

GUIDE TECHNIQUE

de Restauration
et d'Entretien



des
Mares
des Antilles

REMA
PROJET



*Mélanie HERTEMAN, Matthieu NORDEN
et Gaëlle VANDERSARREN*





Comité de rédaction : Gaëlle VANDERSARREN, Mélanie HERTEMAN, Matthieu NORDEN

Comité de relecture : Mélissa BOCALY, ODE - Clara SINGH, UICN - OFB

Crédits photos et illustrations : Gaëlle VANDERSARREN, Mélanie HERTEMAN, Matthieu NORDEN, Angeline LOLLIA - REMA ; Laurent Juhel, Roselyne Juhel - Géo-graphique ; Laurent JUHEL, Autrevue ; Alexandre ARQUÉ

Téléchargez le guide :

<https://www.uicn-fr-ressources.fr/rema/guide-technique-rema-2023.pdf>

SOMMAIRE



GLOSSAIRE.....	7
INTRODUCTION	
1. L'importance écologique des mares des Antilles	9
2. De la prise de conscience à l'action de restauration	9
3. Présentation de la démarche et du projet REMA	10
3.1 Historique et objectifs	10
3.2 Les 12 sites pilotes du projet REMA	11
3.3 Les acteurs du projet	12
A Le PRZTH	12
B L'équipe REMA	12
C Les partenaires financiers	13
D Les partenaires techniques	3
CHAPITRE 1	
Connaître et comprendre les mares des Antilles	15
1. De l'intérêt écologique au patrimoine mémoriel	15
■ Focus : Marie Galante et la mare au punch	15
2. Connaissances actuelles sur les Antilles	16
2.1 État de l'art & inventaires des mares au Antilles	16
3. Ecologie d'une mare	17
3.1 Qu'est-ce qu'une mare ?	17
Définition	17
Les différents compartiments :	17
A Les berges	17
B Le plan et la colonne d'eau	17
C Le sol	18
Cortèges floristique et faunistique des mares des Antilles	18
A La flore	18
■ Focus : l'utriculaire gibbeuse	19
B La faune	20
■ Focus : le poisson gale	20
3.2 Trame verte et bleue aux Antilles : rôle et fonction écologiques des mares	21
4. Diversité des mares	22
4.1 Les mares agricoles	22
■ Focus : mare Chassaing de Saint François	22
4.2 Les mares forestières	23
4.3 Les mares de savane et de prairie	23
4.4 Les mares urbaines	23

5. Comprendre le fonctionnement d'une mare en milieu tropical	24
5.1 La dynamique des mares	24
A Formation et origine des mares naturelles	24
B Comblement des mares naturelles ou d'origine anthropique	25
C Atterrissement et colonisation des mares	26
D Le processus final	26
5.2 Menaces et pressions anthropiques	27
6. Les Espèces Exotiques Envahissantes (EEE) : une menace bien présente	28
6.1 Les EEE végétales dans les mares des Antilles	29
■ Focus : conséquences des EEE végétales sur les mares (résumé)	29
6.2 Les EEE animales dans les mares des Antilles	31
■ Focus : conséquences des EEE animales sur les mares (résumé)	31

CHAPITRE II

Évaluation de l'état des mares	33
1. Qu'est-ce qu'une mare en « bonne santé » ?	33
■ Focus : idée reçue, les mares sont des nids à moustiques	33
2. Méthodes d'évaluation de l'état des mares et identification des menaces	34
2.1 Connaître et comprendre sa mare	34
2.2 Comment identifier les sources de pollution, les EEE etc.	35
A Eutrophisation	35
B EEE	36
C Déchets divers	37
D Rejets d'eaux usées	37
3. Point réglementaire	38
3.1 Quelle réglementation sur les mares ?	38
3.2 Réglementation sur la gestion des EEE	38

CHAPITRE III

Restaurer et entretenir	41
1. Restaurer et entretenir une mare de façon écologique	41
1.1 Définitions	41
1.2 Gestion écologique	41
2. Planification d'un projet de restauration des mares	42
2.1 Penser son projet en amont et l'organiser dans le temps	42
A Autorisations nécessaires	42
B Mobilisation des ressources et partenariats à envisager	43
2.2 Aspects sécurité et santé	44
3. Méthodologie globale de restauration	45
3.1 Dimensionner son chantier	45
3.2 Élaborer un protocole adéquat	45
A Prendre en compte le contexte environnemental dans le protocole	46
B Préparer le matériel de base	49
C Gestion des déchets verts	49
■ Focus : la gestion des déchets verts issus de zones humides	49
D Indispensable : le nettoyage en fin d'opération	50

4. Différentes problématiques rencontrées sur les mares des Antilles : que faire ?	51
4.1 Élimination des espèces exotiques envahissantes	51
A Espèces flottantes	51
La salvinie géante (<i>Salvinia molesta</i>)	51
La laitue d'eau (<i>Pistia stratiotes</i>)	56
La jacinthe d'eau (<i>Pontedaria crassipes</i>)	60
B Espèces immergées	63
L'hydrille verticillée (<i>Hydrilla verticillata</i>)	63
C Espèces enracinées	66
Le typha (<i>Typha domingensis</i>)	66
Le souchet à involucre (<i>Cyperus involucratus</i>)	70
D Espèces de berges	
4.2 Régulation des espèces indigènes qui tendent à fermer le milieu	
La comméline diffuse (<i>Commelina difusa</i>)	
Le jonc, <i>Eleocharis mutata</i> et <i>Eleocharis interstincta</i>	
4.3 Nettoyage des macrodéchets	
4.4 Éviter l'assèchement	
4.5 Lutter contre le comblement	
4.6 Revégétalisation de la mare	
5. Entretenir sa mare	
5.1 Comment entretenir sa mare ?	
5.2 Surveillance régulière des mares et détection des problèmes potentiels	

CHAPITRE IV

Gestion durable des mares

- Rôle des autorités locales dans la gestion durable des mares et intégration de ces écosystèmes dans les documents d'urbanisme
- Elaboration d'un plan de gestion
 - Valorisation, formation et éducation environnementale pour impliquer la population locale dans la préservation des mares
 - Focus : Mare de Schoelcher
 - Focus : Mares des Anses d'Arlet
 - Focus : Aire éducative (Petit Canal)

ANNEXES

1. Pour aller plus loin : Bibliographie	6
1.1 Documentation technique	6
1.2 Outils pédagogiques et supports de communication	6
2. Fiches de relevé terrain	6
3. Fiches synthèse : Élimination des EEE	6
• Essentiel EEE flottantes	6
• Essentiel EEE immergées	6
• Essentiel EEE enracinées	6
• Essentiel espèces des berges	6



GLOSSAIRE

A

Anthropique: Qui se rapport à l'action de l'être humain. Pressions ou impacts découlant de ses activités industrielles, de l'aménagement du territoire, des habitations ou du transport.

