Haut-Commissariat

PROJET DE GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU ET DE DÉVELOPPEMENT DES USAGES MULTIPLES DANS LE BASSIN DU FLEUVE SÉNÉGAL **(PGIRE)**

Etude pour l'évaluation des besoins pour le contrôle du Typha dans le delta du fleuve au Sénégal et en Mauritanie

Rapport d'état des lieux et bilan des méthodes de lutte contre le typha

Christian Castellanet
Souleymane Diallo
Labaly Toure
Minh Cong Le Cuan
Guillaume Boisset
Aline Hubert
Aminata Ndir

Version finale – Janvier 2019

Sommaire

RAPPORT D'ETAT DES LIEUX ET BILAN DES METHODES DE LUTTE CONTRE LE TYPHA 1

1 INTRODUCTION ET DESCRIPTION DE LA MISSION 6

2 APPROFONDISSEMENT DES CONNAISSANCES SUR LA PLANTE 7

2.1 ELEMENTS NOUVEAUX SUR LE CYCLE DE LA PLANTE, SA RESISTANCE, SES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT 7

Le cycle de croissance de la plante 7

La résistance de la plante 9

Impacts du typha sur l'environnement 10

2.2 REACTIONS DU TYPHA A CERTAINS FACTEURS ADVERSES (ETAT DES CONNAISSANCES) 11

2.3 LES AUTRES PLANTES INVASIVES PREOCCUPANTES 14

Ceratophyllum demersum L. 14

Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. 15

Salvinia molesta D.S.Mitch., 1972 16

Autres espèces envahissantes 17

3 ZONAGE SOCIO-ECOLOGIQUE PARTICIPATIF SUR DEUX COMMUNES 18

3.1 PRESENTATION DE LA METHODE 18

3.2 PRESENTATION DES RESULTATS 19

3.3 DISCUSSION DE LA METHODE (LEÇONS APPRISES) 23

3.4 CONCLUSIONS POUR LA POURSUITE DE L'EXERCICE A L'ECHELLE NATIONALE ET REGIONALE 24

4 BILAN EVALUATION DES METHODES DE CONTROLE 25

4.1 PRESENTATION DES METHODES RETENUES 25

4.2 METHODOLOGIE D'ETUDE DE BILAN-EVALUATION 27

4.3 LES METHODES HYDRAULIQUES 28

4.4 LA SALINISATION 29

Description des techniques de salinisation possibles 29

Evaluation multicritères des méthodes de salinisation 30

4.5 CURAGE ET REPROFILAGE DES CANAUX ET DRAINS 32

Situation des travaux de recalibrage et réhabilitation déjà entrepris 32

Bilan économique du recalibrage 33

Evaluation multicritères des méthodes de recalibrage des axes hydrauliques 34

4.6 POLDERISATION 35

Projet Polders 35

Evaluation multicritères des méthodes de polders 36

4.7 ASSECS EN SAISON SECHE 37

Assecs annuels au niveau de la retenue de Diama 37

Assecs temporaires et localisés pour faciliter les travaux 38

Evaluation multicritères des méthodes d'assèchement saisonnier 38

4.8 LES METHODES DE CONTROLE ET D'ELIMINATION MECANIQUE 40

4.9 COUPE DU TYPHA SOUS L'EAU (MANUELLE/ BATEAU FAUCARDEUR) 40

Etat des connaissances scientifiques sur la technique de coupe sous l'eau 40

Les expériences de coupe sous l'eau 41

4.10 LA COUPE MANUELLE 43

4.11 LA COUPE PAR BATEAUX FAUCARDEURS 45

4.12 L'ARRACHAGE DU TYPHA PAR ENGINS LOURDS (PELLES MECANIQUES) 48

Etat des connaissances 48

4.13 AUTRES SOLUTIONS MECANIQUES POTENTIELLES 52

Synthèse et recommandations sur les méthodes mécaniques *53*
4.14 LUTTE BIOLOGIQUE 54
4.15 LUTTE CHIMIQUE 55
4.16 LA VALORISATION ECONOMIQUE DU TYPHA 56
Les différentes techniques de valorisation existantes ou potentielles *57*
De multiples opportunités économiques et environnementales *59*
Analyse multicritères *60*

5 COMPARAISON DES METHODES ET RECOMMANDATIONS DE PRIORISATION 66

5.1 TABLEAU MULTICRITERES 66
5.2 DISCUSSION 69

6 CONSIDERATIONS SUR L'ORGANISATION INSTITUTIONNELLE DU CONTROLE DU TYPHA ET LES ASSOCIATIONS D'USAGERS 71

6.1 LA REPARTITION DES ROLES ET RESPONSABILITES DES INSTITUTIONS DANS LE CONTROLE DU TYPHA 71
6.2 LE ROLE DES OP ET DES ADU SUR LA RIVE GAUCHE 73
Les AdU appuyées par l'OMVS *73*
Les Unions hydrauliques sur le réseau géré par la SAED *75*
Les Comités d'Usagers (CU) *75*
6.3 ROLE DES OP, ADU ET UNIONS D'ADU RIVE DROITE 76
Les AdU de l'OMVS *76*
Les structures de gestion des périmètres irrigués de la SONADER *78*
Liens entre ADU / Structures de gestion des Périmètres Irrigués *79*
Discussion sur le rôle des AdU *79*
6.4 RECOMMANDATIONS POUR L'ETUDE INSTITUTIONNELLE 80

7 CONCLUSION 81

Annexes

Annexe 1. TdR de l'étude (extraits) *83*
Annexe 2. Liste des personnes et institutions rencontrées *87*
Annexe 3. Chronogramme de mission *90*
Annexe 4. Documents obtenus lors de la mission de Novembre 2018 ..... *93*
Annexe 5. Exemple de grille d'enquête *97*
Annexe 6. Les méthodes mécaniques de coupe du typha *101*

Listes des abréviations

AdU	Association d'Usagers de l'Eau
AEP	Alimentation en Eau Potable
CU	Comité des Usagers
DAA	Direction de l'Aménagement Agricole (Mauritanie)
DFS	Delta du Fleuve Sénégal
GES	Gaz à Effet de Serre
GIE	Groupement d'Intérêt Economique
ISET	Institut Supérieur d'Enseignement Technologique (Mauritanie)
OLAC	Office des Lacs et des Cours d'eau (Sénégal)
OMVS	Organisme de Mise en Valeur du fleuve Sénégal
OP	Organisation Paysanne
SAED	Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta (Sénégal)
SNAAT	Société Nationale des Aménagements Agricoles et des Travaux (Mauritanie)
SOGED	Société de Gestion et d'Exploitation du barrage de Diama
SONADER	Société Nationale pour le Développement Rural (Mauritanie)
VFS	Vallée du Fleuve Sénégal
UH	Union Hydraulique

Listes des figures et tableaux

Figure 1. Croquis du typha dans la commune de Rosso. 19
Figure 2. Carte participative sur l'occupation du typha dans la commune de Rosso Mauritanie 20
Figure 3. Zonage participatif du typha dans la commune de Ronkh..... 20
Figure 4. Carte participative sur l'occupation du typha dans la commune de Ronkh Sénégal..... 22
Figure 5. Incendie du typha dans la ville de Rosso Mauritanie (Gret, 2015) 42
Figure 6. Dégagement manuel d'un accès au lit mineur du Garack (Mauritanie) (Gret, 2016).... 43
Figure 7. Bateaux faucardeurs 45
Figure 8. Dépôt de faucardage par un engin Bigfloat Rumo équipé d'une pelle à claire-voie (Eiffage, 2015) 56
Figure 9. Tableau comparatif entre frais d'approvisionnement de 3 méthodes de valorisation et dépenses d'entretiens..... 62

Tableau 1. Productivité de la coupe manuelle..... 45
Tableau 2. Budget de maintenance des émissaires et adducteurs du delta au Sénégal 49
Tableau 3. Les valorisations potentielles du typha classées par maturité technologique selon le référentiel UE (TRL- Technology Readiness Levels) 58
Tableau 4. Tableau multicritères pour comparaison entre méthodes de lutte contre le typha .. 67

1 Introduction et description de la mission

Ce rapport est le deuxième livrable de l'étude « Etude pour l'évaluation des besoins pour le contrôle du typha dans le delta du fleuve au Sénégal et en Mauritanie ». Il fait suite à une première note de cadrage basée sur une revue documentaire et bibliographique extensive, préparée en octobre 2018 et validée par l'OMVS en décembre 2018.

Son objectif est de faire un premier bilan évaluation des méthodes de lutte contre cette plante aquatique dans le delta du fleuve Sénégal, et de compléter les connaissances sur le typha par rapport aux informations disponibles dans la littérature. De plus, suite à la revue documentaire, il a été décidé d'aborder deux autres sujets qui sont apparus comme pertinents dès cette étape, une première approche de zonage participatif du typha, et le rôle des Associations d'Usagers (AdU) pour le contrôle du typha.

Les recherches pour ce rapport ont été effectuées lors d'une mission multidisciplinaire de l'ensemble de l'équipe au Sénégal et en Mauritanie, d'une durée d'une semaine, complétée par des échanges à distance. Cette mission s'est déroulée du 8 au 17 novembre 2018, des deux côtés du fleuve Sénégal, dans la région de Saint Louis au Sénégal et de Rosso en Mauritanie. L'équipe multidisciplinaire était formée du Dr. Christian Castellanet (coordinateur de l'étude – Environnementaliste), le Pr. Souleymane Diallo, malherbologue, Dr. Labaly Toure, géographe, Guillaume Boisset, hydrologue, Minh Le Quan, agro-économiste, Aminata Ndir (sociologue) et Aline Hubert (hydrologue - GIRE). Le calendrier de cette étude et la liste des organisations et personnes rencontrées apparaissent en annexe. Nous les remercions tous pour leur accueil chaleureux et pour avoir bien voulu échanger librement informations et points de vue sur la thématique du contrôle du typha[1].

Un tableau de synthèse multicritères présente la synthèse des connaissances sur les méthodes de lutte et leurs enseignements respectifs. L'équipe a ensuite présélectionné parmi les méthodes de lutte du bilan diagnostic celles qui semblent les plus viables, en précisant leurs conditions et potentiels de mise en œuvre.

A l'issue de ce rapport une discussion avec l'OMVS et ses partenaires nationaux (lors de l'atelier OMVS #1 des 14 et 15 janvier 2019) a permis de préciser les techniques à approfondir pour la mission suivante, qui formeront la base du plan de lutte contre le typha qui devra ensuite être élaboré avec toutes les parties prenantes lors de la quatrième et dernière étape de cette étude.

[1] Avec une mention spéciale pour la CSS, qui nous a fait visiter ses opérations et les alentours de leur périmètre, la SAED qui nous a reçu à plusieurs reprises, le Centre de documentation de l'OMVS qui nous a donné accès à de nombreux documents pertinents, et Mme Amy Kébé, sociologue de l'OMVS, en charge des AdU qui a bien voulu se joindre à l'équipe et assister aux rencontres d'AdU dans la commune de Ronkh ainsi qu'à l'atelier participatif de zonage dans cette même commune.

2 Approfondissement des connaissances sur la plante

Un certain nombre d'informations générales sur le typha, sa répartition et sa biologie ont été réunies dans le premier livrable, *Note de cadrage – Revue documentaire*[2]. Nous ne reviendrons pas ici sur ces données, mais présenterons les éléments qui ont pu être approfondis entre temps, à partir des entretiens avec des personnes ressources, des visites de terrain, et de la documentation additionnelle qui a pu être obtenue.

2.1 Eléments nouveaux sur le cycle de la plante, sa résistance, ses impacts sur l'environnement

Les plantes aquatiques envahissantes dans la vallée du fleuve Sénégal ont fait l'objet d'une abondante littérature au cours des 20 à 25 dernières années. La majeure partie de ces écrits ont été suscités par les problèmes de plus en plus aigus posés par l'expansion du typha dans le delta du fleuve Sénégal (DFS) et ont concerné essentiellement les diverses formes de valorisation de cette espèce et les problématiques et méthodes de contrôle de sa prolifération. Très peu de travaux ont été rapportés sur les aspects liés à la connaissance biologique et éco-physiologique de la plante en référence aux conditions de la région. La description de l'espèce et son habitat préférentiel (sol, régime hydrique) ont été abordés dans le cadre d'études de la végétation aquatique en général, orientées souvent vers les aspects phyto-sociologiques, géographiques ou socio-économiques (Thiam, 1984 ; Cogels et al., 1993 ; Dieng, 2000, 2002 ; Calestreme, 2002 ; Mbaye, 2015).

Le cycle de croissance de la plante

Typha domingensis Pers. étant une plante de type herbacé vivace à rhizomes, ses parties aériennes (tige, feuilles, inflorescence) entrent en phase de sénescence à la fin de son cycle de développement qui s'achève avec la phase de fructification-maturation ; les parties souterraines persistent alors grâce aux réserves des rhizomes qui assurent le caractère vivace de l'espèce. Les travaux de thèse de Mboup (2014) sur la végétation aquatique envahissante dans le delta du fleuve Sénégal incluent un suivi phénologique de *Typha domingensis* qui a abouti au résultat suivant :

- phase de croissance végétative, allant d'août à février ;
- phase de floraison, de mars à mai ;
- phase de fructification-maturation, de mai à juillet.

Ceci implique une durée de cycle de développement de 12 mois. Cependant, plusieurs auteurs rapportent que le cycle de *Typha domingensis* ne dure pas plus de dix mois, le plus souvent plutôt

[2] Référence : Note de Cadrage - Revue Documentaire. Etude pour l'évaluation des besoins pour le contrôle du Typha dans le delta du fleuve au Sénégal et en Mauritanie. GRET/ OMVS –PGIRE. Décembre 2018 (54 pages, incluant la bibliographie)

9 mois (Thieret et Luken, 1996 ; Hall, 2008 **;** Roberts, 2014). Mbaye (2015), mentionne, pour le delta du fleuve Sénégal, que la floraison a lieu de mai à juin et parfois jusqu'à la fin du mois de juillet en fonction de la température du sol et de l'eau. D'après Vollmer (2010), travaillant en Floride, *T domingensis* fleurit généralement de juillet à septembre. En région tempérée, la plupart des pousses qui émergent au début du printemps, entrent en sénescence en automne (Thieret et Luken, 1996). Eid E. M. (2012) rapporte que, dans le lac Burullus en Egypte, l'émergence des pousses démarre en février pour atteindre le maximum de biomasse en juin-juillet, biomasse qui décroit ensuite jusqu'à leur sénescence en automne.

Les informations recueillies auprès des populations lors de la visite de terrain effectuée par l'équipe chargée de la présente étude n'ont pas apporté de précisions sur le cycle de croissance de la plante. Les réponses aux questions sur les différentes phases de développement du typha (périodes de début et durée de végétation, de floraison, de maturation) ont été assez variables : d'après Alioune Ndiaye du GIE Awa Niass à Ronkh, le début de végétation du typha peut être à tout moment après une coupe ou une mise à feu, la floraison ayant lieu le plus souvent en mai-juin et la maturation en septembre ; pour Yalé Sarr, GIE Sarrène à Ronkh, la croissance du typha est plus rapide en février-mars et sa maturation intervient en avril-mai ; quant à Mamadou Mbodj du GIE Kolléré à Wassoul, il estime que le typha peut se développer à tout moment mais que la phase végétative dure 3-4 mois, sa floraison a lieu le plus souvent en janvier-février et la maturation en mars-avril. Mamadou Sow du GIE PAKS à Kassack-Sud estime qu'il n'est pas facile d'apporter des réponses si on ne prête pas attention aux différents stades de croissance du typha mais il remarque que c'est principalement à la fin de la campagne de contre saison (début hivernage), vers juin-juillet, que se produit la dispersion des graines de typha par le vent.

Le manque d'uniformité et de précision des informations collectées sur le cycle de développement du typha, aussi bien dans la littérature que sur le terrain, est dû avant tout à l'absence, à notre connaissance, d'étude systématique portant spécialement sur la phénologie de la croissance de la plante. Mais cela peut être dû aussi à certaines caractéristiques de l'espèce : *T. domingensis* se caractérise par une forte variabilité écotypique (Thieret et Luken, 1996) ; par ailleurs, une nouvelle génération de pousses et la génération précédente peuvent se chevaucher, notamment dans les régions à climat chaud (Roberts, 2014), ce qui expliquerait que le suivi de Mboup (2014) ait abouti à une durée de cycle de développement de 12 mois ; l'émission de pousses à partir des rhizomes peut être unimodale ou multimodale tout au long de la saison de croissance, en fonction du type d'habitat et des conditions du milieu (Thieret et Luken, 1996). Eid E. M. (2012) distingue trois vagues d'émergence des pousses dans le lac Burullus (Egypte) : la première vague en mars, la seconde et la troisième respectivement 63 jours et 119 après.

La connaissance précise des phases phénologiques du cycle de développement du typha en rapport avec les périodes de l'année dans le delta du fleuve Sénégal nécessite une étude de suivi sur une période couvrant au moins 2 cycles de croissance de la plante. Ce suivi permettrait aussi d'évaluer le niveau d'homogénéité (ou d'hétérogénéité) des stades de développement d'une population de typha.

A retenir : le cycle du typha n'est pas régulier, même s'il connaît des périodes préférentielles de floraison et de maturation. Ceci complique la lutte contre cette plante, car cela signifie que des repousses par semences et par rhizomes sont possibles toute l'année.

La résistance de la plante

Typha domingensis, grande herbacée vivace à rhizomes, est considéré comme une espèce très compétitive et dominante, résistante et opportuniste des milieux inondables perturbés et riches en éléments nutritifs. Plusieurs de ses attributs biologiques et physiologiques peuvent concourir à son caractère de plante résistante.

- La biologie reproductive de la plante : principal facteur de résistance

Typha domingensis est une espèce herbacée vivace, géo-hélophyte à rhizomes. Elle se reproduit à la fois par voie sexuée (semences) et par voie végétative (clonage) grâce aux rhizomes qui forment un réseau très dense dans le sol. La plante se caractérise aussi par la quantité considérable de graines produites, une seule inflorescence pouvant porter jusqu'à plusieurs centaines milliers.

Les rhizomes apparaissent comme le principal moyen de résistance de la plante. D'après Roberts (2014), les principales fonctions des rhizomes sont les suivantes : stockage de l'amidon ; stabilisation et ancrage ; réservoir de bourgeons (un rhizome peut en porter jusqu'à 60 de part et d'autre de son axe) et multiplication végétative ; compétition et **résistance.**

Les réserves d'énergie sous forme d'hydrates de carbone non structurels dans les rhizomes sont supérieures à celles stockées dans les parties aériennes (Roberts, 2014 ; Eid, 2013). Ces réserves permettent à la plante de survivre en conditions défavorables tels que le stress hydrique (sécheresse ou forte submersion), le stress dû à la salinité, le feu... En période de sécheresse par exemple, les rhizomes peuvent résister pendant 2 ans et puis permettre après une régénération normale ; cette résistance peut aller jusqu'à 5 ans mais avec une régénération plus faible (Roberts, 2012). Grâce aux réserves et à la ventilation des rhizomes par les feuilles, le typha résiste à des profondeurs de submersion atteignant 2m. Les rhizomes dans le sol occupent l'horizon entre -20 et -70cm ; toute méthode de lutte qui ne peut pas atteindre ces rhizomes ni les détruire ne peut éliminer durablement la plante. Des repousses sont inévitables sauf si la plante est profondément submergée.

En règle générale, la lutte contre les plantes vivaces géophytes (à organes de résistance souterrains) avec l'éradication comme objectif, ne peut pas être envisagée en une opération unique ; quelle que soit la méthode, l'application est à répéter un certain nombre de fois, dépendant du niveau d'efficacité de chaque passage.

Tout au long du cycle de croissance, il s'établit un échange de l'énergie stockée entre les parties souterraines et aériennes sous forme de fourniture du bas vers le haut pour soutenir la croissance, et de transfert du haut vers le bas pour le stockage de réserves (Thieret et Luken, 1996 ; Chen et al., 2013 ; Roberts, 2014). La croissance très rapide du typha en début de végétation est due à la mobilisation de l'énergie des rhizomes pour son utilisation dans la production des repousses et la croissance des organes au-dessus du sol.

Les graines de typha, produite en grande quantité et pouvant être dormantes, jouent également un rôle important dans la résistance et le caractère invasif du typha, en assurant la ré-infestation et la dissémination, car elles peuvent être transportées par le vent sur de longues distances.

A retenir : le typha est résistant à de longues périodes de sécheresse, grâce à ses rhizomes. Dès que le sol redevient humide, il peut se régénérer. Il est très difficile d'éliminer tous ses rhizomes par arrachage, car ils sont présents jusqu'à -70 cm. De ce fait, toute opération d'éradication du typha doit être répétée un certain nombre de fois.

- Le second facteur de résistance de la plante : ses caractéristiques morphologiques, et éco-physiologiques

La résistance aux facteurs adverses n'est pas seulement due aux rhizomes, mais aussi à certaines modifications morphologiques, anatomiques et physiologiques lui permettant de mieux s'adapter à la sécheresse ou à la salinité. Citons par exemple : la capacité d'alimenter les parties souterraines en oxygène à partir des feuilles ; des modifications au niveau des feuilles, épaississement du parenchyme, forte sclérification, accumulation d'osmolytes (Akhtar et al., 2017).

En plus d'une forte densité et de la croissance rapide soutenue par les réserves des rhizomes, la résistance à la concurrence est due aussi à la grande taille de la plante lui donnant un avantage pour la lumière ainsi qu'à la production d'une grande quantité de litière qui entrave l'émergence et l'installation des plantules des autres espèces (Lynn et al., 2009).

A cela il faut ajouter le caractère opportuniste et la forte compétitivité de l'espèce : en milieu favorable, riche en éléments nutritifs (P et N), *T. domingens*is montre une capacité de multiplication et de croissance extraordinaire grâce à un fort pouvoir de mobilisation des nutriments et de photosynthèse lui permettant d'occuper rapidement l'espace.

Il faut rappeler que, d'après la littérature, il est établi que l'expansion de *T. domingensis* et son développement à caractère invasif sont étroitement liés à la teneur du milieu en phosphore. En effet, la capacité de mobilisation des éléments nutritifs, le taux de chlorophylle dans les feuilles, le taux de photosynthèse, le taux de croissance relative et la vitesse de multiplication de l'espèce sont corrélés à la teneur du milieu en P (Miao et al. 2000 ; Richardson et al. 1999 ; Macek et Rejmánková, 2007 ; Macek et Rejmánková, 2008).

Le pouvoir élevé de compétition de T. domingensis serait le premier aspect à prendre en considération dans le cadre d'une option de lutte par l'introduction d'une espèce de substitution telle que le "bourgou" (Echinochloa stagnina). Dans un milieu favorable tel le DFS dans ses conditions actuelles, il serait difficile à une autre espèce de surclasser le typha. La seule situation qui pourrait être envisageable est celle où l'établissement de l'espèce de substitution précéderait le typha. Cela mettrait à profit l'un des rares points faibles de la plante : la difficulté des plantules à s'installer dans un milieu où une végétation est bien établie. Cela suppose une destruction préalable du typha avant la plantation et un entretien soutenu jusqu'à ce que le Bourgou soit à son plein développement. La substitution du typha par des plantes « utiles » et donc valorisables par les populations peut garantir ce dernier point, dans la mesure où les personnes concernées (cueilleurs ou cueilleuses) ont intérêt à entretenir les espaces concernés en éliminant les repousses de typha. Le bourgou remplit, en partie ce rôle car c'est une bonne plante fourragère.

A retenir : Tant que les conditions du milieu restent favorables au typha, il est peu probable qu'on arrive à l'éliminer par simple substitution par une autre espèce, sans entretien régulier pour éliminer les repousses de typha. Seule la substitution du typha par des plantes « utiles » et donc valorisées et entretenues par les populations peut garantir ce dernier point.

Impacts du typha sur l'environnement

L'un des effets négatifs les plus préoccupants de *T. domingensis* sur l'environnement cités dans la littérature est la perte de la biodiversité. La menace pour la biodiversité devient réelle quand le typha se développe en peuplement mono-spécifique et s'étend dans des zones inondables de

plus en plus vastes. Grâce à un fort pouvoir de multiplication végétative, une grande taille et un taux de croissance élevé, le typha concurrence et domine rapidement les autres espèces qui sont éliminées, conduisant à un changement complet de biotope. Il s'ensuit, en plus de l'appauvrissement de la flore, une raréfaction de la biodiversité de la faune terrestre et aquatique. Les espaces protégés (parcs nationaux) sont particulièrement sensibles à cet impact.

La réduction des plans d'eau par l'occupation due au typha est un autre effet négatif qui a des impacts sur la faune et la flore aquatique.

Les peuplements denses et étendus de typha peuvent avoir un impact important sur le bilan hydrique global en raison des pertes considérables dues à l'évapotranspiration. Cet aspect peut avoir des conséquences écologiques pour la région mais devrait aussi être considéré du point de vue socioéconomique dans la gestion globale de la ressource en eau.

Les impacts négatifs du typha sur les populations locales ont été abondamment documentés. La multiplication des oiseaux granivores a des impacts très forts sur les récoltes de riz. Lors de notre visite de terrain, plusieurs personnes se sont en outre plaintes de l'effet du pollen de typha sur leur santé (allergies) en période de floraison, et de l'impact négatif des semences de typha sur les cultures maraichères lorsqu'elles se déposent en abondance sur les feuilles.

Toutefois, le typha n'a pas que des effets négatifs sur l'environnement. C'est une espèce qui possède une tolérance remarquable aux métaux lourds tels que le nickel, le plomb, le zinc, le cadmium (Oliveira et al., 2017 ; Ebrahem Eid et al., 2012 ; Davis, 1997). Elle est, pour cette raison, utilisée pour la restauration des zones humides polluées.

On peut également penser qu'elle a la capacité d'absorber une partie des éléments minéraux (Azote, Phosphore) rejetés par les eaux de drainage, contribuant ainsi à purifier ces mêmes eaux. Ce point n'a pas fait l'objet d'études spécifiques et mériterait donc d'être confirmé.

2.2 Réactions du typha à certains facteurs adverses (état des connaissances)

❖ Réaction du typha au feu

La mise à feu du typha dans les zones asséchées ou après drainage semble une méthode peu coûteuse et relativement simple de contrôle du typha. Mais il a été constaté que le brûlis avait peu d'effet durable pour le contrôle du typha car dans la plupart des cas, le feu ne détruit que les parties aériennes sans atteindre le système souterrain (Nelson et Dietz, 1966, cité par Apfelbaum, 1985). La destruction des rhizomes par le feu dépend de l'état de la végétation et des conditions d'humidité du milieu qui déterminent respectivement l'intensité du feu et la capacité des rhizomes à résister. Les feux de forêt (typha associé avec des arbustes) permettent de contrôler le typha (Apfelbaum, 1985). La mise à feu après le drainage puis suivi d'une submersion pendant la saison de croissance permet de contrôler le typha si l'opération est répétée pendant deux ans (Motivans et Apfelbaum, Apfelbaum, 1985).

Au niveau local dans la région, le brûlis n'a pas été mentionné en tant que méthode de lutte mais il est parfois pratiqué par les usagers pour ouvrir des voies d'accès, par exemple pour la pêche (Alioune Ndiaye du GIE Awa Niass à Ronkh, communication orale). Ces opérations de brûlis peuvent, parfois, échapper au contrôle et se propager en causant des dommages plus ou moins importants. On a également observé des champs où le typha avait été brûlé avant labour, en

particulier dans les zones récemment asséchées en bordure des axes recalibrés, et qui peuvent ensuite être remises en culture.

Il faut noter que le brûlis, en provoquant la suppression de la dominance apicale, a pour conséquence, si les conditions d'humidité sont favorables, d'entraîner une forte augmentation des émergences et de la croissance des pousses (Esteves et Suzuki, 2008), aboutissant à un renforcement du peuplement de typha. Par contre, il semble utile avant labour, lorsque la parcelle reste asséchée et n'est plus soumise aux inondations périodiques.

A retenir : Le brûlis appliqué seul n'est donc pas suffisant pour parvenir à un contrôle efficace du typha. Toutefois, dans des zones qui s'y prêtent, il peut être envisagé pour faciliter d'autres types d'opérations telles que les interventions mécanisées de coupe ou de labour ou d'extirpation des rhizomes. Il pourrait aussi être combiné avec la submersion si celle-ci pouvait être appliquée à des hauteurs d'eau suffisantes et pendant une période suffisamment longue.

❖ Réaction du typha à la salinisation

L'une des principales causes de la prolifération de *Typha domingensis* dans le delta du fleuve Sénégal est la suppression ou la forte réduction de la salinité des eaux. L'effet de la salinité, à un taux dépassant les seuils de tolérance, se traduit par une diminution du poids de matière sèche, de la densité et de la hauteur des plantes (Glenn, 2008). La salinité affecte aussi la germination des semences et entraîne une augmentation de la proportion des tiges en floraison. Une concentration trop élevée provoque le flétrissement et la mort de la plante. Toutefois *T. domingensis* est une plante considérée comme moyennement tolérante au sel et supporterait jusqu'à 2% de taux de salinité (Aquatic Invasive Species Literature Review, PROTA). Khandare & Govindwar (2015, cités par Akhtar et al., 2017), rapportent que l'utilisation de *T. domingensis* comme plante de phytoremédiation dans des conditions de stress salin s'est avérée très efficace pour atténuer les dommages causés par le sel. Le mécanisme de tolérance des plantes au sel est relativement difficile à quantifier en raison des réponses variées des plantes et de la nature complexe du stress dû la salinité. Les résultats d'une étude conduite sur *T. domingensis* par Akhtar et al. (2017) montrent que les modifications structurelles au niveau des feuilles en réaction à l'exposition de la plante à la salinité sont : une réduction de l'épaisseur des feuilles et l'épaississement du parenchyme ; un accroissement de l'aérenchyme ; un fort degré de sclérification. Les réactions biochimiques se traduisent principalement par une forte accumulation d'osmolytes, notamment la proline et la glycine bétaïne. L'intensité de ces différentes réactions peut être variable selon les écotypes mais ces caractéristiques contribuent à conserver l'eau et à lutter contre la sécheresse physiologique. Mufarrege et al. (2011) rapportent que les plantes de typha issues d'un milieu salé absorbent moins de sodium au niveau des feuilles que celles provenant de milieu non salé.

Les documents portant sur la salinité en relation avec *T. domingensis* qui ont pu être consultés ne comportent pas des aspects concernant la lutte proprement dite. Ils traitent plutôt des questions de tolérance et de mécanismes de résistance et rapportent des expériences conduites le plus souvent en condition de milieu contrôlé. Une expérience en milieu réel de lutte par salinisation est envisagée dans le parc national des oiseaux du Djoudj mais nous n'avons pas pu disposer du document s'y rapportant.

Des informations concernant la durée d'exposition à la salinité pour une élimination complète de la plante ne sont pas disponibles. Glenn (1995) indique que les rhizomes en dormance peuvent

supporter des taux de salinité plus élevés que ceux qui entraînent le flétrissement des pousses mais qu'un niveau de salinité ≥ 7 ppt (‰) est la limite de tolérance de l'espèce dans un marais saumâtre. On se rend donc compte que les seuils de tolérance de la plante à la salinité rapportés dans la littérature sont variables. Cela peut être dû à la variabilité éco-typique. Par exemple, Mufarrege et al., 2011, ont montré que des plantes de *T. Domingensis* issues d'un milieu très salé supportaient un taux de salinité de 8‰ (8000mg/l) alors que celles provenant d'un milieu non salé étaient affectées par un taux aussi faible que 0,2‰ (200mg/l).

Nous n'avons pas pu avoir connaissance d'expériences concrètes de l'utilisation de la salinisation comme méthode de lutte, en dehors toutefois du Parc National du Diawling, où la gestion hydraulique a permis de restaurer la salinité dans certaines mares. On a pu observer également sur le terrain des zones où le typha périclite, du fait de l'augmentation de la salinité dans les drains et collecteurs. Toutefois, Il est certain que le typha ne résisterait pas à une exposition à de forts taux de salinité mais l'utilisation de la ré-salinisation du milieu comme méthode de lutte exigerait des taux de salinité supérieurs à 2‰ et cela pendant des périodes plus ou moins longues. L'efficacité dépendra alors du niveau de salinité et de la durée de l'exposition.

A retenir : la salinisation des eaux peut permettre de contrôler l'expansion du typha, voire de l'éliminer avec des taux plus élevés. La durée et l'intensité d'exposition nécessaire n'est pas connue dans le DFS et mériterait de faire l'objet d'études plus approfondies

❖ Réaction de la plante à la submersion

Parmi les espèces du genre *Typha, T. domingensis* est la plus tolérante à la submersion. La profondeur de submersion optimale pour sa croissance se situe entre 30 cm et 150 cm (Roberts, 2014 ; Wisconsin Department of Natural Resources, Aquatic Invasive Species Literature Review). Toutefois les parties souterraines ont besoin d'oxygène pour leur survie et leur fonctionnement. Leur alimentation en air, notamment en condition de submersion, dépend étroitement des feuilles et des tiges et est assurée à travers des tissus spéciaux (aérenchyme). Cependant, d'après des résultats d'expériences de plusieurs auteurs, la submersion, à partir d'une certaine profondeur (90-100 cm), aurait un effet sur certains paramètres de la croissance de *T. domingensis* : un accroissement de la hauteur et de la biomasse par plante ; une réduction de la densité, du taux de floraison, de la production et de la croissance des rhizomes, de la biomasse et du taux de croissance relative (Grace, 1989 ; Chen et al., 2013 ; Kane et Akpo, 2014 ; Vollmer, 2010). L'inondation à une profondeur > 90 cm entrainerait la diminution de la photosynthèse et de la fluorescence de la chlorophylle et augmenterait la respiration sombre. D'après les résultats de Chen et al. (2013), l'effet de la profondeur de submersion se traduit aussi par un accroissement des hydrates de carbones non structurels stockés dans les feuilles et leur diminution dans les parties souterraines. Cela implique que la translocation vers les tissus souterrains est inhibée par la profondeur de submersion. Cependant, *T. domingensis* peut maintenir un taux relativement élevé de photosynthèse à une profondeur de submersion de 137 cm, soit environ 70% du taux des plantes poussant dans une profondeur de 40 cm (Chen et al., 2010). La reprise des plantes après une longue période d'inondation (6 semaines) est significativement affectée par une profondeur de 137 cm alors qu'elle est satisfaisante à 91 cm.

Il ressort de la littérature consultée que la profondeur de submersion peut affecter certains paramètres de croissance de *T. domingensis* sans toutefois menacer sa survie lorsque la plante

est déjà bien établie, sans doute en raison de la forte tolérance de l'espèce à la submersion. Cette tolérance dépend en grande partie de sa caractéristique permettant des échanges d'air entre les différentes parties pour alimenter, à partir des feuilles, les organes souterrains en oxygène indispensable en condition d'anaérobie.

L'utilisation de la submersion seule pour contrôler le typha suppose des hauteurs de lame d'eau supérieures à 150 cm, à maintenir pendant de longues périodes. On considère qu'en dessous de 2 m de lame d'eau permanente, le typha ne peut pas survivre.
En revanche, la combinaison d'une condition d'anaérobie et d'une interruption des échanges d'air entre parties aériennes et partes souterraines, autrement dit submersion et coupe sous la surface de l'eau, est l'une des stratégies les plus souvent préconisées.

A retenir : Le typha pousse le mieux à des profondeurs d'eau comprises entre 30 cm et 1,50m. Il peut survivre quelques semaines entièrement submergé (avec les feuilles sous l'eau), mais ne peut pas survivre si la lame d'eau excède durablement 2m.

