesure, réalisée à l'aide d'un ruban-mètre semi-rigide, concernait la hauteur totale incluant la partie sous l'eau en cas d'inondation.

La présence d'autres espèces végétales aquatiques ainsi que leur pourcentage de recouvrement ont été enregistrés lors des observations effectuées tous les 15 jours.

### 2.4.2 - Dates de réalisation des récoltes (coupes) et échantillonnages connexes

Lors des opérations de récolte, les typhas ont été coupés à environ 5 cm au-dessus de la surface de l'eau ou de la surface du sol en cas d'absence de submersion. Les dates des opérations de coupe pour les différents traitements sont indiquées dans le tableau 1. Ces dates sont exprimées en nombre de jours à partir du jour (0) de démarrage de l'essai

Tableau 1 : Plan de réalisation des récoltes indiquant les dates de coupe pour les différents traitements (date indiquée par le nombre de jours après le démarrage de l'essai)

Numéro de récolte (coupe)	Traitement C3	Traitement C6	Traitement C9	Traitement C12
1 <sup>ère</sup> coupe	90 jours	180 jours	270 jours	360 jours
2 <sup>ème</sup> coupe	180 jours	360 jours		
3 <sup>ème</sup> coupe	270 jours			
4 <sup>ème</sup> coupe	360 jours			

Chaque opération de coupe s'est déroulée suivant les différentes étapes indiquées ci-dessous.

- Avant la coupe, la densité des typhas a été estimée par comptages des plantes à l'intérieur de 4 carrés d'échantillonnage de 1,25 m<sup>2</sup> délimités à l'avance.
- Tous les typhas à l'intérieur de chacun des 4 carrés ont été coupés puis chaque échantillon a été étiqueté ; les autres typhas dans le resté de la parcelle ont été ensuite coupés et rassemblés en tas puis étiquetés.
- Pour chaque parcelle, les échantillons issus des placettes et les tas constitués par les typhas dans le reste de la parcelle ont été pesés aussitôt après la coupe et pour cela, une balance plateau à cadran, de précision de 200g a été utilisée.
- Les échantillons et les restes de typha ont été séchés au soleil, pendant 15 jours puis pesés ; compte tenu du poids très faible de certains échantillons, la balance de 50kg a été remplacée par une autre balance de portée 10 kg avec une précision de 50g.
- La longueur des typhas coupés a été estimée en effectuant des mesures sur un échantillon de 20 plantes par parcelle.
- Des échantillons d'environ 1 kg par parcelle ont été prélevés en vue de la détermination du taux de matière sèche et pour les analyses chimiques. Chaque échantillon était constitué de plantes de typha issues de la parcelle et collectées au hasard puis hachées et disposé dans des sachets en papier kraft portant une étiquette d'identification de la parcelle.

## 2.5 - Réalisation des analyses fines

### 2.5.1 - Détermination du taux de matière sèche

Le poids de matière sèche (MS) a été déterminé en soumettant les échantillons hachés à un séchage à l'étuve à une température de 70°C pendant 72 heures. Pour chaque échantillon, la quantité mesurée à

introduire dans l'étuve était de 600g. Les mesures avant et après étuvage ont été effectuées avec une balance électronique de portée 1000g et de précision 0,001g.

Le taux de matière sèche ( $T_{MS}$ ) par rapport au poids après séchage au soleil (PS) a été calculé comme suit (unités en g) :

$$(T_{MS}) = \frac{MS}{600} * 100 ; \quad [\text{Taux d'humidité : } T_H = \frac{600-MS}{600} * 100]$$

Le taux de matière sèche ( $T_{MS}$ ) par rapport au poids frais (PF) a été obtenu suivant la formule (unités en g) :

$$T_{MS} = \frac{MS*PS}{600*PF} * 100 ; \quad [\text{Taux d'humidité : } T_H = (100 - T_{MS})]$$

### 2.5.2 - Analyses chimiques

Il faut rappeler que les analyses chimiques demandées concernaient la détermination de la teneur en sel (NaCl), cellulose, hémicellulose, lignine, lignine Klason (insoluble en milieu acide), extraits Soxhlet) et cendres totales. Ces analyses, à l'exception de la lignine Klason, ont été réalisées par le service de Chimie du Laboratoire National d'Élevage et de Recherche Vétérinaire (LNERV) qui est un département de LISRA (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles). Pour la lignine Klason, nous avons fait appel au service du Laboratoire de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. A partir des échantillons collectés pour la détermination du taux de matière sèche, des sous-échantillons de 250g ont été prélevés et conditionnés dans des sachets en papier glacé pour l'envoi au laboratoire.

### 2.5.3 - Analyses statistiques

Les données quantitatives recueillies des différents paramètres suivis ont fait l'objet d'analyse de la variance et de test de comparaison des moyennes suivant les méthodes développées dans "*Statistical Procedures for Agricultural Research*" (Gomez & Gomez, 1983). Une analyse de la corrélation entre certains paramètres a été également réalisée.

## 3 - CONDITIONS DE REALISATION DE L'ESSAI ET PROBLEMES RENCONTRES

### 3.1 - Température, humidité relative et précipitations

Les paramètres environnementaux concernant la température, l'humidité relative et la pluviométrie pendant la période de déroulement de l'essai sont résumés dans le tableau 2. L'effet de ces caractéristiques climatiques ne semble pas avoir affecté de façon directe la croissance du typha. Durant la période, les valeurs de l'humidité relative et des précipitations ont été à peu près normales par rapport à la période de référence, 1991-2021. Toutefois, les températures en termes de moyennes mensuelles ont été globalement plus élevées que celles de la période 1991-2021, notamment au début et vers la fin de l'essai. En moyenne, les deuxième, troisième et quatrième mois ont été plus chauds de +2,2 °C. Pour le 11<sup>ème</sup> et le 12<sup>ème</sup> mois la différence a été de 1,6 °C. Il faut noter également que sur les douze mois, nous avons noté sept pendant lesquels il a fait plus chaud d'au moins +0,6°C. La moyenne des différences par rapport à 1991-2021 étant de +0,9 °C. Ces températures plus élevées que d'habitude peuvent avoir contribué indirectement au déficit hydrique qui a été observé en accentuant l'évapotranspiration.

### 3.2 - Niveau d'inondation

Parmi les facteurs de l'environnement, c'est certainement celui lié à l'alimentation en eau qui a le plus affecté la croissance du typha. La submersion a été globalement déficitaire durant toute la durée de



l'essai et n'est plus revenu au niveau initial d'avant démarrage de l'essai qui a été mesuré la veille à 25,5 cm (Figure 1). Entre le 45<sup>ème</sup> et le 105<sup>ème</sup> jour ainsi que durant le dernier mois, les parcelles sont restées pratiquement sans submersion. Le niveau moyen de la submersion sur l'ensemble des périodes d'inondation n'a été que de 5,3 cm et parmi les 24 mesures effectuées par quinzaine, il était inférieur ou égal à 10 cm dans 87,5% des cas. Il faut aussi préciser que les parcelles n'étaient pas parfaitement plates et lors d'une faible submersion, certaines parties des parcelles étaient totalement asséchées.

Tableau 2 : Température, humidité relative et précipitations à Saint-Louis pendant la période de mars 2021 à mars 2022 en comparaison avec la période 1991-2021.