Assec: Période donnée pendant laquelle une masse d'eau, une zone humide ou un cours d'eau se retrouve sans eau.

Avifaune: Ensemble des oiseaux d'un milieu.

B

Bassin versant: Zone géographique souvent délimitée par des lignes de crêtes correspondant à l'ensemble de la surface qui draine les eaux de ruissellement vers un exutoire commun (ex. cours d'eau, mer, mare, étangs, ...)

Bioaccumulation: Processus d'accumulation et de concentration de polluants dans la chaîne alimentaire.

Biocénose: Ensemble des êtres vivants d'un même milieu.

C

Canopée: Système foliaire, étage supérieur de la forêt qui reçoit directement le rayonnement solaire.

Chablis: Trouée dans la canopée due à la chute ou au déracinement d'un ou plusieurs arbres, souvent causé par le vent ou les cyclones.

Chlorophylliennes: Cellules produisant la molécule de chlorophylle essentielle au processus de la photosynthèse.

Cortège floristique: Ensemble des espèces végétales d'un milieu.

E

Endémique: Espèce dont la répartition géographique naturelle est restreinte à une région/zone géographique ou un pays/île spécifique et n'est observée nulle part ailleurs.

Endofaune: Ensemble de la faune vivant dans le sédiment ou le sol d'un écosystème.

Entomofaune: Faune relative aux insectes.

Evapotranspiration de la végétation: processus par lequel l'eau contenue dans les feuilles est renvoyée dans l'atmosphère sous forme gazeuse.

H

Hyménoptère: Insecte à métamorphose complète qui, comme les abeilles, guêpes,

fourmis, possède quatre ailes membraneuses, inégales, des mandibules faites pour broyer, les autres pièces buccales pour lécher et aspirer les liquides (Larousse).

Inflorescence: Ensemble de fleurs groupées sur une ramification de la tige principale (rameau).

L

Lépidoptère: Insecte dont l'adulte possède une trompe pour aspirer les aliments liquides et quatre ailes couvertes d'écaillés microscopiques. Exemple: les papillons (Larousse)

N

Niche écologique: Place et fonction occupées par une espèce dans un écosystème.

S

Spores: Cellules reproductrices des fougères, algues et champignons, qui servent également de moyen de dispersion.

T

Tubercule: Excroissance située sur une racine accumulant des réserves nutritives et servant à la reproduction végétative.

Turion: Bourgeon qui se développe sur la partie souterraine de la plante.

Z

Zones humides: Selon le code de l'environnement, les zones humides sont des terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire, ou dont la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année. (Art. L.211-1 du code de l'environnement).

Zones tampons: Selon l'OFB, une zone tampon désigne tout espace interstitiel du paysage rural, maintenu ou expressément mis en place pour assurer une fonction d'interception et d'atténuation des transferts de contaminants d'origine agricole vers les milieux aquatiques. Il s'agit généralement de dispositifs rustiques, conçus pour être facile à aménager, engendrer un minimum de coûts et nécessiter peu d'entretien. Une zone tampon peut inclure différents types d'éléments du paysage.



*Mare agricole de l'Anse la Balle,
Martinique*

INTRODUCTION

1

Importance écologique des mares des Antilles

À l'interface entre les **mondes aquatique et terrestre**, les mares sont des écosystèmes appartenant à la grande famille des zones humides, situées dans différents types de milieux : forestiers, agricoles ou encore urbains.

Aux Antilles françaises, de très nombreuses mares ont été autrefois utilisées par l'Homme pour des usages quotidiens et/ou agricoles : eau potable, lavoir, lieu de retrouvailles, abreuvoir pour le bétail et les animaux de basse-cour, ou encore réserve d'eau et de poissons en cas de pénurie. Les mares représentaient ainsi un élément incontournable du **patrimoine antillais**.

Cet écosystème, qui, au fil du temps, fut quelque peu délaissé, retrouve depuis peu un **regain d'intérêt** par les habitants, notamment pour le bien-être qu'il propose (coin de fraîcheur, détente...). Par ailleurs, grâce à leurs fonctionnalités (bassin de rétention des eaux pluviales, absorption de carbone), les mares représentent un **atout indispensable** pour la lutte et l'adaptation au changement climatique. Il est donc primordial de préserver ces milieux !

Ce sont également des **habitats indispensables à la vie** de nombreuses espèces, souvent menacées, en tant que zones de

refuge, de nourrissage ou de reproduction. Elles représentent donc non seulement un intérêt culturel fort, mais aussi un intérêt écologique important.

Véritables oasis **d'eau douce stagnante**, les mares tropicales sont soumises à des variations saisonnières importantes (carême et saison des pluies) et à des températures chaudes durant toute l'année, ce qui leur confère des caractéristiques physico-chimiques différentes des mares sous des latitudes tempérées. L'ensemble des organismes vivant dans les mares tropicales sont alors soumis et, par conséquent, adaptés à ces conditions particulières.

Malgré tout, les mares comptent parmi les écosystèmes les plus fortement menacés, que ce soit de façon directe (assèchement pour aménagements et constructions) ou indirecte (pollutions diffuses, espèces exotiques envahissantes, sécheresses dues au changement climatique...). **Les préserver est indispensable pour conserver les habitats de biodiversité et les fonctions écologiques régulatrices.**



2

De la prise de conscience à l'action de restauration

Au cours des dernières décennies, le rôle essentiel que jouent les mares dans la préservation de la biodiversité et des écosystèmes est devenu indéniable. Elles abritent de nombreuses espèces d'amphibiens, d'invertébrés et de plantes aquatiques, et fournissent des habitats vitaux pour de nombreux autres organismes.

La dégradation des mares aux Antilles, comme ailleurs, est devenue une préoccupation croissante. En effet, de nombreuses mares ont été asséchées, dégradées ou converties en étangs artificiels.

Dans les années 1980 et 1990, des initiatives de restauration ont commencé à émerger

pour remédier à la dégradation des mares en Europe. Les premiers projets de restauration se sont concentrés sur la réhabilitation des zones humides dégradées, la réintroduction d'espèces d'amphibiens menacés et la création de nouvelles mares.