2.3 Les autres plantes invasives préoccupantes

Le développement de nombreuses espèces végétales des milieux aquatiques s'est accru ces dernières décennies dans le delta à la faveur des modifications écologiques induites par la construction des barrages, les aménagements et l'agriculture irriguée. Dans son rapport portant sur l'étude de référence sur la situation des plantes aquatiques dans les axes hydrauliques de la délégation SAED de Dagana, Mbaye (2015) distingue 18 espèces de plantes potentiellement envahissantes. Parmi ces espèces il distingue 3 catégories :

1) des espèces envahissantes majeures, comprenant *Typha domingensis* et *Ceratophyllum demersum* ;
2) des espèces localement envahissantes, dont *Phragmites australis*, *Ludwigia leptocarpa* et *Oxycaryum cubense* ;
3) des espèces envahissantes mineures, groupe renfermant les 13 autres taxons.

Ceratophyllum demersum L.

En dehors du typha, le ceratophyllum, appelé localement "gnanthje", est la deuxième espèce réellement préoccupante. Sa prolifération dans la zone de delta a commencé probablement en même temps que celle du typha mais a été moins spectaculaire, sans doute en raison de sa taille réduite et de son habitat limité aux plans d'eau.

- **Brève description** (Bérhaut J., Vanden Berghen C. (1979-1991) ; Mbaye (2015))

Ceratophyllum demersum L. (1753) appartient à la famille des *Ceratophyllaceae*, ordre des *Ceratophyllales*, sous-classe des Dicotylédones (certains pensent que c'est une algue mais ce n'est pas le cas). Nom en français : Cornifle immergé ; nom local (delta du Fleuve Sénégal) : Gnanthje.

C. demersum est une plante strictement aquatique, entièrement immergée, dépourvue de racines flottant librement dans l'eau ou parfois fixée à la vase par des rhizomes émis par les tiges ; les rameaux émettent des rhizomes souvent avant de se séparer de la tige. Les tiges sont filiformes et mesurent 0,50 m à 1,50 m. les feuilles verticillées par 5-12, sont en forme d'aiguilles

longues de 1 à 4 cm et divisées 1-2 fois. Les fleurs, axillaires et sessiles, sont très petites et peuvent passer inaperçues ; les fleurs mâles et les fleurs femelles sont séparées et sont situées à l'échelle de verticilles différents, les fleurs femelles se situant vers le bas. Le fruit est une capsule ovoïde pourvue de trois pointes épineuses dont deux à la base. La couleur verte de la plante varie en fonction de la luminosité mais peut devenir plus ou moins rosée si la température de l'eau dépasse 27°C.

L'espèce se reproduit essentiellement par voie végétative, bouturage de fragments de tiges et la croissance est extrêmement rapide : 10 à 20 cm par semaine. La reproduction sexuée est possible mais moins fréquente.

- **Ecologie et distribution**

C'est une espèce sub-cosmopolite des zones humides qui se trouve pratiquement dans toutes les régions du monde, des zones tropicales aux zones tempérées ou froides. Elle fréquente les cours d'eau à débit lent ou les eaux plus ou moins stagnantes et supporte les eaux saumâtres. Ses conditions optimales de croissance sont : une température de 12-30°C mais elle peut supporter le gel ; un pH de 6,0 à 8,5 ; une dureté de l'eau de 5-19 °GH.

Dans le DFS, la plante pose de sérieux problèmes dans les axes hydrauliques et a été soulignée comme très préoccupante par les usagers lors des entretiens menés par l'équipe chargé de la présente étude. A la CSS par exemple, on a indiqué que « le *Ceratophyllum prend plus d'ampleur que le typha. Il flotte, et forme des amas qui se détachent et bloquent les stations de pompage. L'hydraulicité est réduite et la hauteur d'eau monte en amont mais n'avance pas »* (entretien avec les techniciens de la CSS, Etude contrôle typha, novembre 2018).

La plante tendrait donc à remplacer le typha qui fait l'objet d'opérations de curage mécanique.

- **Méthodes de lutte possibles**

Hormis la lutte manuelle ou mécanique, la lutte biologique par les carpes herbivores, en particulier l'espèce d'origine asiatique, *Ctenopharyngodon idella*, semble donner des résultats intéressants (Leslie Jr. et al., 1987). Cela conforte la suggestion d'approfondir la réflexion sur la lutte biologique contre le typha même s'il demeure évident que des informations précises doivent être acquises sur les impacts négatifs possibles.

L'utilisation de colorants inertes a été également signalée. L'ajout d'un colorant dans l'eau réduit la lumière et entrave la photosynthèse et donc la croissance des plantes submergées. Cette méthode serait efficace pendant environ six mois après l'application.

Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.

Cette espèce appartient à la famille des Poaceae (Gramninées), sous classe des Monocotylédones. C'est une plante semi-aquatique, macrophyte émergente de grande taille pouvant atteindre 3,5 - 4 m. Les feuilles, longues 20 à 60 cm et larges de 0,8 à 3,2 cm, sont caulinaires, alternes le long d'une tige robuste et assez bure. Inflorescences en grandes panicules de 20-25 cm de long et 6-10 cm de large, très ramifiées et plumeuses.

- **Biologie**

C'est une plante herbacée vivace à rhizomes très ramifiés, formant un réseau dense dans le sol. Elle se multiplie par voie végétative à partir des rhizomes, la reproduction par graines est assez

rare. Son cycle de développement végétatif dure moins d'un an et se termine par la sénescence des parties aériennes.

- **Distribution et écologie**

Parmi les 5 espèces que compte le genre, Phragmites australis est la plus connue. Elle est cosmopolite et se rencontre dans tous les continents et pratiquement sous tous les climats. L'espèce fréquente les rives des cours d'eau, les marais, les estuaires. *Phragmites australis* est considéré comme l'une des espèces envahissantes les plus importantes des zones humides. Elle supporte de fortes submersions, allant jusqu'à 2 m de profondeur, et tolère les eaux saumâtres.

Phragmites australis est considérée comme l'une des espèces envahissantes les plus importantes des zones humides. Elle possède une forte variabilité morphologique et génétique, les formes polyploïdes (9, allant de 3n à 22n) étant plus répandues et celle diploïde (2n) plutôt rare. Les caractéristiques biologiques et écologiques de P. australis sont semblables à celles de Typha domingensis, notamment en regard à l'adaptation au milieu à la compétitivité et la résistance. Toutefois, elle produit beaucoup moins de graines que le typha et celles-ci sont moins viables ; par ailleurs elle est moins fréquente dans les zones éloignées des rives.

Dans le delta du fleuve Sénégal, P. australis est souvent observée formant des peuplements étendus en mélange avec le typha sur les rives du fleuve et des grands axes hydrauliques. La plante pose les mêmes types de problèmes mais reste moins abondante et moins répandue que le typha dans la région. Elle est cependant mieux appréciée par les éleveurs car ses feuilles sont plus appétées par le bétail.

Salvinia molesta D.S.Mitch., 1972

C'est une fougère (fougère géante) d'eau appartenant au groupe des Equisetopsida, Salviniales. C'est une plante flottante libre non ancrée au sol, et qui reste à la surface de l'eau. Les frondes mesurent 0,5 à 4 cm en largeur et en longueur, avec une surface tomenteuse, et produites par paires avec une troisième fronde modifiée semblable à une racine qui est suspendue dans l'eau. L'espèce se reproduit par voie végétative par bouturage à partir de petits fragments. Sa croissance est très rapide et peut doubler de biomasse tous les 2-3 jours, ce qui conduit au recouvrement de mares, réservoirs et lacs par un tapis flottant épais de 10 à 20 cm ou plus.

La plante est originaire du sud-est du Brésil. Elle a été introduite dans la VFS vers 1993-1995 par un exploitant de Diatène-Khor, au bord du fleuve Sénégal, à une dizaine de km à l'ouest de Rosso. L'espèce s'est par la suite échappée et les premières infestations ont été signalées en 1999 aux environs du Parc National des Oiseaux du Djoudj. Des prospections effectuées les années suivantes ont révélé une progression rapide de la plante colonisant des plans d'eau dans plusieurs endroits de la zone du delta.

L'espèce a pu être contrôlée par la lutte biologique grâce à l'introduction d'un petit charançon, Cyrtobagus salviniae, identifié dans l'habitat naturel de S. molesta, au Brésil. L'utilisation de l'insecte pour la lutte biologique a été étudiée avec succès en Australie au lac Moondarra, au Queensland, en 1980. Le charançon se nourrit surtout des bourgeons et les larves des racines. Par la suite, la méthode a été utilisée dans plusieurs pays dont l'Afrique du Sud et le Nigéria. L'expérience de ces deux pays a permis d'introduire l'insecte dans le DFS et de développer un programme de contrôle biologique qui a donné de bons résultats.

Autres espèces envahissantes

Dans le delta, les espèces aquatiques (autres que le typha), déjà envahissantes ou pouvant le devenir, sont assez nombreuses et leur gestion doit être raisonnée en fonction du degré de leur menace (Mbaye, 2015). Pour le *Ceratophyllum,* considéré comme espèce envahissante majeure (avec le typha), des efforts doivent être faits pour s'attaquer au problème que pose cette plante en tenant compte des expériences accumulées sur le typha. En particulier, les programmes de lutte doivent être bien étudiés et fondés sur une bonne connaissance de la plante et des méthodes de lutte à envisager.

Pour les autres espèces potentiellement envahissantes ou mineures, une surveillance de l'évolution de leur comportement est nécessaire et un programme de suivi fonctionnel devrait être mis en place pour cela.

A retenir : Sous l'appellation typha, les populations et même certains techniciens confondent souvent le typha proprement dit et d'autres espèces proches (notamment le phragmites). L'élimination du typha peut se traduire par la prolifération d'espèces tout aussi néfastes. Il convient donc d'être prudent et de prévoir que dans certaines situations, le typha puisse être un moindre mal.

3 Zonage socio-écologique participatif sur deux communes

Lors de l'élaboration du rapport d'état des lieux, il est apparu qu'il ne suffisait pas de discuter les différentes méthodes de contrôle du typha, mais qu'il fallait essayer de mieux comprendre la répartition spatiale du typha en diverses zones agro-écologiques distinctes, et de distinguer les niveaux de priorité dans le contrôle du typha, allant d'un souhait d'éradication totale dans certaines zones, à des possibilités d'exploitation durable dans d'autres zones. Cette réflexion fera évidemment partie de la discussion du plan de lutte concerté lors de la quatrième phase de l'étude, mais il nous a semblé important d'anticiper cela lors de la première mission de terrain. Nous avons donc décidé de réaliser deux zonages socio-écologiques participatifs dans deux communes du delta, la commune de Ronkh au Sénégal, et la commune de Rosso en Mauritanie. Ont été invités à ces ateliers d'une journée, outre les autorités communales, des représentants des diverses catégories d'usagers (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs) ainsi que quelques représentants des services techniques. Au total, 28 personnes ont participé à l'atelier de Ronkh, et 35 à l'atelier de Rosso.

3.1 Présentation de la méthode

Le zonage socio participatif avait pour objectif de discuter, d'identifier dans un premier temps les différentes zones occupées par le typha sur la base d'une carte simple à travers une démarche participative à l'échelle d'une commune. Il s'agit d'une orthophoto avec un fond d'image satellitaire sur laquelle sont représentées des informations sur les infrastructures tels que le réseau routier, les villages, le parcellaire agricole, le réseau hydrographique, etc. Cela a permis aux participants de mieux se localiser sur la carte à travers des repères qu'ils connaissent le mieux. Chaque carte est imprimée en format A0 pour une plus grande visualisation des éléments. C'est un exercice qui a impliqué la participation de tous les participants à travers une carte sur laquelle les différents éléments structurants sont visibles : réseau hydrographique, routes, localités, etc. Les acteurs locaux représentant plusieurs activités socio-économiques (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs, élus locaux,) ont pu, au bout de longues discussions et parfois de contradictions localisées, délimiter tous les espaces envahis par le typha. Il en ressort un certain nombre de zones regroupées en 5 catégories : i) les berges du fleuve avant la digue et lac, ii) les chenaux principaux, iii) les adducteurs, iv) les émissaires et drains ; v) les canaux et drains dans les périmètres et v) les mares et cuvettes. Ce sont les principales zones dans lesquelles on retrouve du typha à des proportions différentes.

Après le zonage, les participants ont discuté des priorités en matière de contrôle souhaité du typha dans une démarche participative ou chaque acteur pouvait défendre le type de contrôle souhaité. Sur la base de la carte de la commune affichée sur le mur, les participants, avec des marqueurs ont exprimé le type de contrôle souhaité par zone ainsi que les raisons.

3.2 Présentation des résultats

L'atelier de cartographie participative sur le zonage a permis d'aboutir à une carte à dire d'acteurs sur le zonage du typha avec une interactivité des acteurs aux activités socio professionnelles différentes.

La figure ci-dessous (1) montre bien la spatialisation du typha ainsi que les types de contrôle souhaités dans la commune de Rosso et dans ses alentours. Il s'agit d'un exercice participatif qui a permis de recueillir les points de vue des populations locales sur le typha. Cette figure est réalisée par les participants de l'atelier aidés par les facilitateurs. Bien sûr, la comparaison de la figure réalisée avec des cartes existantes fait apparaître des différences sur les noms de certains lieux ou encore l'échelle. Des espaces très proches sur ce schéma sont en réalité très éloignés sur la carte. Dans ce cas, la non disponibilité et/ou inaccessibilité des données vectorielles sur la Mauritanie a constitué une des limites pour la réalisation des cartes.

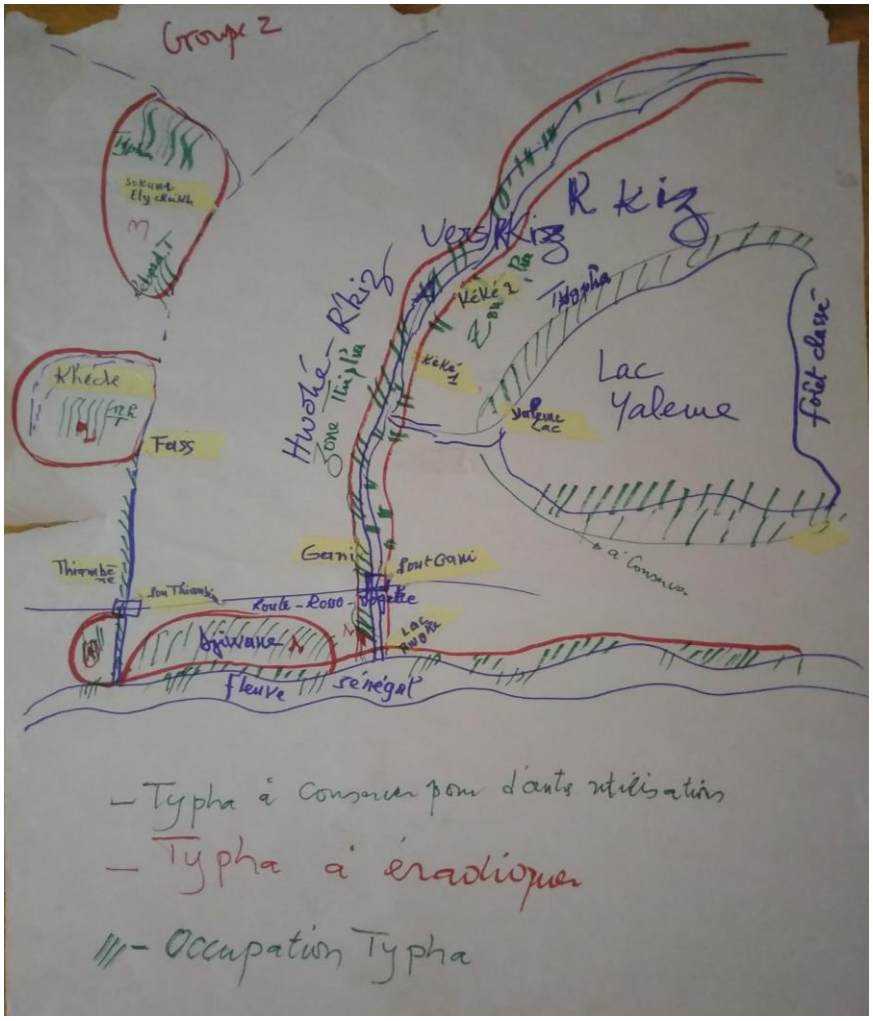


Figure 1. Croquis du typha dans la commune de Rosso.

Après reprise des informations resituées sur un fond de carte plus classique, et en utilisant les images satellites, on aboutit à la carte participative ci-dessous.

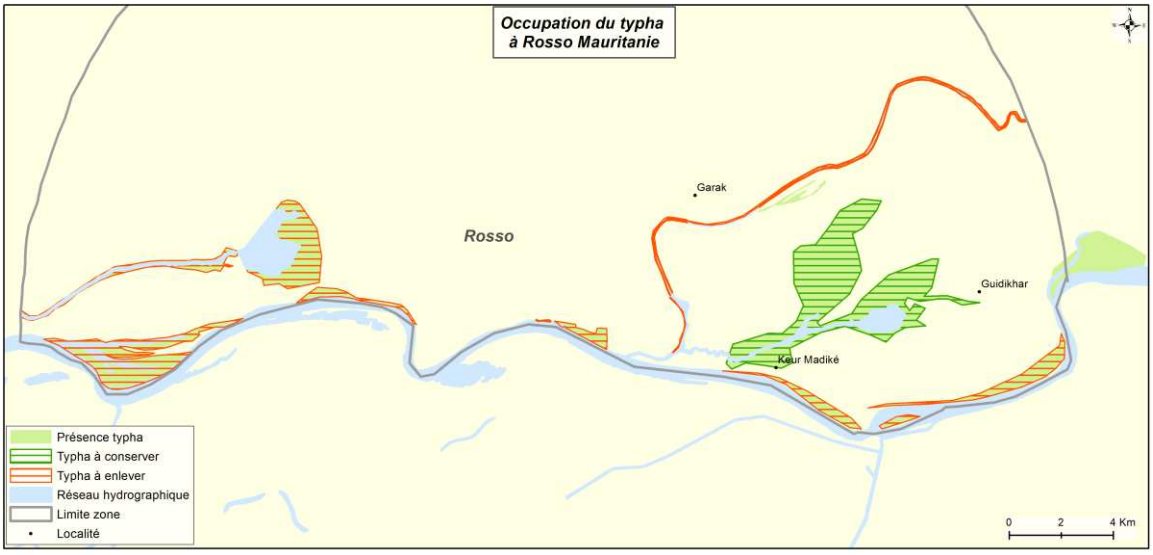


Figure 2. Carte participative sur l'occupation du typha dans la commune de Rosso Mauritanie

Le même exercice a été reproduit dans la commune de Ronkh mais dans ce cas, les participants ont travaillé sur une carte qui montrait bien les limites administratives, les localités, le réseau hydrographique, etc. Il a donc été possible de faire le zonage participatif sur cette même carte (voir la figure ci-dessous).

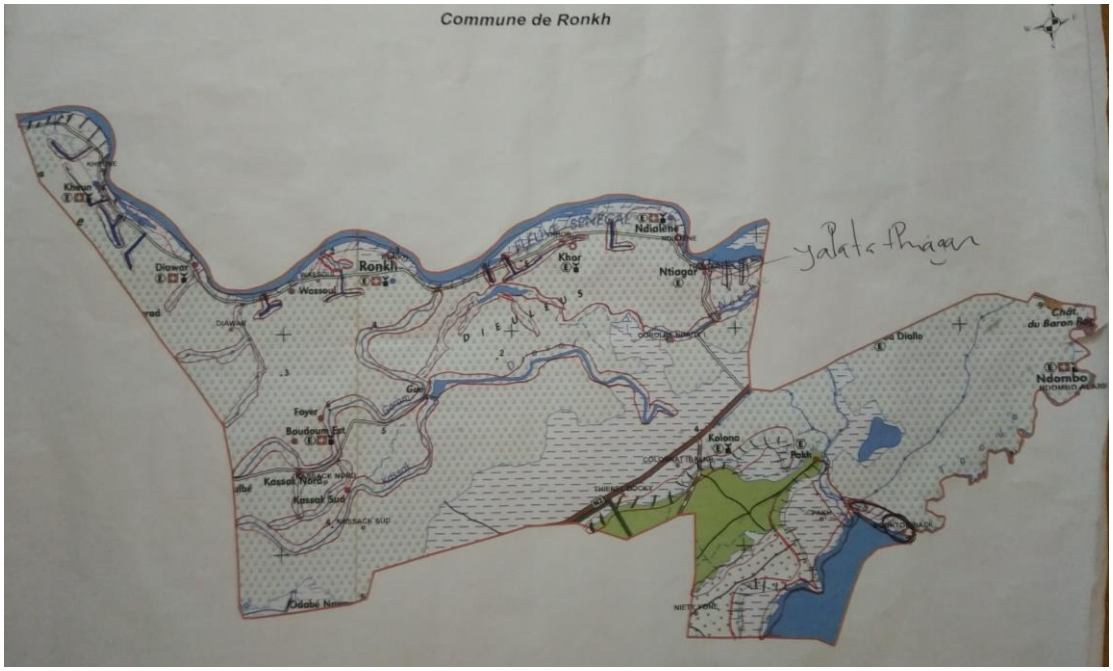


Figure 3. Zonage participatif du typha dans la commune de Ronkh

Nb : Les zones envahies par le typha sont identifiées par un trait de pourtour rouge.

Après discussion, il a été décidé de regrouper ces 5 zones en trois catégories d'espaces qui ont fait l'objet d'une discussion par trois sous–groupes. Il s'agissait pour ces sous-groupes d'analyser les impacts du typha dans ces espaces, et de proposer des modalités de gestion ou de contrôle.

3.2.1- Berges des fleuve et mares (dépressions)

C'est au niveau des berges des fleuves, lacs et mares qu'on trouve les plus grandes surfaces de typha. Historiquement, le typha était présent autour du lac de Guiers bien avant l'avènement du barrage de Diama. Le typha y représente plus de 70% des plantes aquatiques. Cependant, on note l'émergence d'autres plantes telle que le *sonkh*[3], qui selon les participants, est une algue qui cause plus de problèmes encore que le typha.

En ce qui concerne les impacts positifs du typha, on peut citer ses usages pour : la construction d'abris /clôtures, la protection de la digue, le pâturage pour le bétail (surtout les jeunes plants), la production de charbon/ briques (y compris à partir des déchets), etc. Par ailleurs, les impacts négatifs du typha ont aussi été évoqués : la propagation d'une maladie du bétail appelée localement *walo* qui causerait la mort du bétail, la diminution de l'activité de pêche, la propagation des oiseaux granivores (abris). L'expansion spatiale du typa a provoqué une diminution des parcelles à usage agricole dans certaines zones et par conséquent de la production agricole - riziculture, maraichage). Les participants ont évoqué aussi les impacts du typha sur la santé humaine, en particulier asthmes liés au pollen ou aux graines transportées par le vent.

Dans ces zones, le type de contrôle souhaité est l'éradication du typha pour libérer les passages mais aussi la récupération des terres colonisées par le typha. Les zones de typha étaient des terres agricoles qui appartenaient aux habitants des villages mais qui, par impuissance et face à la force de développement du typha, sont obligés de les abandonner. Ils sont nombreux à espérer la récupération de leurs parcelles.

Un point qui n'a pas pu être abordé et qui mériterait plus d'attention par la suite, est celui des facteurs expliquant la progression du typha dans les cuvettes et zones basses du paysage (très visible sur la Figure 3.). Il y a certainement un lien avec l'insuffisance du drainage dans ces zones basses, provoquant une humidité permanente favorable au typha, mais certains indices montrent qu'il y a aussi dans certaines de ces situations des phénomènes de salinisation qui affecteraient les rendements du riz et provoqueraient l'abandon des zones irriguées ensuite envahies par le typha (qui résiste mieux à la salinité et profite des rejets d'azote et phosphore dans les eaux de drainage). Le typha est-il la cause de l'abandon de zones irriguées, ou au contraire le résultat de cet abandon ?

3.2.2- Périmètres irrigués

Autour des périmètres irrigués et dans leur réseau hydraulique, on note une présence forte du typha avec parfois la cohabitation avec d'autres végétaux aquatiques. Il constitue une longue bande dans les canaux causant de nombreux problèmes d'hydraulicité et d'accès à l'eau pour le pompage.

[3] Cette dénomination semble évoquer le jonc, désignant le Juncus de la famille des Juncaceae. Elle s'applique sûrement au phragmites (Phragmites australis) qui rappelle les joncs, grandes herbes des zones marécageuses.

Si pour les agriculteurs, il faut éliminer le typha, pour les éleveurs, il faut plus une gestion contrôlée avec l'aménagement de certaines zones pour valoriser la plante (qui leur fournit du fourrage en certaines saisons). Toutefois, l'éradication du typha semble être une nécessité pour la majorité des acteurs. En fin de compte, les contraintes du typha en termes de diminution des surfaces agricoles sont si significatives au regard des bénéfices actuels, que la majorité rejette toute forme de valorisation.

3.2.3 - Adducteurs/ et drains

C'est principalement au niveau des adducteurs et canaux primaires qu'on note une grande occupation par le typha avec comme conséquence possible l'obstruction des axes hydrauliques.

Deux types de contrôle ont été évoqués :

- Pour l'agriculture : deux nettoyages par an souhaités avant chaque récolte (mécanique sur axes primaires, manuel sur axes secondaires) comme cela se fait déjà dans les parcelles en complément d'un contrôle chimique non sélectif au LONDAX (anti germinatif) 15 jours après la germination du riz sur parcelles inondées dans les périmètres, puis WEEDOM ou PROPALNY (pesticides contenant du glyphosate ?) dans les mois suivants.

- Pour les activités d'élevage, pêche et ménage : ils préconisent le maintien de points d'accès permanents et une diminution du typha aux abords des villages sur les berges de la retenue de Diama mais aussi du maintien des champs de typha pour la valorisation en charbon, briques, etc. Dans la commune de Ronkh, les activités de valorisation de typha (énergie), sont pratiquées par les GIE des femmes.

Le résultat de cet exercice de priorisation est présenté sur la figure ci-dessous.

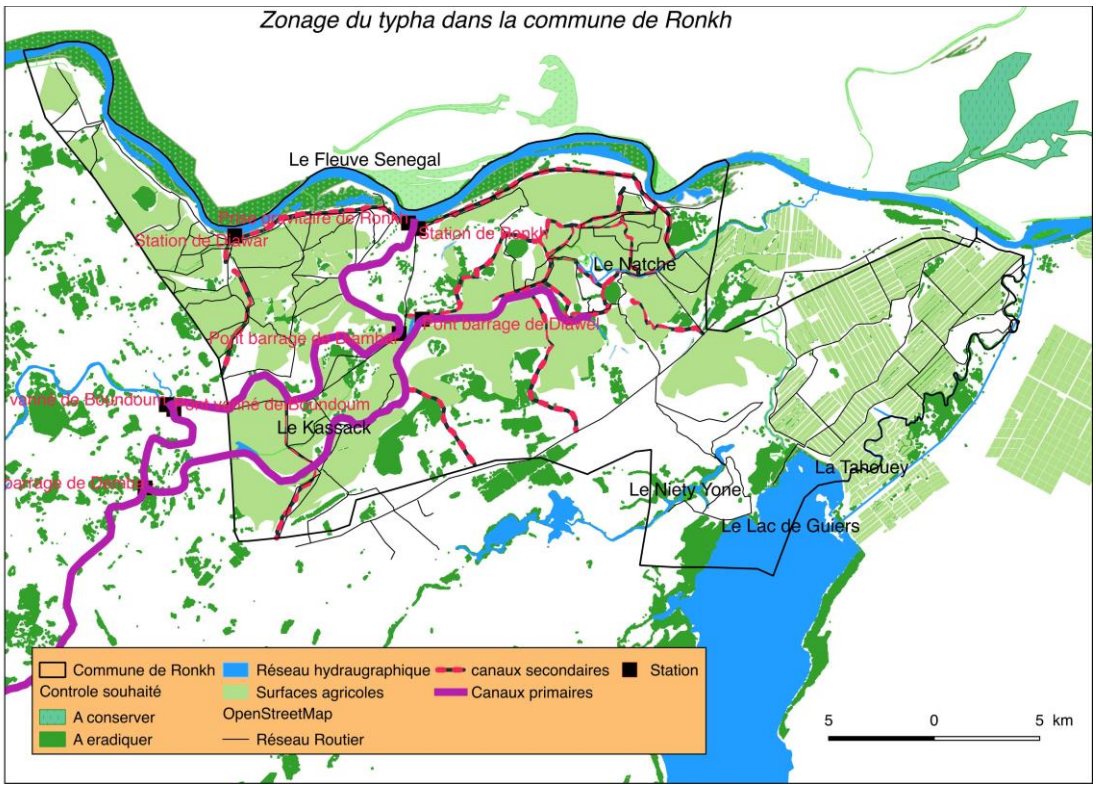


Figure 4. Carte participative sur l'occupation du typha dans la commune de Ronkh Sénégal

En fonction des acteurs, le typha ne présente pas les mêmes enjeux et le contrôle souhaité est très variable, parfois même subjectif. Majoritairement, le typha est décrit comme plante problématique qui cause de nombreuses difficultés aux agriculteurs (diminution des surfaces cultivables, hydraulicité), aux pêcheurs (accès aux ressources, qualité de la pêche), aux éleveurs (accès à l'eau du fleuve, chemins rétrécis, présence des serpents). De ce fait, la majorité des participants souhaite l'éradication du typha la plus complète possible (car il suffit qu'il en reste quelques touffes dans le paysage pour qu'il recolonise rapidement les zones nettoyées), et s'exprime en faveur d'un contrôle biologique comme celui qui a permis de contrôler la Salvinia.

Un autre type d'acteur est constitué par les groupements de femmes qui travaillent sur la valorisation énergétique du typha, pour qui une politique de valorisation/gestion contrôlée s'avère importante pour promouvoir les activités de valorisation possible de la plante. En raison de la diminution des surfaces cultivables et de l'augmentation de la population, les acteurs estiment impératifs d'éradiquer le typha au bord du fleuve et du lac de Guiers. Toutefois, au niveau de certains des canaux secondaires, une gestion contrôlée peut être appliquée ainsi qu'au niveau de certaines cuvettes naturelles.

Autour de la commune de Rosso, les acteurs présents ont également priorisé en tout premier l'élimination du typha sur les zones de berges du fleuve et le long des axes hydrauliques principaux (adducteurs), ensuite dans les zones de dépression cultivables. Ils ont, en revanche, considéré que le typha pouvait être conservé en vue d'une exploitation durable autour de la forêt classée de Gani.

Par ailleurs, les participants à l'atelier de Rosso souhaitent prendre en main le contrôle de la lutte contre le typha, avec un appui technique et l'aide financière extérieure. Ils estiment que les usagers et les riverains du typha doivent être les premiers à devoir se mobiliser pour engager les ONGs, les bailleurs de fonds, la SONADER, l'OMVS dans la mobilisation des moyens de la lutte (fonds, matériels, cotisations aux fédérations etc.) et l'accompagnement nécessaire qui passera aussi par une redynamisation des unions, AdU, etc. Ils demandent à être beaucoup plus impliqués depuis l'élaboration des plans d'action, les opérations d'entretien, et les réflexions stratégiques, et la priorisation des zones d'éradication.

3.3 Discussion de la méthode (leçons apprises)

L'atelier participatif a permis d'obtenir une meilleure cartographie des zones de typha et et une meilleure compréhension des différents types d'occupation. On a constaté cependant qu'une des conditions pour réaliser cette cartographie participative de manière satisfaisante est de disposer de bons fonds de carte avant les ateliers.

S'il est facile de localiser les zones de typha, il n'en est pas de même pour son contrôle. La démarche nous a permis de mieux situer le début de l'expansion du typha. Pour tous les acteurs, le typha est lié en grande partie aux effets de l'après barrage, d'où son développement plus localisé dans le delta que dans la vallée. Toutefois, le typha n'est pas la seule plante aquatique notée dans la zone. On note une cohabitation des végétaux aquatiques (phragmites, typha, …). Néanmoins, ils ne présentent pas les mêmes impacts pour les populations. Généralement, le typha est vu comme la plus néfaste des plantes aquatiques en raison de son expansion rapide corrélée à ses effets sur les activités socio-économiques.

Pour ce qui est du contrôle, l'éradication du typha est, pour une grande majorité, une solution, même si certains usagers (les femmes en particulier) ont tenté de défendre l'intérêt de maintenir des zones d'exploitation durable du typha à fins économiques. Toutefois, les participants ont des avis divergents sur les coûts et les effets collatéraux des travaux pour son éradication (tels que le recalibrage des axes hydrauliques). En effet, de tels travaux nécessitent dans certains cas un assèchement temporaire des zones concernées, se traduisant par la suspension des activités agricoles pendant au moins une campagne, ce qui n'est pas sans conséquence sur la vie et la survie de la population dont les principales activités restent dépendantes de manière directe ou indirecte de l'agriculture. Cependant, il y a eu consensus sur le fait que de telles mesures (observées dans la pratique cette année sur la cuvette de R'kiz) sont possibles dès lors qu'il y a consultation préalable de la population et mise en place de mesures de compensation et d'accompagnement adéquates et acceptables par tous.

3.4 Conclusions pour la poursuite de l'exercice à l'échelle nationale et régionale

La question posée (classement entre zones de contrôle prioritaire ou zones d'exploitation durable) n'a pas permis d'arriver à un consensus. Dans la mesure où la plupart des participants considéraient que le contrôle du typha était de la responsabilité de l'OMVS ou de l'Etat, il leur était facile de revendiquer une éradication totale, tout en sachant que cela aurait un coût très élevé et n'était sans doute pas réaliste. Cependant certains participants, très informés, ont mis en avant la possibilité de contrôle biologique comme étant la meilleure solution à moyen terme, en prenant l'exemple de la lutte réussie contre le Salvinia.

En attendant une éventuelle solution biologique, il apparaît que pour la suite de l'exercice, la question devrait être posée en termes de priorisation dans l'emploi d'un budget fini sur un territoire donné, et non en valeur absolue. Dans ce cadre, on pourrait mettre en avant le fait que la redevance payée par les usagers de l'eau (du moins du côté sénégalais) doit être la source d'un entretien durable à long terme. Toute augmentation des besoins devrait donc se traduire par l'augmentation de cette même redevance, et dès lors se pose la question du consentement des usagers à payer plus…

4 Bilan évaluation des méthodes de contrôle

Ce chapitre porte sur le bilan-évaluation des méthodes de contrôle du typha. Nous présenterons tout d'abord (§4-1) la typologie des méthodes retenues, puis la méthode utilisée pour les évaluer (§4-2).

Le résultat de ces analyses est ensuite présenté, méthode par méthode (§4-3 à 4-16).

Le chapitre suivant (§5) synthétisera les résultats de ces évaluations dans un tableau comparatif multicritères. Sur la base de ce tableau, l'équipe d'experts a présélectionné parmi les méthodes de lutte du bilan diagnostic celles qui semblent les plus viables, en précisant leurs conditions et potentiels de mise en œuvre, afin de les mettre en débat avec l'OMVS.

4.1 Présentation des méthodes retenues

Une typologie des méthodes de contrôle du typha existantes et potentielles a été élaborée à l'issue du premier rapport d'étape sur base bibliographique. Elle comprenait :

- **Des méthodes qu'on peut qualifier d'hydrauliques, car elles sont liées à la gestion et aux infrastructures hydrauliques :**

- **Le curage et le recalibrage des grands axes.** L'arrachage des rhizomes est une opération difficile, qui ne peut être pratiquée qu'avec des pelles hydrauliques lors du curage. C'est la solution qui a été retenue pour la restauration de l'hydraulicité des grands axes par le PGIRE, mais elle est très coûteuse. Lorsque les cours d'eaux et canaux sont surcreusés à 2,5 m de profondeur, le typha ne peut pas repousser dans ces zones profondes, il peut en revanche recoloniser les talus mais cela affecte moins l'hydraulicité des canaux et drains en question.