Période mars 2021- mars 2022				Période 1991- 2021			
Mois	Temp. (°C)	Hum. (%)	Préc. mm)	Mois	Temp. (°C)	Hum. (%)	Préc. mm)
Mars 2021	23,3	45,8	0	Mars	23	48	0
Avril	26,9	38,4	0	Avril	22.8	59	0
Mai	24,3	69,7	4,6	Mai	23.7	63	0
Juin	27,3	51,4	8,4	Juin	25.4	72	7
Juillet	27,2	73,3	9,2	Juillet	26.8	75	45
Août	28,5	79,7	135,8	Août	27.7	78	105
Septembre	29,1	82,0	165,4	Septembre	28.4	77	120
Octobre	28,3	74,4	26,4	Octobre	28.5	66	30
Novembre	26,4	61,0	0	Novembre	26.6	54	0
Décembre	23,7	46,1	0,8	Décembre	24.3	38	10
Janvier	24,0	43,0	0	Janvier	22.5	36	5
Février	24,1	41,1	0	Février	22.3	39	8
Mars 2022	23,0*	56,7*	0*				
	M : 26,1	M : 58,8	S : 350,6		M : 25,2	58,3	S : 330,0

M = moyenne ; S = somme. \*Non inclus dans la moyenne ou la somme

Sources : Service Hydrologie ISRA/Saint-Louis, communication personnel (période mars 2021- mars 2022) ; Climate Data Org /AM OP /OpenStreetMap contributor (période 1991- 2021)

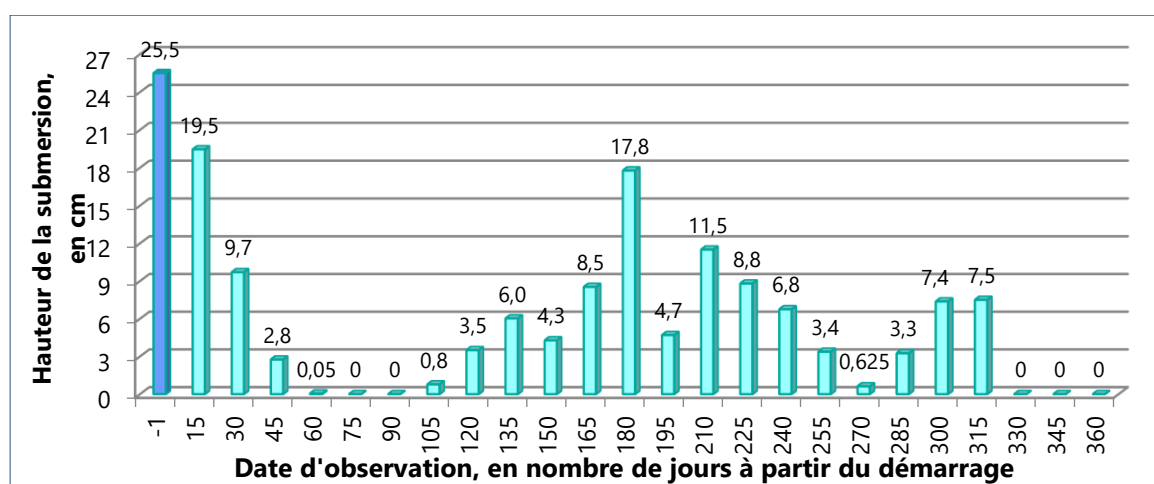


Figure 2 Graphique illustrant la variation de la submersion durant toute la période de l'essai (valeurs moy. en cm).

Ainsi l'essai s'est déroulé dans des conditions hydriques assez éloignées de celles considérées comme favorables à une croissance optimale du typha qui se situent entre 30 et 150 cm de profondeur d'eau (Roberts, 2014). Selon Wisconsin Department of Natural Resources (sans date), la profondeur d'eau pour une croissance optimale de *T. domingensis* est comprise entre >0cm et 150cm. Plusieurs auteurs ont rapporté l'influence de la profondeur d'eau dans l'augmentation et la répartition de la biomasse chez les macrophytes émergents (Deegan et al, 2006 ; Esteves, et Suzuki, 2008). D'après Chen et al., 2013, l'effet de la profondeur d'eau sur *T. domingensis* se traduit par un accroissement des hydrates de carbones stockés dans les parties aériennes. La limitation des ressources en lumière, en O<sub>2</sub> et en CO<sub>2</sub> consécutive à l'augmentation de la colonne d'eau entrainerait les plantes aquatiques émergentes à affecter plus de ressources pour le développement des parties aériennes et cela avec le soutien des parties souterraines (Miao, 2004).

L'espoir que la profondeur de submersion observée au début allait augmenter ou au moins varier autour de 25 cm ne s'est pas réalisé, la raison étant principalement la baisse du niveau d'eau du marigot. Quelques exemples de moyennes mensuelles des relevés IGN illustrent cette baisse (OLAC, communication personnelle) : 0,84 m en janvier 2021 ; 0,78 m en mars 2021 ; 0,51 m en juin 2021 ; 0,51 m en mars 2022. Les deux facteurs sont avancés pour expliquer la diminution du niveau du plan d'eau sont, d'après l'OLAC : la pression exercée par les entreprises agricoles dont les besoins en eau ne font qu'augmenter ; la prolifération des plantes aquatiques qui entrave l'hydraulicité du marigot.

### 3.3 - La prolifération du riz sauvage

La prolifération du riz sauvage à rhizomes (*Oryza longistaminata*) peut être expliquée par l'insuffisance et les interruptions de la submersion qui n'ont pas affecté cette espèce mais qui ont été défavorables à une bonne croissance du typha qui, de ce fait, n'a pas pu exercer son pouvoir de compétition. Il y a eu aussi l'effet de la clôture qui a constitué une barrière de protection qui a bénéficié au riz sauvage plus apprécié par les animaux. L'effet de la prolifération du riz sauvage le plus évident a été la diminution de la densité du typha. Une estimation effectuée le 23 septembre avait montré une densité moyenne des typhas de 10,01/m<sup>2</sup> sur l'ensemble de l'essai, soit une diminution de 29,5% par rapport à la moyenne du traitement C3 lors de la première coupe effectuée le 13 juin (14,2 /m<sup>2</sup>) et une diminution de 47,5% par rapport à la densité moyenne au moment du démarrage (19,1 /m<sup>2</sup>).

## 4 - RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 4.1 - Effet des traitements sur la croissance en hauteur et sur la densité

#### 4.1.1 - Evolution de la Croissance en hauteur

Il n'y a pas de doute que la croissance du typha a été affectée par les conditions défavorables évoquées plus haut : la hauteur moyenne des périodes de croissance de trois mois (traitement

C6) a été inférieure à 2m ; celle du traitement C6 pour six mois de croissance n'a pas atteint 2,5m ; les traitements C9 et C12 dont les durées de croissance ont couvert la durée du cycle normal du typha ont montré des moyennes nettement inférieures à 3m.

Pour l'ensemble des traitements, la croissance en hauteur du typha a été assez rapide en début de cycle, notamment pendant les premiers 45 jours (Figure 3). Le ralentissement de cette croissance qui est intervenue par la suite, tel que le montrent les courbes de la figure 3, a été accentué par le déficit hydrique sévère qui a été observé de la deuxième quinzaine de deuxième mois à la fin du quatrième mois. Le sous traitement C/3 dont la période de croissance s'étend du 91<sup>ème</sup> au 180<sup>ème</sup> jour a été plus affecté par le retrait de l'eau et la concurrence du riz sauvage en raison de la sensibilité plus marquée des jeunes plantes car l'avènement de ces facteurs a coïncidé avec le démarrage de sa végétation (Figure 3 A).

#### 4.1.2 - Comparaison des traitements par rapport à la hauteur

Les données analysées de la hauteur des plantes sont celles mesurées au moment de la récolte. Cela implique que le traitement correspondant à la fréquence de coupe de tous les trois mois a été décomposé en 4 sous traitements et celui correspondant à la fréquence de coupe de tous les six mois a été décomposé en 2 sous traitements. Ainsi, l'analyse a porté sur 8 traitements comme suit :

- C3/0-90 : récolté après une croissance durant les premiers 90 jours ;
- C3/91-180 : récolté après une croissance de 90 jours, entre le 91<sup>ème</sup> et le 180<sup>ème</sup> jour ;
- C3/180-270 : récolté après une croissance de 90 jours, entre le 181<sup>ème</sup> et le 270<sup>ème</sup> jour ;
- C3/270-360 : récolté après une croissance de 90 jours, entre le 271<sup>ème</sup> et le 360<sup>ème</sup> jour ;
- C6/0-180 : récolté après une croissance de 180 jours, entre le 1<sup>er</sup> et le 180<sup>ème</sup> jour ;
- C6/180-360 : récolté après une croissance de 180 jours, entre le 181<sup>ème</sup> et le 360<sup>ème</sup> jour ;
- C9/0-270 : récolté après une croissance de 270 jours, entre le 1<sup>er</sup> et le 270<sup>ème</sup> jour ;
- C12/0-360 : récolté après une croissance de 360 jours entre, le 1<sup>er</sup> et le 360<sup>ème</sup> jour.