Au fur et à mesure que la restauration écologique des mares se développait, des pratiques et des techniques spécifiques ont été mises au point pour améliorer les résultats.

Cela comprenait la gestion de l'hydrologie pour assurer un apport d'eau adéquat, l'utilisation de plantes indigènes pour rétablir la végétation aquatique et les zones

tampons, et la création de micro-habitats pour la faune. De nombreux guides adaptés au contexte climatique continental existent aujourd'hui, mais peu de travaux ont été menés sur les mares tropicales.

La **restauration et l'entretien** des mares sont deux actions essentielles pour préserver la biodiversité de ces écosystèmes fragiles. **Aujourd'hui, il est question de laisser de côté les pratiques trop invasives ou destructrices pour laisser place à une gestion plus durable, douce et écologique.**

Cette **restauration écologique des mares aux Antilles** continue de progresser avec des initiatives nouvelles dans lesquelles s'intègre ce projet REMA (voir point 3), visant à restaurer les habitats, à promouvoir la biodiversité et à préserver ces précieux écosystèmes.

Adopter ces actions écologiques douces et les intégrer dans les projets d'aménagement, c'est contribuer activement à la préservation des mares et à la protection de la biodiversité qui en dépend.

Ainsi, ce guide technique présente des protocoles de restauration et d'entretien des mares vis-à-vis des problématiques rencontrées en milieu tropical. Les méthodes ici développées sont toutes vouées à être reproductibles et accessibles à tous les gestionnaires de mares publiques ou privées. Pour ce faire, ce guide s'appuie sur la littérature scientifique existante, mais surtout sur des expérimentations in situ réalisées sur 12 sites pilotes dans les Antilles françaises : Martinique, Guadeloupe et Saint-Martin.

À noter que les protocoles proposés dans ce guide pour la gestion des espèces exotiques envahissantes sont limités aux espèces végétales, car la gestion des espèces animales requiert certaines qualifications spécifiques. Ce volet EEE animales sera pris en compte dans la suite du projet REMA (2023-2026) et ce guide sera amendé en conséquence (fiches supplémentaires à inclure).

3 Présentation de la démarche et du projet REMA

3.1 Historique et objectifs

Les mares, ces écosystèmes qui *antan lontan* faisaient partie intégrante du quotidien des Antillais, puis furent par la suite oubliées, dénigrées, voire supprimées, reviennent depuis quelques années sur le devant de la scène grâce à différentes initiatives mises en place par les acteurs associatifs et institutionnels de Guadeloupe, Martinique et Saint-Martin. Il était donc important de structurer et mettre en commun ces initiatives pour répondre aux besoins des différents acteurs demandeurs (gestionnaires, agriculteurs, propriétaires de mares ou encore établissements publics), en leur fournissant un outil permettant d'avancer dans leurs projets de manière techniquement solide et écologiquement appropriée.

La question technique et récurrente que se posaient les acteurs était la suivante : **comment entretenir ou restaurer une mare dans un contexte tropical, milieu régulièrement soumis à des périodes de sécheresse intense ou des invasions biologiques ?**

Le Pôle-relais Zones humides Tropicales (PRZHT), organisme sous tutelle du Comité français de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) a décidé de répondre à cette question via son **projet REMA** « Restauration et Entretien des Mares des Antilles », qui combine recherches bibliographiques et expérimentations in situ ayant abouti à l'élaboration de ce guide technique. Méthodologiquement, 12 mares présentant des caractéristiques et des problématiques différentes ont été sélectionnées dans les 3 territoires de Martinique, Guadeloupe et Saint-Martin afin de représenter une diversité de chantiers écologiques à entreprendre.

Lancé en octobre 2021, le projet REMA avait pour objectifs de :

- Préserver et protéger les habitats de mare et leur biodiversité ;
- Dimensionner des actions de restauration écologiques, durables et douces adaptées aux besoins et aux moyens des gestionnaires ;

- Apporter un appui technique, une expertise et une aide à la maîtrise d'ouvrage pour entretenir et donc préserver les mares ;
- Animer, mettre en réseau, sensibiliser

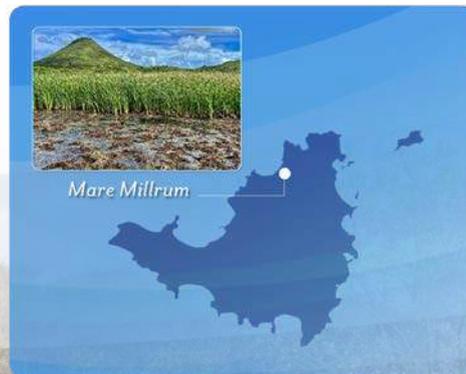
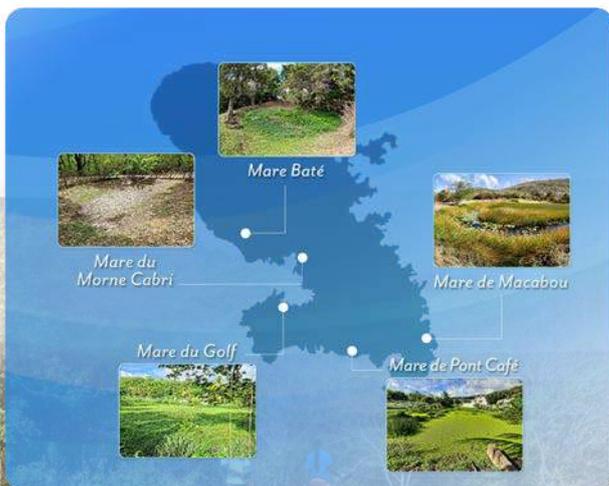
et diffuser l'information sur les mares des Antilles françaises et favoriser une réappropriation de cet écosystème par la population.

3.2 Les 12 sites pilotes du projet REMA

5 sites en Martinique

1 site à Saint-Martin

fig.1



Chantier de restauration de la mare de Macabou.

Après une phase de prospection qui s'est déroulée entre janvier et juin 2022, la sélection des 12 sites expérimentaux (Fig. 1) s'est faite sur la base de 27 indicateurs relatifs à 6 grandes catégories : la profondeur, la maîtrise foncière, la typologie, les services écosystémiques rendus, les menaces et pressions subies, ainsi que la capacité de portage du projet.

L'objectif était d'obtenir un échantillon de mares représentatives d'une configuration et d'une problématique particulières.