- **Aménagements de polders.** Les zones du lit majeur du fleuve sous faible profondeur, actuellement envahies par le typha, pourraient être réaménagées en polders, planées et drainées, afin de les transformer en casiers rizicoles avec contrôle total du niveau d'eau. Le labour régulier et l'assèchement périodique permettraient d'éliminer le typha. Ces opérations supposent de gros investissements et posent la question de la mise en valeur ultérieure, considérant notamment le fait que le potentiel de terres irrigables actuel est encore loin d'être atteint.

- **Re-salinisation du delta** : Un retour à des taux de salinité élevés pendant quelques mois de l'année (fin de la saison sèche) permettrait selon le niveau de salinité atteint, soit de tuer le typha et autres plantes envahissantes, soit de réduire fortement son extension et sa compétitivité. Cette solution n'est guère envisageable sur l'ensemble du delta, car elle menacerait à la fois les approvisionnements en eau potable de Saint Louis, Dakar voire Nouakchott, et supposerait de renoncer à l'irrigation de saison sèche sur l'ensemble du fleuve. Par contre, la gestion de la salinité est déjà pratiquée sur les parcs naturels, PND en particulier.

- La **gestion de la lame d'eau.** La mesure proposée par la SOGED consiste à **combiner lutte mécanique et gestion de l'eau**, en provoquant un assèchement temporaire du lit majeur

du fleuve dans la retenue en fin de saison sèche de mars à fin mai (en ramenant le niveau de la retenue de 2,5 m à 1 m IGN)[4], permettant de faucher les typhaies à sec avec du matériel agricole classique, avec un coût bien moindre que celui du faucardage sous l'eau. Cet assec serait suivi par une re-submersion rapide en juin qui éliminerait les rhizomes ou du moins limiterait la réinstallation du typha dans les zones traitées. Le nouveau régime proposé se rapprocherait des conditions "pré barrage". La récolte des résidus serait d'ailleurs combinable avec diverses formes de valorisation du typha, à des fins énergétiques ou de production de matériaux de construction. Néanmoins, cela supposerait une contrainte supplémentaire pour l'irrigation de fin de saison sèche, qui pourrait être affectée négativement.

❖ **Des méthodes de contrôle direct, mécaniques, chimiques et biologiques**

- **Elimination mécanique du typha**. Le faucardage est la méthode principale de contrôle mécanique du typha. Le faucardage doit être pratiqué sous l'eau, à au moins 30 cm de profondeur pour être efficace. Même dans ces conditions, il n'élimine pas complétement le typha et des repousses sont possibles. Il doit donc être complété par des coupes d'entretien régulières, et/ou par l'implantation d'espèces concurrentes.
    - L'étude essaiera de préciser les conditions d'efficacité du faucardage (coupe sous l'eau) ainsi que les coûts des différents matériels utilisables, et fera des recommandations en matière d'essais agronomiques de longue durée.
- **La lutte chimique** est possible, relativement peu coûteuse, mais extrêmement risquée sur le plan de l'environnement et de la santé humaine. Pour cette raison elle a été proscrite par l'OMVS[5].
- **La lutte biologique** n'a pas jusqu'à présent donné de résultats, ce qui ne signifie pas qu'il faille abandonner la recherche de solutions éventuelles.

Les méthodes hydrauliques peuvent être complémentaires des méthodes de contrôle direct, dans la mesure où la plupart des méthodes hydrauliques peuvent être combinées avec des méthodes de contrôle direct, en améliorant leur efficacité et en réduisant leur coût. C'est par exemple le cas

[4] Certains experts ont suggéré, afin de limiter l'expansion du typha, de limiter la hauteur maximum du plan d'eau en amont de Diama en saison sèche à 2 m et non 2,50 m, ce qui réduirait les surfaces inondées et donc les zones propices au typha. Cette mesure est techniquement assez facile à mettre en œuvre et peu coûteuse. En revanche, elle suppose une bonne concertation et coordination avec les organisations d'irrigants, et un bon entretien des axes primaires et secondaires pour l'irrigation (afin d'assurer le bon approvisionnement des périmètres irrigués) ainsi que des drains (afin de limiter les zones de stagnation des eaux de drainage issues des périmètres irrigués, très favorables au typha). L'étude examinera si cette stratégie de limitation du niveau maximum est encore d'actualité et quelles en seraient les avantages et les limites potentielles.

[5] Toutefois, la mission pourrait examiner dans quelles situations très précises la lutte chimique pourrait être envisagée et pour quelle durée (limitée) ; par exemple les parcelles de cultures envahies par le typha le temps de les récupérer. L'utilisation en milieu aquatique est a priori exclue car trop risquée.

du recalibrage des axes hydrauliques, qui réduit les besoins et les coûts du faucardage, mais ne les élimine pas.

- **La valorisation économique du typha**

Bien que la valorisation du typha en tant que source de biomasse ou de bio matériaux de construction ou d'artisanat ne constitue pas en soi une méthode de contrôle du typha, elle peut contribuer à son contrôle en diminuant le coût de certaines opérations et en créant des revenus additionnels. En particulier, les opérations de coupe sous l'eau ou en sec peuvent être couplées avec des opérations de valorisation qui peuvent dès lors contribuer à une partie des coûts de cette coupe.

Une autre manière de classifier les méthodes de contrôle consiste à distinguer les méthodes déjà existantes de celles qui sont en perspective, mais pas encore pratiquées. Selon cette typologie, on peut distinguer :

Des méthodes déjà pratiquées à grande échelle :

- Le curage et le recalibrage des grands axes Le curage et le recalibrage des grands axes
- Le contrôle mécanique du typha

Des méthodes pratiquées à une échelle réduite :

- La polderisation
- Le contrôle chimique
- La salinisation localisée
- Les assecs temporaires
- La valorisation économique du typha

Des méthodes envisagées, mais pas encore mises en œuvre :

- La re salinisation de la réserve de Diama
- La mise en place d'assecs réguliers au niveau de Diama
- La lutte biologique

4.2 Méthodologie d'étude de bilan-évaluation

La mission a élaboré un ensemble de critères afin d'évaluer et de comparer les diverses méthodes retenues. Ces critères sont :

- Les principaux avantages de la méthode
- Ses principaux inconvénients
- Ses pré-requis
- Risques et facteurs d'échec
- Pertinence
- Efficacité (du contrôle obtenu)
- Efficience (le rapport coût – résultat)

- Pérennité/durabilité (Impacts environnementaux, durabilité du contrôle du typha obtenu)
- Valorisation (lien possible avec la valorisation)

Sur la base de ces critères, un guide d'enquête a été élaboré. Il visait à réunir les informations permettant de recueillir les leçons de leur expérience, et de renseigner les critères retenus (cf. Annexe 4).

La mission a rencontré les représentants de 12 institutions et associations ayant pratiqué l'une au moins de ces méthodes, des deux côtés du fleuve, et a renseigné avec eux le guide d'enquête (cf. Annexe 2). Des visites de terrain ont permis de visualiser et compléter ces informations (Cf. Annexe 3). En complément, elle a collecté des documents additionnels et poursuivi des échanges après mission par mail ou téléphone.

A l'issu de cet exercice, un classement des techniques a été établi, selon qu'elles paraissaient plus ou moins prometteuses dans l'optique du plan d'action concerté (Classement et recommandations).

4.3 Les méthodes hydrauliques

Les méthodes hydrauliques permettant le contrôle du typha ou son optimisation concernent trois types d'actions possibles sur les conditions du milieu de développement de la plante – il s'agit de la salinisation (salinité supérieure à 2 g/l), de l'assèchement, ou de l'immersion (lame d'eau supérieure à 2 m).

Ces méthodes peuvent être employées seules, ou combinées avec de méthodes de lutte et contrôle directes (chimique, mécanique et par le feu) pour optimiser leur efficacité.

Les différentes solutions de valorisation du typha doivent être considérées comme des bénéfices dont on recherche ou non la faisabilité selon la combinaison des méthodes hydrauliques agissant sur le milieu avec les techniques de lutte directes.

A l'issue de la bibliographie effectuée en septembre 2018 et de la mission effectuée en novembre 2018, ont été considérées les méthodes suivantes de contrôle hydraulique :

a) Salinisation, expérimentée dans le parc national du Diawling, envisagée dans celui des Oiseaux du Djoudj et à considérer selon nous dans le cadre du projet d'émissaire de drainage du delta en rive gauche ;

b) Curage et reprofilage des principaux axes hydrauliques, d'après notamment les expériences sur les adducteurs et émissaires du système Gorom – Lampsar en rive gauche au Sénégal avec endiguements des cours d'eau en eau ou sur berge selon les projets, ainsi que les aménagements des cours d'eau alimentant les cuvettes du lac de Guiers et du lac de R'Kiz. Ce recalibrage doit permettre de maintenir une lame d'eau d'au moins 2 m au niveau du fond du canal pour éviter toute reconquête par le typha. Celui-ci peut néanmoins se réimplanter sur les berges et talus, mais sans affecter significativement l'hydraulicité de ces axes ;

c) Poldérisation, projet d'aménagement intégré dans la retenue de Diama, envisagé par secteurs du Bas Mayen et Haut-Delta, avec le prolongement des endiguements vers la Basse Vallée du Fleuve Sénégal ;

d) Assecs en saison sèche, temporaires pour faciliter les travaux dans les secteurs aménagés pour l'irrigation ou annuels dans la retenue de Diama pour permettre la récolte ou le nettoyage économique des typhaies selon l'avancement des projets de polders.

4.4 La salinisation

Description des techniques de salinisation possibles

- *Salinisation localisée dans les bassins des parcs naturels*

Suite à la réalisation de la digue rive droite entre Diama et Rosso et la mise en service des barrages de Diama et Manantali, le Parc National du Diawling (en Mauritanie) a dû, pour reconstituer les écosystèmes des zones humides des bassins du Bell et du Diawling Tichlitt qui s'étaient salinisés par diminution des apports en eau douce du fleuve, mettre en place une gestion hydraulique de leurs ouvrages d'alimentation par prise dans la retenue et de communication entre bassins et avec le bassin du N'Tiallack en communication avec l'embouchure du fleuve à l'aval du barrage de Diama, qui reste soumise à la remontée du coin salé[6]. Les variations de salinité et d'inondation de ces plans d'eau temporaires permettent de contrôler la prolifération du typha. De manière similaire, quoique plutôt par assèchement et en transférant l'eau depuis ses zones salées vers les zones de plan d'eau douce, c'est ce qu'envisage de faire le Parc National du Djoudj sur ses lacs (Lamantin, Grand Lac, Lac Khar)[7] .

- *Salinisation par la remontée du coin salé*

Pour tout exercice hypothétique de scénario de salinisation par le rétablissement contrôlé de l'influence marine, il faut distinguer :

a) le secteur re-salinisable du bas delta mauritanien (naturellement par l'embouchure, en contrôlant les ouvrages d'alimentation depuis la retenue de Diama) ;
b) le secteur de la retenue du barrage de Diama (dans un scénario consistant à permettre la remontée du coin salé[8], par abaissement complet des vannes du barrage)
et c) le secteur du Walo coté sénégalais (alimenté par la retenue de Diama via le système Gorom-Lampsar et drainé par le Djeuss, contrôlé à l'exutoire par un autre barrage anti-sel, la réserve de Bango sur le Lampsar).

Les conditions de ces deux derniers scénarios seraient de garantir une alimentation en eau potable de toutes les populations du delta et des grandes villes, en développant les réseaux AEP et sécurisant les captages. Cela suppose un monitoring de la salinité des eaux de surface et souterraines et une gestion des débits entrants pour contrôler le coin salé. En outre, si on envisage la re-salinisation des retenues d'eau potable de Dakar (lac de Guiers), Nouakchott (prise

[6] Références : PND, Mars 2018 – Plan d'aménagement et de gestion du Parc National du Diawling 2018-2022 – République islamique de Mauritanie ; PNOD, Juin 2017 – Plan de gestion du Parc National des Oiseaux du Djoudj 2017-2021 – République du Sénégal

[7] car il est très difficile d'y envisager une remontée d'eaux marines

[8] Remontée des eaux marines plus dense dans le fleuve et les axes hydrauliques depuis l'estuaire

de l'Aftout-es-Sahel) et de Saint-Louis (réserve de Bango), cela suppose de déplacer les prises d'eau vers l'amont, avec des canalisations de transfert d'eau brute rallongées d'autant. Il faut également noter que le barrage de Diama et ses vannes n'ont pas été conçus pour cet usage.

En se permettant une prospective de rupture sur l'aménagement hydraulique de la vallée du fleuve Sénégal, on pourrait même envisager des seuils ou barrages avec écluses pour remonter ces prises d'eau dans le Haut Delta et la Basse Vallée, à hauteurs de Roncq, Rosso, Richard-Toll ou Dagana.

- *Salinisation par assèchements*

Au cours des déplacements dans le delta, nous avons pu identifier des secteurs périphériques ou zones exutoires de drainage endoréiques ou périphériques de petits périmètres où les sols se salinisent en sorte de sebkhras[9]. Ces zones sont exemptes de végétaux aquatiques comme le typha. Cela soulève ainsi plusieurs questions : cette technique est-elle envisageable pour éradiquer le typha dans des secteurs complètements envahis ? Au bout de combien de temps ces terres salinisées pourraient-elle être récupérées pour l'irrigation par lessivage (inondation puis drainage) ? Pendant ces phases de réhabilitation pour mise en culture, ces terres peuvent-elle être accessibles et présentent-elles un intérêt au pâturage, notamment transhumant du type cure salée ?

- *Salinisation par concentration du drainage*

De même, nous avons pu constater que les émissaires de drainage étaient exempts de typha ou qu'il y était présent seulement en touffes éparses. Un programme simple d'étude de la salinité/conductivité dans le réseau de canaux et émissaires et zones exutoires de drainage permettrait de caractériser le seuil de concentration en sel issus du drainage des périmètres en cultures irriguées qui empêcherait le développement ou tuerait le typha, libérant dès lors les axes de drainage de cette végétation envahissante. Ce phénomène à mieux connaître[10] est-il pris en compte dans l'optimisation du drainage que constitue le projet d' « Emissaire du Delta » consistant à rejeter toutes les eaux de drainage dans l'embouchure à l'aval du barrage de Diama[11]? Par ailleurs, il faudrait vérifier si d'autres espèces d'intérêt économique ou écologique, aux impacts moins négatifs, pourraient se substituer au typha dans ces zones salées, ou si l'on aboutit à une quasi stérilisation des sols.

Evaluation multicritères des méthodes de salinisation

- *Principaux avantages*

Les techniques de salinisation localisée de bassins des parcs nationaux envisagées sont peu coûteuses, dans la mesure où elles ne font en général intervenir que des manœuvres de vanne

[9] Dépression affectée par un phénomène de salinisation

[10] Références : Mame Dagou Diop, Août 1996 – Gestion qualitative des eaux dans le delta du fleuve Sénégal : problématique et essai de modélisation – Mémoire de DEA de Géographie – UCAD Dakar ; Boubacar CISSE, Décembre 2011 – Les eaux de drainage des périmètres irrigués du Delta du Fleuve Sénégal : systèmes d'évacuation et qualité des eaux – Thèse de doctorat de 3ième cycle de géographie – UCAD Dakar

[11] dont seule la partie d'aménagement de la dépression du Krankaye et de transformation en émissaire du Djeuss a été réalisée dans le cadre du projet MCA (Emissaire B), le raccordement de tous les périmètres depuis Richard-Toll (Emissaire A) étant en projet d'étude sous financement du CILSS dans le cadre du Projet Régional Initiative Irrigation au Sahel.

ou de pompage à faible hauteur. En revanche, s'il faut sécuriser les AEP, des coûts importants d'investissement seraient nécessaires.

- *Principaux inconvénients*

La re-salinisation se traduit nécessairement par une perte agricole et économique importante (au minimum sur une saison de culture). Elle menace aussi les alimentations en eau potable de populations très importantes. Les impacts de salinisation localisée par isolement de casiers agricoles envahis par le typha sont également forts, et rencontreraient vraisemblablement une faible acceptabilité par les agriculteurs, qui ne pourraient ré-exploiter ces terres qu'après une période longue de plusieurs années des sols salinisés, similaire à celle qui a été nécessaire à l'aménagement des cuvettes.

- *Pré-requis*

La faisabilité des différents types de mise en œuvre de salinisation nécessite un suivi hydrométrique, mais également un suivi de la conductivité des eaux et une modélisation des cuvettes ou axes hydrauliques concernés. Il faudrait également réaliser une étude de faisabilité des ouvrages hydrauliques nécessaires, ainsi qu'une étude d'impacts environnementale et sociale.

- *Risques et facteurs d'échec*

L'efficacité à court terme de la mise en œuvre de ces techniques n'est pas garantie. Ces méthodes de salinisation, allant dans le sens opposé à la logique initiale d'aménagement du delta par le barrage de Diama, risquent d'être confrontées à une forte opposition de la population et d'une majorité des parties prenantes.

- *Pertinence*

La pertinence de ces techniques est faible, limitée à quelques secteurs de bassins des parcs nationaux, les mieux placés pour les expérimenter et les suivre dans leurs plans de gestion.

- *Efficacité*

L'efficacité de ces techniques est mal connue. On ignore la durée et le niveau de salinisation nécessaire pour éliminer le typha. Même au niveau du PND, où cette méthode est expérimentée, on manque de données de suivi consistantes.

- *Efficience*

L'efficience des moyens mis en œuvre pour ces techniques en dehors des parcs nationaux dépendrait des mesures d'accompagnement devant prendre en compte tous les usages des cuvettes et cours d'eau concernés par ces expérimentations.

- *Pérennité/durabilité*

La durabilité de ces techniques pour la lutte contre le typha peut être considérée comme a priori bonne puisqu'elle rétablit les conditions initiales du milieu et des écosytèmes. Il faudrait vérifier au bout de combien de temps le typha peut recoloniser le milieu.

- *Valorisation*

Le typha ayant dépéri suite à la salinisation de cuvette ne sera pas valorisable.

- *Classement proposé et recommandations*

Nous proposons de classer ces techniques comme utilisables seulement localement, plutôt dans des espaces naturels protégés.

4.5 Curage et reprofilage des canaux et drains

Nous avons inclus le curage et reprofilage des canaux/drains principaux dans les méthodes hydrauliques de contrôle car ces techniques permettent d'approfondir les canaux et drains, en maintenant une lame d'eau de plus de 2m en permanence au-dessus du fond du canal, et en empêchant dès lors le typha d'envahir cette zone centrale de l'axe hydraulique. Ceci assure le maintien de l'hydraulicité de ces axes, et réduit considérablement les coûts du contrôle du typha par faucardage. Cette méthode est surtout applicable à des axes hydrauliques importants (adducteurs, collecteurs, et canaux et drains primaires) et est moins pertinente sur des canaux plus petits, qui ne peuvent pas être surcreusés à plus de 2m.

Situation des travaux de recalibrage et réhabilitation déjà entrepris

Le Projet d'Irrigation et de Gestion des Eaux, financé par le MCA[12], avait comme objectif d'améliorer les canaux d'irrigation et de drainage sur 31 080 hectares de terres irrigables ciblées sur la zone du delta. Le coût total des aménagements du projet était évalué à près de 8 500 USD/ha, y compris les travaux tertiaires, autres coûts relatifs et de gestion par l'unité de projet MCA[13].

---

[12] Avec un prêt de 139,2 millions de dollars US, et un taux de rentabilité interne évalué à 15,9 %/an

[13] Les travaux du sous-projet Delta sur le système Gorom-Lampsar, qui étaient séparés en 4 lots, ont été réalisés en 2013-2014 :

- Lot 1 : Ouvrages principaux sur les adducteurs du bief amont du Delta (ponts barrage vanné à Boundoum sur le Gorom aval, vanné à à Boudoum sur le Lampsar amont et barrages de Diambar, sur le Diawel et de Demba, ouvrage de captage à G., prise gravitaire de Ronkh) / confié à l'entreprise Conduril Engenharia SA avec un financement de 6,89 G FCFA

- Lot 2 : Terrassement sur les adducteurs (réhabilitation par faucardage, curage et endiguement du Gorom amont, du Kassack nord et sud et du Lampsar amont, médian et aval, Ngalam et canal du Gandiolais, rehausse de l'endiguement du Gorom aval et des cavaliers et pistes en latérite du canal de Krankaye, remplacement des vannes des ponts barrage de Mboubène et Bango, ouvrages de génie civil liés aux mesures de mitigation, prise du canal du Gandiolais et ouvrages de régulation n°1 et n°2 du Ngala. Trois Marigots) / confié à l'entreprise Conduril Engenharia SA avec un financement de 29,2 G FCFA

- Lot 3 : Terrassements sur l'émissaire du Delta (chenal de décharge, recalibrage et endiguement du cours naturel du Djeuss à partir des ouvrages I et J, barrages en terre de séparation Djeuss/Lampsar et Djeuss naturel/artificiel, endiguement de la dépression de Pardiagne, canaux compensateurs RD et RG, réhabilitation des ouvrages I et J, ouvrages de franchissement sur les canaux compensateurs et de génie civil liés aux mesures de mitigation) / confié au groupement Razel Bec – Sogea Satom avec un financement de 31,9 G FCFA

- Lot 4 : Ouvrages principaux sur l'émissaire (Seul de contrôle de la dépression de Krankaye, Siphon de Krankaye, Station de pompage de Diama, Siphon de Yallar) / confié au groupement Eiffage SA – DLE avec un financement de 5,93 G FCFA

Le sous-volet du PGIRE2[14] concernant les infrastructures primaires pour accroître et sécuriser le potentiel irrigable (SONADER et SAED) a appuyé des activités portant sur la maintenance, la réhabilitation ou la réalisation de 49,5 km d'axes hydrauliques en Mauritanie et 19 km de canaux adducteurs au Sénégal.

Les travaux de recalibrage, d'endiguement du Diawel et de réalisation d'ouvrages de prises pour les périmètres irrigués le long de l'axe du Diawel pour 10 km de digues sur 5 km de longueur de cours d'eau réaménagé ont coûté de 4,120 M FCFA[15]. Leur coût moyen est donc de 824 M FCFA/km de cours d'eau recalibré, incluant des ouvrages sans doute coûteux.

Le budget des travaux de re-calibrage d'axes hydrauliques en Mauritanie dans le cadre du même volet du PGIRE2 exécutés via la SONADER était compris entre 60 et 125 k USD/km d'axe hydraulique[16].

Par conséquent, on obtient des coûts variant entre 56 000 euros par km (Gouère Est) et 1 260 000 euros par km (Diawel), avec un mode de l'ordre de 100 à 110 000 euros par km. (66 à 72 M de FCFA/km).

Bilan économique du recalibrage.

Nous n'avons pas pu approfondir cette question, faute de temps et de données précises sur les profils recherchés et sur les coûts effectifs de maintenance dans diverses situations.

Toutefois, en faisant l'hypothèse d'un recalibrage réduisant la largeur d'un adducteur de 60 m à 20 m de large, avec un fond de 10 m non colonisable par le typha car situé à plus de 2 m de fond en permanence, on peut faire les estimations suivantes :

- Entretien avec Big Float, tous les deux ans : 60 000 m²/km * 720 F CFA = 43,2 M F CFA/km soit 21,6 M F CFA/km/an
- Entretien depuis les berges, tous les deux ans : 10 000 m² * 580 F CFA = 5,8 M F CFA/km = 2,9 M F CFA/km/an, soit 7 à 8 fois moins cher, pour une économie de 18,7 M F CFA/km/an (28 500 euros)

L'investissement dans le recalibrage (si on se base sur un coût moyen de 110.000 euros) serait donc amorti en une durée de l'ordre de 4 ans.

[14] Pour un montant de 52,071 millions de dollars US sur fonds IDA

[15] D'après l'autorité de régulation des marchés publics du Sénégal

[16] Tambass-Garak (9 km), Mbeil-Garak (7 km) et Mbimami-Ndiavane (3,5 km) : soit 19,5 km pour 2,43 M USD, pour un coût de 125 k USD/km ; Sokam (17 km), Bourguiba (3 km) : soit 20 km pour 2,24 M USD, pour un coût de 115 k USD/km ; Gouère Est (10 km) : soit 10 km pour un coût de 1,25 M USD, pour un cout de 64 k USD/km.

Evaluation multicritères des méthodes de recalibrage des axes hydrauliques

- *Principaux avantages*

Le recalibrage des axes hydrauliques permet de réduire les coûts ultérieurs d'entretien par faucardage et de gagner des terres irrigables (mini polders).

- *Principaux inconvénients*

Le coût de ce type de travaux est élevé, estimé en moyenne à 100 K euros/km, mais pouvant aller jusqu'à 1,25 M euros/km de cours d'eau recalibré, endigué et aménagé pour 600 à 700 ha de nouvelles terres irrigués (Diawel/PGIRE2).

- *Pré-requis*

Ces travaux d'investissement dans la réhabilitation des canaux demandent des financements importants.

- *Risques et facteurs d'échec*

Les risques et facteurs d'échec sont la non-appropriation des terres irrigables par les usagers agricoles et les structures responsables de l'entretien et de la maintenance nécessaires.

- *Pertinence*

Ce genre de projet de reprofilage est pertinent surtout si la profondeur est suffisante pour empêcher son envahissement par le typha.

- *Efficacité*

L'efficacité du reprofilage des canaux vis-à-vis de l'optimisation des coûts d'entretien est bonne, voire très bonne lorsque la superficie des bandes de typha à contrôler sur les berges a été réduite[17].

- *Efficience*

L'efficience des moyens mis en œuvre pour ces techniques semble moyenne à bonne, car les coûts de ces projets de terrassement en eau sont importants mais les économies de coûts d'entretien ultérieurs sont substantielles. Notons du reste que les bénéfices de ces projets concernent avant tout l'optimisation de l'irrigation avec une meilleure hydraulicité et une augmentation des surfaces aménageables.

- *Pérennité/durabilité*

Le recalibrage des axes hydrauliques permet de réduire durablement les coûts d'entretien du typha sur leurs berges. Cependant les risques d'ensablement ou d'envasement doivent être pris en compte, car ils obligent à des curages réguliers.

- *Valorisation*

Les déblais des travaux constitués d'un mélange de terre et de végétaux faucardés ne sont pas valorisables autrement qu'en remblai.

[17] La mise en place de revêtements des berges en géotextile ou béton réduirait encore plus les besoins d'entretien. Mais leur coût semble très élevé, limitant l'usage de ces techniques à des zones très spécifiques (pour l'abreuvement par exemple)

❖ *Classement proposé et recommandations*

Nous proposons d'intégrer le reprofilage d'axes hydrauliques dans le plan de contrôle du typha. Il faudra préciser les dimensionnements et la nature des axes non encore reprofilés.

4.6 Poldérisation

Projet Polders

Le projet de lutte contre l'envahissement des plantes aquatiques dans le delta du fleuve Sénégal ou « Projet Polders Sénégal », soutenu par la coopération néerlandaise auprès de l'OMVS, a commencé par l'établissement d'un plan directeur stratégique intégré qui a procédé à une évaluation technique et financière de plusieurs types de polders à aménager. Ont été considérés les trois secteurs de berges inondables du fleuve dans le delta entre les digues à l'amont du barrage de Diama, jusqu'à Rosso.[18].

C'est la mise en œuvre de l'agriculture intensive à petite échelle dans le Haut-Delta qui a été priorisée et étudiée au stade de conception de projet[19].

Ce secteur prioritaire du Haut-Delta endigué entre Kheune (Sénégal) et Rosso (Sénégal, Mauritanie) est concerné par 7 projets de polders, sur une superficie de 4 930 ha de plaines d'inondation dont actuellement 2 800 ha envahies par le typha et 810 ha en zone agricole. L'aménagement de ce secteur vise 3 040 ha supplémentaires pour la production agricole, essentiellement tournée vers la double riziculture combinée avec des cultures maraîchères.

D'après l'analyse financière du projet de polders effectué pour le fonds néerlandais ORIO en septembre 2013, le total des coûts d'investissement en euros, incluant les coûts indirects et les coûts imprévus, était évalué à près de 30 millions d'euros pour 3 040 ha. Le coût d'investissement de polders transformés en terres agricoles atteindrait donc presque 10 K euros/ha soit 6,6 M F CFA/ha.

Avant de construire les digues connectées à chaque digue de rive du fleuve, il faudra enlever les rhizomes et tiges de typha, qui seront arrachés et déposés côté fleuve. Les futurs polders seront ensuite drainés et asséchés grâce à des stations de pompage, avant de les brûler au bout de 2 mois puis de labourer avec des charrues à disques (permettant d'extirper les rhizomes du typha), avant la saison des pluies.

[18] Une combinaison de deux types de mise en valeur extensive a été recommandée pour la zone du bas-delta : la valorisation écologique (forêts inondables par exemple) et la contribution au développement des communautés locales (pêcheries extensives, pâturages, agriculture extensive). Pour la zone du moyen-delta, peu densément peuplée, il a été jugé plus rentable de de mettre en œuvre un type d'exploitation d'agriculture intensive (grande coopérative ou société privée), tout en prenant soin de respecter la participation des populations locales.

[19] en indiquant qu'il fallait envisager d'implanter localement des développements extensifs associés à une inondation annuelle artificielle afin de créer des zones écologiques éparses.

Evaluation multicritères des méthodes de polders

- *Principaux avantages*

Sur la retenue de Diama, le projet de poldérisation représente un contrôle effectif et une réduction de la superficie des typhaies avec un gain de surfaces cultivées.

- *Principaux inconvénients*

Le projet est assez coûteux, de l'ordre de 10.000 euros/ ha.

- *Pré-requis*

Le fleuve Sénégal ayant un statut international et la retenue de Diama et ses digues étant sous maîtrise d'ouvrage de l'OMVS, exploitées par sa société la SOGED, une clarification des droits fonciers dans les deux pays s'impose sur le statut de ces nouvelles terres aménagées. Selon la résolution du Conseil des Ministres de 2017, les terres ont été placées sous la responsabilité de l'OMVS

- *Risques et facteurs d'échec*

Les risques et facteurs d'échec de ces projets de poldérisation sont en partie liés à l'enjeu technique de faisabilité et à l'appropriation de ces nouveaux aménagements. Il y a des risques de conflits fonciers avec les communes et communautés locales, qui pourraient revendiquer ces terres comme faisant partie de leurs terroirs coutumiers, en cas d'affectation de ces terres à des agro-industries ou des grands exploitants. D'un autre côté, le niveau de mise en valeur effectif dépendra de la capacité des populations à augmenter leurs surfaces cultivées, dans un contexte où l'agriculture du delta reste assez extensive (notamment avec une faiblesse du développement des doubles cultures).

- *Pertinence*

La pertinence de ce projet dépendra de la prise en compte des risques précédemment mentionnés, et donc d'une bonne concertation avec les communes et communautés concernées.

- *Efficacité*

L'efficacité attendue de ce projet est bonne car il réduira la superficie des typhaies dans la retenue.

- *Efficience*

Le calcul de l'efficience des moyens mis en œuvre pour ce projet dépendra des revenus agricoles nets effectivement obtenus, elle-même dépendante de la capacité des populations à pratiquer effectivement la double culture avec des rendements satisfaisants.

- *Pérennité/durabilité*

La pérennité des aménagements de polders dépendra de leur mise en valeur effective et de la prise en charge de l'entretien des périmètres irrigués par les organisations de producteurs agricoles. Des impacts négatifs en termes d'accès au fleuve pour les pêcheurs et les éleveurs sont à mitiger. Par ailleurs les rejets de produits agrochimiques dans les eaux de drainage sont également à prendre en compte.

❖ *Valorisation*

La technique proposée (feu) ne permet pas de valorisation, mais il serait possible, en remplaçant le feu par une fauche mécanique en sec, de disposer d'importants volumes de biomasse valorisables (énergie, matériaux de construction) en partie par les populations locales, et pour leur plus grande partie par une ou des entreprises disposant d'un équipement important. La difficulté sera le stockage d'une biomasse importante (et la gestion d'une exploitation très limitée dans le temps).

❖ *Classement proposé et recommandations*

Le projet de polder a déjà fait l'objet d'études détaillées. Sa mise en œuvre supposera, au-delà de l'obtention de financements, une bonne concertation avec les communes et communautés concernées autour du foncier et des règles d'attribution des terres. Une bonne structuration et organisation des usagers des polders est également indispensable. Une mise en œuvre progressive (un ou deux polders pour commencer) semble souhaitable.

4.7 Assecs en saison sèche

Concernant l'assèchement, on peut considérer plusieurs scénarios de méthodes à appliquer, toutes en contre saison, ponctuellement pour des travaux d'infrastructures, ou régulièrement pour de la maintenance :

- Assèchement du lit endigué du fleuve (retenue de Diama) dans le delta aval et médian couplé par exemple avec un maintien de la prise du Gorom amont à Ronkh et un doublement (sécurisation) de la prise d'Alimentation en Eau potable (AEP) de Nouakchott (1 m³/s) actuellement sur l'ouvrage de l'Aftout-Es-Sahel. Ceci supposerait la création d'un seuil à l'amont du secteur de Ronkh, nécessitant des nouveaux endiguements jusqu'à Dagana. Si l'on n'inclut pas de projet de seuil pour permettre la permanence de ces usages, les coûts d'investissements seront très lourds pour alimenter le delta en AEP (conduites) et pour isoler le lac de Guiers (AEP de Dakar 3 m³/s), la réserve d'eau dans le lac de Guiers étant a priori suffisante pour quelques mois.
- Asséchement temporaire d'une section de canaux primaires, tout en maintenant le flux d'alimentation en AEP.

Assecs annuels au niveau de la retenue de Diama

Actuellement, la cote maximale de gestion à l'amont du barrage de Diama est de 2,50 m IGN, maintenue en toutes saisons sauf pendant la crue : entre le 1er et le 15 août, la côte est abaissée progressivement à 1,50 m IGN ; elle est ensuite maintenue pendant le passage de la crue et finalement relevée progressivement pour la contre-saison froide du 1er novembre au 28 février.

L'« Etude pour la restauration du réseau hydraulique du bassin du fleuve Sénégal », réalisée pour la SOGED en 2005 avait proposé l'adoption de nouvelles règles de gestion du réservoir de Diama, avec un assèchement temporaire du lit majeur du fleuve en contre-saison chaude dans la retenue. Il s'agissait de réduire de 50 fois le coût du nettoyage des typhaies, actuellement estimé entre 270 et 630 milliards de F CFA par faucardage classique.

L'ouverture du barrage avec un débit de vidange de 500 m³/s était envisagée sur 10 jours au cours de la première quinzaine de mars, avec une diminution du plan d'eau jusqu'à la cote 1,00 m IGN. Cet abaissement permettrait alors une récolte mécanique du typha sur 1,5 mois à partir du 15 avril jusqu'au 31 mai. Puis le barrage serait fermé et se remplirait avec un débit de 160 m³/s pour revenir à la côte maximale de 2,50 m IGN durant le mois de juin en début d'hivernage.

Le projet excluait le brûlage au champ des typhaies asséchées à cause des nuisances à l'échelle de la retenue de Diama (fumées, cendres, dioxines, faune), mais annonçait déjà la possibilité de mise en polders du lit majeur, le volume de la retenue n'ayant pas de fonction spécifique, si ce n'est de maintenir un niveau pour les ouvrages de prise.