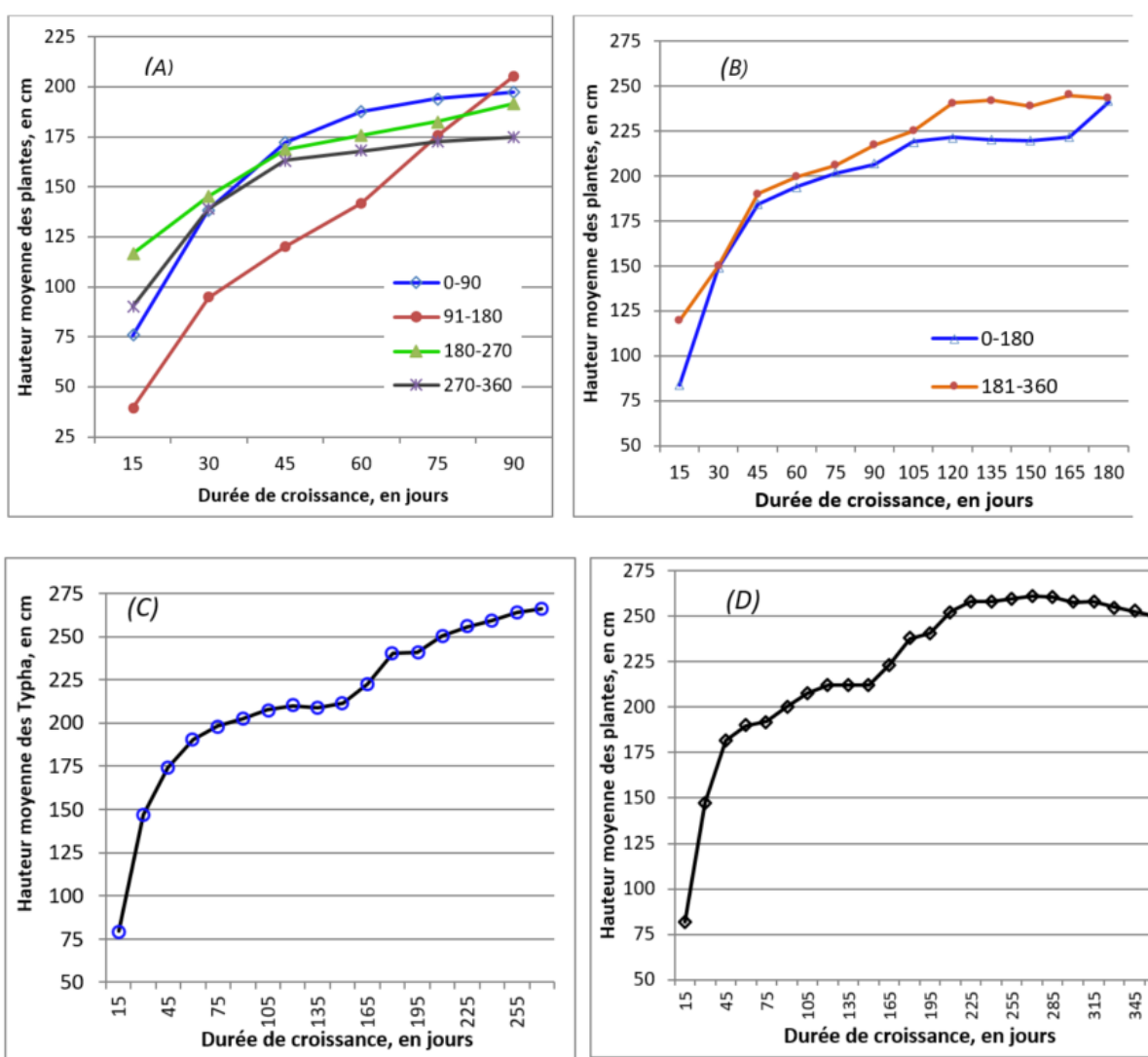


Figure 3 Graphique illustrant l'évolution de la croissance en hauteur des Typha pour les différents traitements : les quatre périodes de 90 jours du traitement C3 (A) ; les deux périodes de 180 jours du traitement C6 (B) ; le traitement C9 sur une période de 270

L'analyse de la variance a montré que la différence entre les traitements est hautement significative (seuil de probabilité < 0,01). Les hauteurs les plus élevées, atteignant ou dépassant 2,5m ont été observées

avec les traitements C9 et C12 dont la différence n'est pas significative (Tableau 3). Ensuite viennent les deux sous traitements C6 à environ 2,40. Les hauteurs moyennes des quatre sous traitements C3 (entre 1,75m et 2,05m) sont toutes significativement inférieures aux autres traitements (illustration par la figure 4), la dernière phase de croissance de ce traitement ayant montré la plus petite hauteur. Comme on pouvait s'y attendre, les durées de croissance de trois mois ont produit des hauteurs plus petites car la récolte a eu lieu en pleine phase de croissance végétative. La récolte au bout de six mois a également eu un effet, bien que réduit mais significatif, sur la hauteur des plantes.

Tableau 3 : classement des traitements par rapport à la hauteur	
Traitements	Classement
C9 /0-270	a
C12 /0-360	ab
C6 /181-360	b
C6 /0-180	b
C3 /91-180	c
C3 /0-90	c
C3 /180-270	cd
C3 /270-360	d
C.V. = 15,0% ; LSD = 17,9 cm	

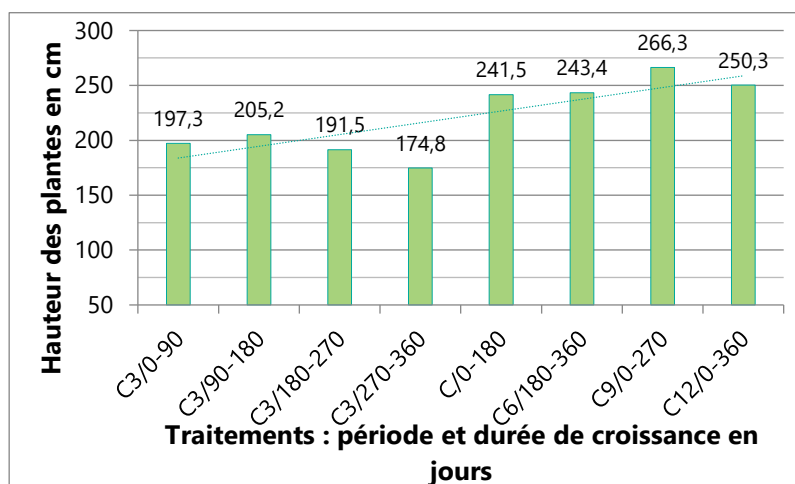


Figure 4 Hauteur moyenne des plantes selon les traitements au moment de la récolte

Pour la succession de phases de croissance, il n'y a pas eu d'effet sur la hauteur pour les deux périodes de 6 mois du traitement C6. Par contre, les quatre coupes successives du traitement C3 semblent avoir eu un effet négatif, en particulier sur la hauteur de la dernière période qui a été significativement inférieure à celles des deux premières périodes.