À noter que la majorité d'entre elles subissent une problématique d'Espèces Exotiques Envahissantes (EEE), mais certaines présentent également un besoin de gestion d'espèces indigènes à caractère envahissant, de remise en eau ou encore de réhabilitation des berges.



6 sites en Guadeloupe

Pour chaque site sélectionné, un porteur de projet a été identifié. Accompagnés techniquement par l'équipe REMA, ces porteurs étaient responsables des travaux requis sur leur mare.

La phase expérimentale du projet s'est déroulée entre mai 2022 et juillet 2023.

3.3 Les acteurs du projet

A Le Pôle Relais Zones humides Tropicales

Depuis sa création en 2012, le Pôle-Relais Zones Humides Tropicales (PRZHT) œuvre à sensibiliser les acteurs ultramarins à la préservation des milieux humides. Si les efforts ont d'abord été concentrés sur l'écosystème emblématique qu'est la mangrove, le PRZHT s'engage aussi à mettre en lumière l'ensemble des zones humides tropicales comme les marais, les étangs, les prairies humides ou dans ce cas précis, les mares.

Depuis la diffusion des visites virtuelles des mares des Antilles par le PRZHT en 2019, ces milieux font l'objet d'un intérêt croissant par les acteurs de la conservation et de nombreuses initiatives ont ainsi vu le

jour, mais celles-ci gagneraient à être plus complémentaires les unes avec les autres.

L'origine de ce projet a donc émané de la demande croissante d'une multitude de partenaires institutionnels et associatifs auprès de l'équipe du PRZHT. Le projet REMA est donc porté administrativement par le pôle et coordonné par celui-ci. Il assure sa bonne mise en œuvre et fait le lien entre tous les acteurs.

Pour garantir la robustesse des résultats scientifiques émanant du projet et relayés dans ce guide, le pôle a su constituer une équipe aux domaines d'expertises variés et complémentaires.



B L'équipe REMA

- **Coordination générale :**
 - Gaëlle VANDERSARREN : Coordinatrice Cf-UICN/PRZHT
- **Coordination & caution scientifique :**
 - Mélanie HERTEMAN : Docteur en Écologie et ingénierie écologique, spécialiste des zones humides et des mangroves
- **Animateur du projet :**
 - Matthieu NORDEN : Consultant en gestion de projets en environnement
- **Animatrice du volet pédagogique :**
 - Angeline LOLLIA : Chargée d'éducation Cf-UICN/PRZHT
- **Cartographe du projet :**
 - Florent TAUREAU : Docteur en cartographie



L'équipe REMA sur le chantier de restauration de la mare de Taonaba



C Les partenaires financiers

Se lancer dans un projet d'une telle envergure a un coût, et non des moindres. Sans le soutien de nos partenaires, REMA n'aurait pu voir le jour.

Nous tenions donc à les remercier chaleureusement pour avoir cru en ce projet et pour nous avoir épaulé tout au long de ces années.



• L'Office Français de la Biodiversité (OFB) :

Établissement public de l'État créé le 1er janvier 2020, l'Office français de la biodiversité est placé sous la tutelle des ministres chargés de l'environnement et de l'agriculture. Il a pour missions la surveillance, la préservation, la gestion et la restauration de la biodiversité terrestre, aquatique et marine, ainsi que la gestion équilibrée et durable de l'eau, dans l'Hexagone et les Outre-mer. Il est chargé de développer la connaissance scientifique et technique des espèces, des milieux et de leurs usages, de surveiller et de contrôler les atteintes à l'environnement, de gérer des espaces protégés, d'appuyer la mise en œuvre des politiques publiques, et de mobiliser l'ensemble de la société, acteurs socio-économiques comme citoyens.

• Les offices de l'eau de Martinique et de la Guadeloupe (ODE/OE) :

Les Offices de l'eau sont issus d'une volonté politique de mieux connaître et d'améliorer le suivi de la qualité des milieux aquatiques terrestres et marins dans les départements d'Outre-Mer Français.

Les Offices de l'eau Martinique et Guadeloupe sont des établissements publics locaux à caractère administratif, dont les missions sont les suivantes :

- L'étude et le suivi des milieux aquatiques et littoraux et de leurs usages ;
- Le conseil et l'assistance technique auprès des maîtres d'ouvrage, la formation et l'information dans le domaine de la gestion de l'eau et des milieux aquatiques ;
- La programmation et le financement de travaux et d'actions, sur proposition du Comité de l'Eau et de la Biodiversité.

Les Offices de l'Eau possèdent un rôle général de facilitateur des politiques publiques relatives à l'eau et aux milieux aquatiques sur leur Bassin Hydrographique respectif. Ils répondent au travers de leur programme pluriannuel d'intervention (PPI) aux prérogatives de leur Comité de l'Eau et de la Biodiversité contenues dans leurs SDAGE respectifs, du SNDE et des programmes de surveillance de l'état des eaux au titre de la Directive Cadre européenne sur l'eau (DCE - 2000/60/CE).



D Les partenaires techniques

L'idée même de ce projet provient d'un besoin exprimé par une multitude de partenaires institutionnels et associatifs, et constitue la réponse la plus adaptée à leurs questionnements. Ces acteurs, qui regroupent des communes et des intercommunalités, des gestionnaires d'aires protégées et des associations locales des trois territoires ciblés, furent pleinement partie prenante du projet.

Les opérations sur sites ont été couronnées de succès et cela n'aurait pas été le cas sans la présence de ces agents et bénévoles



passionnés ! Motivation, bonne humeur, entraide, cohésion, respect furent les maîtres mots de ces chantiers nature (sans oublier sueur et courbatures !). Un grand merci à ce réseau de professionnels et d'amateurs !





Mare de la baie des Anglais



CHAPITRE I

Connaitre et comprendre les mares des Antilles



1

De l'intérêt écologique au patrimoine mémoriel

Dans la grande variété de zones humides tropicales présentes sur les îles de l'arc antillais, les mares revêtent un double intérêt patrimonial. Naturelles, elles assurent leur fonction originelle de réceptacle des eaux des bassins versants ainsi que de nombreux rôles écologiques : réserve d'eau douce, lieu de refuge pour la biodiversité, épuration des eaux et régulation du cycle hydrologique. Historiques, beaucoup l'ont oublié, mais les mares ont fait partie intégrante de la vie des anciens : ils les utilisaient pour des usages domestiques et agricoles. Véritable lieu de vie d'antan, les mares permettaient les rencontres et les échanges entre les gens. Elles étaient également liées à l'histoire rurale et sociale, avec l'économie des grandes plantations, de la canne à sucre et de l'esclavage. Elles sont ainsi des lieux de mémoire.