Assecs temporaires et localisés pour faciliter les travaux

Ces assecs peuvent être envisagés en cas de travaux d'entretien ou d'infrastructures importants, car les économies peuvent être substantielles, tant en termes de faucardage que de terrassement. Le coût des travaux « en sec » est significativement réduit par rapport à ceux réalisés en eau[20].

C'est par exemple le cas du projet d'aménagement avec gain de terres irrigables tels que celui du lac de R'kiz financé par la Banque Islamique de Développement, où les irrigants ont accepté une année de saison sans culture, afin de sécuriser et développer la production ultérieure[21].

Lors d'un terrain effectué le mercredi 14 novembre 2018 après un atelier participatif sur la commune de Ronkh, la mission a constaté qu'un adducteur comme le Diawel pouvait être isolé hydrauliquement. Après vérification auprès du service de maintenance de la délégation de Dagana, la SAED nous a confirmé que cette situation correspondait à l'absence de demande en eau exprimée par les usagers agricoles. Cela confirme donc qu'on pourrait envisager un assèchement temporaire pour des opérations de maintenance ou de recalibrage sur certains axes aménagés utilisés seulement pour l'irrigation et le drainage de cultures.

Evaluation multicritères des méthodes d'assèchement saisonnier

- *Principaux avantages*

L'assèchement des berges envahis par le typha réduit beaucoup les coûts de faucardage et de terrassement dans le cas de recalibrages ou d'aménagement de polders.

- *Principaux inconvénients*

Les inconvénients sont les impacts négatifs sur l'agriculture irriguée de contre-saison (sauf retour à des cultures de décrue) et les alimentations en eau potable, notamment les petites, qui sont remises en cause.

---

[20] Référence : Elin Anderson & Ida Morén, Septembre 2013 – Comparing water capacity and water usage in the Gorom-Lampsar river system, Senegal – Arbetsgruppen för Tropisk Ekologi – Upsalla Universitet / Stockholm University / SAED.

[21] Nous n'avons pas pu avoir de précisions sur les conditions d'indemnisation des populations concernées.

- *Pré-requis*

Une concertation et la mise en place de mesures compensatoires sont absolument nécessaires pour envisager ces solutions.

- *Risques et facteurs d'échec*

Il faut s'attendre à une faible acceptabilité sociale de ces solutions, particulièrement concernant l'assèchement de la retenue de Diama, qui vont à l'encontre de l'évolution de la gestion du barrage censé permettre la mise à disposition permanente de l'eau dans le delta.

Dans le cas des assèchements localisés pour travaux, l'acceptabilité peut être meilleure si des mesures compensatoires sont négociées.

- *Pertinence*

Ces solutions sont moyennement pertinentes, sauf si elles sont combinées par exemple avec la remise en culture de polders dans le haut delta et une valorisation à grande échelle de l'exploitation des typhaies du bas delta.

- *Efficacité*

L'efficacité de ces solutions est supposée assez bonne si elles sont combinées avec une fauche à grande échelle.

- *Efficience*

L'efficience des moyens mis en œuvre pour ces techniques est moyenne à faible selon le coût des mesures compensatoires.

- *Pérennité/durabilité*

La pérennité de ces opérations est variable. L'assèchement régulier de Diama pourrait permettre de réduire les surfaces en typha après coupe, mais pas de les éliminer. L'assèchement de secteurs limités faciliterait la coupe, mais devrait être répété régulièrement pour avoir un effet. En cas de recours au brûlis, les impacts négatifs en matière de dégagement de gaz à effet de serre et de pollution de l'air seraient importants.

- *Valorisation*

C'est la seule technique de contrôle hydraulique où la coupe envisagée à grande échelle permet d'envisager une valorisation récurrente des typhaies qui occupent une surface importante de la retenue de Diama.

- *Classement proposé et recommandations*

Les parties prenantes à l'OMVS ayant déjà statué sur ces solutions, elles sont non prioritaires pour l'instant. En ce qui concerne l'assèchement de la retenue de Diama, cette solution supposerait des investissements supplémentaires importants et devrait être intégrée à la poursuite d'aménagement de polders, seuils de prise, écluses pour la navigation et déplacements des prises d'eau potable.

En ce qui concerne les assèchements localisés, ils méritent d'être envisagés en cas de travaux d'entretien ou d'infrastructures importants, car les économies peuvent être substantielles. Ils doivent être mis en balance avec des mesures compensatoires conséquentes, nécessitant une bonne concertation préalable.

4.8 Les méthodes de contrôle et d'élimination mécanique

Les méthodes de contrôle mécaniques du typha (faucardage au sens large) peuvent être classifiées en deux grands types : les méthodes reposant sur un arrachage complet de la plante et de ses rhizomes, et celles basées sur une coupe des parties aériennes sous l'eau. Les pratiques de coupe/fauche classiques des tiges émergées au-dessus de l'eau ou sur des terrains drainés ne permettent pas de contrôler la végétation. Elles encouragent au contraire une repousse rapide des tiges et l'apparition de nouvelles pousses. Ces deux méthodes peuvent être manuelles ou mécaniques mais l'arrachage manuel est considéré comme très pénible et parfois impossible (en eau profonde).

Seulement trois technologies de coupe semblent éprouvées et sont utilisées en routine dans la vallée du fleuve Sénégal :

(1) la coupe manuelle – avec ou sans arrachage
(2) deux types de bateaux faucardeurs d'entretien des canaux
(3) l'arrachage mécanique par engin lourd (pelle mécaniques)

Dans les ensembles hydroagricoles, l'intervention coûteuse d'engins lourds semble toujours inévitable à plus ou moins brève échéance. Il peut s'agir d'arracher le typha, voire de curer les axes hydrauliques encombré par le matériel végétal et les sédiments.

Toutefois combiner les engins lourds avec un programme d'entretien récurrent par coupe sous l'eau peut permettre de réduire les coûts en différant le plus longtemps possible le retour sur site des grandes pelles mécaniques.

4.9 Coupe du typha sous l'eau (Manuelle/ Bateau faucardeur)

Etat des connaissances scientifiques sur la technique de coupe sous l'eau

Les résultats des expériences de lutte par la coupe sous l'eau (combinant coupe mécanique et submersion) rapportés dans la littérature sont variables mais la plupart sont jugés significatifs en termes d'efficacité. Par exemple, Apfelbaum (1985) rapporte des résultats indiquant qu'une expérience de coupe sous l'eau a permis un contrôle total du typha sur une période d'un an avec une destruction des rhizomes. La coupe de tiges sous la surface de l'eau avant la floraison 1 ou 2 fois au cours d'une saison de croissance du typha a permis de réduire le peuplement de 95-99% au Montana et à l'Utah. Stodola (1967), Shekhov (1974) et Sale et Wetzel (1983) ont abouti à des résultats similaires. D'autres auteurs mentionnent des résultats d'expériences ayant donné des niveaux d'efficacité satisfaisants (Konate et al., 2015 ; Washington Noxious Weeds Control Board, 2013 ; Apfelbaum, 1985 ; Hellsten, 2002).

Les expériences d'application de cette méthode tentées pour lutter contre le typha dans le DFS ne semblent pas être toujours concluantes et les résultats sont assez variables. D'après les différents comptes rendus des entretiens avec les AdU et les organisations partenaires de l'OMVS (Mission Gret, Etude Contrôle Typha, Novembre 2018), l'efficacité de la coupe sous l'eau n'est pas suffisante car la ré-infestation se produit assez vite de telle sorte qu'une nouvelle intervention est nécessaire en l'espace de quelques mois : 6 mois pour les voies d'accès sur les berges du canal

de la Taouey par l'AdU de Thiago ; 4-6 mois pour l'entretien manuel complémentaire aux opérations mécaniques sur les axes hydrauliques (SAED) ; 6 mois pour les pares feu à la SOGED ; un besoin de répéter une ou plusieurs fois par an pour l'entretien manuel des canaux à l'ISET. Pour le cas de l'AdU du village de Tounguène, le test de la coupe sous l'eau qui a été conduit en application d'une recommandation des techniciens a donné un résultat décevant car le typha a repoussé quelques semaines après (Entretien avec le président de l'AdU de Tounguène, Etude Contrôle Typha, Novembre 2018).

La première remarque qu'on peut faire pour expliquer la ré-infestation rapide après la coupe sous l'eau est que ces expériences concernent des espaces réduits et que la recolonisation par le typha a dû s'opérer à partir des bordures de l'espace de coupe.

Une autre cause possible de la ré-infestation est que la durée de maintien de la submersion n'a pas été suffisante. Sur ce point la littérature ne donne pas de précision quant à savoir exactement pendant combien de temps il faut submerger le typha pour que les rhizomes soient détruits.

La qualité de la coupe peut être également impliquée car elle doit être totale. D'après les travaux de Sale et Wetzel (1983), seulement quelques feuilles en vie ou mortes suffisent pour alimenter les organes souterrains en oxygène. Or, la principale raison qui justifie l'efficacité de la méthode est qu'elle empêche la diffusion de l'oxygène des feuilles vers les racines et les rhizomes (Beule 1919, cité dans Grace et Harrison, 1986).

L'application de la technique de coupe sous la surface de l'eau nécessite, entre autres, d'identifier les zones où cela est faisable (submersion suffisante et durable) et de disposer de méthodes de coupe applicables et pouvant produire un travail propre. Pour parvenir à des résultats durables, la méthode doit être raisonnée en tenant compte de la biologie reproductive de la plante. La ré-infestation à court terme est possible à partir de la périphérie de la zone traitée et elle sera d'autant plus rapide que cette zone est étroite. La recolonisation par les semences ou par fragment de rhizomes, possible mais à plus ou moins long terme, est difficilement évitable et doit être prise en charge dans le cadre d'une gestion durable intégrant un programme de suivi.

La coupe sous l'eau peut être une des composantes d'une stratégie de lutte contre le typha, mais il serait utile de conduire une étude expérimentale pour préciser certaines questions relatives notamment aux conditions de survie des rhizomes et à leur comportement face à la submersion, en particulier la durée de leur survie après une coupe sous l'eau. Cette expérimentation qui devrait s'étaler sur 2-3 ans, pourrait être couplée avec une étude de suivi pour préciser les phases phénologiques de la plante dans les conditions du DFS.

A retenir : la coupe du typha sous l'eau permet un contrôle assez efficace si elle est pratiquée à – 50 cm de manière uniforme et si le plan d'eau est maintenu par la suite à la même hauteur. Des repousses à partir des berges restent néanmoins inévitables, rendant nécessaire de nouvelles coupes tous les 4 à 6 mois. La coupe au-dessus de l'eau n'a aucun effet durable.

Les expériences de coupe sous l'eau

Différentes techniques de coupe ont fait leurs preuves, permettant une suppression du typha à -50 cm sous le niveau de l'eau, suivie de répétitions (ISET, PND, SOGED, CSS).

L'intervalle entre les répétitions dépend de deux facteurs : les caractéristiques physiques du terrain de travail et l'objectif visé par la coupe. Les expériences que nous avons recensées sont les suivantes :

1) <u>contrôler le typha dans un axe pour en rétablir l'hydraulicité (CSS, ISET, SAED) :</u>

2 coupes par an permettent de rétablir un flux satisfaisant avec une hauteur d'eau moindre, et de retarder de plusieurs années l'intervention très coûteuse d'engins lourds d'arrachage et de curage.

2) <u>éliminer le typha d'une zone de berges pour assurer un accès vers l'eau plus profonde (SAED, OLAC, SONADER) :</u>

Pour être pérenne, cette opération nécessite un curage (voire un endiguement de la zone de passage ou de prise d'eau), suivi de coupes d'entretien pour contrôler la reprise du typha, notamment par les rhizomes à partir des bordures.[22]

3) <u>éliminer le typha dans une dépression, pour faire revenir la pêche (Gret, ISET, PND) :</u>

Un programme très intensif de coupe est nécessaire pendant 6 mois (2 fois par mois) pour complètement épuiser et tuer les rhizomes ; à suivre par une phase d'entretien léger de 6 mois (passages rapides, 2 fois par mois) pour éviter l'installation de nouvelles plantes propagées par graine.

4) <u>contrôler le typha pour gérer le risque incendie (SOGED) :</u>

2 coupes avec arrachage par an permettent de maintenir la biomasse combustible à un niveau de risque incendie satisfaisant au barrage de Diama[23].

Figure 5. Incendie du typha dans la ville de Rosso Mauritanie (Gret, 2015)

Par ailleurs, la coupe d'entretien est susceptible d'alimenter des filières de valorisation du typha. Celles-ci sont capables d'acheter la matière, ce qui permettrait de contribuer à réduire les frais d'entretien et/ou d'en augmenter la fréquence.

A l'exception du curage par pelle mécanique, qui produit un matériau trop souillé de vase/terre, toutes les autres techniques de coupe et arrachage sous l'eau peuvent alimenter la valorisation.

[22] Sachant que les rhizomes peuvent faire progresser la typhaie de 5 à 6 m/an, un passage ouvert sur une bande de 20 m de large au milieu du typha se refermera en 2 ans.

[23] NB : le risque incendie concerne les cultures et les biens des citoyens, collectivités et gestionnaires d'infrastructures.

L'apport financier de ces valorisations est très variable suivant les parties de la plante et les produits. Les conditions sociotechniques favorables ainsi que les fourchettes de revenu pour la coupe sont à préciser par des travaux ultérieurs (Cf. § 4-16 Valorisation économique).

Une première fourchette large situerait cet apport financier dans une large tranche comprise entre 300 à 1500 euros/ha (sur la base de 100 tonnes de typha vert/ha).

4.10 La coupe manuelle

La coupe manuelle est pratiquée dans le delta du fleuve Sénégal par différentes organisations, avec ou sans arrachage, avec ou sans valorisation ensuite, en complément d'engins lourds ou seule. La diversité des acteurs, des motifs, et des configurations de terrain nécessiterait d'approfondir le sujet sur une mission ultérieure. Présentement, seule la SAED s'en désengage aujourd'hui pour des raisons de coût, au profit des engins lourds.

- *Principaux avantages*

La coupe manuelle présente deux principaux avantages : une grande simplicité et souplesse de mise en œuvre, selon les moyens disponibles, et un investissement matériel minimal (protections waders et gants, faucilles).

- *Principaux inconvénients*

La productivité par homme jour est très faible : de 10 m²/h/coupeur (SOGED) à en moyenne 15 m²/h/coupeur dans le cas d'exploitation de typhaies sans arrachage (Gret, ISET, chaumiers). Très exceptionnellement la productivité peut monter jusqu'à 20m²/h/coupeur en conditions optimales (ISET).

Pour pallier la faible productivité, les chantiers doivent mobiliser une main d'œuvre abondante, ce qui rend la technique fortement sensible à sa disponibilité et donc au calendrier agricole. C'est particulièrement le cas à l'hivernage, au moment justement idéal pour retirer le typha, et où les engins lourds ne peuvent pas être engagés ou plus difficilement[24].

On peut douter de l'intérêt de combiner la coupe avec l'arrachage manuel, comme pratiqué par le SOGED. Outre le fait que c'est une pratique à faible productivité, il est douteux qu'un simple arrachage suffise à extirper tous les rhizomes, dont certains poussent à – 70 cm, rendant les repousses inévitables.

Figure 6. Dégagement manuel d'un accès au lit mineur du Garack (Mauritanie) (Gret, 2016)

[24] Eux-mêmes sont tous-terrains, mais les accès sont impraticables pour leurs véhicules d'appui.

- *Prérequis*

Les prérequis de formation sont très faibles, et aucun encadrement technique spécialisé n'est nécessaire, sinon un encadrement efficace de suivi de chantier. La qualité de cet encadrement serait un facteur important à vérifier pour son impact sur la qualité de la coupe. L'expérience des coupeurs compte également, pour optimiser chaque geste dans un environnement de travail difficile.

Un équipement de sécurité adapté est également essentiel eu égard au risque direct parasitaire (bilharziose, malaria, dengue par exemple) dans les zones d'eau stagnante, ainsi que les fortes températures en journée. Par exemple le rapport d'évaluation du PGIRE fait état d'import de matériels inadaptés au climat (waders de pêche en eau froide).

- *Risques et facteurs d'échec*

La mobilisation de main d'œuvre est le principal risque pour les stratégies de contrôle basées sur la coupe manuelle. Améliorer l'ergonomie des chantiers pourrait réduire leur pénibilité, par exemple en mécanisant avec de petits engins portatifs (Gret, 2018), ou en améliorant le dégagement de la matière coupée avec des solutions à très faible investissement et développées localement (gâches, pirogue ou radeau, etc.).

Risques professionnels en chantier de coupe

La population a une perception négative des typhaies. Outre les maladies à vecteurs d'eaux stagnantes, cet environnement serait propice aux accidents avec la faune sauvage (crocodiles et serpents). Selon les faucardeurs professionnels quotidiennement dans l'eau, cette perception populaire n'est pas confirmée par les faits. Raisonnable ou non, cette perception, en particulier pour les jeunes, a un impact négatif sur les vocations.

- *Pertinence*

La coupe manuelle a l'avantage de générer des emplois locaux, mais considérés comme pénibles et peu rémunérés. Elle est particulièrement pertinente pour apporter une matière première de qualité - triée et nettoyée à la main - aux filières de valorisation à forte valeur ajoutée. En particulier les chaumes de typha ne tolèrent pas les impuretés et une matière trop mûre. De plus, les possibles valorisations alimentaires et nutritionnelles sont encore sous-exploitées et pourraient participer à viabiliser l'arrachage.

Elle est potentiellement praticable jusqu'à -1,50 m par les coupeurs de grande taille, mais la coupe manuelle a une productivité optimale à sec et sur de faibles fonds. De ce fait, elle peut bien compléter des opérations de coupe sous l'eau par bateaux faucardeurs.

- *Efficacité, efficience*

La faible productivité horaire a pour conséquence un coût de traitement par ha élevé, qui varie selon le type de maitre d'ouvrage et de maitre d'œuvre :

Tableau 1. Productivité de la coupe manuelle

Expérience	Cout en devise/ha	Coût/ha
ISET-Gret-PND 2016	667 K MRO	1 667 euros
SOGED (actuellement)	1,6 à 2 M F FCA	2 440 à 3 048 euros
FOMAED 2015-17	2,5 M F CFA	3 811 euros

- *Durabilité*

La profondeur de coupe et le maintien par la suite d'une hauteur d'eau suffisante conditionnent le succès ou non du chantier, dont l'effet n'aura qu'une durée limitée : de 4 à 6 mois selon les expériences, voire moins si le typha est coupé au-dessus de l'eau ou à faible profondeur. Sur le plan environnemental, c'est la méthode la plus durable car elle utilise un minimum d'intrants et d'énergie fossile.

Les connaissances sur la physiologie de la plante, ainsi que la combinaison coupe + gestion hydraulique méritent d'être approfondies par des recherches pour obtenir des guides de pratiques robustes.

- *Classement proposé et recommandations*

La coupe manuelle peut être utile localement, sur des profondeurs d'eau faibles de l'ordre de moins de 80 cm. Elle est relativement coûteuse, du fait de sa faible productivité, mais génère des emplois locaux et permet une valorisation du typha de qualité. Il est proposé de l'intégrer dans les méthodes potentielles pour le plan d'action.

4.11 La coupe par bateaux faucardeurs

Figure 7. Bateaux faucardeurs

Deux matériels ont été amenés en Mauritanie et au Sénégal.

La barre amovible Dorocutter Klippo fabriquée par Dorotea Mekaniska AB, spécialisée pour le faucardage par bateau a été importée en Mauritanie par l'ISET en 2015 et utilisée au PND.

Des bateaux à fond plat spécialisés en faucardage de marque Conver (britannique) sont présents dans la Vallée du Fleuve Sénégal (VFS) depuis les essais de Hellsten et al., à la fin des années 90s.

La mission a constaté l'utilisation en routine de la solution Conver (3 bateaux) par la CSS dans le secteur de Richard Toll.[25] Cette expérience de la CSS est convaincante pour l'OLAC, qui souhaite en acquérir en 2019.

[25] Le matériel Conver est mentionné en 2008 dans la communication d'Eiffage et sur internet par un observatoire de la RSE au Sénégal (www.RSEsenegal.com). Eiffage Sénégal ne l'utilise plus aujourd'hui.

La mission estime que ces deux matériels - déjà très intéressants - seraient rapidement et simplement perfectibles. D'autres matériels flottants spécialisés sur la coupe des roseaux pourraient compléter l'arsenal des solutions (cf. Annexes 6).

- *Principaux avantages et inconvénients*

La pirogue avec barre de coupe Dorocutter Klippo est la technologie mécanisée la plus simple, la moins chère et la plus rapide sur chantier, capable de traiter 800 m²/h selon l'ISET. Elle affiche ainsi la meilleure productivité de toutes les solutions étudiées.

Sa contrainte principale actuelle est d'opérer avec au moins 80 cm de fonds pour protéger l'hélice du moteur. Or, c'est un moteur de bateau standard disponible et réparable localement, potentiellement améliorable : modifier la propulsion avec une hélice à vis « anti bourrage » - identique aux bateaux Conver - permettrait de réduire de moitié le fonds minimum de travail.

Son principal inconvénient concerne l'accès à la zone de coupe : il est possible par navigation avec un fond suffisant depuis le point de départ du bateau jusqu'au chantier[26].

Les bateaux Conver peuvent travailler très proche de la berge jusqu'à 40 cm de fond, avec une très grande manœuvrabilité. La consommation de carburant est également faible et le niveau technique exigé du conducteur d'engin est tout à fait accessible.

Les principaux inconvénients du Conver tiennent au choix de l'outil de coupe. Cette « plateforme multi-outils », spécialisée dans le travail à faible fond (canaux, lacs, étangs, rivières) dispose de d'un choix de plusieurs outils à installer en proue ou sur le côté, au choix. Les engins de la CSS sont équipés d'une barre de coupe en proue avec levage hydraulique. La position barre avant implique des manœuvres continues d'engagement dans le matériau végétal, de levage et de dégagement en marche arrière [27]. Le Conver dispose par design de la manœuvrabilité adéquate, bien que ces manœuvres nuisent à la productivité horaire.

- *Pré-requis*

Pirogue avec barre Dorocutter Klippo

Cette solution avait été choisie par le Gret et l'ISET en 2015 au prisme des « technologies adaptées » : coûts d'opération, niveau technique et investissement faibles, adaptés aux petits entrepreneurs locaux et leurs contraintes. Elle ne présente donc pas de prérequis spécifique.

Solution Conver

Hors chantier de coupe, le choix d'une barre avec levage hydraulique requiert une maintenance quotidienne et un plateau technique support de bon niveau, en particulier des mécaniciens qualifiés pour l'entretien et réparation de mécanismes hydrauliques. Le moteur à hélice-vis nécessite certainement un complément rapide de formation des mécaniciens.

[26] . Sinon en attaquant le typha proche de la berge, à condition de disposer de l'espace et du fond minimum pour lancer le moteur du bateau et démarrer la coupe. En cas d'accès par la berge, la cale doit être suffisamment carrossable pour un véhicule d'appui - ou au moins sa remorque.

[27] Une barre en position latérale augmenterait le rendement : tout comme la pirogue, elle permettrait de traiter une bande continue, sans manœuvre de dégagement, sans hydraulique, et sur une grande distance tout au long du front de coupe du typha. Mais elle diminuerait la manoeuvrabilité dans des canaux étroits

- *Risques et facteurs d'échec*

L'expérience de la CSS montre que les risques et facteurs d'échec sont maitrisables pour la solution Conver. Elle demande cependant un personnel bien formé. De même, la solution Dorocutter Klippo présente par design des risques simples et limités aux questions d'opérations.

- *Pertinence*

Vu qu'il n'est pas accompagné d'arrachage des rhizomes, ce traitement est pertinent si la coupe est réalisée suffisamment en profondeur, afin d'asphyxier les rhizomes, ou au moins de les affaiblir et retarder la repousse. La coupe sous l'eau par bateaux faucardeurs est une méthode peu coûteuse, particulièrement utile en zones de profondeur importante (plus de 80 cm de fond pour une coupe à moins 50 cm) ; elle peut être très complémentaire d'une coupe et arrachage manuel en zones peu profondes, ou d'un traitement par des pelles légères, moins coûteuses que les longs bras.

- *Efficacité, Efficience*

L'investissement dans la barre de coupe Dorocutter Klippo est inférieur à 2 000 euros. L'engin est opéré par 2 personnes, et ne requiert pas de technicité particulière. Il peut traiter 800 m²/h, pour un coût inférieur à 500 euros/ha. Néanmoins il faut ajouter à ce coût celui du ramassage des chaumes soit manuellement par d'autres pirogues (c'est alors une opération fastidieuse et relativement coûteuse), soit avec d'autres équipements qui restent à tester.

La productivité horaire du Conver est estimée par la CSS à 40m²/h, avec un coût horaire de 10 000 F CFA/ha. Cela représente donc un coût à l'hectare de 2.500 000 F CFA, environ 3 800 euros/ha.

- *Pérennité/durabilité*

Le typha repousse assez rapidement après fauche, surtout en eau peu profonde et sur les berges. Pour assurer un contrôle optimal, il semble qu'un passage tous les 6 mois au moins soit nécessaire (source : CSS). Après quelques années, un nouveau passage de pelles est nécessaire.

Sur le plan environnemental, l'impact est assez faible à condition que les chaumes soient ramassés et valorisés. Il faut vérifier que les rejets des moteurs ne polluent pas les cours d'eau.

Le Service Après-Vente de la solution Dorocutter Klippo peut être prise en main par les ateliers locaux de réparation de machines agricoles pour la barre de coupe, et par la maintenance classique de batellerie pour la pirogue et son moteur.

Sa productivité élevée en fait un candidat de choix pour alimenter des filières de valorisation, susceptibles de couvrir l'intégralité des coûts de fonctionnement. Se pose néanmoins la question critique de la collecte de la matière faucardée (les tiges coupées flottantes) et de son acheminement à la berge.

D'un autre côté, le Conver est capable de lever et apporter la matière à la berge sans difficulté. Mais sa plus faible productivité le lie intrinsèquement à d'autres objectifs de coupe (et sources de financement) que la valorisation. Sa pérennité technique est liée à la maintenance : elle dépend de compétences en mécanique hydraulique et d'un plateau technique adapté.

La phase suivante de cette étude devrait permettre d'approfondir les contraintes et choix de ces bateaux, ainsi que les recherches-actions nécessaires pour en améliorer la productivité.

❖ *Classement proposé et recommandations*

La coupe sous l'eau par bateaux faucardeurs est une technique prometteuse car de faible coût, et bien adaptée aux zones d'eau profondes de plus de 80 cm.

La phase suivante de cette étude devrait permettre d'approfondir les contraintes et choix de ces bateaux, ainsi que les recherches action nécessaires pour en améliorer la productivité. L'un des points à étudier est le ramassage des tiges coupées flottant dans l'eau après fauche afin d'éviter qu'elles ne bouchent les ouvrages et en vue de leur valorisation éventuelle.

4.12 L'arrachage du typha par engins lourds (pelles mécaniques)

Etat des connaissances

3 types d'engins lourds de génie civil sont utilisés en routine dans la vallée du fleuve :

- pelles mécaniques amphibies (Rumo Bigfloat)
- pelles mécaniques à bras long (portée 18 m),
- pelles mécaniques à bras standards

Ces engins utilisent différents godets selon le type de travaux. Les godets-râteaux sont les plus utilisés pour l'arrachage du typha avec ses racines.

La mission a analysé les coûts d'utilisation de ces matériels dans diverses conditions, et en combinant les sources disponibles. Les coûts et les productivités varient énormément, un travail plus approfondi serait nécessaire pour comprendre les causes de ces variations qu'elles soient liées à la nature des axes hydrauliques à entretenir, aux conditions d'environnement, ou aux techniques employées.

❖ *Maintenance des émissaires et adducteurs du delta au Sénégal (FOMAED/SAED)*

Entre les programmes FOMAED 2017 et 2020, la productivité estimée des matériels a diminué de 4 500 à 3 000 m²/jour pour les engins engagés sur les adducteurs. Pour les engins opérant sur le Ngalam et les émissaires elle a chuté de moitié, passant de 3 000 à 1500 m²/h. De façon contre-intuitive, cette baisse de productivité s'est accompagnée par des gains d'efficience (réduction des coûts/ha) de facteurs 4 et 5.

Il sera nécessaire de questionner dans la phase suivante de l'étude cette trajectoire de coûts : est-elle liée aux changements de milieu et de peuplements de typha résultant des phases des travaux précédents ? Quelle part serait imputable à des gains de performance ? Ou encore à l'évolution du champ concurrentiel sur ces contrats ? Et si c'est le cas, les offres financières des entreprises de travaux sont-elles susceptibles de baisser encore ?

Tableau 2. Budget de maintenance des émissaires et adducteurs du delta au Sénégal

Source : SAED/ DAM	Budget FOMAED 2015-17			Budget FOMAED 2018-20		
	Productivité m²/jour	F CFA/ha	euros/ha	Productivité m²/jour	F CFA/ha	euros/ha
Tarif 1*	4 500	5 008 000	7 634	3 000	900 000	1 372
Tarif 2**	3 000	3 090 000	4 710	1 500	733 000	1 117
Coupe manuelle	N/A	2 500 000	3 811	Non programmée		

* concerne les adducteurs sauf Ngalam ** concerne Ngalam et les émissaires

D'après la Direction Autonome de Maintenance de la SAED, dans sa dernière évaluation triennale des besoins pour la maintenance des axes hydrauliques primaires (adducteurs et émissaires) entre la retenue sur le fleuve, les périmètres irrigués et les zones de drainage, les rendements et prix unitaires du faucardage mécanique se répartissent en deux groupes :

- Un rendement de 3 000 m²/jour de 8 heures de travail (375 m²/h) au prix unitaire de 270 000 F CFA/h sur les adducteurs du Gorom amont (25 km) et aval (30 km), Kassack amont (10 km) et aval (10 km), Lampsar amont (20 km), médian (25 km) et aval (25 km), Krankaye (8 km), Chenal SOCAS (10 km), Ancienne Tahouey (20 km), Canal compensateur rive droite (18 km) et gauche (18 km), cours d'eau naturels réhabilités dans le cadre du programme MCA (Millenium Challenge Account) (endiguement sur berge, dont le faucardage nécessite l'intervention de trois pelles mécaniques à bras long (16 à 20 m), dont une sur flotteurs (Big Float) dans le cours d'eau ; (coût = 720 F CFA/m², 11 000 euros/ha) ;
- Un rendement de 1 500 m²/jour de 8 heures de travail au prix unitaire de 110 000 F CFA/h sur les émissaires de drainage du Delta (56 km), Noar (35 km), Ndiael (20 km), Natche (19 km), Drain Krankaye (20 km), Mbeurbeuf (4 km), Savoigne (2 km) et Namarde (22 km), recalibrés dans le cadre du MCA et les émissaires du Ngalenka (35 km), Dioulol (5 km) et Diawel (5 km), ce dernier ayant été recalibré dans le cadre du PGIRE (endiguement sous l'eau) dont le faucardage ne nécessiterait l'intervention que de deux pelles sur chenilles depuis la digue (coût = 580 F CFA/m², 8 800 euros/ha).

Au cours de notre entretien avec le responsable de la maintenance de la SAED pour la délégation de Dagana, il nous expliqué qu'il ne comptait plus recourir au faucardage manuel après 2018. Nous avons réalisé un exercice de comparaison des coûts entre faucardage manuel (certes valorisable) et mécanique avec une pelle à bras long, sur un canal recalibré droit comme le Diawel, d'un kilomètre de long et envahi sur chaque berge sur 10 m de largeur par le typha, soit 2 ha. Les coûts sont basés sur son estimation des prix actualisés des contrats avec EIFFAGE :

- En manuel, le coût unitaire est de 600 F CFA/m², soit 12 M FCFA/km de cours d'eau, sans engagement sur le rendement des équipes engagées.
- En mécanique, le coût unitaire estimé est de 90 000 F CFA/h, et le rendement de 350 m/j[28], 8 h/j soit un peu moins de 50 m/h, et un coût total de 4,3 M F CFA/km de cours d'eau.

[28] Il est surprenant de constater que la productivité ait été multipliée par plus de 2 entre 2015 et 2018 (3 500 m²/jour au lieu de 1 500 m²/ jour). Ceci mérite approfondissement.

- *Projet PREFELAG*

Le PREFELAG (Projet de Restauration des Fonctions Ecologiques et Economiques du Lac de Guiers) a passé un contrat de 979 872 000 F CFA pour l'enlèvement du typha sur 300 000 m², racines comprises et dépôt. C'est à dire un coût de 32,66 M FCFA/ha (50 K euros/ha) sur un chantier de 30 ha réalisé en 2015.[29] Le chantier initial n'a pas été suivi d'activités d'entretien en vue de pérenniser l'accès au lac : une mission Gret d'observation des typhaies, début 2017 a constaté sur 2 villages que les ouvertures réalisées 2 ans auparavant étaient refermées, à l'exception d'un passage minimum de la largeur d'une pirogue.

- *SONADER « Travaux de faucardage curage des marigots de Sokam et Bourguiba dans le Trarza »*

En maitrise d'ouvrage déléguée pour le compte de l'OMVS, la SONADER (Société Nationale pour le Développement Rural) en Mauritanie a passé en janvier 2016 un contrat de 1.012.307.200 UM HT HDD HTVA avec la société mauritanienne Entreprise des Routes et Batiments (ERB), en relation avec une société ivoirienne du même nom disposant de matériels Rumo Bigfloat. Une partie du contrat porte sur le faucardage du typha sur une superficie brute de 45 ha, racines comprises et dépôt, dans l'adducteur du Sokam. Le volet spécifique faucardage coute 180.000.000 UM, au forfait de 4.000.000 UM/ha, soit environ 10 k euros/ha, sur un chantier réalisé en 2016.

- *Entretien par curage du réseau d'irrigation de la Compagnie Sucrière du Sénégal (CSS)*

D'après la Direction des Plantations, la productivité et le coût horaire des opérations de faucardage sont les suivants :

- Pelle à long bras depuis la berge : 50 m/h au coût horaire de 40 000 F CFA/h ; (800 F CFA/m) en fonction du linéaire de cours d'eau à traiter (si on estime la largeur moyenne du typha à 3 m, on arrive à un coût de 266 F CFA/m², 4 000 euros/ha)
- Bateau faucardeur dans le canal : 40 m²/h au coût horaire de 10 000 F CFA/h. (250 F CFA/m²)

Ces méthodes peuvent être combinées de manière complémentaire.

- *Conclusions sur la productivité et les coûts*

La productivité est élevée, une pelle pouvant couper et arracher à un rythme variant de 200 à 600 m²/h[30].

Globalement, les coûts du faucardage par pelles varient entre 4 000 et 8 000 euros/ha pour des pelles à long bras situées sur berges, et atteint entre 11 000 et 50.000 euros/ha pour des pelles flottantes opérant en eau libre. Plus la distance de la berge est importante, plus le coût du faucardage par pelle est élevé.

- *Principaux avantages*

L'arrachage/faucardage par pelle mécanique est l'option technologique la plus prisée des entreprises de travaux agricoles et de maintenance hydraulique.

[29] Source : « Enlèvement de végétaux aquatiques », Fiche référence, Eiffage Sénégal
[30] D'après Eiffage, la productivité peut atteindre jusqu'à 580 m²/h

C'est aussi l'investissement le moins risqué du point de vue de l'entreprise de génie rural, car ces engins sont versatiles : une même machine peut répondre à d'autres besoins en changeant de godet.

Ces engins - seuls ou en combinaison - sont capables de travailler sur tous les terrains et au-delà de la profondeur maximale de présence du typha.

- *Principaux inconvénients*

Les conditions logistiques à l'hivernage sont un obstacle pour l'accès des véhicules d'appui (SAED, SONADER, SOGED) : beaucoup de zones ne sont donc pas praticables à cette saison.