#### 4.1.3 - Effet de la submersion sur la hauteur des plantes

La profondeur de la submersion a influé fortement sur la croissance en hauteur du typha. Les faibles valeurs moyennes de la hauteur observées, n'atteignant pas 3m, sont dues principalement au déficit de la submersion des parcelles. L'analyse a montré une forte corrélation positive ( $r = 0,855$ ) entre le niveau d'inondation des parcelles et la hauteur des typhas (figure 5)

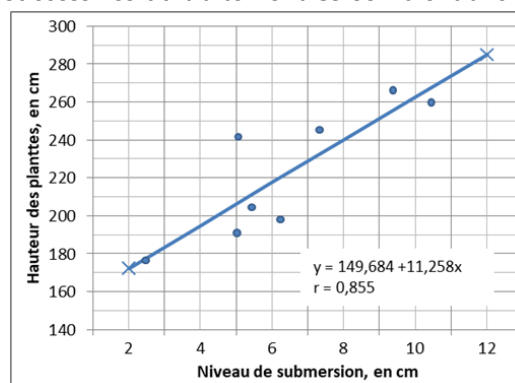


Figure 5 Corrélation entre le niveau de submersion et la hauteur des typhas

#### 4.1.4 - Variation de la densité des typhas selon les traitements et effet de la submersion

Les valeurs moyennes de la densité pour les différents traitements sont présentées dans le tableau 4. Elles ont été globalement faibles, toutes inférieures à 20 /m<sup>2</sup>, la moyenne générale sur l'ensemble de l'essai se situant à 12,9 /m<sup>2</sup>. La faiblesse des densités est surtout imputable à la concurrence du riz sauvage mais aussi au déficit hydrique. Les trois dernières coupes du traitement C3 ainsi que la première coupe du traitement C6 ont été les plus affectées (densités variant de 7,12 à 12,84 /m<sup>2</sup>). L'analyse de la régression entre le niveau de submersion et la densité a montré un coefficient de corrélation assez significatif de 0,733 (figure 6). Toutefois il faut noter que si le déficit hydrique a eu un effet négatif sur la densité, c'est probablement à cause de l'absence totale de submersion et l'assèchement des parcelles pendant certaines périodes.

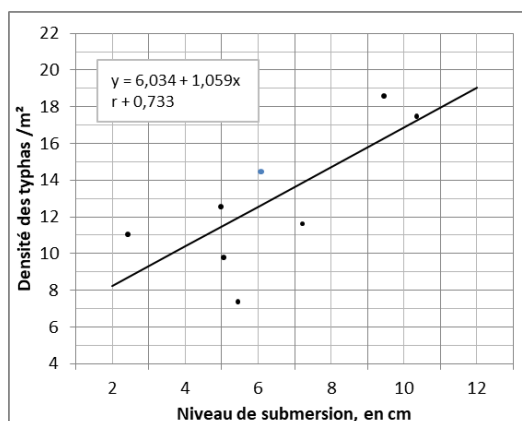


Figure 6 Corrélation entre le niveau de submersion et la densité des typhas

Tableau 4 : densité moyenne des typhas selon les traitements

Traitements	C3 0-90	C3 91-180	C3 180-270	C3 270-360	C6 0-180	C6 180-360	C9 0-270	C12 0-360
Densité /m <sup>2</sup>	14,24	7,12	12,84	11,24	10,08	11,6	18,56	17,52
Classement	bc	e	c	cd	de	cd	a	ab

Coefficient de variation : 21,1% ; plus petite différence significative : 3,53 (P < 0,05)

## 4.2 - Effet des traitements sur le rendement et le taux de matière sèche

### 4.2.1 - Rendement selon les périodes de récolte

Les rendements enregistrés ont été globalement très faibles les moyennes des traitements par récolte variant de 4,716 t/ha à 18,08 t/ha de biomasse verte et de 0,923 t/ha à 4,814 t/ha de poids après séchage au soleil (tableau 6). L'analyse de la variance a montré que les différences entre les traitements sont significatives malgré des coefficients de variation assez élevés (30,4% pour le poids frais, 27,8% pour le poids sec).

Pour le poids en vert, le rendement le plus élevé et significativement supérieur aux autres a été obtenu avec le traitement C12. Les traitements C9, la 2<sup>ème</sup> récolte du traitement C6 et la 1<sup>ère</sup> récolte du traitement C3 viennent en seconde position. Les poids les plus faibles de biomasse verte ont été enregistrés avec la 2<sup>ème</sup> et la 3<sup>ème</sup> récolte du traitement C3 mais ces poids ne sont pas significativement différents de ceux la dernière récolte de C3 et de la première récolte de C6.

Les rendements moyens après séchage au soleil reflètent ceux de la biomasse verte et les plus élevés ont été observés avec les traitements C12 et C9 qui sont suivis par le traitement C6 en 2<sup>ème</sup> période de croissance puis la 1<sup>ère</sup> période du traitement C3. Le poids sec moyen le plus faible (< 1 t /ha) a été enregistré avec le traitement C3 en 2<sup>ème</sup> période de croissance ; toutefois, la différence avec les 3 autres traitements (C3 /3<sup>ème</sup> période, C3 /4<sup>ème</sup> période et C6 /1<sup>ère</sup> période,) n'a pas été significative.

Tableau 6 : Résultats de rendement en vert et après séchage

Traitements (période de croissance en jours)	Rendement frais		Rendement sec	
	t/ha	Classement	t/ha	Classement
C3 /0-90	9,192	bc	2,230	c
C3 /91-180	4,716	d	0,923	d
C3 /180-270	4,848	d	1,596	cd
C3 /270-360	6,672	cd	1,718	cd
C6 /0-180	7,616	cd	1,619	cd
C6 /180-360	12,432	b	3,418	b
C9 /0-270	11,536	b	3,900	ab
C12 /0-360	18,080	a	4,814	a
	CV = 30,4% ; ppds = 3,702 (P < 0,05)		CV = 27,8% ; ppds = 1,047 (P < 0,05)	

#### 4.2.2 - Effet de la submersion sur le rendement

L'analyse de la corrélation a montré une relation assez forte entre le niveau de submersion et le rendement avec des coefficients de corrélation de 0,841 et 0,877 respectivement pour le poids en vert (figure 7 A) et de pour le poids après séchage au soleil (figure 7 B).

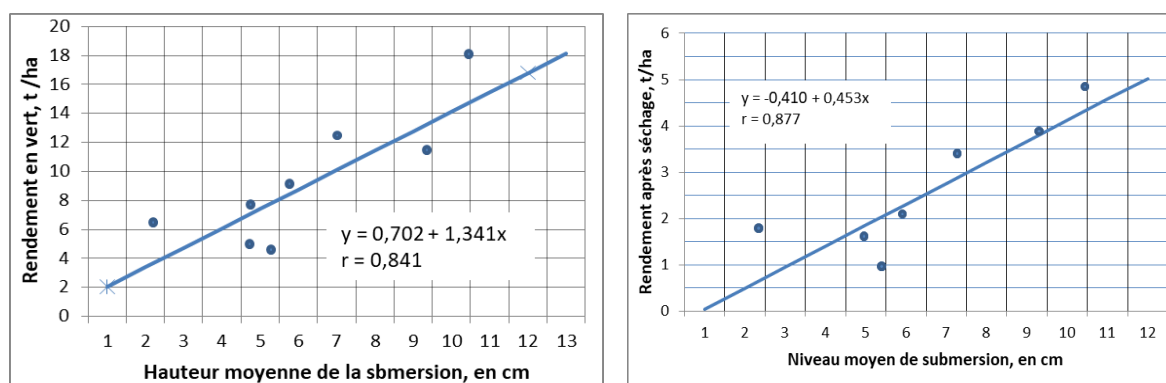


Figure 7 corrélation entre rendement et niveau moyen de la submersion (A : rendement en vert ; B : rendement après séchage)

#### 4.2.3 - Comparaison des traitements par rapport au rendement après séchage sur l'année

La comparaison de traitements par rapport au rendement sur l'ensemble des 12 mois a été réalisée après avoir sommé, pour chaque parcelle, les rendements des quatre périodes de récolte pour le traitement C3 et les deux périodes de récolte pour le traitement C6. Pour le traitement C9, le rendement sur 12 mois pour chaque parcelle a été estimé par extrapolation ( $x \cdot 12/9$ ). L'analyse de la variance n'a pas montré de différence significative entre les 4 traitements malgré une différence arithmétique de 1,653 t entre le rendement moyen le plus élevé (6,467 t/ha) obtenu avec le cumul des quatre récoltes du traitement C3 et celui le plus faible observé avec le traitement C12 (figure 7). Cela peut être dû au faible nombre de degré de liberté de l'erreur en raison du nombre réduit des données analysées et aussi à la forte variabilité du terrain (C.V. = 28,1%). Il faut souligner que ces rendements sont très faibles par rapport aux données les plus fréquemment rapportées qui sont de l'ordre de 15 à 20 tonnes à l'hectare. Néanmoins, ils suggèrent que la tendance serait que plusieurs récoltes permettraient une meilleure productivité en termes de biomasse brute.