Les mares, reflets du temps : Les fouilles archéologiques attestent la présence continue de l'Homme sur les îles des Antilles, et ce, à partir des premiers siècles de notre ère. Venus d'Amazonie, les premiers peuples à arriver

sur ces territoires sont des Amérindiens : les Arawaks en 300 apr. J.-C., puis les Caraïbes entre 800 et 1600 ans. Tous utilisaient l'eau de pluie, des rivières et des mares naturelles. Les peuples Kalinagos en Dominique construisaient parfois leur village autour de mares leur permettant l'accès à l'eau potable à tout moment.

Des mares et des moulins : À la fin du XVII^e siècle s'ouvre la période de l'habitation-sucrerie et de l'esclavage qui durera jusqu'en 1848. Les points d'eau douce sont parfois rares. Aussi, les usines sucrières et les distilleries fonctionnaient avec de l'eau provenant des mares. À Marie-Galante, toutes les habitations se sont implantées à proximité d'une mare. On y trouvait une *Komobile*, une machine à vapeur actionnant une énorme pompe générée par un ou deux esclaves. Elles étaient également équipées de moulins à vapeur systématiquement accompagnés d'une mare pour avoir une réserve d'eau à proximité afin d'assurer leur fonctionnement.



Marie-Galante : la mare au Punch, théâtre de la résistance des affranchis.

Certaines mares sont devenues des lieux mémoriels comme la mare au Punch. Un an après l'abolition de l'esclavage, un événement majeur a donné son nom à cette mare. Dans la nuit du 24 au 25 juin 1849, lors de la première élection législative à laquelle participent les nouveaux affranchis, deux listes antagonistes s'opposent alors : celle de Victor Schœlcher et Perrinon, abolitionnistes, et celle de Bisset et Richard, soutenus par Théophile Botereau, propriétaire de l'usine Pirogue mais aussi maire de Grand Bourg. Au cours de l'élection, Jean-François Germain, ancien esclave affranchi, se rend compte d'une supercherie dans les bulletins de vote. Les seuls bulletins distribués aux nouveaux affranchis illettrés n'étaient qu'au nom de Bisset et Richard. En représailles, la mairie de Grand Bourg est brûlée. La population déverse dans la mare toute la production de sucre et de rhum de l'usine de Pirogue, d'où l'appellation « mare au Punch ».



2 Connaissances actuelles sur les Antilles

2.1 État de l'art et inventaires des mares aux Antilles

De nombreux travaux et études font état de la diversité des mares et de la biodiversité qu'elles abritent dans les Antilles.

En Martinique et en Guadeloupe, plusieurs inventaires « zones humides » intégrant les mares ont ainsi été effectués par le passé. Les inventaires les plus récents se basent d'ailleurs sur ces premiers travaux de recensement réalisés à partir des années 2000.

En Martinique, sur 2276 zones humides, près de 1178 mares ont été inventoriées en 2015 (Impact Mer, et al, 2015), tandis qu'en Guadeloupe 3 230 mares ont été répertoriées en 2007 (ONF, 2007). Sur ce territoire, les mares occupent une surface de près de 497.9 ha (ONF, 2007) et sont principalement présentes en Grande-Terre et sur Marie Galante (DIREN 2001), alors qu'en Martinique la surface couverte par les mares s'élève à près de 189 ha (Impact Mer, et al, 2015) et ces dernières sont principalement observées dans le sud de l'île (PNRM, 2005). La répartition des mares sur ces territoires peut être corrélée aux activités agricoles.

À noter que la DEAL (Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement) Guadeloupe a débuté une mise à jour de l'inventaire des zones humides des îles de Guadeloupe et de Saint-Martin en septembre 2023.

Concernant Saint-Martin, la bibliographie étudiée met principalement en évidence des milieux d'eau salée de type étang ou saline (CDL, RN de Saint-Martin, Projet Ramsar, 2012). Les milieux humides d'eau douce sont quant à eux peu fréquents sur l'île.

Entre deux inventaires, le nombre de mares recensées évolue, avec la disparition de certaines et la détection de nouvelles. L'évolution de ces chiffres s'explique premièrement par l'amélioration des données cartographiques utilisées dans ces études (plus précises, elles permettent de détecter des mares initialement non recensées), et deuxièmement par l'influence significative des activités humaines. En effet, ces milieux sont régulièrement remaniés, créés ou comblés, faisant ainsi évoluer leur effectif (Impact Mer, et al, 2015).

Associés à ce travail de recensement des milieux, plusieurs travaux répertorient et mettent en lumière l'importante biodiversité faunistique et floristique spécifique des mares des Antilles. Différentes espèces inféodées à cet écosystème ont pu être identifiées telles que des cypéracées, nénuphars, odonates, oiseaux, ou encore larves d'insectes aquatiques.

Ces études et inventaires permettent également d'identifier les enjeux liés à ces écosystèmes ainsi que les usages, les pressions et menaces s'exerçant dessus (Office de l'Eau Guadeloupe 2022, ONF, 2007 ; Impact Mer, et al, 2015).

Ces travaux et études sont parfois traduits en projets de sensibilisation, de préservation, ou encore de restauration de ces écosystèmes précieux.

Citons en exemple : le projet « *Aux Mares citoyens* » du CAUE Guadeloupe lancé en 2021, le projet de Réhabilitation des mares de Marie-Galante de l'Office de l'eau Guadeloupe (OE) en 2022 et le projet de protection et valorisation des Mares de la ville des Anses d'Arlets en Martinique porté par la ville en 2021.

Mares du Quartier la Plaine,
Les Anses d'Arlet



3 Écologie d'une mare

3.1 Qu'est-ce qu'une mare ?



Définition d'une mare

Une mare est une étendue d'eau, d'origine naturelle ou anthropique, dont le renouvellement de l'eau est généralement faible, dont les berges sont souvent en pentes douces, et n'excédant pas 5000m² de superficie ni 2m de profondeur en moyenne afin que les plantes puissent s'y enraciner et que la lumière du soleil puisse pénétrer jusqu'au fond.

Les mares des Antilles répondent à cette définition générale, mais le contexte climatique et géographique leur confère des spécificités propres.

Ces petites étendues d'eau douce sont soumises à des températures chaudes durant toute l'année, ce qui va fortement influencer le fonctionnement et les conditions de vie de celles-ci. Ainsi, la biocénose des mares des Antilles est adaptée à ces conditions particulières.