Les coûts sur les 10 premières années étaient significativement élevés, surtout pour les pelles flottantes, ce qui se justifie Selon Eiffage par le montant très important des investissements engagés.

Considérant les filières de valorisation, l'arrachage mécanique est la seule technologie de coupe qui ne produit pas une matière de qualité exploitable, trop souillée de vase et autres végétaux.

Cette technique a l'inconvénient de fermer la porte à un apport financier potentiel par la vente de matière première. Elle barre l'entrée également aux co-bénéfices socio-économiques du développement local de filières vertes.

- *Pré-requis*

Les coûts d'opérations auparavant considérés très importants ont fortement chuté (cf. Tableau 2). Néanmoins ces technologies présentent une barrière très élevée à l'investissement (un Bigfloat coûte près de 400 000 euros). Aussi un fonctionnement rentable exige d'importantes capacités de gestion financière, capacités techniques, logistiques et humaines.

Ces engins sont également intensifs en support et en maintenance (pièces à importer, réparations complexes, maintenance d'hydraulique lourde).

- *Risques et facteurs d'échec*

Le faucardage avec arrachage mécanique se déroule sous l'eau sans visibilité, ce qui rend le contrôle de chantier difficile pour la maitrise d'ouvrage. Une bonne exécution dépend en premier lieu de la dextérité des opérateurs d'engins, et des objectifs de qualité visés par l'entreprise de travaux.

La technologie elle-même laisse des débris végétaux en suspension (bouts de rhizomes notamment), qui se répandent et sont susceptibles de re-contaminer la zone, voire de se déplacer avec le courant. Des rhizomes restent également très probablement dans les sols, car le typha produit des rhizomes très profonds (plus de 70 cm de profondeur) et cassants, donc une élimination complète par le passage d'engins à dents reste improbable. Cependant, nous n'avons pas connaissance d'études/contrôle qualité permettant de mesurer la proportion de rhizomes résiduels dans les sols après passage d'engins lourds.

La mission recommande de réfléchir à un protocole de suivi, d'une part par des échantillonnages des rhizomes résiduels après le passage des engins, d'autre part par un suivi par drone, quelques mois après chaque chantier, pour étudier le résultat à l'aune de la repousse : répartition spatiale, nombre et hauteur des feuilles, densité des repousses.

- *Pertinence*

Aucune autre technologie ne répond de façon aussi complète à la contrainte de mobilité tous terrains : depuis la terre ferme des berges, travailler dans la boue, la vase, puis dans des faibles fonds jusqu'aux fonds de plus d'1,50 m.

Sa pertinence dépend beaucoup des dimensions de la zone à traiter et de la densité de la matière. L'optimum d'efficacité est atteint lorsque les surfaces sont importantes, en grand blocs, de grande largeur. Ceci permet d'exploiter la portée des bras (sur des rayons de 12 à 18 m) sans interrompre et fractionner le travail des bras hydraulique par des déplacements de machines, coûteux en temps et en carburant.

Typiquement les chenillés de génie civil ne seront pas pertinents sur une infestation en « peau de léopard » de touffes de jeunes repousses, ou sur un canal secondaire de faible largeur et profondeur.

- *Efficacité / Efficience*

Ces techniques sont rapides et efficaces à court et moyen terme. Elles permettent de dégager des axes profondément envahis et obstrués.

Elles sont relativement coûteuses, donc moyennement efficientes ; le faucardage par pelle en eau profonde est particulièrement coûteux.

- *Durabilité*

Les techniques actuelles ne garantissent pas l'élimination complète du typha. Des repousses sont donc inévitables, soit par semences soit par rejet des rhizomes les plus profonds. Avant que les canaux ou adducteurs soient de nouveau envahis, il faut compter entre 1 et 3 ans, selon la taille des canaux. En moyenne, il semble qu'en entretien lourd tous les deux ans soit nécessaire d'après les données du FOMAED. Les impacts environnementaux sont assez lourds, d'une part en termes d'utilisation d'énergie fossile, d'autre part du fait du stockage des résidus de typha mélangés à de la boue autour des berges.

- *Classement proposé et recommandations*

L'arrachage par pelle mécanique fait partie des techniques incontournables pour l'entretien des grands axes hydrauliques, de fait de sa productivité élevée. Elle reste cependant coûteuse, malgré une baisse récente des prix, qui semble liée à une concurrence accrue des opérateurs. La coupe par pelle flottante en eau profonde (Big Float) est particulièrement coûteuse. Il est donc proposé d'intégrer ces méthodes dans le plan de lutte, en étudiant la manière de réduire leurs coûts et d'améliorer leur efficience et leur durabilité.

4.13 Autres solutions mécaniques potentielles

Les trois technologies présentées plus haut ne sont pas toujours utilisées à leur optimum, et selon les terrains, elles ne sont pas forcément les plus pertinentes en termes de productivité et d'efficience des coûts.

D'autres technologies sont disponibles dans différentes régions du monde et n'ont pas encore été expérimentées dans le DFS pour améliorer le rendement de la coupe sur des terrains spécifiques.

Plusieurs technologies clé en main adaptées aux zones humide pour la coupe des roseaux sont disponibles en Europe et aux Etats-Unis. Ces technologies sont indispensables pour traiter à moindre coût les « terrains intermédiaires » situés entre la terre ferme et la zone de travail des bateaux. Cet espace est aujourd'hui traité soit manuellement et très lentement, soit par engins lourds et de façon ponctuelle avec des coûts budgétaires importants.

Il s'agit notamment de :

- Tracteur /remorque tout-terrain à pneus basse pression type SEIGA
- Tout-terrain chenillé basse pression
- Véhicules amphibies
- Autres bateaux faucardeurs

Ces technologies sont présentées en **Annexe 6.**

Par ailleurs, divers instituts techniques nationaux, dont l'ISET, développent des solutions à un niveau d'investissement accessible pour les petites entreprises familiales, à faible coût d'opération, et à un niveau de technicité maitrisable par les équipementiers agricoles de la région du fleuve. L'ISET envisage de développer un motoculteur faucardeur, pouvant opérer sur des terrains boueux ou faiblement inondés (cf. détails en Annexe 6).

Toutes ces technologies présentent deux avantages :

(1) contrairement à la coupe manuelle, une productivité horaire plus élevée, et

(2) contrairement aux engins lourds, un produit de coupe adapté aux filières de valorisation.

Des organismes techniques présents sur la vallée du fleuve sont engagés dans ce type de recherche-action pour le faucardage du typha sur leurs ressources propres et petits budgets de projets innovants, mais ils manquent de moyens (notamment ISET, artisans locaux) pour développer des programmes plus conséquents.

Synthèse et recommandations sur les méthodes mécaniques

Les méthodes de contrôle mécanique du typha demeurent incontournables pour l'entretien des axes hydrauliques. L'entretien par pelle mécanique est le plus courant actuellement, car il permet de traiter de grandes surfaces rapidement, il reste néanmoins très coûteux et doit être répété régulièrement, en moyenne tous les deux ans. La méthode de coupe sous l'eau par bateau faucardeur est beaucoup moins coûteuse mais elle est moins développée actuellement et ne permet pas de travailler en eau peu profonde ou sur les berges. La méthode de coupe manuelle est d'un coût un peu moindre ou équivalent à celui du faucardage par pelle, elle permet de traiter les typhaies à faible profondeur et sur des surfaces plus réduites. On peut faire l'hypothèse qu'une combinaison des trois techniques permettrait d'optimiser l'entretien. Il s'agirait de combiner des faucardages par engin lourds tous les 3 ou 4 ans, selon le besoin, avec un entretien plus régulier (tous les 6 mois) par bateaux faucardeurs (coupe sous l'eau dans les zones les plus profondes) et par coupe manuelle sur les berges et en zones peu profondes. Les méthodes de coupe sous l'eau mécanique ou manuelle peuvent être combinées avec des opérations de valorisation du typha qui peuvent en réduire le coût.

Dans le même objectif, un protocole de suivi de la qualité des travaux et de la ré-infestation serait proposé. Il s'agirait de mesurer la qualité des interventions et la rapidité de la ré-infestation, afin de mieux comprendre les points clés d'un contrôle de qualité (profondeur de travail, type d'outil

d'arrachage, saisons d'intervention, niveau de la lame d'eau après intervention…). Ceci pourrait permettre ensuite d'optimiser les types d'interventions prévues (coupes ou arrachage) et leur périodicité, voire d'introduire de nouveaux critères dans les cahiers des charges des opérateurs.

Parallèlement, un programme de recherche appliquée sur la biologie du typha et sa réaction aux différents traitements mécaniques serait identifié.

4.14 Lutte Biologique

La littérature sur la lutte biologique contre le typha est assez rare et il n'a pas été rapporté de méthode ayant produit de résultats significatifs dans ce domaine. Des insectes parasitant le typha ont été mentionnés par Grace et Harrison (1986) citant les travaux de Claassen (1918) au Canada. Plusieurs lépidoptères et des hémiptères s'attaquent à l'inflorescence. Sur les feuilles, les insectes les plus fréquents sont : la chenille de Noctuideae, Arsilonche albovenosa, qui devient aussi mineuse des tiges ; des Aphides ; et des mineuses des feuilles (Bellura obliqua, Nonagria oblonga). Les rhizomes sont également attaqués par une chenille de Calendra qui se nourrit du cortex riche en amidon. Cependant, aucun cas de lutte biologique efficace en utilisant ces insectes n'a été rapporté au niveau mondial.

Il a été aussi signalé que les rats musqués (muskrats) pouvaient avoir un impact sérieux sur un peuplement de typha. Ces rats peuvent atteindre une densité de population telle qu'ils arrivent à causer un retard sérieux au peuplement de typha au cours d'une saison (Motivans et Apfelbaum, 1987). L'action de ces animaux permettrait de maintenir une eau libre pour l'équilibre du système. Il faut noter, cependant, que ces observations ont été faites sur milieu naturel et ne se rapportent pas à des expériences ou des actions de lutte. Il faut noter aussi que ces animaux vivent en milieu tempéré et il n'est pas certain qu'ils puissent s'acclimater en zone tropicale sahélienne. Par ailleurs, ils peuvent causer des dégâts importants sur les digues et canaux car ils creusent des terriers dans les berges.

Parmi les possibilités envisageables, le cas le plus cité est celui de l'utilisation de poissons herbivores, notamment les carpes. Plusieurs espèces de carpes d'origine asiatique ont été mentionnées mais il a été signalé le risque que représenterait leur introduction car ces poissons sont polyphages et pourraient s'attaquer à d'autres espèces végétales. La solution serait d'avoir recours à la forme triploïde qui est stérile mais cela entrainerait des coûts plus élevés.

Des essais d'introduction de carpes chinoises stériles ont été conduits par la CSS dans les années 2000 dans les canaux d'irrigation (Entretien avec des techniciens de la CSS, Etude Contrôle Typha, Novembre 2018). Des barrières ont été disposées pour éviter que les poissons ne s'échappent dans la nature car ils pourraient s'attaquer à d'autres végétaux. Les résultats étaient considérés comme prometteurs mais il semble que par la suite, ils n'ont pas été confirmés, l'opération ayant été compromise par l'action de pêcheurs clandestins. Néanmoins, à la CSS on estime que la tentative de lutte biologique avec les carpes chinoises a été techniquement une réussite.

A part l'utilisation de la carpe asiatique, il n'y a pas d'autres expériences concrètes connues de lutte biologique contre le typha dont on n'a pas trouvé encore d'ennemi naturel spécifique assez virulent. La lutte biologique serait le meilleur moyen permettant de contrôler l'expansion de la plante dans la région à condition de maîtriser les risques associés. Comme toute introduction d'ennemis naturels allochtones, il faut en effet soigneusement évaluer les risques pour les

écosystèmes en cas de succès de l'introduction. Pour cette raison il est souhaitable d'examiner la possibilité de concevoir et de conduire un programme de recherche sur le sujet en commençant par une phase exploratoire pour mieux préciser les opportunités et les possibilités techniques.

A retenir : L'expérimentation de l'utilisation de carpes chinoises pour le contrôle biologique du typha mérite d'être poursuivie. La première condition cependant serait de récupérer les données des premières recherches entreprises. Il faudra également s'assurer que les risques sont maitrisés.

4.15 Lutte Chimique

Les herbicides les plus souvent cités comme pouvant être employés contre le typha sont : dalapon, 2,4-D, aminotriazole, glyphosate, Imasapyr, 2,2-DPA, glyphosinate ammonium, MCPA, Amitrole + Ammonium Thiocyanate (Apfelbaunn, 2013 ; Marnotte, 1999 ; Motivans et Apfelbaum ; Département of Agriculture and Fisheries Queensland, 2017 ; Motivans, 1987). Tous ces produits sont à application foliaire sur végétation en pleine croissance et la plupart sont systémiques ; ceux applicables en pré-levée ont été rarement cités. L'utilisation des produits est souvent préconisée en fonction du type de milieu infesté (lieux humides naturels, canaux, bassins artificiels ...) et de l'usage auquel ce milieu est destiné. D'autres mesures de précautions sont à respecter : utilisation de produits moins nocifs, notamment pour la faune aquatique ; précautions pour éviter les cultures avoisinantes ou la végétation non visée ; prévision de moyens de gestion de la biomasse morte pour éviter les effets négatifs sur le milieu qui résulterait de la décomposition.

Les exemples concrets d'emploi d'herbicides contre le typha dans le DFS sont surtout le fait des agriculteurs eux-mêmes. Le cas enregistré est celui de la CSS pour laquelle les traitements herbicides font partie des moyens de contrôle du typha dans les canaux de son périmètre (Entretien avec des techniciens de la CSS, Etude Contrôle Typha, Novembre 2018). Les traitements chimiques sont appliqués en complément du curage mécanique des canaux. Deux applications sont pratiquées par an et sont réalisées à 3 mois et à 8 mois après le curage. La molécule d'herbicide employée est le glyphosate.

La lutte chimique peut être relativement efficace et plus simple et surtout moins coûteuse que la lutte mécanique (de l'ordre de 50 à 100 000 FCFA/ha et par passage) mais elle présente un grand risque pour l'environnement du DFS qui est un milieu fragile et pour cette raison elle a été systématiquement écartée comme moyen de contrôle. L'emploi de désherbants chimiques dans les milieux humides comporte, en effet, de grands risques de pollution des eaux et de toxicité pour les espèces non visées, et donc une menace pour la biodiversité, notamment de la flore et de la faune aquatiques. Un suivi des résidus de pesticides dans les eaux des axes hydrauliques et des captages AEP serait indispensable.

Néanmoins, nous avons estimé qu'il était utile d'aborder la question en recueillant des informations dans la littérature et sur les expériences de terrain acquises dans ce domaine et les expériences en termes de faisabilité et de risques. En effet la lutte chimique pourrait être envisagée s'il est possible de définir une approche permettant de minimiser les impacts des herbicides. Il s'agirait notamment de préciser dans quelles situations bien définies et avec quelles conditions en termes de limites dans l'espace et dans le temps et de précautions d'emploi la méthode pourrait être appliquée. Par exemple, les parcelles de culture envahies par le typha

pourraient faire l'objet de traitements après drainage. Il faut remarquer que les mêmes herbicides que ceux préconisés pour le typha ou des produits similaires sont utilisés sur ces parcelles contre l'enherbement en général.

A retenir : Dans la mesure où les herbicides sont déjà largement utilisés par les agriculteurs et les entreprises agricoles contre le typha, il conviendrait donc de les sensibiliser et former aux techniques d'application permettant de minimiser les risques pour l'environnement.

4.16 La valorisation économique du typha

Figure 8. Dépôt de faucardage par un engin Bigfloat Rumo équipé d'une pelle à claire-voie (Eiffage, 2015)

L'arrachage mécanique par engins lourds est la seule technique de contrôle dite « sale » : souillé de boue, de vase et autres matériaux végétaux, son typha est inexploitable par les filières de valorisation.

Depuis sa présence à l'origine dans le lac de Guiers, les utilisations traditionnelles du typha pour les cases et palissades et l'artisanat ont accompagné son expansion au Sénégal et en Mauritanie.

Dans d'autres régions du monde, le typha est une plante connue de longue date et commercialement exploitée : matériau de construction, pharmacopée, alimentation humaine et animale, production d'énergie, et différents produits de consommation (artisanat, papier, etc.).

Depuis les années 90s et l'expansion incontrôlable du typha dans le DFS, de nombreuses entreprises de plusieurs secteurs ont exploré la transformation du typha et la faisabilité d'investissement productifs. De ces initiatives, seules les expérimentations à petite échelle ont

effectivement vu le jour : combustibles, construction, artisanat. L'implantation de ces activités étant dictée par des objectifs autres que le contrôle, elles ne se sont pas installées sur des sites stratégiques pour les besoins de contrôle. A leur échelle, elles sont restées sans impact significatif sur les peuplements de typha.

A plus grande échelle, malgré les études d'entreprises européennes et d'Amérique du Nord, aucun investissement de dimension industrielle ne s'est concrétisé à ce jour, arguant qu'il était nécessaire de mécaniser la récolte. La mission estime que les enjeux techniques de récolte et de traitement sont à terme maitrisables. En revanche, la gouvernance de la ressource pour sécuriser l'approvisionnement constituerait l'obstacle principal à l'investissement (voir ci-dessous « Définir des conditions d'approvisionnement »).

Les différentes techniques de valorisation existantes ou potentielles

Les possibilités de valorisation sont très nombreuses et diverses. Elles comprennent notamment :

- Des usages artisanaux pour la fabrication de divers produits d'équipement ménagers ou agricoles
- Des usages dans la construction
- Des usages énergétiques
- L'utilisation comme aliment animal (ou humain)
- L'utilisation comme engrais organique (compostage)
- L'utilisation comme phytofiltre[31]

Ces technologies sont plus ou moins avancées en termes de maturité, allant de techniques à des stades encore très préliminaires à d'autres déjà viables économiquement et adoptées largement. Nous avons évalué leur état d'avancement technologique dans le tableau ci-dessous.

[31] Il s'agit d'une application très nouvelle. Selon la chercheuse Claude Grison, Directrice du laboratoire ChimEco de Montpellier, le rhizome de typha pourrait également être valorisé comme matière première pour la production de phytofiltres. Le typha a des propriétés dépolluantes sélectives intéressantes qui pourraient permettre de traiter des effluents de sites miniers (métaux lourds ou phosphate par exemple). Le procédé reste toutefois à étudier scientifiquement et économiquement.

Tableau 3. Les valorisations potentielles du typha classées par maturité technologique selon le référentiel UE (TRL- Technology Readiness Levels)

Niveau de maturité technologique (Technology Readiness Level) **Usages du typha**	TRL 1 basic principles observed	TRL 2 Techno-logy concept formu-lated	TRL 3 Experi-mental proof of concept	TRL 4 Techno-logy validated in lab	TRL 5 technology validated in relevant environ-ment	TRL 6 technology demo in relevant environ-ment	TRL 7 system prototype demo in operational environment	TRL 8 system complete and qualified	TRL 9 actual system proven in operational environment	Capacité à payer la biomasse (hypothèse) nsp ne sais pas	Co-bénéfices ESG
Construction											
Nattes traditionnelles									Femmes	++	+++
Botte normée									Coupeurs	+++	+++
Panneau palissade									Artisans	++	+++
Toiture traditionnelle									Artisans	++	+++
Chaumes modernes									Artisans	+++	+++
Panneau « préfab »					Kaito, FI					(++)	++
Enduit terre-typha					PNEEB					(+)	+++
Adobe terre-typha					PNEEB					(+)	+++
BTC terre-ciment-typha			PNEEB							nsp	+
Béton composite		SOCOCIM								nsp	+
Autres matériaux en R&D		DIVERS								nsp	nsp
Energie											
Fines briquetées								divers	Divers	+	+++
Granulés			GIZ-CNT							(+)	++
Bûchette (marteau)			GIZ-CNT							(+)	+
Bûchette (filière)						ISET				+	+
Bûchette carbonisée						ISET				+	++
Biogaz		Divers								(+)	+
Centrale biomasse	Divers									(+)	+
Agriculture/alimentation											
Compost			ISET			CSS				(+)	+
Fourrage (apport pondéral)			ISET							(++)	+++
Provende (fibre pour granulé)			ISET							(+++)	+
Nutrition (étamines, pollen)						Coupeurs				(+++)	+++
Nutrition (cœur de typha)						Coupeurs				(+++)	+++
Autres											
Papier d'art (artisanat)							CERADS			(+++)	+++
Pulpe à papier (industrie)	Divers									nsp	+

Sur la base de cette analyse, nous proposons pour la suite de nous focaliser sur les deux usages les plus prometteurs : d'une part l'utilisation du typha comme biocombustible, d'autre part son utilisation comme matériau de construction (au sens large, incluant de nombreuses filières artisanales).

De multiples opportunités économiques et environnementales

Nouakchott et Rosso, les deux plus grandes villes de Mauritanie consomment à elles seules 40 000 T de charbon de bois pas an[32]. Remplacer cette demande par du charbon de typha nécessiterait 4 000 à 8 000 ha de typhaies coupées tous les 6 à 12 mois[33] (chiffre à mettre en relations avec l'estimation de 100.000 ha de typha dans le DFS).

Au Sénégal, la seule ville de Saint Louis consomme près de 30 000 T de charbon de bois par an (GIZ, 2014) pour la consommation domestique, dont seulement 2/5e sont issus de sources enregistrées et traçables par l'administration forestière.

Ces chiffres sont donnés à titre d'ordre de grandeur, afin de montrer le potentiel du typha pour contribuer à la génération de richesses et d'emplois, tout en luttant contre l'effet de serre et la déforestation. Ils ne signifient pas que la substitution complète du charbon de bois par du charbon de typha soit réalisable prochainement, même si des résultats prometteurs en termes de qualité et d'acceptabilité des produits ont été atteints. La question du prix de vente, qui devrait baisser avec la croissance de la filière, est fondamentale pour rendre le produit attractif.

Une montée en production des bio-charbons de typha est indissociable d'une modernisation des filières de charbonnage traditionnelles. Ceci pour des raisons d'impact social sur la subsistance des charbonniers, en particulier les communautés *Adwabas* de certaines régions dont c'est le revenu principal. Des gains de productivité au niveau de la transformation sont possibles, sans investissement lourd, et sont de l'ordre de 30 à 40% (plus de charbon, de meilleure qualité, avec une même quantité de bois).

Les entreprises ne sont pas en reste. Le secteur cimentier (Sococim, Cimenteries du Sahel), principale industrie émettrice de GES de la région de Dakar (PCET de Dakar) a validé la faisabilité technique d'absorber dans leurs fours du combustible typha. Sous réserve de négociation sur les prix, la Sococim est preneuse de tous volumes disponibles. Les volumes envisageables sont de l'ordre de centaines de milliers de tonnes par an, c'est-à-dire la productivité de dizaines de milliers d'ha de typha.

Pour les matériaux de construction, de nombreux produits modernes (composites, panneaux, préfabriqués, etc.) sont en cours de développement et démonstration, et portent la promesse de transformer le secteur de la construction dans cette région du monde à long terme.

Un seul produit est en réelle phase d'amorçage commercial : les chaumes de typha. Une toiture d'habitation de 40m² habitables nécessite 800 bottes de chaumes, soit 20 bottes/m². Ainsi par exemple, un programme modeste de construction d'habitat social de 350 maisons, soit 14 000 m²

[32] Document de synthèse « Production du charbon de typha en alternative au charbon de bois en Mauritanie », Gret, 2016.

[33] 100T de typha frais (soit 1ha) sont nécessaires pour la production de 10T de charbon de typha dans sa composition industrielle –en mélange avec de la balle de riz, avec compression en buchette avant carbonisation. La fourchette 6 à 12 mois est une hypothèse reflétant l'affaiblissement progressif des repousses, et l'allongement du temps nécessaire pour la reprise du typha.

(Croix Rouge du Sénégal, Ronkh), induit la coupe de 28 ha de typha, pour une valeur ajoutée générée vers les coupeurs de 84 M FCFA (128 k euros)[34].

Une entreprise suisse explore la faisabilité d'une centrale électrique à biomasse de plusieurs megawatts (MW), mobilisant 2 000 ha de typha pour son approvisionnement.

Des valorisations à très forte valeur ajoutée sont techniquement possibles, vers des marchés nationaux et internationaux à étudier, explorer, et développer : inflorescences mâles pour les compléments diététiques et nutri-santé, inflorescences femelles pour la pharmacologie, cœur de roseau pour l'agro-alimentaire, pour ne citer que ces possibilités. Ces débouchés restent à étudier, ou confier à un incubateur à l'interface entre les centres de recherche et les entrepreneurs du typha.

Analyse multicritères

- *Principaux avantages*

Professionnalisation et réduction des couts de faucardage

Cela se voit aux petites échelles actuelles avec la coupe manuelle : les ateliers de valorisation stabilisent en milieu rural une main d'œuvre bien équipée pour la coupe, mobilisable pour les chantiers de lutte, et dont l'expérience progresse pour un travail de plus en plus rapide et de qualité.

En passant à l'échelle industrielle, les filières de valorisation cherchent à réduire les coûts d'approvisionnement et à optimiser les opérations de coupe. Tous les opérateurs sans exception se sont penchés sur la coupe mécanisée. Certains entrepreneurs envisagent même de se spécialiser dans le faucardage et l'approvisionnement des filières de transformation.

Pour les organismes de maintenance hydraulique dans le DFS, il est très probable que le coût des chantiers de lutte diminuerait si se développaient des entreprises locales spécialisées en faucardage, équipées de machines elles-aussi spécialisées sur les roseaux.

Réduction des coûts d'entretien

L'ISET suggère d'implanter des unités de valorisation partout où il est nécessaire de contrôler le typha, et de leur confier par exemple l'entretien de segments d'axes hydrauliques. Cette stratégie permettrait de déléguer la coupe d'entretien à ces opérateurs. La dimension des zones d'entretien serait définie en fonction des capacités d'absorption des unités de transformation - ou de revente à d'autres entreprises.

Par exemple, en confiant l'entretien à un atelier de bio-charbon artisanal, celui-ci organisera ses chantiers de coupe selon le cahier des charges demandés (coupe sous l'eau) pour son approvisionnement. Un petit atelier produisant 3 T par mois a besoin de 50 T de typha, soit la récolte de 5 000 m². Sachant que deux coupes sous l'eau sont nécessaires par an, approvisionner cet atelier assurerait la maintenance 30 000 m² de zone de pousse du typha.

[34]A titre de comparaison, pour 5 ha de pare-feu la SOGED dépense annuellement 16 à 20 M pour couper et arracher le typha, puis brûler la matière végétale avec de l'essence)

Ainsi, un petit atelier entretiendrait 5 km linéaire d'un canal hypothétique, recalibré avec une forte pente 2:1 (qui serait donc infesté de typha sur une largeur totale d'environ 6 m : une bande de 3 m sur chaque berge).

Par extrapolation, 20 petits ateliers de cette dimension suffiraient à entretenir 100 km linéaire de canaux (ou 200 km linéaires de berges). Outre la production de 360 T de bio-charbon de typha, et son utilité socioéconomique pour l'emploi local et remplacer le charbon issu de la déforestation.

Aspects économiques

L'intérêt de l'opération résulte de l'écart entre le coût de la récolte du typha (sous l'eau) et le prix d'achat des roseaux « bord de champ » (c'est à dire avant transport jusqu'à l'unité de transformation).

Sur la base des informations disponibles au sein du Gret et collectées par la mission, une première estimation rapide situerait les prix d'achat potentiels dans une fourchette comprise entre 300 à 1 000 euros par ha (sur la base de 100 T de typha brut/ha) pour le charbon de typha dit « artisanal[35] » et pour le charbon industriel.

Les plans d'affaire de charbon typha industriel étudiés par le Gret en Mauritanie prévoyaient en 2016 une rémunération des coupeurs de 1 000 euros/ha. Les coûts de récolte varient entre 1 200 euros par ha (coupe manuelle sur berge) et 3 800 euros/ha (bateau faucardeur Conver). Le coût de récolte avec la pirogue faucardeuse expérimentée au Parc National du Diawling est plus bas (estimé à 500 euros/ha) mais il faut rajouter le coût du ramassage et séchage des chaumes flottants, non encore chiffré, mais dont on peut penser qu'il doublerait ce coût. Dans cette hypothèse, une subvention allant de 2 800 euros/ ha (dans le cas le plus défavorable) à 0 (dans les cas les plus favorables devrait être allouée par l'organisme en charge de l'entretien des axes hydrauliques. Cette somme resterait plus faible que celle actuellement consacrée à l'entretien par engins lourds.

Les perspectives sont plus rémunératrices dans le secteur des chaumiers, sachant que la botte de chaume est un produit de qualité normée, préparé et nettoyé à la main. 1 ha produit 10 000 bottes brutes, dont 20% de pertes au tri/nettoyage, soit 8 000 bottes commercialisables. A un prix de gros sortie de chantier de 300 F CFA/botte, les chaumiers peuvent retirer un chiffre d'affaire de 2,4 M CFA/ha (3 660 euros). Ceci suffit donc à couvrir les frais de récolte (estimés à 1 500 euros/ha), il n'y a pas de besoin de subvention pour la coupe[36].

[35] Pour le biocharbon artisanal à Bouhajra dans le PND, seules les opérations de manutention sur berge et séchage sont à budgéter et avoisineraient les 300€/ha, étant donné que la coupe est organisée et payée par le PND.

[36] Il s'agit pour le moment d'un marché embryonnaire (pour les toitures), donc avec des volumes limités. Des volumes plus importants seront nécessaires pour le développement de produits de construction industriels, avec des prix d'achat sans doute plus réduits.

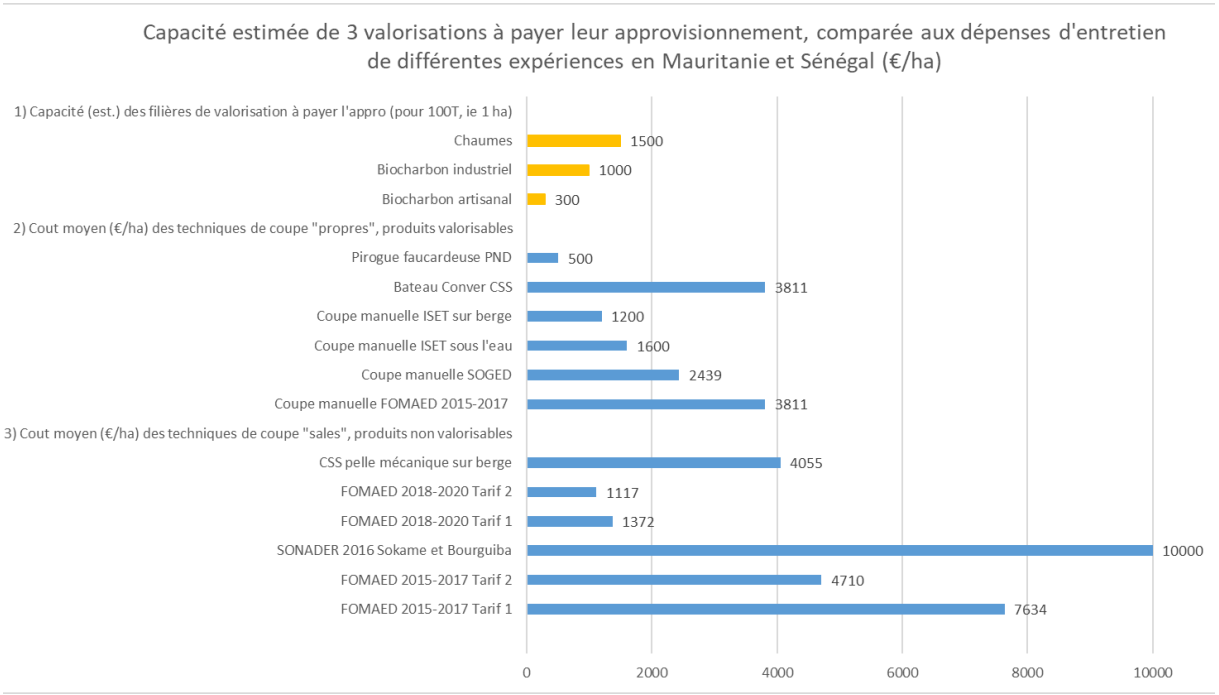


Figure 9. Tableau comparatif entre frais d'approvisionnement de 3 méthodes de valorisation et dépenses d'entretiens

Outre les surfaces de typha contrôlées à coût amoindri – à condition que la coupe soit réalisée sous l'eau - et la richesse locale générée, cette activité à très forte intensité de main d'œuvre est susceptible de créer beaucoup d'emplois, et de participer à la réduction des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) du secteur de l'habitat.

- *Principaux inconvénients*

Pour alimenter les valorisations, la coupe manuelle est éprouvée à des échelles artisanales. En revanche, les techniques de coupe mécanisées ne sont pas encore adaptées pour des valorisations industrielles dans le DFS. Des essais de matériels spécialisés pour le faucardage en zone humide sont nécessaires pour remédier à cet inconvénient.

- *Pré-requis*

Technique de contrôle et/ou coupe

Le faucardage par engin lourd souille de boue et de vase la matière première : c'est la seule technique de coupe de contrôle qui ne peut pas alimenter les filières de valorisations. Au stade embryonnaire actuel de développement des filières, les opérateurs sont peu différenciés au long de la chaine d'approvisionnement : les opérations de coupe sont réalisées par les transformateurs eux-mêmes ou leur réseau de proximité. Il n'y a pas encore dans le DFS d'engin spécialisé combinant coupe et récolte spécifiquement pour les roseaux.

Sécuriser l'approvisionnement

Plusieurs acteurs ont exprimé le point de vue que la valorisation n'a pas fait ses preuves à une échelle significative, et de ce fait qu'elle ne pourrait constituer un élément stratégique dans la lutte contre le typha. C'est effectivement le cas, non pas pour des raisons de faisabilité technique ou économique, mais surtout pour des raisons organisationnelles.

Maitriser son approvisionnement est la première question de faisabilité pour tout transformateur : d'où vient la matière première ? De quelles zones, par quels fournisseurs, sous quelles conditions ? Avec quels cahiers des charges socio-environnementaux (obligations et contreparties) ? Discutés avec quels interlocuteurs administratifs, institutionnels et locaux ? Quels sont les risques juridiques et fiscaux ? Quel est le statut du foncier dans la zone à exploiter ? Quels sont les ayant-droit avec lesquels négocier ?

En l'absence de visibilité, ces points sont perçus comme des risques rédhibitoires à des investissements significatifs dans la VFS. Ne peuvent alors se développer que les petites initiatives à échelle communautaire, sur une base de non objection des pouvoirs publics, avec un impact insignifiant sur les peuplements de typha.

Besoin de contrats d'entretien et valorisation

Il est certain que sur les canaux d'irrigation ou des AEP, la lutte contre le typha a pour objectif de rétablir l'hydraulicité. Sur d'autres espaces, il s'agira de rétablir des accès à l'eau pour les pirogues en bord de fleuve ou de lac, ou bien pour des passages pour le bétail en saison sèche.

Chaque type de zone, selon ses contraintes d'entretien, aura un cahier des charges particulier définissant les modalités de la coupe sous l'eau. Ces modalités impacteront les choix techniques (quelle technologie, quel itinéraire, calendrier, etc.), la productivité du milieu et par conséquent le résultat économique de l'entreprise de coupe puis des unités de transformation.

Ces éléments techniques seront rassemblés dans un contrat d'entretien qui n'existe pas encore, et qui précisera également les droits et obligations du coupeur ainsi que les flux financiers.