Pour le rendement en vert, les moyennes varient de 18,080 t/ha pour le traitement C12 à 25,426 t/ha pour le traitement C3 (tableau 7). Malgré cet écart, il n'y a pas eu de différence significative entre les

moyennes de quatre traitements, cela sans doute, à cause d'un faible degré de liberté de l'erreur et d'un coefficient de de variation élevée de 29,4%.

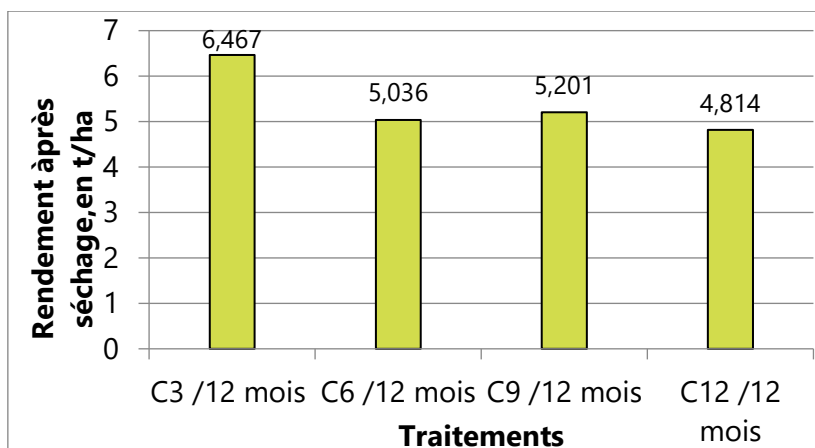


Figure 8 Rendement moyen après séchage selon les traitements sur l'année

Coefficient de variation : 28,1% ; Différences non significatives ( $P > 0,05$ )

Tableau 7 : comparaison des rendements moyens des 4 traitements sur 12 mois

Traitements		C3 /12 mois	C6 /12 mois	C9 /12 mois	C12 /12 mois
Rendement après séchage	t /ha	6,467	5,036	5,201	4,814
Coefficient de variation = 28,1% ; Différences non significatives					
Rendement en vert	t /ha	25,426	20,048	20,508	18,080
coefficient de variation = 29,4% ; Différences non significatives					

#### 4.2.4 - Taux de matière sèche par rapport au poids frais

Les valeurs moyennes de taux matière sèche après étuvage selon les traitements et suivant les différentes phases de coupe sont portées dans le tableau 8. Elles varient de 17,4% à 33,7% mais malgré cette forte amplitude, l'analyse de la variance n'a pas montré de différence significative. Cela est imputable à la valeur élevée de l'erreur expérimentale avec un coefficient de variation de 33,2%. Il faut noter que les taux habituellement rapportés sont de l'ordre de 20%, ce qui est inférieur aux résultats observés dont la moyenne générale s'élève à 24,8%. Les niveaux de ces taux qu'on peut considérer comme élevés sont sans doute liés aux conditions relativement "sèches" dans lesquelles l'essai a été conduit.

Tableau 8 : Taux moyens de matière sèche par rapport au poids frais selon les traitements

Traitements	C3 /0-90	C3 /91-180	C3 /180-270	C3 /270-360	C6 /0-180	C6 /180-360	C9 /0-270	C12 /0-360
Taux de MS	22,9	17,4	28,3	33,7	19,6	24,5	28,8	23,6
CV = 33,2% ; différences non significatives ( $P > 0,05$ )								

### 4.3 - Comparaison des traitements par rapport aux données d'analyse chimique

Les résultats moyens des analyses chimiques pour les différents traitements en fonction de la période de croissance du typha sont présentés dans le tableau 9. Ils sont exprimés en pourcent par rapport au poids de matière sèche.

#### 4.3.1 - Teneur en sel (NaCl)

Les teneurs en sel les plus élevées ont été observées avec les traitements correspondant aux durées de croissance les plus longues, égales ou supérieures à 180 jours : C12, C9 et les deux périodes de croissance de C6. Les quatre récoltes successives du traitement C3 ont montré les teneurs les plus faibles. Le test de comparaison des moyennes a fait ressortir trois groupes à l'intérieur desquels les différences ne sont pas significatives.

Traitement	C9	C6/2 <sup>e</sup> c	C6/1 <sup>e</sup> c	C12	C3/3 <sup>e</sup> c	C3/4 <sup>e</sup> c	C3/1 <sup>e</sup> c	C3/2 <sup>e</sup> c
% sel (NaCl)	2,98	2,77	2,67	2,63	2,37	2,23	2,11	1,99

#### 4.3.2 - Cendres totales

Les analyses ont montré que les teneurs moyennes en éléments minéraux variaient de 7,79% à 10,31% avec une moyenne générale de 8,86%. Le test de comparaison des moyennes a fait ressortir trois groupes : le premier ayant les valeurs les plus élevées constitué par les deux récoltes successives du traitement C6 ; le second groupe qui suit est formé par les traitements C3/ 4<sup>e</sup>c, C9, C12, C3/ 3<sup>e</sup>c et C3/ 1<sup>e</sup> c mais la différence avec le dernier traitement (C6/ 2<sup>e</sup> c) du groupe précédent n'est pas significative ; le troisième et dernier groupe inclut le traitement C3/ 2<sup>e</sup>c ayant la teneur la plus faible (7,79%) mais qui n'est pas significativement différente de celles des trois derniers traitements du deuxième groupe.

Traitement	C6/1c	C6/2c	C3/4c	C9	C12	C3/3c	C3/1c	C3/2c
% cendres tot.	10,31	9,33	9,12	8,97	8,61	8,48	8,30	7,79

#### 4.3.3 - Extraits Soxhlet

Le taux en extraits Soxhlet varie de 1,06% pour la première coupe du traitement C3 à 2,26% pour le traitement C12. L'analyse a montré que le taux de ce traitement était significativement plus élevé que ceux des autres traitements. Le deuxième taux le plus élevé (1,76%) a été celui du Traitement C9 mais dont la différence avec ceux des deux récoltes du traitement C6 et des deux premières récoltes du traitement C3 n'a pas été significative. La dernière et l'avant dernière récoltes du traitement C3 ont montré les taux les plus faibles (1,06% et 1,21%). Toutefois, la différence par rapport aux autres traitements n'a été significative que pour C12 et C9.

Traitement	C12	C9	C6/2 <sup>e</sup> c	C3/1 <sup>e</sup> c	C3/2 <sup>e</sup> c	C6/1 <sup>e</sup> c	C3/3 <sup>e</sup> c	C3/4 <sup>e</sup> c
% ext. Soxh.	2,25	1,76	1,36	1,43	1,40	1,33	1,21	1,06



#### 4.3.4 - Lignine

La teneur en lignine a été très variable selon les traitements, les trois premières récoltes du traitement C3 ayant montré les valeurs les plus élevées (> 20%). Les teneurs les plus faibles ont été enregistrées avec la dernière récolte du traitement C3, les traitements C12 et C9 ainsi que la première récolte du traitement C6. Le test de comparaison des moyennes a fait ressortir les trois groupes suivant :

Traitement	C3/1è c	C3/3èc	C3/2è c	C6/2è c	C6/1è c	C9	C12	C3/4èc
% Lignine	27,93	23,74	20,21	19,04	12,23	11,46	11,03	9,80

#### 4.3.5 - Cellulose

La teneur en cellulose a varié, suivant les traitements, entre 25,47% et 38,13%, avec une moyenne générale de 31,92%. Le test de comparaison des moyennes a montré trois groupes à l'intérieur desquels les différences ne sont pas significatives.