Les différents compartiments :

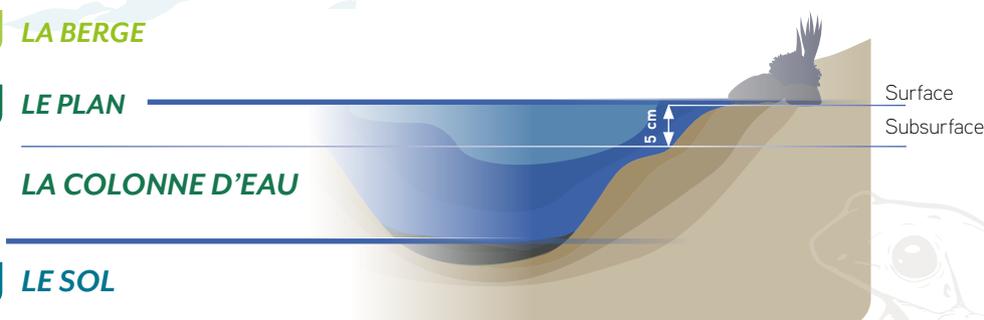
La mare est composée principalement de 3 sous-ensembles

A LA BERGE

B LE PLAN

LA COLONNE D'EAU

C LE SOL



A Les berges

Elles accueillent diverses espèces végétales terrestres ou héliophytes (voir : La flore), constituant ainsi un socle d'habitat structural dans lequel les espèces animales y trouvent nourriture, refuge et abri: les oiseaux peuvent y nicher, les arachnides y installent leurs toiles, et les insectes y déposent leurs larves, viennent butiner (hyménoptères, lépidoptères), ou encore y font leur métamorphose (odonates). Une pente douce et progressive des berges favorise la fixation des espèces végétales et constitue ainsi le premier compartiment de réception et de filtration des eaux de ruissellement et des sédiments.

B Le plan et la colonne d'eau

Le plan d'eau est constitué de la surface et de la subsurface (5 cm) de la mare. C'est la zone d'interface entre l'eau et l'air, brassée par les mouvements de l'air et du vent, qui permet d'assurer les échanges gazeux et ainsi le maintien des cycles, notamment celui du carbone et de l'oxygène. Le plan d'eau est aussi un habitat pour certains insectes tel que les araignées d'eau (gerridae) et un espace nourricier, de repos et d'hydratation pour les oiseaux s'y déplaçant en nageant (poules d'eau, canards).

Puis, de la subsurface au fond de la mare, la colonne d'eau constitue un véritable

habitat aquatique accueillant diverses espèces animales et végétales bien adaptées. Ainsi, dytiques, notonectes, bélostomes et bien d'autres y vivent, s'y nourrissent et s'y reproduisent. La végétation hydrophyte (voir : La flore) s'y développe soit de façon enracinée sur le fond comme certaines algues vertes que l'on trouve dans les mares des Antilles soit de façon flottante.

C Le sol

Le sol des mares est souvent vaseux, constitué de sédiments et de matières organiques. Il sert de substrat de fixation pour les espèces végétales et de lieux d'enfouissement pour certaines espèces animales lorsque la mare

s'assèche. Pour les mares permanentes, c'est parfois l'interface d'échanges entre la nappe phréatique et la colonne d'eau. Ce sol est aussi le réceptacle final des différentes matières provenant de la mare (faune ou flore morte qui se dépose au fond) ou de l'environnement extérieur (végétaux, déchets, sédiments). La sédimentation de ces matériaux participe activement au processus de comblement de la mare.

En sous-sol, une couche argileuse imperméable assure le maintien de l'eau dans la mare. Fragile, cette couche peut être percée lors de travaux d'entretien ou de restauration lourds, notamment par l'utilisation d'engins mécaniques.

Cortèges floristique et faunistique des mares des Antilles

A La flore

Les mares des Antilles abritent des végétaux variés telles que des plantes, des algues et même des mousses. Leur point commun : ils pratiquent tous la photosynthèse.

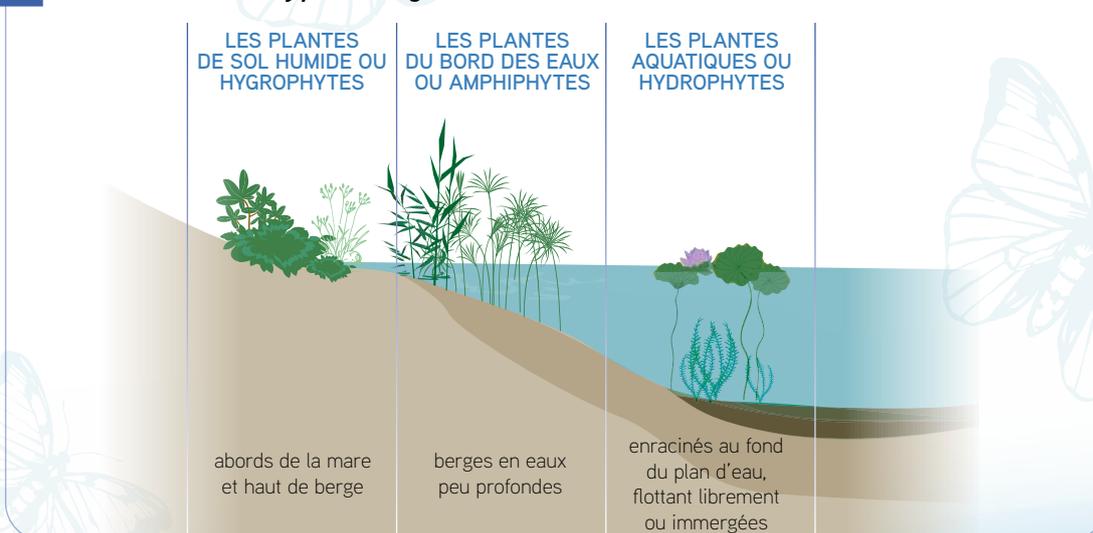
Les plantes inféodées aux mares doivent faire face à de nombreuses contraintes écologiques comme l'ensoleillement intense, l'oxygénation, la profondeur, la nature du substrat, l'humidité, la température de l'eau et de l'air. Ces plantes se sont adaptées physiquement, physiologiquement et biologiquement à cet environnement et chaque espèce occupe alors sa propre niche écologique. Ainsi, les

mares des Antilles sont peuplées de plantes qualifiées d'**hygrophytes** (du grec *hygros*, « humide », et *phyto*, « plante »), c'est-à-dire qui poussent en milieux humides voire aquatiques. Selon leur niveau d'adaptation aux gradients d'humidité, on pourra distinguer :