Mécanisation spécialisée roseaux

Les engins présents dans la VFS sont des engins lourds versatiles, contractés pour rétablir l'hydraulicité en dégageant des végétaux aquatiques invasifs. Ce ne sont pas des machines spécialisées dans la coupe du roseau. Pourtant ce travail en zone humide n'est pas une chose nouvelle : la coupe et récolte mécanisée de roseaux est pratiquée en routine de la Chine jusqu'en Amérique du Nord, en passant par plusieurs pays d'Europe. Une demi-douzaine de fabricants proposent des équipements clés en main pour un prix variant de 100 000 à 150 000 euros.

- *Pertinence*

Ces solutions sont a priori pertinentes en particulier sur les axes hydrauliques puisqu'elles réduisent les coûts d'entretien tout en générant de la valeur ajoutée supplémentaire et des emplois additionnels.

Pour les zones moins prioritaires en termes de contrôle (berges du fleuve, cuvettes) et où un budget d'entretien n'est pas disponible, les entreprises de coupe et de valorisation sont également pertinentes pour intervenir et libérer le milieu et pour générer de la richesse. Des garanties sur l'approvisionnement et une sécurité pour leur investissement est nécessaire. Il leur faudra alors développer des techniques de coupe mécanisées pour développer des industries à des échelles conséquentes, capables de gérer le typha sur plusieurs milliers d'hectares.

- *Efficience/efficacité*

Les filières de valorisation au stade artisanal et petites quantités actuelles pourraient d'ores et déjà intervenir en entretien de points stratégiques bien ciblés : par exemple entretenir un accès à l'eau, une prise d'AEP, l'environnement immédiat d'un ouvrage (par exemple les 5 ha de pare-feu de Diama), etc.

La coupe sous l'eau pour valorisation ne remplacera pas totalement l'intervention sporadique des engins lourds : ils resteront indispensables sur les opérations importantes de curage, reprofilage ou recalibrage. Elle sera toutefois forcément moins onéreuse que le recours aux engins lourds pour le seul faucardage d'entretien (équipés de godets à claire-voie, pour arrachage dans 30 cm de vase).

Quelques aspects techniques clés sont encore en suspens : (1) sur le bord de berge, tester les engins de faucardage spécialisés pour remplacer la coupe manuelle, (2) en milieu plus profond, optimiser la collecte du typha coupé par bateau et (3) optimiser le séchage et l'acheminement de la matière brute depuis le site de coupe jusqu'à l'unité de transformation. Ces aspects seront a priori maitrisables par les ingénieurs et chercheurs qui se penchent déjà sur le sujet dans la VFS, avec les moyens du bord, c'est le cas par exemple des chercheurs à l'ISET, l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar, et l'Institut d'Enseignement Polytechnique de Thiès.

- *Durabilité*

Les filières de valorisation ont vocation à devenir économiquement pérennes et viables, une fois passées leurs périodes d'incubation et de développement respectives.

Ainsi le développement des valorisations pourrait transformer graduellement l'économie de l'entretien des axes hydrauliques et des réservoirs : passer d'un coût récurrent élevé, à un coût moins élevé, puis un coût nul. La durabilité des activités de valorisation suppose d'arriver à un niveau stable d'approvisionnement, lui-même basé sur un entretien régulier (coupes tous les 6 mois ou moins) permettant de maintenir l'hydraulicité des axes hydrauliques.

Il est clair néanmoins qu'une réelle stratégie d'investissements et plusieurs années d'accompagnement de l'initiative économique seront nécessaires pour arriver jusque-là.

- *Conclusions / recommandations*

La valorisation offre la possibilité de réduire les coûts d'entretien du typha, tout en générant des emplois et des revenus. Il est donc proposé de l'inclure dans les techniques retenues pour l'élaboration du plan d'action. Il s'agira plus particulièrement d'identifier les partenaires potentiels intéressés pour passer des contrats d'entretien et de valorisation du typha, et d'approfondir avec eux les besoins et possibilités pour lancer une ou des opérations pilotes.

Parmi les nombreuses valorisations possibles, les usages traditionnels, les combustibles et matériaux de construction sont les plus avancés et pourraient changer d'échelle en se multipliant. Des filières de valorisation industrielles sont possibles mais ne se sont pas matérialisées jusqu'à présent, faute de sécurité pour les investisseurs, en particulier en maitrise des risques d'approvisionnement. Ceci suppose des contrats sécurisant l'approvisionnement en matière première typha.

A l'échelle embryonnaire actuel, les activités de valorisation - à condition de couper le typha sous l'eau - peuvent d'ores et déjà se rendre utile pour dégager et entretenir des points stratégiques (AEP, pare-feu, etc.). Toutefois les contrats d'entretien sont à formaliser entre coupeurs et bénéficiaires de l'entretien, précisant droits et obligations de chaque partie, le cahier des charges de coupe, ainsi que les flux financiers.

Pour passer à l'échelle industrielle plusieurs recherches actions sont à envisager :

- optimiser l'acheminement vers la berge des produits de coupe par bateau faucardeur ;
- mettre en place un banc d'essai des solutions de coupe mécanisée en zone intermédiaire (boue, vase, faible fonds) ;

- Optimiser la logistique pour le placement et dimensionnement des différentes étapes de transformation.

Un banc d'essai de différents matériels permettrait d'identifier pour les conditions du DFS lesquels sont les plus adaptés et pertinents. La mission recommande d'essayer notamment – sans être exhaustif : un équipement Seiga (pneus à très basse pression), un équipement Softrak (chenillé à basse pression) et un bateau faucardeur Weedoo bicoque.

5 Comparaison des méthodes et recommandations de priorisation

5.1 Tableau multicritères

Le tableau multicritères présenté ci-dessous reprend et synthétise les informations et appréciations du chapitre précédent sur les différentes méthodes de lutte.

Tableau 4. Tableau multicritères pour comparaison entre méthodes de lutte contre le typha

	Techniques de contrôle hydraulique				
Technique	**salinisation**	**Reprofilage des axes hydrarulique**	**polder**	**Assèchement saisonnier régulier (Diama)**	**Assèchements temporaires et localisés**
Classement proposé/ recommendation	Utilisable seulement localement	A intégrer dans plan de contrôle actuel	Solution intéressante - Consultation et participation des populations clé d'un succès. A expérimenter d'abord sur 1 polder	non prioritaire (Diama)	Utilisable sur des secteurs limités en cas de travaux
Points à aborder dans la suite de l'étude		Etude des besoins restants et du ratio coût-bénéfice			
Principaux Avantages	peu couteux	Permet de réduire les coûts ultérieurs d'entretien + gain de terres irrigables	Contrôle effectif (sur Diama) + gain surface cultivée	Réduit beaucoup les coûts de faucardage	Réduit les coûts de reprofilage
Principaux Inconvénients	impacts forts - faible acceptabilité par agriculteurs + Investissements lourds pour garantir AEP	Très coûteux (investissement)	Coûteux	Impacts négatifs sur l'agriculture de contre saison (sauf décrue)	Impacts négatifs sur l'agriculture de contre saison
Pré-requis	Consultation et concertation avec les populations et entreprises concernées	Financement	clarification des droits fonciers et consultation des populations et communes	Consultation et concertation avec les populations et entreprises concernées	Concertation et mise en place de mesures compensatoires
Risques et facteurs d'échec	Refus des populations - Par ailleurs efficacité à CT non garantie	Négociation avec les populations concernées si assèchement durant le chantier	Accaparement/ Faible valorisation des zones irriguées nouvelles	Faible acceptabilité sociale	Acceptabilité dépendra de la concertation
Pertinence	Faible pour Diama, moyenne pour assèchement localisé	bonne, surtout si profondeur suffisante st ensuite garantie dans l'axe	bonne	Faible, sauf si combinée avec remise en culture/polders ou valorisation à grande échelle	Bonne
Efficacité	Devrait être précisée (durée de salinisation nécessaire ?)	bonne à très bonne	bonne	Assez bonne si combinée avec faucardage à grande échelle	Bonne
Efficience (des moyens mis en œuvre)	Dépendra du coût des mesures d'accompagnement	Moyenne à bonne (à préciser)	A calculer selon les hypothèses de bénéfices agricoles	A évaluer - plutôt moyenne à faible	A évaluer - plutôt moyenne à bonne selon le coût des mesures compensatoires
Pérennité/durabilité	bonne	A priori réduit les coûts d'entretien typha à long terme	dépendra de la mise en valeur effective et prise en charge entretien	Moyenne	Bonne
Valorisation possible	Non	non	Non	Oui	Oui

	Techniques de contrôle direct							Valorisation	
Technique	**Coupe sous l'eau (manuelle)**	**Arrachage par engins**	**Bateaux faucardeurs**	**Autres engins semi-amphibies**	**Feu**	**Lutte chimique**	**Lutte biologique**	**Valorisation (combinée avec contrôle du typha)**	**Valorisation en zones de gestion durable du typha**
Classement proposé/ recommendation	A intégrer dans plan de contrôle actuel - utilsable sur les rebords en complément de bateaux faucardeurs	A poursuivre et intégrer dans plan de contrôle actuel	A développer et intégrer dans plan de contrôle actuel	A expérimenter = investissement à moyen terme	Non prioritaire - utilisable localement en zones assèchées et remises ensuite en culture	non proritaire / besoin d'un programme de formation des usagers et suivi des résidus	A expérimenter = investissement long terme	Expérimentations à poursuivre et développer	Suppose d'indentifer les zones les plus favorables et accord de partage de bénéfices avec les populations concernées
Points à aborder dans la suite de l'étude	Comment combiner ces trois techniques de manière à réduire les coûts ? Quel suivi des interventions pour optimiser leur durabilité (combiné avec programme de recherche sur la biologie du typha)			Ebauche de programme d'expérimenta-tion			Approfondissement des résultats précédents - identifcation de partenaires potentiels d'un programme de recherche	Identification de partenaires inétressés et zones potentielles Ebauche programme d'experimentation en lien avec la coupe manuelle et par bateaux	
Principaux Avantages	Peut se combiner avec valorisation, distribution de revenus	Rapide	peu coûteux	Coût à préciser	Gratuit (permet travail du sol ensuite)	Peu chère	Peut être efficace à long terme	Peut réduire les coûts d'entretien/faucardage et/ou créer des revenus addtionels locaux	Revenus addtionels - contribution à la lutte contre le Changement Climatique
Principaux Inconvénients	Pénible , faible productivité : coût assez élevé	assez coûteux	convient pour entretien léger (après faucardage plus lourd)	convient pour entretien léger	Impacts et nuisances environnementales	Pollution chimique de l'environnement (eau sols faunes personnes)	Pas disponible pour le moment - risques de favoriser d'autres infestations	Besoin de passage à l'échelle. Besoin de coordonner entretien et valorisation + accompagnement des entreprises de valorisation	N'améliore pas l'hydraulicité
Pré-requis	seulement dans eaux peu profondes. Répétition nécessaire	Plus facile en dehors de l'hivernage / Financements disponibles	cours d'eau dégagés en partie Main d'œuvre quaifiée et bon entretien	cours d'eau dégagés en partie Main d'œuvre quaifiée et bon entretien	En zone asséchée	Efficace sur plantes développées	Recherche longue et pas forcèment réussie	Coordination/ accords contractuels entre organismes en charge de l'entretien et entreprises de valorisation	Accord de toutes les parties concenrées sur les zoenes d'exploitation durable
Risques et facteurs d'échec	Si l'eau baisse après la coupe, profondeur insuffisante		pannes/ Difficulté à opérer si trop dense. Repousse rapide si baisse niveau d'eau	pannes/maintenance. Repousse repide si baisse niveau d'eau	repousse rapide si humidité	Optimiser les inter-traitements	Risque de ne pas trouver d'agent efficace. Impacts imprévisibles sur l'environnement - Remplacement du typha par d'autres espèces tout aussi ou plus nuisibles	Besoin de passage à l'échelle = plusieurs filières possibles, à des stades différents de maturité commerciale et technique	Besoin de passage à l'échelle -mécansation de la coupe en zones innondées -Risque de distirbution inéquitable des revenus si opérations industrielles
Pertinence	Assez bonne dans des zones peu profondes	Bonne pour gros chantiers	Dans certaines situations (hauteur d'eau minimum)	Dans certaines situations (hauteur d'eau max)	Uniquement en zone asséchée avant remise en culture (polders, parcelles de déprise)	Non, au regard des risques environnemen-taux et usages de l'eau (potable etc)	Bonne	Bonne	Bonne dans des zones assez précises
Efficacité	Moyenne	Bonne= mais doit être répété tous les 2 ans ou suivi d'autres entretiens tous les 6 mois	bonne lorsque environnement favorable	a priori bonne	Inefficace seul. A combiner avec travail du sol	Oui	Pas encore assurée	A priori bonne	A priori bonne
Efficience (des moyens mis en œuvre)	Coûteux	Moyenne : coûteux	bonne lorsque environnement favorable	à étudier selon les coûts d'ulisation	Oui, si mise en culture	Oui	Peut être elevée si succès mais pas garanti	A étudier	A confirmer
Pérennité/durabilité	Moyenne	Moyenne du fait du coût	Assez bonne	Assez bonne	Si mise en culture	Non	Oui si réussi	Bonne	Bonne dans des zones assez précises
Valorisation possible	Oui	Sous conditions	Oui	Oui	Non	Non	Non		

5.2 Discussion

Sur la base des critères retenus, nous proposons donc d'écarter un certain nombre de techniques qui semblent peu adaptées et viables dans l'immédiat, soit parce qu'elles sont trop coûteuses ou que leur efficience n'est pas garantie, soit parce qu'elles présentent trop de risques et ne sont pas socialement acceptables. Il s'agit de la **re-salinisation de la retenue de Diama**, de **son assèchement saisonnier** et de **l'utilisation de la lutte chimique** pour contrôler le typha.

Une deuxième catégorie concerne les techniques utilisables à une échelle locale ou limitée, que nous ne proposons pas d'intégrer dans la suite de notre étude à ce stade : Il s'agit de la **gestion locale du sel** dans les PND et PNOD, des **assèchements localisés pour travaux**, et de **l'usage localisé du feu**.

Nous proposons également d'intégrer à ce groupe la question de la **polderisation** de la retenue de Diama, qui nous semble une solution pertinente sous certaines conditions. Etant donné qu'elle a déjà fait l'objet de nombreux travaux, elle ne sera pas étudiée en tant que telle dans la prochaine phase de l'étude, mais elle sera néanmoins intégrée dans le plan d'action concerté, car offrant un potentiel important pour les berges de la retenue de Diama.

La troisième catégorie est constituée par les techniques existantes de contrôle mécanique (**coupe sous l'eau manuelle ou par bateau faucardeur, ou faucardage/ arrachage par engins lourds (pelles**) qui nous semblent incontournables pour assurer le contrôle du typha dans les axes hydrauliques principaux, mais qui sont assez coûteux.

➔ Nous proposons dans ce cas d'approfondir notre étude avec les acteurs de l'entretien pour identifier des modalités de réduction des coûts et d'amélioration de l'efficience de ces interventions, en faisant l'hypothèse qu'une combinaison des trois techniques permettrait d'optimiser l'entretien. Il s'agirait de combiner des faucardages par engins lourds tous les 3 ou 4 ans, selon le besoin, avec un entretien plus régulier (tous les 6 mois) par bateaux faucardeurs (coupe sous l'eau dans les zones les plus profondes) et par coupe manuelle sur les berges et en zones peu profondes.

→ Dans le même objectif, un protocole de suivi de la qualité des travaux et de la ré-infestation serait proposé, et un programme de recherche appliquée sur la biologie du typha et de sa réaction aux différents traitements mécaniques serait identifié. Ces recherches porteraient notamment sur le comportement du typha après coupe sous l'eau, sur ses mécanismes de régénération et de propagation par rhizomes et par graines et sur son cycle biologique.

Nous proposons également d'inclure dans cette troisième catégorie la question du reprofilage/ **recalibrage des axes hydrauliques principaux** qui nous semple présenter un potentiel important de réduction des coûts de maintenance et de contrôle du typha.

→ Il s'agirait tout d'abord de confirmer les résultats obtenus, sur les portions déjà recalibrées du réseau, qui sont significatives, et de chiffrer les économies d'entretien qui en résultent. L'étape suivante serait d'estimer les besoins restants et de chiffrer l'ordre de grandeur de l'effort financier nécessaire.

La quatrième catégorie est constituée par les méthodes qui nous semblent prometteuses, mais sont encore au stade expérimental. Celle-ci comprend la reprise des recherches sur **la lutte biologique, l'expérimentation de la valorisation du typha couplée avec les programmes de contrôle**, et **l'expérimentation de nouveaux équipements de faucardage** susceptibles de réduire les coûts à l'avenir.

→ Pour la lutte biologique, l'étude vérifiera les résultats du programme déjà mené sur les carpes chinoises, et si les résultats sont prometteurs, identifiera les partenaires à mobiliser et étudiera la faisabilité d'un programme de recherche correspondant, en intégrant les questions de bio-sécurité et d'évaluation des risques écosystémiques[37].

→ Pour l'expérimentation de nouveaux équipements de faucardage, en particulier de coupe sous l'eau l'étude ébaucherait des programmes d'expérimentation, identifierait des partenaires potentiels, et chiffrerait l'ordre de grandeur des financements à mobiliser.

→ Dans le cas de la valorisation du typha couplée aux programmes de contrôle, l'étude approfondirait la faisabilité et l'intérêt pour l'organisation de nouveaux accords et procédures entre maîtres d'ouvrage, opérateurs d'entretien, entreprises de transformation et de valorisation du typha et populations concernées.

[37] Ce programme n'exclura pas la possibilité d'identifier d'autres espèces prometteuses, même si en l'état actuel des connaissances cela reste hypothétique.

6 Considérations sur l'organisation institutionnelle du contrôle du typha et les Associations d'Usagers

Le rôle des associations d'usagers et des collectivités locales constitue un point crucial pour la réussite de tout programme de contrôle, pour lequel nous avons trouvé peu d'informations actualisées dans la bibliographie. L'entretien des zones « libérées du typha » est indispensable pour éviter de nouvelles ré-infestations rapides, et il est certainement plus facilement assurable par les communautés locales que par les institutions nationales. Ceci nous a amené à aborder cette question dès la première mission de terrain afin de fournir une première base à l'élaboration du plan d'actions concerté qui interviendra ultérieurement. Ces réflexions pourront aussi alimenter l'étude institutionnelle commanditée par l'OMVS en parallèle de notre étude, et qui a démarré récemment[38].

6.1 La répartition des rôles et responsabilités des institutions dans le contrôle du typha

- **Société de Gestion et d'Exploitation du barrage de Diama (SOGED)**

La SOGED est la société chargée de l'exploitation et de la maintenance du barrage de Diama (voir description plus détaillée en annexe).

Son action dans le contrôle du typha se limite aux abords du barrage sur environ 5 ha. Afin de protéger le barrage contre les feux de massif de typha secs, la SOGED fait donc appel à un GIE local pour faucarder manuellement le typha deux fois par an.

<u>Rive Gauche (Sénégal)</u>

- **Office des lacs et cours d'eau (OLAC) au Sénégal**

Anciennement OLAG, dont le champ d'actions se limitait au lac de Guiers, l'OLAC étend depuis 2017 son territoire de compétence ainsi que ses missions (voir description plus détaillée en annexe). Nouvellement chargé de la gestion et de l'exploitation des végétaux aquatiques sur les lacs et cours d'eau intérieurs ainsi que de l'entretien et de la maintenance des équipements et ouvrages de gestion des plans d'eau, la problématique du typha le concerne en premier lieu.

Ses actions contre le typha se portent aujourd'hui essentiellement sur les ouvrages de la réserve d'eau de Bango et sur l'axe de la Taouey (l'axe canalisé mais aussi l'ancien cours naturel), et plus marginalement sur le Diawel. L'OLAC délègue alors à des entreprises de travaux publics telles que Eiffage, les travaux de faucardage mécanique, de curage et de profilage des axes, ainsi que l'ouverture de points d'accès (37 réalisés lors du projet PREFELAG) pour les localités tandis qu'il confie aux communautés locales (association de jeunes) leur entretien par faucardage manuel.

[38] La mission a rencontré le consultant en charge de cette étude, M. Abdou Diouf, et a convenu d'échanger avec lui de manière rapprochée.

- **Société nationale d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et de la Faléme (SAED)**

Initialement, la SAED était la société chargée de promouvoir, dans la vallée du fleuve Sénégal, le développement de l'irrigation. Depuis une révision de ses missions à la fin des années 80, la SAED a pour mandat l'aménagement du territoire, en coordination avec les collectivités locales. Si elle s'occupe toujours des grands axes hydrauliques et des vannes principales des adducteurs, ce sont les Unions Hydrauliques, organisations ad hoc, qui ont la charge d'assurer le service de l'eau dans les périmètres aménagés de la SAED (voir plus loin), avec parfois un accompagnement technique de la SAED à travers sa Division Aménagement et Gestion de l'Eau (DAGE) et sa Direction Autonome de Maintenance (DAM).

Par l'intermédiaire d'entreprises de travaux publics telles que Eiffage, Conduril ou Razel, la SAED mène des travaux d'entretien d'axes hydrauliques (faucardage mécanique, curage, reprofilage, endiguement). Il arriver également qu'elle sollicite des GIE pour effectuer du faucardage manuel. Les plans d'entretien sont décidés en consultation avec les usagers (Unions hydrauliques).

Rive Droite (Mauritanie)[39]

- **La Direction de l'Aménagement Agricole**

La Direction de l'Aménagement Agricole (DAA) - anciennement direction de l'aménagement rural - du Ministère de l'Agriculture est chargée de la planification et du suivi des périmètres nouveaux et anciens.

- **Société nationale pour le développement rural (SONADER) en Mauritanie**

La SONADER est en quelque sorte le pendant de la SAED coté mauritanien. Elle a en charge la gestion et l'entretien des axes et ouvrages hydrauliques dans le Trarza, la cuvette de R'Kiz et les canaux d'irrigation de Foumgleita dans le Gorgol.

Son action contre le typha consiste à éliminer la plante invasive des zones à aménager dans le R'Kiz et dans le Trarza. Pour ce faire, elle procède à des faucardages mécanique et manuel (voire arrachage à la main) selon le budget disponible.

- **La Société Nationale des Aménagements Agricoles et des Travaux (SNAAT)**

La SNAAT est chargée de la réalisation de travaux lourds (ou de la réhabilitation) sur les périmètres irrigués et barrages.

[39] Sources : SONADER, Novembre 2008-Novembre 2010, Etude du projet de relance de l'agriculture irriguée dans le périmètre irrigué de Foum Gleita en République Islamique de Mauritanie

Ministère du développement rural et de l'environnement, Mai 1999, Projet de Lettre de Politique de Développement de l'Agriculture Irriguée, Horizon 2010

Rôle et place des sociétés d'aménagement dans le développement de l'irrigation en Afrique de l'Ouest, Diagnostique institutionnel spécifique de la Société Nationale pour le Développement Rural (SONADER), Rapport d'Etudes Atelier 10 et 11 Juin 2015

- **Les Organisations paysannes dans le delta du fleuve Sénégal**

On trouve de nombreuses organisations paysannes dans la zone. Les organisations d'irrigants assument la responsabilité de la gestion et de l'entretien des infrastructures hydrauliques au niveau de leurs périmètres irrigués. Cette responsabilité d'entretien inclut celle du contrôle de la végétation envahissante dans les canaux et drains quaternaires, tertiaires et secondaires. Il apparaît également que certaines organisations (Unions Hydrauliques) gèrent également des AEP. Il est cependant parfois difficile de comprendre qui est responsable de quoi, à quel niveau, et quel est le rôle spécifique des AdU en matière de contrôle du typha. Nous allons essayer de détailler ces rôles dans les parties suivantes.

6.2 Le rôle des OP et des AdU sur la rive Gauche

La rive gauche du fleuve Sénégal a été largement aménagée afin de permettre une agriculture irriguée massive tournant principalement autour de la riziculture. Outre les agrobusiness privés, on y trouve aussi de nombreux petits agriculteurs regroupés au sein de différentes organisations : organisations paysannes (OP), faîtières, mais aussi plus largement, pour l'ensemble des habitants de la zone, en Sections Villageoises, GIE, Groupements Féminins, Association d'Usagers de l'Eau (AdU), Unions d'AdU et Unions Hydrauliques.

Les AdU appuyées par l'OMVS

Les AdU sont des structures mises en place par l'OMVS en 2009 dans le cadre des projets GEF/BFS[40] puis PGIRE[41]. Au Sénégal, elles ont été constituées autour de l'axe de la Taouey (1 Union et 7 AdU GIRE ; 1 AdU AEP) et autour de l'axe Gorom Amont (1 Union et 4 AdU). De nouvelles AdU et Unions d'AdU ont également été créées lors de la 2ème phase du Trust Fund et par l'OLAC (1 supplémentaire sur l'axe Gorom Amont, 4 sur le nouvel axe Diawel ainsi que le comité de gestion du Diawel et 1 sur l'axe Canal I et le comité de gestion du Canal I). Pour chaque nouvel axe, une Union a été créée.

Telles que définies par le projet, les AdU doivent permettre une concertation entre acteurs locaux sur les sujets relatifs aux ressources en eau et doivent mettre en œuvre des activités de Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) : lutte antiérosive, implication dans la réhabilitation et l'entretien des berges, lutte contre le typha, entretien des axes (aux abords de leurs localités et non les grands axes hydrauliques dont l'entretien est du ressort de la SAED), création de points d'accès à l'eau pour le bétail, délimitation de parcours de pâturages, formation technique (lutte et valorisation du typha, maraîchage, pisciculture, reboisement), nettoyage des points d'accès à l'eau pour les besoins domestiques, reproduction des alevins en pisciculture, information et formation en prévention et lutte contre les maladies hydriques.

La gouvernance de chaque AdU repose sur un bureau (président, vice-président, secrétaire général, adjoint au secrétaire général, trésorier, trésorier adjoint, représentant des jeunes, représentant des femmes, représentant des associations, responsable des matériels et équipements et trois membres

[40] Projet de Gestion des Ressources en Eau et de l'Environnement du bassin du Fleuve Sénégal
[41] Projet de Gestion Intégrée des Ressources en Eau et de Développement des Usages Multiples dans le bassin du Fleuve Sénégal

d'un comité de surveillance[42] ; lors de nos enquêtes on nous a également signalé les postes de représentant des agriculteurs, représentant des éleveurs et représentant des pêcheurs) élu lors de l'assemblé générale constitutive de l'AdU. Certaines AdU, comme celle de Thiagar, ont également des commissions chargées de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche ainsi qu'une commission pour les femmes.

Les AdU ont ensuite été rassemblées en Unions afin de favoriser la concertation et de mutualiser les efforts pour lutter contre la prolifération des plantes aquatiques nuisibles, l'érosion des berges et pour entretenir les ressources naturelles et les infrastructures communautaires liées à l'eau. A l'instar de la gouvernance de chaque AdU, un bureau a été élu parmi des membres délégués de chaque AdU. Outre les postes précédemment mentionnés, on compte également un secrétaire aux conflits.

Certaines AdU, appuyées ou non par leur Union d'Adu, ont déposé un dossier pour leur reconnaissance juridique, qu'elles ont parfois obtenue, mais pas toujours. D'autres n'ont a priori toujours pas finalisé leur dossier.

Notre mission de terrain semble montrer qu'aujourd'hui, les AdU et les Unions sont pour la plupart en état de léthargie. Elles réalisent peu d'activités hormis une lutte contre le typha relativement sporadique, pour dégager un ou des points d'accès aux berges ou plus rarement pour améliorer l'hydraulicité d'un axe. On note également dans certaines AdU l'existence d'activités annexes ponctuelles de gestion des déchets et même de mini-rizerie (à Thiago par exemple mais non fonctionnelle pour le moment).

Concernant la lutte contre le typha, les moyens des AdU étant très limités, les acteurs utilisent essentiellement le faucardage manuel avec des coupes-coupes. Si quelques équipements ont été donnés aux AdU (bottes, combinaisons, etc), les machines mécaniques pour faucarder n'ont quasiment jamais été utilisées car non adaptées au contexte (pelle Bobcat). On note toutefois l'existence d'une pelle mécanique dont dispose une Union d'AdU (l'Union des AdU de Yalata Thiagar) qui la loue à un prix préférentiel aux AdU ou à d'autres organisations lorsque celles-ci en font la demande, ainsi que d'une débroussailleuse (AdU de Thiago) jugée plutôt efficace. Cependant ces deux machines sont en panne, respectivement depuis février 2018 et 2017, ce qui témoigne de la faible capacité des AdU et Unions d'AdU à assurer la durabilité financière de leurs activités (maintenance et amortissement des équipements).

Somme toute, la dynamique d'actions des AdU varie principalement selon les phases et le niveau d'accompagnement qu'elles reçoivent et selon les individualités qui les composent. « On attend que l'OMVS vienne restructurer les AdU » nous a confié le secrétaire général de l'Union des AdU de Yalata Thiagar, sans pour autant nous préciser ce qui était concrètement attendu de la part de l'OMVS. Mais on comprend que l'accompagnement d'une structure externe est nécessaire pour la vitalité des AdU, ce qui questionne la pérennité de ces dernières. En outre, ce même interlocuteur nous a informés que son Union avait monté un projet, document à l'appui, et qu'ils étaient à la recherche de partenaires (sûrement financiers). Si cette démarche spontanée témoigne du rôle moteur de cet acteur précis dont dépend le dynamisme de l'Union, elle témoigne également de la dépendance financière des AdU à des partenaires extérieurs.

[42] Comité mentionné dans le rapport du Burgeap (BURGEAP, Assistance Technique du Cofinancement du Royaume des Pays Bas auprès du Projet de gestion des ressources en eau et de l'environnement du bassin du fleuve Sénégal (GEF/BFS), Volume 2, Dakar, OMVS, 2010) mais dont le rôle n'est pas explicité.

Les Unions hydrauliques sur le réseau géré par la SAED

A la fin des années 80, lors du désengagement de la SAED, des Unions Hydrauliques (UH) ont été mises sur pied dans le delta du fleuve Sénégal pour assurer le service de l'eau dans les périmètres aménagés (gestion et maintenance des ouvrages – stations de pompage, canaux d'irrigation et de drainage, primaires et secondaires). La collaboration entre la SAED et les UH sont scellées par deux documents propres à chaque Union, à savoir une Note d'Entretien et de Gestion (NEG) et un contrat de concession. On note du reste que la gestion et l'entretien des aménagements à l'intérieur de la « maille hydraulique » (canaux tertiaires) sont à la charge des OP. En pratique, les UH font appel à des prestataires de service pour l'entretien des canaux d'irrigation et de drainage (COSTEA, 2016)[43].

Ces UH couvrent l'ensemble des périmètres dépendant de leur réseau d'irrigation, dont les agriculteurs sont souvent déjà regroupés en plusieurs OP/GIE. Financièrement, le fonctionnement des UH repose principalement sur la redevance hydraulique payée par les OP qui devrait théoriquement permettre le paiement des chargées liées à l'exploitation des stations de pompage, de la maintenance des ouvrages, ainsi que la constitution de provisions pour le renouvellement des équipements. Depuis, certaines UH ont développé des activités rémunératrices annexes telles que des prestations mécanisées, la transformation du paddy, la vente de carburant, le transport et la multiplication des semences, etc. (Deme, 2016) [44].

Enfin, notons que la lutte contre le typha n'est pas expressément citée parmi les responsabilités des UH mais ces dernières (ou leurs prestataires) y sont de facto confrontées quand il s'agit d'assurer l'entretien des canaux.

Les Comités d'Usagers (CU)

En parallèle de la création du FOMAED, un Comité d'Usagers (CU) a été créé pour chaque ensemble d'adducteurs et d'émissaires de drainage, soit au total 7 comités. Tous les usagers agricoles bénéficiant de ces aménagements ainsi que des représentants des conseils ruraux sont membres de ces CU, organisés autour d'une assemblée générale, d'un conseil de délégués et de commissions techniques. Ces CU ont pour mission de suivre les fonds de maintenance (consultation, facturation, sanctions, travaux, choix des entreprises, etc) (COSTEA, 2016).

Si le rôle des CU dans la lutte contre le typha n'est pas explicite, il n'en est pas moins important dans la mesure où les CU interviennent dans l'entretien des axes hydrauliques (à partir du FOMAED).

Imbrication / superposition des organisations gérant les Périmètres Irrigués et des AdU

On retrouve sur un même territoire de nombreuses associations/organisations aux responsabilités parfois similaires.

[43] COSTEA, 2016. Rôles et place des sociétés d'aménagement dans le développement de l'irrigation en Afrique de l'Ouest. Diagnostic institutionnel spécifique de la société nationale d'aménagement des terres du delta et de la vallée du fleuve Sénégal (SAED). Rapport d'études

[44] Deme A., 2016. Transfert de gestion de l'irrigation dans le delta du fleuve Sénégal : une analyse économique des Unions Hydrauliques., Master Recherche 2 EcoDEVA – Economie du Développement Agricole, de l'Environnement et Alimentation, SupAgro Montpellier et UMR G-Eau.

Les agriculteurs, venant de diverses localités, travaillent des parcelles individuelles (quelquefois collectives). Beaucoup se regroupent ensuite en organisations (GIE/SV/GF/OP), gérant fréquemment des périmètres ou portions de périmètres irrigués, et pouvant accéder plus facilement aux crédits, semences et intrants. Au niveau des périmètres, il est de la responsabilité de ces organisations d'irrigants de gérer et d'entretenir le réseau d'irrigation et éventuellement de drainage tertiaire, inclus dans leurs périmètres. Concernant le service d'eau au niveau des axes primaires et secondaires, une union spécifique existe pour cela[45]. Il s'agit de l'Union Hydraulique dont les membres sont des représentants des diverses associations.

Le système des AdU et des Unions d'AdU est a priori indépendant du système précédent et de celui des CU (mis en place à l'initiative de structures différentes, avec des objectifs différents, selon des méthodologies différentes). Les AdU regroupent d'autres acteurs que les irrigants, notamment les éleveurs, les pêcheurs, les femmes. Pourtant, les acteurs de ces systèmes sont en grande partie les mêmes, car la majorité de la population rurale du delta pratique l'irrigation, d'où les confusions et les imbrications entre structures. En outre, le chevauchement de territoires d'action conduit ces structures à collaborer (prêt de matériel par exemple) mais, eu égard au territoire relativement restreint, on peut également craindre que les relations interpersonnelles des membres des différentes structures influencent les rapports entre celles-ci.

L'imbrication confuse des associations peut être illustrée par l'exemple du comité des producteurs de Diawel dont nous a parlé le secrétaire général de l'Union des AdU de Yalata Thiagar. « Ce comité appartenait à l'Union mais a finalement décidé de la quitter car il travaillait avec le FOMAED ». Du reste, l'incompatibilité de travail de ce comité avec le FOMAED d'une part et l'Union d'autre part, n'est pas explicitée. L'articulation entre structures ne paraît donc pas relever d'un schéma systématique mais plutôt de facteurs circonstanciels.

6.3 Rôle des OP, AdU et Unions d'AdU Rive Droite

Les AdU de l'OMVS

Historique de constitution des AdU

Après identification des communes touchées par l'envahissement du typha, les équipes de l'OMVS et de la SONADER ont tenu 2 ou 3 ateliers avec tous les acteurs et usagers de l'eau du fleuve (pécheurs, agriculteurs, éleveurs) sur le typha. Durant ces ateliers dont l'un s'est tenu à l'ISET, « …*ils nous ont expliqué différentes manières d'éliminer le typha pour un meilleur usage des eaux du fleuve par les riverains. Ils nous ont parlé de la coupe sous l'eau, la technique qu'ils nous ont demandé de faire, avec une journée de test effectué dans le village de Tounguène. Selon eux, après coupe ça allait tuer la plante (pourrir), ce qui n'était pas le cas parce que le typha a repoussé quelques semaines après ce test que nous avons effectué* ». Ces ateliers étaient aussi l'occasion pour identifier et géolocaliser les villages où il y avait du typha, et aussi de définir les types d'activités dans ces villages. Au dernier atelier à l'ISET, il a été décidé, après concertation, de mettre en place les AdU avec l'OMVS (Entretien avec Président AdU village de Tounguène, GRET, Etude Contrôle Typha, novembre 2018).