Traitement	C3/2è c	C3/4è c	C9	C3/3è c	C12	C6/1è c	C6/2è c	C3/1è c
% cellulose	38,13	37,17	33,93	33,68	33,57	27,54	25,86	25,47

#### 4.3.6 - Hémicellulose

La teneur en Hémicellulose, avec une moyenne générale de 21,73%, n'a pas montré une grande variation entre les différents traitements. La plus petite valeur observée a été de 19,37% pour la première récolte du traitement C3. Les valeurs pour les autres traitements ont varié entre 21,34% et 22,75%. Le test de comparaison des moyennes n'a montré aucune différence significative entre les traitements.

Tableau 9 : Teneur en sel (NaCl), en extraits Soxhlet (matières grasses), en lignine, en cellulose en hémicellulose et en cendres selon les traitements : valeurs moyennes en % du poids de MS

Traitements/ période de crois-sance en jours	Sel (NaCl)	Cendres totales (MM)	Extraits Soxhlet (MG)	Lignine	Cellulose	Hémi- cellulose
C3/ 0-90	2,11 c	8,30 b c	1,43 bc	27,93 a	25,47 c	19,37
C3/ 91-180	1,99 c	7,79 c	1,40 bc	20,21 b	38,13 a	22,75
C3/ 181-270	2,37 bc	8,48 b c	1,21 c	23,74 a b	33,68 ab	21,02
C3/ 271-360	2,23 c	9,12 b	1,06 c	9,80 c	37,17 a	22,50
C6/ 0-180	2,67 ab	10,31 a	1,33 bc	12,23 c	27,54 bc	21,34
C6/ 181-360	2,77 ab	9,33 a	1,36 bc	19,04 b	25,86 c	22,46
C9/ 0-270	2,98 a	8,97 b	1,76 b	11,46 c	33,93 ab	22,35
C12/ 0-360	2,63 ab	8,61 b c	2,26 a	11,03 c	33,57 ab	22,05
<b>Moyenne général.</b>	<b>2,47</b>	<b>8,86</b>	<b>1,48</b>	<b>16,93</b>	<b>31,92</b>	<b>21,73</b>
C.V.	15,0%	8,8%	23,4%	21,7%	16,2%	21,0%
LSD	0,47	0,99	0,44	4,71	6,62	ns
Erreur standard	0,23	0,49	0,22	2,33	3,27	2,88

#### 4.4 - Discussion

Les résultats moyens observés pour les paramètres de croissance sont nettement en deçà de la plupart des valeurs habituellement rapportées dans la littérature.

Pour la croissance en hauteur, même les traitements C9 et C12, dont la durée de croissance a été au moins équivalente à la durée de cycle du typha, n'ont pas atteint les 3 mètres en moyenne, les autres traitements variant entre 1,7 et 2 m. Ces valeurs se situent vers les limites inférieures des intervalles de variation de la hauteur de *T. domingensis* mentionnés par plusieurs auteurs (Spencer et Vincent, 2013, Thiam, 2012, Steven Hall, 2008, African Plant Database, sans date).

Cela souligne l'impact des conditions défavorables qui ont prévalu au cours de la conduite de l'essai. Le déficit de la submersion a été le facteur qui a le plus affecté la croissance en hauteur dont on a montré une corrélation significative avec la profondeur de l'eau (Grace, 1989 ; Glenn, 1995).

La hauteur atteinte par l'espèce peut dépendre également du milieu dans lequel elle se développe. Sani et al. (2018) ont enregistré une hauteur moyenne des plantes de *T. Domingensis* de 2,5m dans le réservoir de Kadawa, system d'irrigation du fleuve Kano (Ukraine), ce qui s'est révélé être inférieur à la hauteur habituelle observée dans d'autres sites de la région.

L'accroissement du niveau de submersion entraîne une réduction de certains paramètres de croissance dont la densité, la production de rhizomes et le taux de floraison, entre autres (Spencer et Vincent, 2013 ; Chen et al., 2013 ; Kane et Akpo, 2014 ; Vollmer, 2010). Grace, 1989, travaillant en milieu contrôlé, a montré que la densité de *T. domingensis* croissant à une profondeur d'eau comprise entre 5 et 42 cm était deux fois plus élevée qu'à des profondeurs comprises entre 83 et 115 cm.

D'après Hongjun et al., (2010) le nombre de nouvelles pousses du typha diminue significativement à des profondeurs de submersion de 91 et 137 cm par rapport à 40 cm de profondeur. Malgré les conditions de déficit de submersion, les densités observées qui n'ont pas atteint 20/m<sup>2</sup>, ont été très faibles par rapport aux densités rapportées par plusieurs auteurs et qui se situent entre 30 et 60/ m<sup>2</sup> (Thiam, 2012, Eida et al. 2012, Macek et Rejmánková, 2007). Ce fait ne peut être expliqué que par l'effet de la prolifération de riz sauvage et aussi par les périodes relativement prolongées d'assèchement des parcelles.

Avec une croissance en hauteur et des densités faibles, on ne pouvait pas s'attendre à une productivité élevée. Les rendements ont été en fait très faibles et nettement inférieurs aux valeurs habituellement rapportées. Les estimations les plus courantes de production de biomasse de *T. domingensis* sont, en moyenne, de l'ordre de 1500 à 2500 grammes de matière sèche par mètre carré, soit 15 à 25 tonnes par hectare (Fraga et Kvet, 1993, Thiret et Luken, 1996, Eida et al. 2012, Howard Williams & Lenton, 1975 (cités par Thiam, 2012). Des niveaux de productivité plus élevés ont été mentionnés : 3578g/m<sup>2</sup> de poids sec, soit 35,78t /ha (Macek et Rejmánková, 2007) ; 5734g /m<sup>2</sup>, soit 57,34t /ha (Esteves et Suzuki 2008) ; 4641g /m<sup>2</sup>, soit 46,14t /ha (Thiam 2012). Cependant, des valeurs plus faibles ont été également rapportées. Mioao et Sclar, 1998 indiquent 11t à 12t /ha de poids sec en Floride, USA.

Des rendements en milieu contrôlé variant entre 245g et 1410 g /m<sup>2</sup> (2,45-14,1 t/ha) ont été obtenus par Thiam, 2012. Le travail de Mboup (2014) a abouti à une évaluation de 700g /0,25m<sup>2</sup> (28 t/ha) de poids frais de 100g /0,25m<sup>2</sup> (4 t/ha) de poids sec.

La teneur en éléments nutritifs et le niveau de submersion ont été les facteurs les plus évoqués de la variabilité de la productivité du typha. Toutefois, bien que *Typha domingensis* puisse pousser à un large intervalle de profondeurs de submersion, sa densité et sa production de biomasse optimales ne peuvent se réaliser que dans une gamme étroite de hauteurs d'eau. (Grace, 1989; Chen et al., 2010). Par ailleurs, Deegan et al. 2007 ont montré que l'effet de la fluctuation de la hauteur d'eau sur la biomasse de *T. domingensis* qui a entraîné une réduction de 52% par une amplitude de variation de la submersion de ±45 cm par rapport au niveau fixe ou à des amplitudes plus faible de 15 à 30 cm.

Il est évident que, pour une bonne croissance du typha, les conditions de déroulement l'essai n'ont pas été favorables en ce qui concerne le niveau de submersion des parcelles. A cela il faut ajouter la prolifération du riz sauvage qui a contribué à la réduction des paramètres de croissance, notamment de la densité mais aussi de la hauteur des plantes.

Les résultats des analyses chimiques ont montré des taux assez élevés en sel, malgré que le site soit alimenté en eau douce par le marigot. Le déficit de la submersion et l'assèchement des parcelles durant des périodes prolongées a dû entraîner la remontée de la nappe salée dont la présence s'explique par la proximité de la mangrove de l'autre côté de la piste qui constitue un barrage de protection contre l'eau salée. Pour les cendres et les Extraits Soxhlet, avec des moyennes générales de 8,91% et 1,48%, les teneurs semblent un peu faibles si on les compare à la seule référence dont nous disposons qui rapporte une moyenne de 14,91% de matières minérales et de 2,46% de matières grasses pour le typha dans le lac de Guiers (Diasse, 1997).