- Les **hydrophytes** (du grec *hydro*, « eau », et *phyto*, « plante ») : toujours immergé ou affleurant à la surface de l'eau, leur appareil végétatif est immergé comme les nénuphars et les lentilles d'eau. On peut citer par exemple *Naja guadeloupensis*, plante à fleurs classée VU sur la liste rouge UICN des espèces menacées.

fig.2

Type de végétaux des mares aux Antilles



• Les **amphiphytes** (du grec *amphi* « des deux côtés ») qui poussent à la limite terre-eau et sont adaptées aux deux environnements en supportant d'avoir les racines immergées (comme le girofle mare). Ce groupe inclut aussi les héliophytes (du grec *helos*, « marais ») qui sont enracinées au fond de l'eau et dont les parties aériennes (tiges, fleurs) sont émergentes (comme les cypéracées telles que les carex et les *Eleocharis* appelés joncs aux Antilles).

Cependant, les mares ne sont pas uniquement peuplées de plantes à fleurs. **Certaines « algues »** d'eau douce (dites dulçaquicoles) sont aussi caractéristiques des mares des Antilles. Ainsi, on peut parfois observer dans le fond, un tapis d'algues de la lignée verte telles que les characées comme *Nitella cernua* (classée VU sur la liste rouge UICN des espèces menacées) indicatrices de bonne qualité du milieu. Ces algues jouent aussi un rôle important d'oxygénation de l'eau de la mare. Mais elles ont besoin de capter les rayons du soleil pour assurer la photosynthèse.



Cyperus sp, plante amphiphyte.

L'utriculaire gibbeuse : une plante carnivore

Une plante carnivore dans les mares des Antilles ! L'utriculaire gibbeuse (*Utricularia gibba*) est une plante flottante, pérenne et aquatique de type hydrophyte dont la fleur est jaune. On la retrouve principalement sur le bord des zones humides ou des mares des régions pantropicales, mais aussi dans des régions plus au sud en Afrique, Australie et Amérique du Sud. Elle possède de petits appendices en forme de sac qui sont en fait des feuilles transformées (moins de 3 mm) appelées utricules. Ces pièges « aspirent » et capturent les larves et autres crustacés de petite taille se trouvant à proximité de l'ouverture, pour ensuite permettre la digestion de ces animaux grâce à des glandes produisant des enzymes digestives.

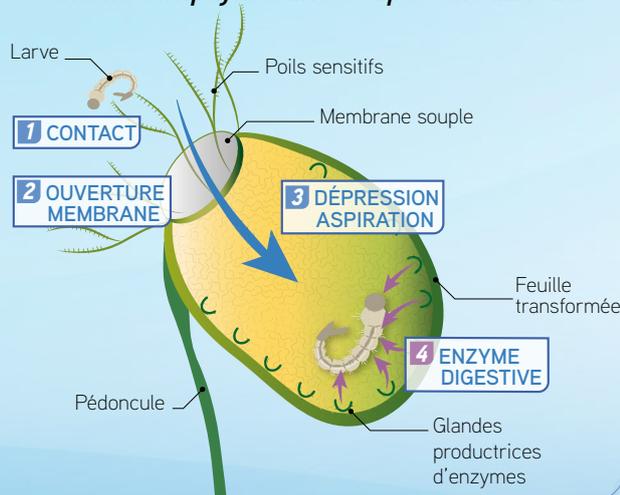


Utrriculaire gibbeuse, observée dans la mare de Macabou dans la ville du Marin en Martinique.



fig.3

Schéma simplifié d'une coupe d'un utricule



D'après schéma de Mélanie Herteman

B La faune

Diverses espèces animales sont présentes dans les mares des Antilles ou en ont besoin pour boire ou encore effectuer leurs cycles vitaux. En effet, une grande majorité de ces espèces animales sont dépendantes des mares, car leur cycle de vie possède une phase aquatique et une phase aérienne. C'est le cas par exemple des odonates tels que la libellule ou la demoiselle, dont les phases larvaires sont strictement aquatiques.

Appartenant aux familles des odonates, mollusques, amphibiens, dytiques, ou encore planorbes, nombreuses sont les espèces menacées par les pressions liées aux activités humaines et classées par l'UICN en danger critique d'extinction (CR), en danger (EN), vulnérable (VU), voire quasi menacée (NT).

La perte de la biodiversité faunistique et la disparition des mares sont intrinsèquement connectées. En effet, la dégradation et/ou la disparition de ces zones humides entraînent la suppression d'habitats aquatiques et terrestres essentiels à de nombreuses espèces. Cette perte affecte directement

la faune dépendant des mares pour la reproduction, l'alimentation et l'abri. Par ailleurs, la disparition de ces espèces affaiblit les interactions écologiques et les services écosystémiques rendus par les mares, tels que la filtration de l'eau, la décomposition de la matière organique ou encore la régulation des populations d'insectes.

Parmi les espèces emblématiques des Antilles, on peut citer la demoiselle *Protonera ailsa*, endémique des Petites Antilles, ou encore le poisson gale endémique de Martinique ou encore le poisson gale *Anablepsoides cryptocallus* (cf. Focus ci-après). Mais il existe plusieurs espèces de mollusques, de planorbes ou encore de coléoptères aquatiques qui peuplent les mares des Antilles. À l'heure actuelle, aucun inventaire exhaustif ne permet de lister toutes les espèces présentes dans ces milieux aquatiques d'eau stagnante, mais des études sont en cours, et de nouvelles espèces ont encore été récemment découvertes (travaux inventaire des mares réalisé par le Parc National de Guadeloupe et Aquabio, 2023).

Le poisson gale

Le poisson Gale (*Anablepsoides cryptocallus*) est une espèce de poisson d'eau douce de la famille des Rivulidae. Il s'agit du seul poisson d'eau douce endémique de Martinique.

Il affectionne particulièrement les petites masses d'eau temporaires ou à forte variation saisonnière, telles que les mares, les bras morts ou les petits ruisseaux. Il privilégie un habitat ombragé avec une végétation hydrophile (Biotope, 2020). Ce poisson a la particularité de pouvoir survivre à un assec total du milieu, se dissimulant dans la vase ou sous des pierres, tant que le substrat reste humide (Biotope, 2020).