[45] Pour les périmètres antérieurement aménagés par la SAED

Les AdU et les systèmes d'organisation préexistants

L'idée de départ était de travailler avec les coopératives et unions de coopératives agricoles et regroupements de pécheurs et d'éleveurs trouvés sur place. « *Nous étions déjà organisés, sous la supervision de la SONADER depuis plusieurs années, en coopératives agricoles dans chaque village (coopératives d'hommes et coopératives de femmes séparées), légalement constituées et reconnues avec un statut juridique. Finalement ils ont mis en place des associations différentes de nos Coopératives, mais dont les membres étaient les mêmes que ceux des coopératives des différents villages, c'est-à-dire les agriculteurs, les pécheurs, les éleveurs, etc.* » (Entretien Président AdU village de Tounguène, GRET, novembre 2018). Chaque village a ainsi créé une AdU avec un bureau de 7 à 8 personnes (le nombre de membres des bureaux différents selon les villages[46]). Dans chaque village où une AdU était créée, tous les habitants du village étaient membres et participaient aux activités. Des réunions inter-villages ont été tenues et les membres des bureaux ont choisi à leur tour un seul bureau qui fédérait tous les bureaux des AdU, ce qui a donné naissance aux Unions d'AdU inter-villages.

Les bureaux des AdU étaient constitués des postes suivants : président, vice-président, secrétaire, trésorier, chargés de la sensibilisation et organisation activités, chargé de gestion du matériel[47]. C'était un bureau fixe et permanent et les membres étaient nommés par les villageois eux-mêmes (en général des leaders dans leur villages).

Par contre dans les Unions (inter-villages) d'AdU, les membres des bureaux étaient élus par vote. Environ 7 à 8 personnes, avec en plus des postes de président, de secrétaire et de trésorier, des chargés des finances qui devaient négocier des financements et faciliter l'accès à des fonds (ONG, bailleurs, etc.) pour le financement de nos activités d'entretien.

Planification des actions d'entretien des axes hydrauliques

Il n'y avait pas d'action coordonnée ou de planning périodique des actions/activités d'entretien des axes hydrauliques par les AdU. « *On n'avait pas de planning sur le long ou moyen terme. On s'organisait selon le temps dont nous disposions pour identifier un secteur ou un axe bouché par le typha, et on partait ensemble pour couper le typha, nettoyer, sécher et allumer par la suite. C'est comme ça qu'on nettoyait le bras du Garack-Sokham, et un autre bras du fleuve Sénégal qui traverse notre village. Si ça repousse on revient et ainsi de suite*. *C'est comme ça aussi qu'on entretenait le canal aménagé par l'ANAIR[48] (100ha)[49] pour les rapatriés mauritaniens du Sénégal depuis les événements sénégalo-mauritaniens de 1989)*. » (Entretien avec Président AdU village de Thiambène, GRET, Etude Contrôle Typha, novembre 2018). Notons toutefois que, comme rappelé dans le contexte de la rive gauche, l'entretien des axes hydrauliques principaux n'est pas dévolu aux AdU. En Mauritanie, il est de la responsabilité principale de la SONADER.

Situation des ADU actuellement

Plusieurs Unions d'AdU regroupent les AdU crées sur la rive droite par l'OMVS sur différents axes hydrauliques :

[46] Selon la taille des villages, le nombre de membres des AdU ainsi que le nombre de membres des bureaux (postes). Selon le président de l'Union des AdU de l'axe Laoueija, aucune des AdU sur cet axe n'a pu acquérir le statut de GIE (forme juridique la plus basique et plus accessible

[47] Petit matériel reçu par les AdU : coupe-coupe, pelles, brouettes

[48] Agence Nationale d'Appui et d'Insertion des refugiés

[49] Pas de données précises sur le périmètre et le canal

- L'Union d'AdU sur l'axe Laoueija regroupe les AdU des villages de Gani, Kéké 1, Kéké 2, Geouelit et des coopératives d'agriculteurs à R'Kiz ;
- L'Union d'AdU sur l'Axe Garack Sokam regroupe les AdU des villages de Keur Madické, Tounguene, Garack, Chigara, R'Gheiwat, Thiambène et des coopératives du village de Face ;
- L'Union d'AdU sur l'Axe le Gouère regroupe les AdU de Breun Darou, de Breun Gouyare, de Dieuk et de Tékèch ainsi que l'Association des Usagers de Gouère ;
- L'axe le Meissoukh regroupe deux associations (Dah Ould Med Lemine et Moustapha ould Mawloud) ;
- L'axe le Ibrahima regroupe l'A.S U.Z.O, l'association des usagers de la zone Ouest de Rosso.

Ces fédérations d'AdU qui regroupent en leur sein des AdU ne fonctionnent plus et rencontrent d'énormes difficultés organisationnelles (cotisations de 100 MRU/ ADU/ mois non honorées), mais aussi un manque d'accompagnement dans la structure et leur formalisation en tant qu'entités responsables de l'entretien des axes[50]. « *Les Unions d'AdU et AdU ne fonctionnent plus sur la rive droite depuis que l'équipe du PGIRE a quitté. Nous n'avons jamais reçu le matériel qui était destiné aux Unions d'AdU, selon nos informations ce matériel est toujours à la SONADER. En tout cas nous leaders et membres de ces Unions et AdU n'avons jamais reçu ce matériel* »[51] (Entretien Président Union AdU Axe Laoueija, GRET, Etude Contrôle Typha, novembre 2018).

Les structures de gestion des périmètres irrigués de la SONADER

La zone d'intervention de la SONADER s'étend essentiellement le long de la rive droite de la vallée du fleuve Sénégal et concerne les wilayas du Trarza, du Brakna, du Gorgol et du Guidimakha. Ces régions concentrent l'essentiel de l'agriculture irriguée en Mauritanie.

Il existe trois types de périmètres irrigués dans la vallée rive droite du fleuve Sénégal :

Petits périmètres irrigués collectifs villageois (PPI) ont généralement été réalisés par la SONADER sans contribution financière des bénéficiaires et destinés à pourvoir à la sécurité alimentaire des bénéficiaires. Les coûts de ces aménagements ont pu être réduits grâce à la participation des bénéficiaires comme main d'œuvre pour les travaux. Les PPI ont des tailles qui varient entre 20 et 50 ha et sont subdivisés en parcelles de très petite taille (0,2 à 1 ha). Ils sont équipés de motopompes et leur gestion est assurée par les groupements ou coopératives villageois. Ces périmètres sont aujourd'hui de très petite taille, et permettent seulement d'assurer l'auto-consommation familiale.

Moyens périmètres collectifs villageois, également réalisés par la SONADER sans contribution financière des bénéficiaires, avec une superficie qui varie entre 50 et 200 ha, subdivisés en parcelles de petite taille (0,25 à 0,5 ha), et équipés de motopompes. Leur gestion est assurée par les groupements ou coopératives villageoises.

Grands périmètres collectifs de plus de 200 ha, pourvus pour l'irrigation d'une station de pompage ou d'un barrage permettant une desserte gravitaire. Ces périmètres ont été réalisés par la SONADER sur financements publics (État et bailleurs de fonds) à partir de la fin des années 1970, sauf pour le cas de

[50] Les coopératives de R'Kiz ont un statut et une reconnaissance juridique parce qu'elles existaient avant le projet. En revanche certaines AdU créées par l'OMVS n'ont pas encore obtenu leur récépissé. Ce sera une action prioritaire pour les prestataires recrutés pour l'encadrement des AdU dans cette phase actuelle du PGIRE.

[51] Ces structures ont fonctionné peu de temps après leur mise en place selon le Président de l'Union d'AdU de l'axe Laaoueija (quelques activités d'entretien des axes à coté de leur village : cas de Tounguene et de Garack sur l'axe Garack-Sokham)

M'Pourrié. Les coopératives et AdU villageoises ont un rôle important dans la gestion des canaux d'irrigation de ces périmètres sur les axes Garack-Sokam, Breune, R'kiz et aussi dans le bassin de Foum Gleita[52].

On distingue les périmètres collectifs des périmètres privés et la SONADER n'intervient que sur les périmètres dits collectifs, avec différents acteurs institutionnels qui interagissent avec la SONADER.

Les Coopératives et Unions de Coopératives gèrent les périmètres collectifs[53] au niveau du village et sont composées de petits et moyens agriculteurs attributaires de parcelles familiales. Elles ont vu le jour dans le cadre des activités menées par la SONADER. Puis, la dynamique associative s'est ensuite poursuivie dans le cadre de différents projets et programmes de développement. Ces mêmes membres des coopératives et unions de coopératives villageoises sont aussi membres des AdU, et ont un rôle bien défini dans le cadre du PGIRE dans la gestion des axes hydrauliques. « *Dans les villages il y a des coopératives de femmes et d'hommes, organisés avec une reconnaissance juridique (statut), et qui peuvent souvent contracter des petits prêts au niveau de la banque agricole de Rosso* ». (Entretien avec Président AdU Tounguene, GRET, Etude Contrôle Typha, novembre 2018).

Liens entre ADU / Structures de gestion des Périmètres Irrigués

Selon les leaders des AdU, il n'y a pas de liens entre les structures de gestion des périmètres irrigués et les AdU dans leur rôle de nettoyage et de maintien des axes hydrauliques pour lutter contre l'envahissement du typha. « *La SONADER ne participait pas à nos activités d'entretien des canaux ou PI. On ne travaillait pas directement avec eux. Ils travaillent avec nous et sont notre interface avec l'Etat et les bailleurs pour le financement agricole. Ils nous montrent comment se structurer, comment s'organiser en tant que coopératives ou unions de coopératives villageoises pour avoir des financements (petits prêts avec l'UNCACEM je pense qui est en faillite), et nous accompagne sur comment aménager les pépinières. Mais plus beaucoup depuis quelques temps* »[54] (Entretien avec Président AdU de Thiambène, GRET, Etude Contrôle Typha, novembre 2018).

Discussion sur le rôle des AdU

Compte tenu de la diversité des usages de l'eau et de leurs impacts sur les populations et l'environnement, on comprend le choix fait de créer des organisations locales à base très large pour prendre en charge la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE). Cependant, il apparaît que la plupart de ces organisations ont beaucoup de mal à fonctionner sans un appui extérieur, et sont très liées aux projets qui peuvent les appuyer. Par ailleurs, elles sont loin d'avoir la capacité humaine et financière d'entretenir des surfaces significatives envahies par le typha. Elles peuvent tout au plus

[52] Comme prévu à l'horizon 2010, dans le projet de lettre de politique de développement de l'agriculture irriguée (Mai 1999, Ministère du Développement Rural et de l'Environnement)

[53] Ils les cultivent, gèrent les motopompes, s'organisent pour la vente des récoltes, et aussi pour recevoir les intrants

[54] Ce sont les membres des coopératives qui sont en même temps membres des AdU. En nous parlant de la relation AdU/ Coopératives, c'était une manière pour lui de souligner qu'il n'y a aucun accompagnement de la part de la SONADER pour le suivi de leurs activités en tant qu'AdU.

assurer l'entretien de zones assez petites indispensables pour l'accès à l'eau au niveau du village, des éleveurs et des pêcheurs. On peut donc se demander s'il ne serait pas plus réaliste :

- d'une part d'intégrer la mission d''entretien des axes hydrauliques au sein des responsabilités des organisations d'irrigants. En effet, ces derniers y ont un intérêt direct et ont des capacités financières plus importantes, avec un appui financier des institutions publiques lorsque cela s'avère nécessaire.

- d'autre part de déléguer les autres fonctions GIRE décentralisées à des organisations territoriales existantes, telles que les mairies qui sont tout à fait légitimes pour opérer à ce niveau. Cela parait cohérent avec la stratégie GIRE du Sénégal qui prévoit l'échelon communal comme échelle pour la GIRE « locale ». Il faudrait voir si cela correspond également à la stratégie GIRE de la Mauritanie.

Un autre schéma serait d'intégrer les organisations d'irrigants et d'autres organisations d'usagers (par exemple les éleveurs, les pécheurs) au sein d'une structure faitière à l'échelle d'un bassin hydraulique.

6.4 Recommandations pour l'étude institutionnelle

L'étude institutionnelle devrait approfondir tout d'abord la question de l'imbrication des diverses organisations de producteurs, et en particulier des organisations d'irrigants sur le territoire, ainsi que leurs différents rôles et responsabilités dans l'entretien des canaux, drains et adducteurs. Elle pourrait également approfondir la question de la fonction des AdU dans ce système et envisager diverses pistes pour leur avenir.

Elle devrait également approfondir la question des diverses redevances perçues par les institutions en charge de la gestion hydraulique dans le delta, en éclaircissant notamment les institutions qui perçoivent in fine ces redevances, celles par qui elles transitent et ceux qui les payent. Il ne s'agit pas seulement des montants théoriquement exigibles, mais aussi de l'ensemble des modalités du système de collecte mis en place, des taux de recouvrement, de la manière dont les décisions d'utilisation sont prises et dans quelles mesures le contrôle du typha est priorisé.

7 Conclusion

Ce rapport d'état des lieux (produit de la phase 2 de l'étude) a permis tout d'abord de faire le point sur les connaissances sur la biologie du typha et sa réaction à diverses méthodes de contrôle, en complétant la revue bibliographique initiée avec le premier rapport d'étape. Ceci permet à la fois de clarifier les conditions de réussite des diverses opérations de contrôle du typha, et de fournir les bases à une proposition de programme de recherche qui permettra de combler les nombreuses lacunes observées.

Les consultants ont également initié une réflexion sur le zonage du typha, en se basant sur des ateliers de cartographie participative au niveau de deux communes. Cet exercice a permis de recueillir les avis des populations sur les priorités en matière de contrôle et gestion du typha, mais pas d'arriver à un zonage différencié entre zones de contrôle et zones d'exploitation durable du typha. Les leçons qui ont été tirées seront très utiles pour préparer les concertations qui auront lieu au niveau de Saint Louis et Rosso lors de l'élaboration du plan de contrôle du typha en phase 4 de l'étude.

Au niveau des acteurs rencontrés, une attention particulière a été portée au partage des responsabilités dans la lutte contre le typha, avec un focus particulier sur les Associations des Usagers promues par le PGIRE qui sont un élément important de la stratégie de lutte contre le typha. Ces associations sont actuellement peu actives, et la mission a formulé quelques réflexions sur leur avenir, et suggestions pour l'étude institutionnelle en cours, avec laquelle une collaboration est indispensable.

L'équipe a ensuite analysé l'ensemble des techniques de contrôle du typha identifiées lors de la première phase, sur la base d'enquêtes auprès des acteurs ayant une expérience dans ce domaine et de visites de terrain. Ceci a permis de dégager plusieurs méthodes ou approches prometteuses pour améliorer le contrôle du typha, et réduire les coûts de son contrôle à terme. L'équipe a dégagé des pistes d'approfondissement pour 4 techniques existantes, et de prospective pour 3 autres techniques. C'est nettement plus que les 3 à 4 techniques prometteuses qui étaient proposés dans la proposition méthodologique initiale. Les retours et débats qui ont eu lieu lors de l'atelier OMVS de janvier 2019 ont permis d'affiner cette liste et de recueillir des suggestions sur les points prioritaires à explorer. Au terme de cet atelier, toutes les pistes ont été retenues, en combinant dans une même thématique « combinaison des méthodes mécaniques » et « recalibrage »[55]. La liste des thématiques à approfondir comprend donc :

1) Combinaison méthodes mécaniques et recalibrage
2) Recherches appliquées au contrôle du typha et méthodes fines de suivi des travaux d'entretien
3) Faisabilité de la lutte biologique
4) Test de nouveaux équipements de faucardage
5) Valorisation du typha couplée au contrôle.

[55] Ref : Rapport de l'atelier de validation du rapport d'état des lieux et méthodes de lutte contre le typha. Saly, 14 et 15 janvier 2019. OMVS / PGIRE (8p)

Etude pour l'évaluation des besoins pour le contrôle du Typha dans le delta du fleuve au Sénégal et en Mauritanie

Annexes

du

Rapport d'état des lieux et bilan des méthodes de lutte contre le typha

Annexe 1. TdR de l'étude (extraits)

IV-Objectifs de l'étude :

Cette étude, tout en contribuant au but visé par le Projet GIRE Trust Fund3, a pour objectif général d'étudier **les besoins en termes de contrôle de l'invasion du delta par le typha et de doter l'OMVS des outils pertinents à cet effet.**

Les objectifs spécifiques majeurs poursuivis par l'étude, à travers une analyse diagnostique profonde de l'invasion du typha et des moyens déjà mobilisés pour son contrôle sont :

1. Faire **le bilan** de toutes les actions et études antérieures ou en cours dans le bassin visant à éradiquer ou à mieux contrôler le typha au regard des **besoins** ;
2. Identifier et étudier les **options techniques** (y compris la lutte biologique, la modification de la gestion du barrage de Diama…) et économiques viables (Coûts/Avantages) et socialement acceptables de lutte contre le typha et ce sur la base du diagnostic de l'état des lieux, de sa connaissance approfondie, de ses relations avec le milieu biophysique du bassin et de ses impacts sur les activités socioéconomiques et les conditions de vie des populations ;
3. Enfin, élaborer de **manière concertée,** en prenant en compte la participation de tous les acteurs (HC/OMVS, SOGED, SONADER, SAED, autres structures des Etats, Communautés/Usagers, ONG), un **plan d'action** détaillé – avec les coûts associés – de lutte contre le typha en intégrant à la fois les dimensions techniques, économiques et sociales.

V-Résultats attendus :

L'étude doit d'abord permettre à l'OMVS et ses partenaires de mieux cerner les besoins, les problèmes et les contraintes liés à la lutte contre les espèces végétales nuisibles qui est un des fléaux majeurs dans le bassin du fleuve Sénégal. Cette invasion par le typha fait suite à la construction des barrages de Diama et Manatali. Au terme de cette étude, les résultats visés sont entre autres :

1. Un état des lieux est établi concernant l'invasion du delta par le typha, ses impacts sur le milieu biophysique et les activités socioéconomiques ;
2. Le bilan des actions réalisées (types d'actions, ampleur, efficacité…) en termes de contrôle du typha en prenant en compte les aspects économiques, sociaux et environnementaux, est fait et évalué[1] ;
3. Le mode de vie du typha, son développement et expansion, ses interrelations avec les écosystèmes du delta et avec les conditions d'après barrages (Diama et Manantali), sa sensibilité aux conditions du milieu (niveaux d'eau, salinité, prédateurs…) sont mieux connus ;

[1] Notamment les actions menées par l'OMVS dans le cadre des Trust funds 1 et 2.

4. Les méthodes viables d'éradication ou tout au moins de contrôle du typha, prenant en compte les dimensions coûts/Avantages, environnementales et sociales, sont bien étudiées et évaluées ;
5. Le plan d'action, inclusif, pertinent et proportionné aux besoins, de lutte contre le typha et qui prend en compte les devoirs et responsabilités de toutes les parties prenantes (OMVS, Structures techniques nationales des Etats Membres et Communautés des Usagers), est élaboré et approuvé. Ce plan doit permettre d'atteindre les résultats spécifiques suivants :

    - Les besoins d'entretien mécanique/de faucardage du typha sont cartographiés et les matériels et les coûts sont identifiés, pour chaque canal/axe/partie du delta. La fréquence et le volume d'entretien nécessaire sont décrits, en différentiant « maintenance lourde » initiale et « maintenance courante » ultérieure,
    - Des moyens de lutte alternatifs sont étudiés, en relation avec l'écologie du typha et avec sa sensibilité aux conditions du milieu (niveaux d'eau, salinité, prédateurs,…). En particulier, l'intérêt et la faisabilité[2] d'un abaissement temporaire du plan d'eau de Diama sera évaluée.

❖ **Offre technique du Gret (extraits)**

L'étude se déroulera en 4 Phases, avec chacune un livrable correspondant :

1- Note de cadrage *(Septembre- Octobre 2018)*

Le Team Leader coordonnera une revue bibliographique, qui permettra de cerner les manques d'informations et problématiques, à traiter dans le cadre de cette consultance.

La revue documentaire mobilisera et croisera tous les horizons des experts, afin de ne manquer aucun éclairage sur le problème du typha.

Le team leader, ses assistantes, et les experts se réservent la possibilité de rendez-vous institutionnels pour collecter de données secondaires qui ne seraient pas accessibles via internet ou les centres documentaires universitaires.

Il mettra à profit les données disponibles auprès des différents services de l'OMVS, dont le bureau des archives à Saint Louis, l'OLAC et autres organismes de tutelle.

2- Rapport d'état des lieux bilan *(Novembre – Décembre)*

Les recherches pour ce rapport seront effectuées à distance, et une mission multidisciplinaire #1 au Sénégal et en Mauritanie.

- Etat des connaissances sur le typha

[2] par rapport aux usages (eau potable, irrigation) et aux possibilités techniques offertes au niveau du barrage (stabilité, caractéristiques des organes de vannage).

L'expert en physiologie végétale apportera un regard neuf de malherbologiste, sur les nombreuses équipes qui ont exploré différents aspects du sujet depuis plusieurs décennies.

Il s'appuiera en particulier sur les bases de savoir existantes et bibliographiques –à actualiser- établies sur le typha et sur le Pr Labaly TOURE, qui a coordonné des travaux au sein de l'UMR Pateo sur le Delta du fleuve Sénégal.

- Bilan évaluation des méthodes de lutte

L'équipe dressera une liste et analysera chaque tentative de lutte contre le typha des deux côtés du fleuve. Egalement les autres cas disponibles à travers la littérature.

Un tableau de synthèse multicritères présentera ces tentatives et leurs enseignements respectifs. L'équipe présélectionnera parmi les méthodes de lutte du bilan diagnostic celles qui semblent viables, leurs conditions et potentiels de mise en œuvre.

A l'issue de ce rapport une discussion avec le client précisera les 3 ou 4 techniques dignes d'approfondissement ensuite (Activité 5) sous la supervision de l'agroéconomiste.

3- Rapport complet méthodes et actions viables *(Janvier- Mars 2019)*

Les recherches pour aboutir au rapport complet donneront lieu à du travail coordonné à distance, et à une mission multidisciplinaire #2. NB : aux missions multidisciplinaires s'ajoutent des missions individuelles si nécessaire du team leader, ou de l'assistante team leader.

Volet 1 - Ecophysiologie du typha (Activité 4)

L'équipe approfondira les connaissances sur le typha et son comportement dans le milieu par d'une part des collectes de données de terrain (données environnementales, données cartographiques acquises par drones) et en investiguant différentes catégories de savoirs experts : les savoirs locaux et vernaculaires issus de l'expérience des riverains du typha, et les savoirs internationaux.

Ce volet explorera également avec des parties distinctes

- la relation entre Typha et ouvrages hydrauliques.
- La problématisations des besoins de recherche, en vue d'adjoindre au plan d'action un volet recherches appliquées structuré en programmes[3]

Volet 2- Analyse coûts/avantages des méthodes viables (Activité 5)

Piloté par l'agroéconomiste, ce rapport s'appuiera en partie sur les travaux précédents du Gret sur les techniques de faucardage et les contacts déjà établis avec les sociétés qui ont travaillé en lutte mécanique dans différents contextes et pour différents objectifs. Il s'attachera à faire une synthèse comparative couts-avantages sur plusieurs axes :

- au plan économique et social
- environnemental

[3] Le Département des Sciences du Vivant, Université d'Aarhus, a également exprimé son intérêt pour travailler sur le sujet et apporter une perspective internationale.

4- Plan d'action de lutte concerté *(Mars à Mai 2019)*

Des questions spécifiques seront incluses dans les entretiens en face à face avec les institutions clés et les représentants des parties prenantes locales et étatiques lors des activités précédentes. L'objectif de ces questions sera de :

- faire ressortir le niveau de compréhension des enjeux liés au typha,
- les objectifs particuliers de chaque institution ou groupe social,
- établir une matrice des points de convergences et de divergences entre acteurs.

Cette grille d'analyse des objectifs, choix et contraintes est une étape préparatoire indispensable à la phase suivante en ateliers.

Sous le pilotage du Team Leader, le plan d'action mobilisera les experts résidents sur zone pour la conduite de deux ateliers de concertations, un au Sénégal, l'autre en Mauritanie (a priori Saint Louis et Rosso, sous réserve de décision du Client).

L'ensemble de la démarche, des résultats et conclusions de cette étude seront présentés de façon simple et compréhensible.

Ces ateliers d'une journée, animés de façon participative

- vulgariseront les informations collectées et analysées au cours de cette étude
- mettront en débat les besoins de contrôle spécifiques par type de zone
- mettront en débat les conclusions sur les méthodes de lutte viable, les zonages, et le chiffrage budgétaire

Annexe 2. Liste des personnes et institutions rencontrées

Institution	Nom Prénom	Fonction	Mail	Téléphone
OMVS	Abdoulaye SALL	Expert Suivi Evaluation, PGIRE	salabla@yahoo.fr	00 221 77 238 24 87
OMVS	Mamadou S. SAMAKE	Expert appui/coordination, PGIRE	Mamadou_sam@yahoo.fr	00 221 77 524 78 22
OMVS	Alassane CISSE	Expert en Génie Civil, PGIRE	Alassanecisse.pgire2@gmail.com	00 221 78 250 15 31
OMVS	M'bemba CAMARA	Expert en Génie Rural, PGIRE	camambem@gmail.com	
OMVS	Kalifa TRAORE	Expert en Agroforesterie, PGIRE	t.kalifa@yahoo.fr	00 221 77 226 78 90
OMVS	Amy KEBE MANE	Expert Genre et Participation du Public, PGIRE	kebeamy@gmail.com	00 221 78 291 39 60
OMVS	Abdourhamane SOUMAGUEL	Expert en Aménagement Hydro-Agricole, PGIRE	Adha_pgire_omvs@yahoo.fr	00 221 77 797 54 25
Eiffage	Alioune BADIANE	Directeur Général Adjoint	Alioune.BADIANE@eiffage.com	00 221 33 839 73 34
Eiffage	Pape GUEYE	Responsable Technique	Pape.GUEYE@eiffage.com	
UCAD - département de biologie végétale	Aliou GUISSE	Professeur	aliou.guisse@ucad.edu.sn	00 221 77 638 96 69
DEEC	Ernest DIONE	Coordonnateur national du projet PNEEB	ernes.dione@gmail.com	00 221 77 886 69 08
Eau Vie Environnement (EVE)	Abdou DIOUF	Directeur de EVE - Consultant pour l'étude institutionnel	abdoumy@yahoo.fr	00 221 77 450 64 43
SAED	Moustapha LO	Chef de division environnementaliste - Point focal OMVS	lotafa@gmail.com	00 221 77 261 39 37
SAED	Mbagnick NDIAYE		buursine221@gmail.com	00 221 77 878 62 42
SAED	Bouna DIOP	environnementaliste	bounadiop@gmail.com	
SAED	Ibra NIANG	DAM		00 221 77 238 49 36
OLAC	Farba Oumar SY	Chargé de suivi évaluation et cartographie SIG	oumar.sy@olac.sn	00 221 77 436 21 39

OLAC	Adama GAYE	environnementaliste		
SOGED	Cheibani Aw	Responsable Division exploitation	adamacheibani@yahoo.fr	+221 77 646 06 95
	Amadou Silly Ba	Responsable suivi AdU	amadousillyb@yahoo.fr	00221 78 547 65 04
	Cheikh Gueye	Responsable suivi AdU	gcheikh20@yahoo.fr	00221 77 723 68 81
SONADER	Mouhamed Ismail	Directeur Programme suivi evaluation	ismailmuhamed1@yahoo.fr	
	Mouhamed El Hassan Sidy Mouhamed	Directeur régional du Trarza	mdelhacen@yahoo.fr	
	Habiboulah		hermhabiboulah@yahoo.fr	
ISET	Babana Ould Mouhamed Lemine	Enseignant / Chercheur, Technicien ISET de mise en œuvre dans le cadre de Typha Mauritanie, Typha Sénégal et TyCCAO	babana.iset@gmail.com	
CSS	Mor Talla SALL	Directeur des plantations	mortalla.sall@css.sn	00 221 77 805 70 85
CSS	Amadou NDIAYE	Responsable Etude, Connaissance du Milieu et Suivi Irrigation/Drainage - Point focal OMVS	amadou.ndiaye@css.sn	00 221 77 499 96 73
CSS	Moctar SAMB	Chef de ferme	moctar.samb@css.sn	
CSS	Urbain NTAB	Chef du service agronomie – Responsable pôle Défense des Cultures	urbain.ntab@css.sn	00 221 77 499 96 74
Adu Thiago-Timèye	Maguiyama SARR	Président AdU		00 221 77 738 20 81
Adu Thiago-Timèye	Fatoumata NDIAYE	Trésorière		
Adu Thiago-Timèye	Amadou Lamine SEYE	Président Délégué Animateur		
village de Ndombo Diop	Madické MBODJ			00 221 77 644,44 50
village de Ndombo Diop	Souleymane MBODJ	secrétaire municipal		00 221 77 209 11 42

village de Ndombo Diop	Sahid MBODJ	conseiller spécial du maire		
village de Ndombo Diop	Ousmane YAGUE	2ème adjoint au maire - représentant OLAC		
village de Ronkh	Marie Tew DIAGNE	représentant du maire		00 221 77 136 48 22
village de Ronkh	Amadou SARR	agent foncier		00 221 77 228 62 77
village de Ronkh	Yacine SEYE	transformatrice		00 221 77 328 53 27
village de Wassoul	Oumar MBODJ	chef de village		00 221 77 778 71 88
village de Thiagar	Ndiaga DIAGNE	président de l'AdU de Thiagar - Secrétaire général de l'Union des AdU Yalata Thiagar		00 221 78 110 33 57
ARD	Mor Tine	point focal GIZ		00 221 77 138 44 34
CDA OMVS	Babacar DIONG	Chef du CDA OMVS	babadiong@gmail.com	00 221 77 541 87 79
CDA OMVS	Oumar DANSOGO	Expert Archiviste	fanadjeka2012@gmail.com	00 221 33 961 23 88
PNOD	Mallé GUEYE	Conservateur du parc	mallegueye@yahoo.fr	00 221 77 568 25 26
Gani	Modou Kara Gaye	Président Adu GIRE Gani		46 49 70 42
Kéké I	Daouda Sow	Président Adu GIRE Kéké I	Agriculteur	47 78 91 55
Kéké II	Amadou Sow	Président Adu GIRE Kéké II	Agriculteur	46 70 28 27
Tiambène	MBaye Sambou	Président Adu GIRE Iiambène	Agriculteur	47 45 56 05
R'gheiwat	Brahim O/ Dah	Chef du village et charger de l'information Adu GIRE	Commerçant	27 21 42 52
Chgara	Hameida Fall	Président Adu GIRE Chgara	Agriculteur	36 53 12 45
Keur Madické	Mahmoud O/ Mkhaitir	Président Adu GIRE Keur Madické	Agriculteur	36 05 42 97
Tounguène	Ahmed Diagne Fall	Président Adu GIRE Tounguène		46 77 87 37
Garack	Koddou Diagne	Présidente Association des femmes de Garack et membre de l'Adu	Agriculteur	46 88 19 08
Fass	Mayoro MBoj	Président Adu GIRE Fass	Agriculteur	34 14 94 60
	Mohamed Khalifa	SG commune de R'Kiz		41 76 81 66

Annexe 3. Chronogramme de mission

Calendrier mission #1 OMVS – CoTy

Jour	Equipe	Lieu	Heure	Rencontres	Contacts
Jeudi 8	CC, AH	Dakar, Siege de l'OMVS	10h	OMVS - Point focal PGIRE Sénégal,	Mamadou Samaké
		Dakar, Avenue Félix Eboué	14h	Eiffage - DGA	Alioune Badiane
Vendredi 9	CC, AH	Dakar, UCAD 1er étage	9h30	Université Cheikh Anta Diop	Aliou Guisse
	CC, AH	Dakar, Immeuble kebe par la rue Jean Jaurès 3ème étage	11h30	DEEC – Coordonnateur national PNEEB	Ernest Dione
	CC, AH	Dakar, Pikine km16 Route de Rufisque, Sicap Mbao, villa 367, Diamaguène Sicap Mbao	16h00	Consultant pour l'étude institutionnelle	Abdou Diouf
Lundi 12 matin	Tous	Saint Louis, Bureau du Gret		Réunion de cadrage	
Lundi 12	Tous	SAED	15h	Chef de division environnementaliste	Moustapha Lo

Après midi	Tous	OLAC	16h30	Chargé de suivi évaluation et cartographie SIG	Farba Oumar Sy
	Tous	Saint Louis, Bureau du Gret	soirée	Débriefing	
Mardi 13	Equipe 1 : MC, SD, AN	Rosso	10h30	SOGED – Responsible Division exploitation Responsables relations AdU	Cheibani Aw Cheikh Gueye Amadou Silly Ba
			13h	Directeur Programme Suivi-évaluation : Directeur régional du Trarza	Mouhamed Ismail ismailmuhamed1@yahoo.fr Mouhamed El Hassan Sidi Mouhamed mdelhacen@yahoo.fr Habiboulah hermhabiboulah@yahoo.fr
			16H00	Enseignant/chercheur, Technicien mise en oeuvre ISET dans le cadre de Typha Mauritanie, Typha Sénégal, TyCCAO	Babana Ould Mouhamed Lemine
	Equipe 2 : CC, LT, GB, AH	Richard Toll	9h30	CSS Responsable Etude, Connaissance du Milieu et Suivi Irrigation/Drainage	Amadou Ndiaye
		Lac de Guiers	Après-midi	Visite AdU de Thiago-Timèye et village Ndombo Diop avec OLAC	Farba Oumar Sy (OLAC) Maguiyama Sarr (AdU Thiago) Souleymane Mbodj (Ndombo Diop)
Mercredi 14	Equipe 1 :	Rosso	9h – 17h	Atelier zonage participatif	ADL (Agent de Développement Local Rosso, Maire adjointe de Ndiago, Président Union

	MC, SD, AN				ADU Laoueja, presidents ADUs Garack-Sokham, members AdU (pécheurs, agriculteurs, éleveurs)
	Equipe 2 : CC, LT, GB, AH	Ronkh	9h – 17h	Atelier zonage participatif	Maire, AdU, pêcheurs, irrigants, éleveurs, SAED, ARD
Jeudi 15	Equipe 1	12H00		Voyage retour SL	
	CC, AH	Saint Louis	10h	ARD – Point focal GIZ	Mor Tine
	GB, LT	Saint Louis	10h	SAED	Mbagnick Ndiaye
	CC, AH	Saint Louis	11h30	CDA de l'OMVS – Chef du CDA	Babacar DIONG
	GB, LT	Ross Bethio	16h	SAED – Direction Autonome de la Maintenance (DAM)	Ibra NIANG
	CC, AH	Djoujd	15h	PNOD – Conservateur du parc	Mallé Gueye
	Tous	Saint Louis	soirée	Débriefing	
Vendredi 16	Tous	Saint Louis	9h – 13h	CDA de l'OMVS	Oumar Dansogo
	Tous		Après midi	Discussions Planification	

Annexe 4. Documents obtenus lors de la mission de Novembre 2018[4]

Davis S. M. (1991) Growth, decomposition, and nutrient retention of Cladium jamaicense Crantz and Typha domingensis Pers. in the Florida Everglades. https://doi.org/10.1016/0304-3770(91)90059-E. by Elsevier B.V.