La tendance très variable des teneurs en lignine en faveur des traitements correspondant aux durées de croissance plus courtes est quelque peu surprenante car on pourrait s'attendre à ce que les plantes des traitements C12 et C9 soient plus lignifiées. Pour la teneur en cellulose, il n'est pas apparu de tendance claire par rapport à la durée ou la période de croissance. C'est la même observation qu'on peut faire pour l'hémicellulose dont les teneurs moyennes n'ont pas montré de différence significative entre les différents traitements.

## 5 - CONCLUSION

Les résultats de l'essai ont été obtenus dans des conditions défavorables de croissance du typha. Dès lors, les conclusions qui peuvent être formulées devraient être considérées relativement à cette situation particulière.

En matière de croissance et de productivité, les résultats enregistrés ont été très faibles et ne permettent pas de faire des projections quantitatives pour l'exploitation et la valorisation du typha qui puissent être généralisables. En termes de productivité, le meilleur rendement obtenu a atteint à peine 6,5 t/ha sur 12 mois avec les quatre récoltes successives à trois mois d'intervalle. Cela représente environ 1/2 à 1/4 des valeurs de rendement le plus souvent rapportés dans la littérature qui sont comprises entre 11 à 25 tonnes à l'hectare. Les deux récoltes à intervalle de six mois n'ont produit que 5 t/ha, rendement très peu différent de celui de la récolte au bout de 12 mois (4,81 t/ha). De tels résultats ne permettent de faire des prévisions fiables en matière d'exploitation. D'après l'estimation des membres du GIE "Aar Alamdji" qui exploitent le typha dans le périmètre qui a abrité l'essai, les rendements enregistrés à l'issue de l'essai sont exceptionnellement faibles. Mamadou Mbaye, le Président du GIE (communication personnelle), estime qu'une surface équivalente à une parcelle élémentaire de l'essai (25 m<sup>2</sup>) peut produire 5 à 7 bottes d'environ 7kg après séchage si les conditions de croissance du typha sont favorables. Ramené à l'hectare cela fait un rendement de 14,0 à 19,6 tonnes (en moyenne, 16,8 t/ha).

Les quatre coupes par trois mois ont produit un rendement cumulé arithmétiquement plus élevé, suivi par celui cumulé les deux coupes par six mois. Cette tendance qui serait que plusieurs récoltes successives permettraient un rendement cumulé plus élevé par année ne paraît très évidente car l'analyse statistique n'a pas montré de différence significative. On peut penser que dans des conditions optimales le typha peut maximiser sa croissance en trois mois ou en six mois pour que le cumul de biomasse soit supérieur à une croissance continue sur douze mois. Selon une déclaration des exploitants locaux, 2 à 3 coupes par an sur une même parcelle sont fréquemment pratiquées, cela dépendant de la disponibilité de l'eau en termes de niveau et de permanence de la submersion. Toutefois, augmenter le nombre de coupe a pour conséquence de rendre plus cher son coût.

En ce qui concerne la qualité du typha, la faible hauteur des plantes (la moyenne se situe en dessous de 3m) ne devrait pas représenter de problème pour certaines formes de valorisation comme la transformation en bioénergie, la construction de palissades ou la confection de briques en mélange avec

le typha broyé (terre-typha). Toutefois, de l'avis de Mamadou Mbaye qui est exploitant de typha (communication personnelle), les typhas récoltés ne sont pas de bonne qualité pour la construction de toit de chaume en raison du taux élevé de sel dans les tissus qui les rend cassant. Toutefois, il faut noter que ce type de problème dû au sel est assez exceptionnel car causé par des conditions particulières de déficit hydrique.

### 5.1 - Bilan économique sommaire

La coupe d'un hectare de typha dans une condition de croissance normale nécessite 15 à 20 jours de travail pour deux personnes (M Mbaye, communication personnelle). Cela représente 30-40 hommes-jours par hectare pour une coupe. La rémunération de la main d'œuvre pour la coupe dans la zone est de 6000 CFA, en moyenne, par homme et par journée de travail de 7 heures. En se basant sur un niveau de rendement normal tel que celui communiqué par les exploitants locaux, soit 16,8 t/ha en moyenne, on peut esquisser le bilan économique sommaire suivant.

- Production : 16,8 t/ha, soit 2400 bottes de 7 kg
- Prix de vente : 300-350 CFA /botte de 7 kg (prix actuelle dans la zone dans une situation de demande assez élevée)
- Valeur de la production : 300-350 CFA \* 2400 = 720 000 – 840 000 CFA, soit en moyenne 780 000 CFA
- Prix unitaire de la coupe : 6000 CFA / homme-jour
- Coût de la coupe : 6000 CFA \* 30-40 = 180 000 - 240 000, soit en moyenne 210 000 CFA.
- Marge : 780 000 - 210 000 = **570 000** CFA, en moyenne.

De cette marge qui concerne une coupe, il faut soustraire des frais de manutention pour le séchage et la confection des bottes. Pour deux ou trois coupes, la marge pourrait être multipliée par 2 ou 3 mais il faut noter que le rendement d'une coupe qui suit une autre peut être, parfois, inférieur à celui de la coupe précédente.

### 5.2 - Que faut-il retenir ?

Le niveau de productivité du typha peut être très variable en fonction des conditions du milieu et de la saison. Les résultats que nous avons obtenus à l'issue de cet essai semblent se situer vers la limite inférieure de cette variabilité et ne peuvent pas servir de base pour faire des projections de plans d'exploitation durables du typha et applicables à plus ou moins grande échelle. Ils indiquent cependant qu'il convient de considérer avec prudence les estimations de biomasse très élevées souvent citées dans la littérature. L'établissement de tels plans devrait être précédé d'une évaluation de la productivité du typha dans chaque site à exploiter. Une caractérisation minimale du site et la prise en compte de la variabilité saisonnière sont également souhaitables.

Dans la plupart des cas, les exploitants coupent des typhaies anciennes ayant plusieurs années de croissance. Il est normal que les rendements annuels soient inférieurs à ceux mesurés sur ces typhaies plus anciennes. Des mesures pluriannuelles seraient nécessaires pour caractériser la croissance de la plante au-delà d'un an. Dans le cas étudié, on a affaire à des parcelles régulièrement exploitées par les membres du GIE de M Mbaye. Il est possible que leur productivité soit inférieure à celle de parcelles nouvellement exploitées.