CILSS (2002 a.) Atelier sur l'utilisation de la plante Typha australis à des fins énergetiques : Vision régionale de la problématique du Typha (Mauritanie, Mali) Saint - Louis le : 23 - 25 juillet 2002.

CILSS (2002 b.) Atelier technique sur la valorisation du Typha Australis à des fins énergétiques - Saint-Louis du Sénégal (23 - 24 - 25 juillet 2002). Expériences conduites au Mali sur la valorisation énergétique du Typha Australis.

CSS (2016) Plan de gestion intégrée des pesticides et des fertilisants – Projet de riziculture irriguée – Rapport définitif.

DGPRE (2006) Plan de gestion du lac de Guiers – Projet Eau Long Terme.

DMPELD (2015) Projet de Gestion intégrée des plantes aquatiques nuisibles : lutte contre les végétaux aquatiques nuisibles.

DPN (2017) Plan de gestion du parc national des oiseaux du Djoudj.

DRH (2013) Bulletin hydrologique du 31 octobre 2018 bassin du fleuve Sénégal.

Eid E. M. (sans date) Seasonal allocation of carbohydrates between above and below-ground organs of *Typha domingensis.* Journal of Botanical Taxonomy and Geobotany, Feddes Repertorium.

Esteves B. S. and 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, p. 227-234.

Eiffage Sénégal (sans date) Travaux de remblai-déblais sur les entrées des axes hydrauliques (curage et consolidation des axes hydrauliques / Rives Droite et Gauche du Fleuve Sénégal – Devis contrat.

Eiffage Sénégal (sans date) Travaux d'aménagement pour la sécurisation de 2 500 ha d'irrigation privée localisée dans la Communauté Rurale de Ross Bethio.

Eiffage Sénégal (2009) Travaux hydro-agricoles : depuis 1972.

Geneltec (2002) Atelier de valorisation du Typha à Saint - Louis du Sénégal du 23 au 25 juillet 2002 : Compte rendu et propositions.

Gret (2016 a.) Processus de production développé dans le cadre du projet Typha : Guide de production semi-industrielle de charbon de typha - Cahier technique n°2.

Gret (2016 b.) Protocoles de mesures développés dans le cadre du projet Typha : Mesure des caractéristiques physico-chimiques des combustibles domestiques solides - Cahier technique n°3.

[4] NB : Cette liste complète la bibliographie préparée lors de la première phase de l'étude, et annexée au rapport d'Etape-Revue bibliographique

Gret (2016 c.) Synthèse des résultats obtenus dans le cadre du projet Typha : Caractéristiques physico-chimiques de charbons produits à base de Typha australis - Cahier technique n°4.

Gret (2016 d.) Production de charbon de typha en alternative au charbon de bois en Mauritanie. Document de synthèse (synthèse réalisée dans le cadre du projet Typha).

Hall S.J. (2008) Invasive Species Compendium: Typha domingensis (southern cattail). Nelson Institute for Environmental Studies, University of Wisconsin-Madison, USA.

Henning R.K (2002) Valorisation du Typha comme Combustible domestique en Afrique de l'Ouest et en Europe. Saint - Louis, Sénégal, Juillet 2002.

Mane M. (2008) Impact des activités humaines sur la qualité de l'eau du Fleuve Sénégal - Rapport de stage.

Motivans K., Apfelbaum S. (sans date) The nature of conservancy. Element stewardship abstract for Typha spp, north American cattails. Applied Ecological Services, Inc.

Mufarrege M.M., Di Luca G.A., Hadad H.R., Maine M.A. (2011) Adaptability of Typha domingensis to high pH and salinity. Ecotoxicology. 201120(2):457-65.

Oliveira J. P. V., Pereira M. P., Duarte V. P., Corrêa F. F., Castro E. M. , Pereira F. J. (2017) Cadmium tolerance of Typha domingensis Pers. (Typhaceae) as related to growth and leaf morphophysiology. Brazilian Journal of Biology.

OMVS (2002) Biologie de cyrtobagous salviniae.

OMVS (2004) Formulation de Programme de Financement du Royaume des Pays-Bas dans le cadre du projet FEM/BFS Rapport de reconnaissance et de programme provisoire de projet. Rapport définitif.

OMVS (2005 a.) Financement du Royaume des Pays-Bas dans le cadre du projet FEM 1 BFS Annexe 4: Etude économique lutte contre Typha. Rapport définitif.

OMVS (2005 b.) Lutte contre le Typha et la dégradation des berges dans-le bassin du Fleuve Sénégal. Mission de Faisabilité Technique No. 2 31 mars au 13 avril 2005. Rapport de mission.

OMVS (2006) Lutte contre le Typha et la dégradation des berges dans le bassin du Fleuve Sénégal. Rapport de faisabilité ORET.

OMVS et Waterschap Rivierenland (2006) Expérimentation sur les Méthodes de Lutte Mécanique contre les Végétations Aquatics nuisibles. Rapport mission décembre 2006.

OMVS (2010) Rapport final de synthèse (octobre 2010) du Projet GEF - Cofinancement du Royaume des Pays Bas - TF No. 055192.

OMVS (2011) Rapport sur l'état de l'Environnement du BFS – Edition 2011 – Observatoire de l'Environnement. p53-64 ; p74-75 ; p82-106.

OMVS (2012 a.) Plan Directeur Stratégique Intégré - Lutte contre l'envahissement des plantes aquatiques dans le delta du fleuve Sénégal - Projet Polders Fleuve Sénégal.

OMVS (2012 b.) Annexes - Lutte contre l'envahissement des plantes aquatiques dans le delta du fleuve Sénégal – Projet Polders Fleuve Sénégal.

OMVS (2013) Etude d'Impact Environnemental et Social Lutte contre le Typha dans le delta du fleuve Sénégal - EIES Projet Polders Fleuve Sénégal.

OMVS (2013 a.) Plan de polders sur le fleuve Sénégal - Analyse financière.

OMVS (2013 b.) Spécifications Fonctionnelles, Exigences techniques pour la construction des 7 polders - Projet Polders Fleuve Sénégal - Lutte contre l'envahissement des plantes aquatiques dans le delta du fleuve Sénégal.

OMVS et DIR (2013). Situation année hydrologique 2012 – 2013.

OMVS (2014 a.) Avant-Projet Sommaire Lutte contre l'envahissement des plantes aquatiques dans le delta du fleuve Sénégal - Projet Polders Fleuve Sénégal.

OMVS (2014 b.) ORIO Projectplan - Lutte contre l'envahissement des plantes aquatiques dans le delta du fleuve Sénégal - Projet Polders Fleuve Sénégal

OMVS (2014 c.) Plan Polder Conceptuel Lutte contre l'envahissement des plantes aquatiques dans le delta du fleuve Sénégal - Projet Polders Fleuve Sénégal.

OMVS (2014 d.) Plan des Opérations pour la phase d'exploitation et d'entretien Lutte contre la prolifération de plantes aquatiques nuisibles dans le delta du fleuve Sénégal - Projet Polders Fleuve Sénégal.

OMVS (2014 e.) Plan de passation des marchés Lutte contre la prolifération de plantes aquatiques nuisibles dans le delta du fleuve Sénégal - Projet de polders du fleuve Sénégal.

OMVS et DIR (2015 a.) Etat des lieux des stations hydrométriques du bassin du fleuve Sénégal au Sénégal. Période allant du 03 au 07 mai 2015.

OMVS et DIR (2015 b.) Etat des lieux des stations hydrométriques du bassin du fleuve Sénégal en Mauritanie. Période allant du 08 au 11 mai 2015.

OMVS (sans date a.) Exécution des travaux de réhabilitation de l'entrée des axes hydrauliques du Garack, du Laoueijat, du Gorom-amont et de l'Ancienne Taouey sur la basse vallée et le delta du Fleuve Sénégal – contrat avec Eiffage Sénégal.

OMVS (sans date b.) Exécution des travaux de remblai-déblais sur les entrées des axes hydrauliques (curage et consolidation des axes hydrauliques/Rives Droite et Gauche du Fleuve Sénégal) – Contrat avec Eiffage Sénégal.

PDMAS (sans date) Etude du Schéma Directeur d'Aménagement Agricole de la zone du Lac de Guiers – Rapport définitif.

PED Sahel (2001) Possibilité d'utilisation du Typha Australis comme combustible domestique au Sénégal.

PERACOD (2006) Valorisation du Typha dans l'habitat : Atelier de réflexion 28/29 mars 2006.

PNEEB (2018) Bilan annuel TYPHA 2017 – Projet de Production de matériaux d'isolations thermiques à base de Typha.

PREDAS et PSACD (sans date) Atelier technique sur les possibilités de valorisation du Typha : Atelier Australis à des fins de production d'énergie domestique.

PSI – CORAF (sans date) Projet régional (Mauritanie, Sénégal) de préservation des eaux du Delta du fleuve Sénégal pour la lutte contre l'envahissement des plantes aquatiques nuisibles (Typha, Pistia Salvina) – présentation power point.

Roberts, J. (2014) Typha & Phragmites: similarities and differencies. In ROBERTS, J. et KLEINERT, H., Managing Typha and Phragmites, Report form workshop held 16th June 2014, North Central Catchment Management Authority.

Sans nom. (sans date) Situation hydrologique du fleuve Sénégal à la date du 25 aout 2015.

Sans Nom (2002) Lacs, fleuves, rivières d'Afrique en péril : les plantes « sales » sèment la mort (http://www.seneweb.com/news/article/23054.php)

SAED (2008) Delta du fleuve Sénégal : carte de présentation du réseau hydrographique permanent.

SAED (2015 a.) Rapport de synthèse sur les besoins de maintenance FOMAED: programme pluriannuel 2015-2016-2017.

SAED (2015 b.) Etude de mise en place d'un projet de recyclage des dépôts de travaux de maintenance des axes hydrauliques dans le cadre de la mise en œuvre du plan d'actions de l'audit de la maintenance des IHA - Première partie.

SAED (2016) Mise en oeuvre de la 11ème Lettre de Mission de la SAED 2015 -2017 – Rapport Annuel d'Activités 2015.

SAED (2017) Rapport de détermination des besoins en travaux de maintenance avec le Logiciel SIC Combiné aux méthodes de contrôles des plantes aquatiques - Programme pluriannuel FOMAED 2018-2020.

SONADER (2015) Travaux de faucardage curage des marigots de Sokam et Bourguiba dans le Trarza – Contrat PGIRE II.

Theuerkorn W. (2002) Le Typha et ses applications : pour l'Atelier Typha, Saint-Louis, Sénégal, Juillet 2002.

Annexe 5. Exemple de grille d'enquête

Informations à recueillir - par méthode de lutte

CRITERES	**REPONSES** **OBSERVATIONS**	**Commentaires/ puis Grille de notation (par les consultants)**
Entrevue par :		
Date :		
Personne rencontrée/ coordonnées		
Institution		
Périmètre géographique de l'institution		
De quels ouvrages hydrauliques votre organisation est-elle responsable ?	*(catégories d'ouvrages)*	
Quels (autres) ouvrages hydrauliques sont importants pour votre institution ?		
Personne ressources sur le typha en interne ou externe ?		
Quelles activités/méthodes de contrôle du Typha avez-vous expérimenté ? (ou été confrontés)	*Si plusieurs méthodes, remplir plusieurs tableaux ou choisir une méthode principale*	

Les expériences de lutte

Intitulé du projet, programme ou action		
Appui par un bailleur ? Source et montant du financement		

Dates de début et de fin d'exécution		
Description de la méthode ou de la combinaison de méthodes appliquée(s) y compris par plusieurs institutions coordonnées	*(protocole : type d'opération, périodicité, comment, etc.)- Autres interventions coordonnées par d'autres acteurs (exemple : curage mécanique SAED/ entretien manuel AdU*	
Année, et période de l'année, durée des travaux/action		
Où ? Sur quel type d'espace ? Quelle surface couverte? (longueur et/ou superficie)	*(canaux, parc, bord de fleuve…)*	
Par qui ? avec qui ? (sur le terrain)	*Indiquer toutes les parties prenantes engagées directement dans l'opération*	
Objectif de l'opération (bénéfice attendu)	*(par ex rétablir hydraulicité, dégager un point de pompage, etc.)*	
Type de contrôle du typha souhaité	*(éradication/ contrôle partiel/ gestion durable)*	
ELEMENTS TECHNIQUES		
Personnels/équipements nécessaires		
Productivité	*(tps nécessaire par unité de surface traitée)*	
Conditions techniques nécessaires / conditions de réussite	*(formation spécifiques, plateaux techniques de maintenance, etc.)*	
Contraintes climatiques et saisonnières		
contraintes de terrain (min/max)	*(par ex profondeur max, ou pente max etc.)*	
conditions idéales de travail		
Autres contraintes	*(par ex disponibilité de main d'œuvre, etc.)*	
Niveau d'atteinte des objectifs de l'opération	*(très bon ; bon ; moyen ; faible ; mauvais)*	
Durabilité du contrôle	*(en mois/années)*	
Besoin de répétition	*Tous les X mois…*	

Quels facteurs ont favorisé ou pénalisé la réussite de l'opération ?		
ELEMENTS ECONOMIQUES		
Conditions financières nécessaires / conditions de réussite	*(investissement, gestion de risque, etc.)*	
Coût investissement		(capex)
Coût premier traitement/ha		
Couts d'opérations ultérieures / Cout d'entretien annuel		(opex)
Cout total sur 10 ans	*Intégrant tous les coûts*	
Impacts économiques positifs et négatifs	*Négatifs : par ex Pertes de production agricole, piscicole, etc…*	
	Positifs	
Impacts sociaux, écologiques ou environnementaux	*Négatifs*	
	Positifs	
Relations techniques possibles entre valorisation et contrôle		
Relations financières possibles entre valorisation et contrôle		
ELEMENTS ORGANISATIONNELS		
Conditions organisationnelles nécessaires / conditions de réussite		
Arrangements institutionnels		
Acceptabilité sociale		
Co-bénéfices sociétaux		

Synthèse

Principaux Avantages	
Principaux Inconvénients	
Pré-requis	

Risques et facteurs d'échec	

Pertinence	**Efficacité**
	(Efficacité de la méthode par rapport à l'objectif visé, par rapport au contrôle)
Efficience (des moyens mis en œuvre)	**Pérennité/durabilité**

Annexe 6. Les méthodes mécaniques de coupe du typha

Niveau de maturité technologique (Technology Readiness Level) **Technologies de coupe**	TRL 1 basic principles observed	TRL 2 technology concept formulated	TRL 3 experimental proof of concept	TRL 4 technology validated in lab	TRL 5 technology validated in relevant environment	TRL 6 technology demo in relevant environment	TRL 7 system prototype demo in operational environment	TRL 8 system complete and qualified	TRL 9 actual system proven in operational environment
Coupe manuelle									
Faucille									ISET artisans
Faucille + arrachage									entreprises*
Rateau faucardeur				PGIRE					
Véhicule tout terrain									
Motoculteur Tanda Motors		ISET							
Motoculteur BCS						Multipays			
Seiga, roues basse pression						Multipays			
Chenillé Softrak75 ou 120						Multipays			
Chenillé delta track						Multipays			
Amphibie									

Truxor DM5000 ou DM5045						Multipays			
Conver C580H C550						Multipays			

Bateau

Dorocutter Klippo								PND	PND
Mini barge Conver									CSS
Autres modèles Conver, Berky, Osma						Multipays			
Catamaran Weedoo						Multipays			
Hovercraft			Pologne						

* Entreprises de travaux, contractées par les organismes de maintenance hydraulique.

1.1 Technologies de coupe manuelle du typha

- Machette, faucille, protections (waders, gants)

1.2 Bateaux faucardeurs

- Barre de coupe latérale sur pirogue, Doro Cutter Klippo

<u>Résultat : très efficace sur pirogue motorisée (800 m2/h), peu coûteux et simple à mettre en œuvre, nécessite au moins 80 cm de fonds. La propulsion à rame est inefficace.</u>

Dans le cadre du projet Typha Mauritanie, les partenaires Gret ISET et PND ont mis en place et suivi 2 expériences de coupe flottante mécanisée à -50 cm de profondeur : une pirogue a été équipée d'une barre de coupe horizontale de type Doro Cutter Klippo de 1m50, pour un investissement de 2000 €.

Ce matériel suédois de la firme Dorotea Mekaniska est capable de travailler à hauteur variable, jusqu'à -100 cm sous la lame d'eau.

La première expérience a testé la propulsion à rames, Garack, en mars 2013, afin de travailler avec le moins de fonds possible, pour une coupe de contrôle en vue de rendre des berges aux productions végétales de décrue ou à la pêche. L'expérience, prévue sur une parcelle de 200 m x 50 m (1ha) à -50cm sous la lame d'eau, n'a rien donné : ramer ne permet pas d'équilibrer la force de coupe et la pirogue pivote. L'ensemble n'est pas suffisamment manœuvrable et donc motoriser la propulsion est indispensable.

En juin 2013, à Bouhajra au PND, la même barre de coupe horizontale d'1m50 a été montée sur une pirogue motorisée au PND pour couper une plus vaste zone 1000 x 100 m (10 ha) avec 80 cm et plus de fonds, cette fois-ci pour favoriser le retour de la pêche et l'aquaculture (nénuphar, sporobolus).

Productivité : 800 m2/h, avec 2 personnes, une à l'arrière au moteur et l'autre au contrôle de coupe. Soi 20 fois la productivité de la coupe manuelle.

Cette expérience concluante a été répétée sur une longue période, et capitalisé avec les recommandations ci-dessous en vue de la reprise de la pêche. Ainsi selon le PND l'éradication du typha nécessite…

- une première phase intensive de 6 mois, avec 2 coupes par mois à -50 cm de profondeur
- une seconde phase d'entretien simple par passages rapides, 2 fois par mois pendant le reste de l'année, pour éviter l'installation d'autres plantes invasives et le retour du typha.

Mois	1	2	3	4	5	6
Tâche : faire disparaitre le typha	2 coupes	2 coupes	2 coupes	2 coupes	2 coupes	2 coupes
Mois	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Tâche : entretenir suite à la disparition du typha	Entretien de la zone (2x par mois)	Entretien de la zone (2x par mois)	Entretien de la zone (2x par mois)	Entretien de la zone (2x par mois)	Entretien de la zone (2x par mois)	Entretien de la zone (2x par mois)

Tableau : récapitulatif de la coupe, puis de l'entretien pour la pêche d'une zone à typha[5]

Cout d'opérations : deux postes des couts directs sont estimables rapidement par ha

[5] Source : entretien ISET, et Cahier Technique N°5 « Guide pour la récupération d'une zone de pêche suite à la coupe manuelle de Typha Australis », Gret 2016.

Essence (2 x 6 CV propulsion, barre)	4 l/h x 1€/l x 12,5h/ha	50 €/ha
Opérateurs (coût complet ouvrier spécialisé)	2 pax x 5€/h/pax x 12,5 h/ha	125 €/ha
Carburant + opérateurs		**175 €/ha**

NB : à ce calcul doivent s'ajouter les temps salariés « improductifs », amortissement du bateau et de la barre de coupe, couts de maintenance, couts d'environnement technique et managérial, de transport et véhicules d'appui ; éventuels impôts taxes et marge bénéficiaire.

- CSS, Bateau faucardeur Conver avec barre de coupe à l'avant

Résultat : efficace à 40 partir de cm de fonds. La barre de coupe en proue implique des manœuvres continuelles de dégagement qui affectent la productivité. La précision de l'engin permet un contrôle « rasage de près » du profil de berge.

Selon la littérature des bateaux faucardeurs Conver ont été importés sur la zone dès les années 90s (Hellsten 1999; Communication RSE d'Eiffage 2008).

Aujourd'hui la CSS utilise 2 bateaux faucardeurs de type Conver en entretien de routine des canaux, avec des modifications qui ont porté sur :

- augmenter la puissance de propulsion
- adapter l'hydraulique aux conditions d'opération (la maintenance est intensive, réalisée en continu par les ateliers de la CSS)

L'OLAC compte acquérir des bateaux similaires en 2019.

1.3 Coupe par motoculteur en surface, ISET octobre 2016

Résultat : potentiel intéressant pour les berges, mais améliorations machine nécessaires (ou bien importation d'une solution roseau clé en main).

L'ISET a acquis pour 1200 € un motoculteur Tanta Motors (fabricant égyptien) avec barre de coupe avant de 100 cm. L'objectif est d'éradiquer le typha sur berge tout en récupérant une biomasse valorisable. Le choix du matériel vise une opérabilité en terrain intermédiaire (accessible depuis la berge, de boueux jusqu'à une faible profondeur : -20 cm).

Testé à Tounguène sur une zone de berge de 300 m x 50 m (1,5 ha), à une profondeur d'eau de 20 cm et moins, le matériel n'a pas donné de résultat : les pneus d'origine de 30 cm ont une portance insuffisante. Ils s'enfoncent en terrain boueux et il faudrait les changer pour un diamètre de 1m et/ou augmenter leur largeur.

Source : Catalogue Matériels, Innovation & Paysage, 2018

Expérience SOGED de la coupe et arrachage manuel au barrage de Diama

Résultat : la combinaison « coupe sous l'eau + arrachage » manuel est efficace, relativement efficiente, mais pose des problèmes de disponibilité de main d'œuvre.

La SOGED contracte un GIE de Diama 2 fois par an sur son budget d'entretien, afin de réduire le risque incendie lié aux 5 ha de typhaies les plus proches du barrage.

Chaque chantier coute de 8 à 10 M, soit un cout annuel de 16-20 M CFCA (24,4 à 30,5 k€, soit 5-6000 €/ha/an). Cela mobilise une trentaine de coupeurs, via un GIE de Diama. La biomasse collectée est transportée et entassée sur berge, puis détruite par le feu (avec de l'essence).

Productivité : 10 m2/h/coupeur-arracheur.

Mois	1	2	3	4	5	6
Chantier #1	Coupe et arrachage	Coupe et arrachage	/	Nettoyage des repousses	/	/
Mois	7	8	9	10	11	12
Chantier #2	Coupe et arrachage	Coupe et arrachage	/	Nettoyage des repousses	/	/

Expérience Eiffage d'arrachage par pelle mécanique (sur berges ou flottante, ou en sec)

- Expérience SAED de la coupe manuelle dans les canaux

Résultat : le FOMAED combine interventions d'engins lourds, suivie de chantiers de coupe manuelle..

Source : Eiffage.

Source : Eiffage (gauche), mission Gret novembre 2018 (centre et droite).

Motofaucheuses porte-outils

Pour l'agriculture de montagne et l'entretien des espaces communaux, la fauche, le broyage et le déneigement. Entièrement hydrostatiques, marche avant / arrière commandées par poignée tournante progressive RAPID.

RAPID REX
Hydrostatique, moteur Robin 7 cv.
Ultra légère, travail en toute sécurité dans les pentes les plus escarpées, jusqu'à un dévers de 120 % (50°). Direction active au guidon.

RAPID SWISS
Hydrostatique, moteur Robin 9 cv.
Puissante tout en étant légère et maniable. Destinée aux régions montagneuses et aux pentes jusqu'à un dévers de 100 % (45°). Direction active au guidon.

RAPID MONTA
Hydrostatique, Moteur Robin 14 cv ou B&S 16 cv
Compact et performant, y compris dans les très fortes pentes jusqu'à 120 % (50°).
Rotation zéro turn. Direction au choix de l'opérateur par guidon sensitif ou par leviers.
Les commandes d'entrainement et de direction peuvent agir de façon **mécanique** (modèles M) ou **par capteurs sensoriels** (modèles S).

Pneus agraires

Pneus gazons

Jumelages

Roues

Jumelages pneu

Cylindres

Outils de coupe de la firme suédoise Dorotea Mekaniska AB

Amphibie - Truxor

Technical specifications – Truxor DM 5045

Motor: Kubota V1505-T turbo diesel 44.9 hp / 3000 RPM. Environmental class Interim TIER 4/Stage 3 A. Euro class 3 Automatic stop function if the engine overheats or the oil pressure is too low. Warning system for driving at maximum slope that stops the diesel motor automatically if the maximum slope is exceeded.

Cooling system: Combi radiator for the motor and the hydraulic system. The air intake of the radiator is equipped with a filter (prevents the accumulation of dirt in the radiator cells).

Driver's seat: Ergonomically designed, adjustable driver's seat with thermostat-controlled electrically heated seat, foldable cab, adjustable steering.

Electrical system: 12 Volt, generator 60 ampere, battery 45 A, adjustable thermostat-controlled operator's seat.

Dashboard: engine speed (RPM), motor temperature, control lights, hydraulic oil temperature, hydraulic pressure and fuel gauge.

Hydraulic system: Hydraulic tank with cyclone technology – 19 litres. Hydraulic system volume – 36 litre Load-sensitive hydraulic pump, torque 115 Nm. Control system with CAN bus signalling technology. Automatic stop if the hydraulic tank level gets too low.

Left joystick: To operate the machine. Hydraulic outlet 1 – work pressure 140 bar, adjustable flow 0-20 l/min. Hydraulic outlet 2 – work pressure 130 bar, adjustable flow 0-11 l/min.

Right joystick: Lifting, tilting, weight distribution. Hydraulic outlet 3 – work pressure 200 bar. Adjustable flow 0-60 l/min, 22.2 hp

Driving speed: 0-100 m/min.

Front lift: 250 kg lifting power, DM bracket for fast change of tools.

Caterpillar track: (paddle track) of rubber.

Material: Pontoons manufactured of saltwater-resistant aluminium. Hot-dip galvanised steel structure.

Dimensions: Length 4.7 m, width 2.06 m, height 2.1 m.

Weight: 1400 kg.

Equipment: 4 work lights, service Tools. Truxor DM 5045 is delivered CE marked.

Truxor DM 5045 item no. 94-5045 Hydraulic oil

Truxor DM 5045 Item no: 94-5045E Environmentally friendly hydraulic oil Panolin (36 litres).

Truxor Tools (optional) Cutter units, collection rakes, excavator unit, dredge pump, equipment for cleaning up oil spills, wood chipper, miller, hydraulic hammer, pile driver

Doro cutter Klippo

Doro cutter is our mid-sized machine. Klippo is completely operable from the driver's seat, including cutting depth and the action of the knives. The knife can also be placed diagonally for cutting in carpet vegetation and close to land. Klippo is equipped with a stone release system and has an adjustable frame for different boat widths. The plastic buckets serve as ballast. The frame is secured to the rail with clamp hooks.

Accessories

Undercarriage, which facilitates mounting, transport and storage.

Technical data

Working width	1,5 m	Cutting depth	50 cm
Engine B&S	3,5 hk 4 stroke	Driving Fan	belt 4 step
Weight	50 kg	Max boat width	180 cm

Doro knife Handy

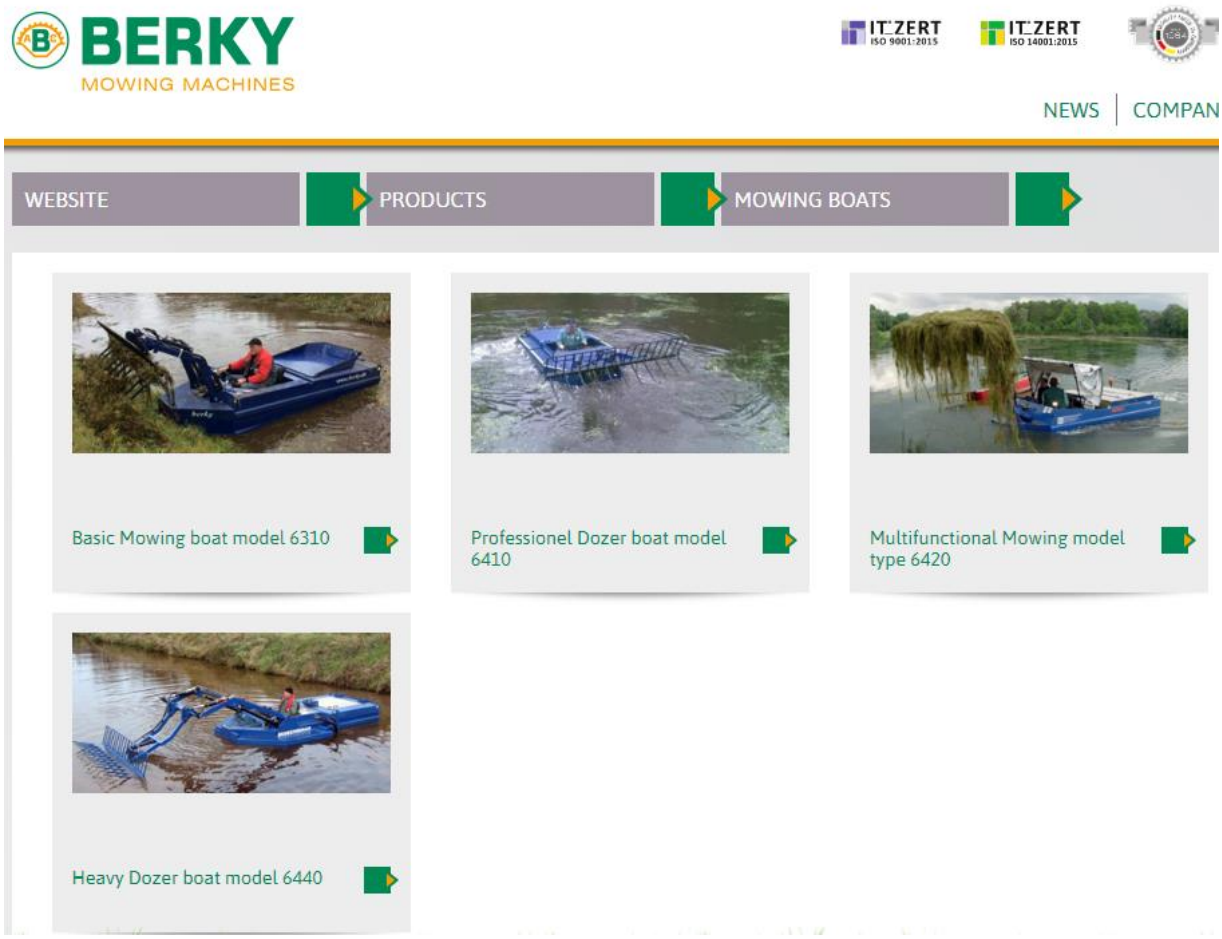
User friendly tool with cutting blade and rake in one tool. Perfect for clearing small areas, eg. around jetties. The knife has a telescopic, grip friendly handle. The knives are exchangeable and the tool has an aluminium handle and electrically galvanised rake or knife.

Width: 40 cm Handle length: 120-200 cm

Weight: 1,5 kg

Engin de coupe mécanisée – chenillé basse pression pour zone humide – Softrak75 et Softrak120 de la firme britannique Loglogik

Bateaux faucardeurs de la firme allemande Berky.



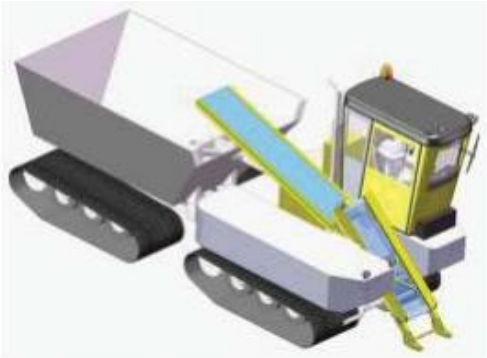
Expérimentations polonaises:

Des expérimentations techniques en Pologne pour le faucardage en milieu naturel protégé ont porté sur voies technologiques :

- tout terrain chenillé
- hovercraft

Publiés dans Mires and Peat, Volume 13 (2013/14), Article 11, 1–13. http://www.mires-and-peat.net/, ISSN 1819-754X © 2014 International Mire Conservation Group and International Peat Society

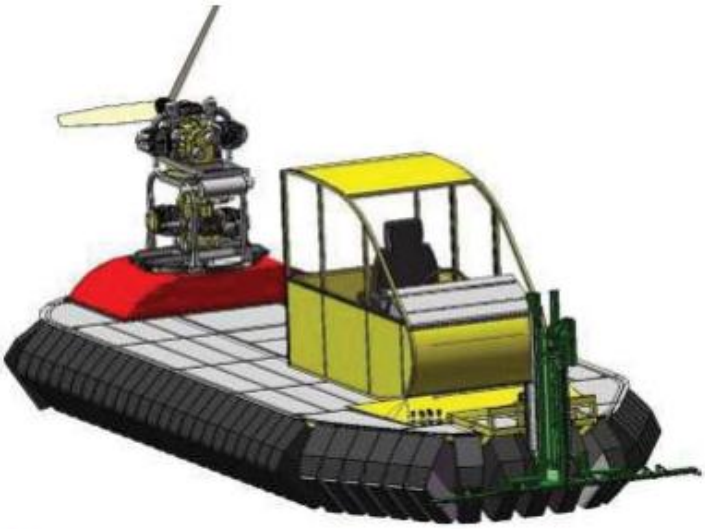
A. The pre-prototype version of the tracked amphibian tractor during field testing.



B. Virtual model of an amphibian tracked unit with long tracks, similar to those used on snow groomers.

C. Virtual model of an amphibian tracked unit with modified front tracks.

D. Virtual model of the final version of the ATV unit designed for cutting grass and reed.



A. Virtual model of the Agricultural Hovercraft Tools Carrier (AHTC) with a T-shape mower.

B. The tangible prototypes: the Agricultural Hovercraft Tools Carrier coupled to its Transportation Module.

Mires and Peat, Volume 16 (2015), Article 13, 1–18, http://www.mires-and-peat.net/, ISSN 1819-754X

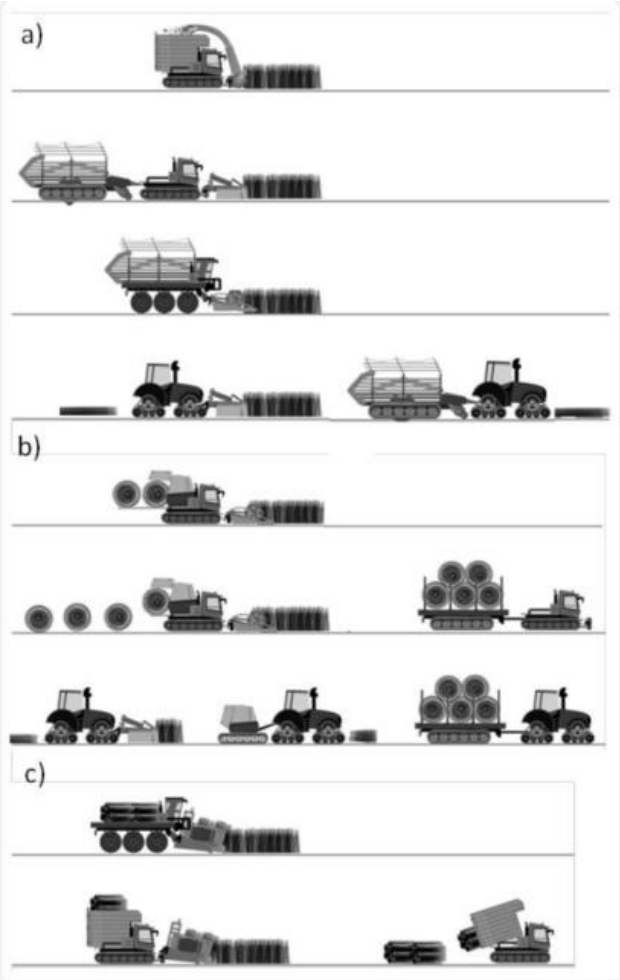



Figure 6. Examples of different approaches to biomass harvesting in wet peatlands. The biomass is: a) chopped or cut; b) baled; or c) bundled.