## 6 - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- African Plant Database (version 4.0.0). Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, Pretoria, "accès [juin 2022]", <<http://africanplantdatabase.ch>>
- Bosch, C. H. (2011). *Typha domingensis* (Pers.) Steud. [Internet] Fiche de PROTA4U. Brink, M. & Achigan-Dako, E.G. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas. <<http://www.prota4u.org/search.asp>>.
- Chen H, Zamorano M. F., Ivanoff D. (2013). Effect of deep flooding on nutrients and non-structural carbohydrates of mature *Typha domingensis* and its post-flooding recovery. Applied Sciences Bureau, South Florida. Ecological Engineering 53 267–274
- Deegan B M, White S D, Ganf G (2006). The influence of water level fluctuations on the growth of four emergent macrophyte species. Aquatic Botany, 86 4, 309-315.
- Eida E M, Shaltout K H, Takashi B A (2012). Modeling growth dynamics of *Typha domingensis* (Pers.) Poir. ex Steud. in Lake Burullus, Egypt. Ecological Modelling, Vol. 243, p 63-72.
- Esteves B S, Suzuki M S (2008). *Typha domingensis* Pers. subject to interactions among water level and fire event in a tropical lagoon. Acta Limnol. Bras. vol. 20, no. 3 : 227-234.
- Fraga J M P, Kvet J (1993). Production dynamics of *Typha domingensis* (Pers.) Kunth populations in Cuba. Journal of Aquatic Plant Management 31:240-243.
- Gleen E (1995). Effects of salinity on growth and evapotranspiration of *Typha domingensis* Pers. Aquatic Botany 52 : 75-91.
- Gomez K A & Gomez A A (1983). Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley & Sons. New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Gopal B (1990). Aquatic weed problems and management in Asia. In: Aquatic Weeds. The Ecology and Management of Nuisance Aquatic vegetation. In Pieterse A. and Murphy K.J. Ed. Oxford Science Publications, Oxford, 593 p
- Grace J B (1989). Effects of Water Depth on *Typha latifolia* and *Typha domingensis* American Journal of Botany Vol. 76, No. 5 : 762-768.
- Hall S (2008). Invasive Species Compendium : *Typha domingensis* (southern cattail) Missouri Botanical Garden Tropicos Database <http://www.tropicos.org>
- Howard-Williams C, Lenton G M (1975). The role of the littoral zone in the functioning of a shallow tropical lake ecosystem. *Freshwater Biology* 5: 445-459.
- Kane et Akpo (2014). Croissance et production de matières de *Typha australis* Schum. et Thon. soumis à différents niveaux d'immersion. Journal of Applied Biosciences 86 : 7928– 7939
- Macek P, Rejmánková E, (2007). Response of emergent macrophytes to experimental nutrient and salinity additions in oligotrophic tropical wetlands. Functional Ecology 21: 478- 488
- MBOUP M (2014). Changements socio-environnementaux et dynamique de la végétation aquatique envahissante dans le delta du fleuve Sénégal. Thèse de Doctorat. Ecole Doctorale "Eau, Qualité et Usages de l'Eau", Faculté des Sciences et Techniques Université Cheikh Anta Diop, Dakar. P 117
- Miao, S L, Sklar F H (1998). Biomass and nutrient allocation of sawgrass and cattail along a nutrient gradient in the Florida Everglades. Wetlands Ecology and Management 5: 245-263.

PERACOD (Promotion de l'électrification rurale et de l'approvisionnement en combustibles domestiques) (2006). Mise en œuvre d'unités de production de charbon de typha et mesure de la rentabilité économique de cette nouvelle activité. GTZ, Ministère de l'Energie et des Mines (Sénégal). P 87

PREDAS (Projet régional de promotion des énergies domestiques et alternatives au Sahel). (2017). Le Typha australis : menace ou richesse ? Brochure. CILSS, Ouagadougou 03, Burkina Faso. P 28

Rejmánková E, Macek P, Epps K (2008). Wetland Ecosystem Changes After Three Years Of Phosphorus Addition. *Wetlands* 28 (4) : 914-927

Roberts J (2014) : Typha and Phragmites: Similarities and Differences. In *Managing Typha and Phragmites*. Workshop report. Roberts J and Kleinert H, éditeurs. North Central Catchment Management Authority PO Box 18 Huntly Vic. Australia

Sani I L A, Bilkisu M (2018) : Ecological interaction of Typha and Phragmites aquatic weeds species in Kadawa reservoir, Kano River irrigation system. *UKRAINIAN JOURNAL OF ECOLOGY*, 8 (4) : 243-247

Sarr N L (2003). Aspects socio-économiques de la prolifération de Typha domingensis dans le delta du fleuve Sénégal. Mémoire de DEA en Sciences de l'Environnement, Institut des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. P 59

Spencer J M, Vincent M A (2013). Southern cat-tail (Typha domingensis, Typhaceae) discovered in Ohio. *Phytoneuron* 22: 1-5.

Thiam A (2012). Etude de la flore vasculaire, de la végétation et des macrophytes aquatiques proliférant dans le delta du fleuve Sénégal et le lac de Guiers (Sénégal). Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal). P117

Thieret J W, Luken O (1996). The Typhaceae In the southeastern United States. *Harvard Papers in Botany*, Vol. 1, (8): 27-56.

Urban N H, Davis S M, Aumen N G (1993) : Fluctuations in sawgrass and cattail densities in Everglades Water Conservation Area 2A under varying nutrient, hydrologic, and fire regimes. *Aquatic Botany*, 46: 203-223.

Vollmer K M (2010). Physiological and biological aspects of natural area weeds. A thesis of master of science degree. Graduate School, University of Florida. P 79.

**QUELQUES PHOTOS RELATIVES A LA CONDUITE DE L'ESSAI**



**Vue de l'essai**



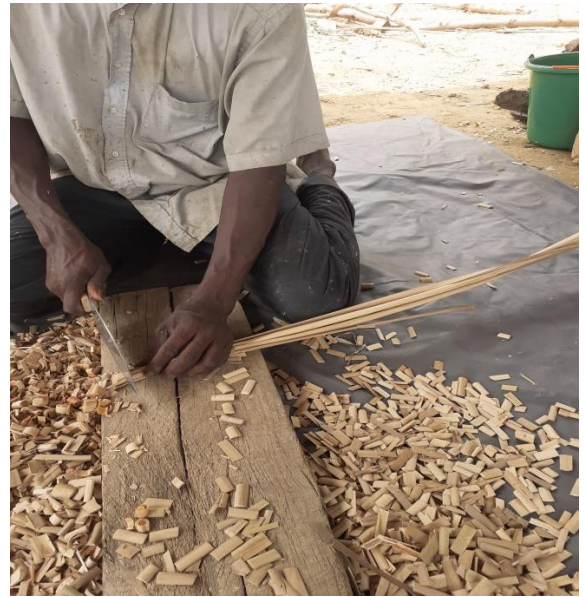
**Vue d'une parcelle**



**Pré-séchage après-coupe**



**Pesage des échantillons avant et après séchage**



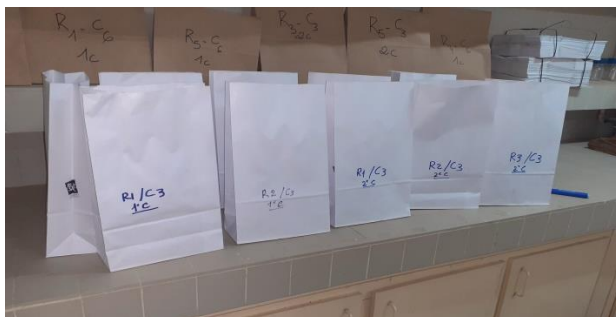
**Hachage des échantillons de typha**



**Effet du déficit hydrique sur le typha**



**Envahissement par le riz sauvage**



**Conditionnement des échantillons**



## Le projet TyCCAO



Le projet Typha Combustible Construction Afrique de l'Ouest (TyCCAO) a pour objectif de contribuer à la transition énergétique et la lutte contre le changement climatique, en développant l'utilisation de combustibles d'origine renouvelable et l'efficacité énergétique dans le bâtiment grâce à la massification et la dissémination de produits élaborés à base de typha.

Ce programme s'inscrit dans la volonté des gouvernements sénégalais et mauritaniens de mettre en œuvre la transition énergétique dans les secteurs les plus émetteurs de GES tout en répondant aux impératifs de lutte contre la prolifération de cette plante invasive.

<https://www.tyccao-typha.org/>



45 bis, Avenue de la Belle Gabrielle  
94736 Nogent-sur-Marne  
Tél. +33 (0)1 70 91 92 00  
Email : [gret@gret.org](mailto:gret@gret.org)

<https://gret.org/>

Le Gret est une ONG internationale de développement, de droit français, qui agit depuis 1976 pour apporter des réponses durables et innovantes aux défis de la pauvreté et des inégalités. Ses équipes interviennent du terrain au politique, sur une palette de thématiques complémentaires (gestion des ressources naturelles, énergie, accès à l'eau, agriculture, nutrition, etc.). Elles mènent en moyenne 200 projets par an dans 26 pays, situés pour l'essentiel en Afrique et en Asie du Sud-Est.

## Avec le soutien financier de



FONDS FRANÇAIS POUR  
L'ENVIRONNEMENT MONDIAL