Bien qu'endémique, cette espèce ne bénéficie pas de statut de protection au moment de la rédaction de ce guide (novembre 2023). Or celle-ci est menacée par la détérioration de son habitat (pollution, urbanisation) et par la présence d'espèces exotiques envahissantes très compétitives comme le guppy (*Poecilia reticulata*) (Biotope, 2020).

Le poisson Gale, fera prochainement l'objet d'un arrêté de protection. Par conséquent, tous travaux susceptibles d'impacter l'espèce et son habitat seront soumis à une autorisation et à une réglementation spécifique (étude d'impacts, mesures ERC, etc.).

Poisson Gale, *Anableps cryptocallus*



3.2

Trame verte et bleue aux Antilles : rôle et fonction écologiques des mares

La trame verte et bleue (TVB) est une notion utilisée en écologie pour désigner un réseau d'espaces naturels terrestres (trame verte) et aquatiques (trame bleue) qui permettent la circulation des espèces et le maintien de la biodiversité. Aux Antilles, l'aménagement grandissant des territoires est tel que cette TVB est de plus en plus morcelée : les réservoirs de biodiversité (forêts, rivières, prairies) se réduisent et sont de plus en plus isolés les uns des autres, car les corridors écologiques (haies, ripisylves...) disparaissent. Dans ce contexte, les mares jouent un rôle crucial en tant qu'éléments constitutifs de cette trame bleue, à la fois comme réservoirs, mais également comme corridors.

Les rôles de réservoirs de biodiversité :

- **Biodiversité** : Les mares abritent une grande diversité d'espèces, notamment des plantes aquatiques, des insectes, des amphibiens, des oiseaux et des mammifères. Elles constituent des habitats spécifiques pour de nombreuses espèces, certaines étant même spécialisées à ce type de milieu.
- **Reproduction** : Les mares sont essentielles pour la reproduction de la faune aquatique telle que les odonates. Elles offrent des conditions idéales pour la ponte des œufs et le développement des larves aquatiques et carnivores.
- **Refuge pour la faune** : Les mares fournissent un refuge pour de nombreux animaux, en particulier lors des périodes de sécheresse ou de canicule. Elles offrent de l'eau et une source de nourriture.
- **Habitat privilégié pour les oiseaux** : Les mares attirent également de nombreuses espèces d'oiseaux qui s'y nourrissent et y trouvent des conditions favorables pour la nidification et l'alimentation. Elles sont également un lieu de halte sur le chemin des oiseaux migrateurs.

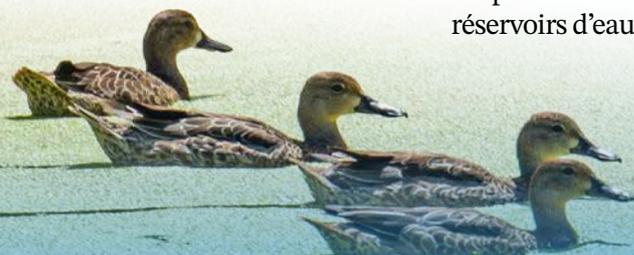
Le rôle de corridors :

- **L'interconnexion** de ces milieux entre eux et avec d'autres types de zones humides est nécessaire pour certaines espèces (ex. avifaune) et primordiale pour d'autres (odonates, amphibiens, mollusques).

Les rôles fonctionnels :

- **Régulation hydrologique** : En tant que point bas, les mares recueillent les eaux de ruissellement environnantes, et jouent ainsi un rôle prépondérant dans la régulation du cycle de l'eau en agissant comme des réservoirs temporaires lors des périodes de fortes pluies. Elles stockent l'eau, limitent les risques d'inondations et contribuent à l'infiltration de l'eau dans le sol.
- **Lutte contre les inondations** : Avec l'artificialisation des sols (routes, sols bétonnés, ...), la pluie n'est plus absorbée par la terre, induisant un ruissellement de l'eau vers les points bas. En grande quantité, cette eau de ruissellement provoque des inondations dans les zones habitées en aval des bassins versants. Le point bas que représente la mare permet de retenir une partie de cette eau, diminuant ainsi la quantité arrivant dans les zones urbanisées.
- **Filtration de l'eau** : Les mares agissent comme des filtres naturels en retenant les sédiments et les nutriments provenant des terres environnantes. Elles contribuent ainsi à la purification de l'eau en favorisant l'élimination des substances indésirables.
- **Régulation du microclimat** : Les mares peuvent avoir un effet modérateur sur le microclimat local en rafraîchissant les températures ambiantes et en augmentant l'humidité relative de l'air.
- **Adaptation au changement climatique** : Dans ce contexte de changement climatique, les milieux tropicaux sont davantage sujets à d'importants stress hydriques avec des périodes de sécheresses intenses rendant l'approvisionnement en eau de plus en plus difficile. Les mares sont donc des réservoirs d'eau importants pour pallier une

Sarcelles à ailes bleues,
Anas discors



pluviométrie décroissante. C'est le cas de l'île de Marie-Galante qui connaît régulièrement des déficits hydriques, faisant alors des mares un patrimoine naturel essentiel, notamment pour les usages agricoles.

- **Lutte contre le changement climatique :** Les mares sont très efficaces dans la séquestration du carbone. Cette captation se fait essentiellement par la végétation, le phytoplancton (notamment lors de la photosynthèse), et les sols vaseux (le carbone s'accumulant dans les sédiments à la mort des végétaux).

- **Espace de bien-être et d'éducation à l'environnement :** Les mares peuvent servir de supports pédagogiques pour sensibiliser les gens à l'importance des zones humides

et de la biodiversité associée. Elles offrent des opportunités d'observation et d'étude de la faune et de la flore locales. Les mares sont aussi synonymes d'espace, de bien-être et de convivialité, nous permettant de prendre le temps de contempler la vie qu'elles abritent et de comprendre le réel sentiment d'apaisement qu'elles procurent.

La préservation et la gestion écologique et adaptée des mares sont essentielles pour garantir leurs fonctions naturelles. Les actions telles que la conservation des zones tampons, le contrôle des pollutions d'origine agricole ou urbaine, et l'entretien régulier des mares sont nécessaires pour sauvegarder ces écosystèmes fragiles et leur rôle dans la trame verte et bleue.



4 Diversité des mares

Il existe plusieurs types de mares caractérisées par des fonctionnements naturels différents, mais aussi des usages variés. Cependant, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique, elles remplissent toutes un rôle de réservoir de biodiversité et assurent de nombreux services écosystémiques indispensables.

4.1 Les mares agricoles

D'origine anthropique dans presque tous les cas, ces mares servent de ressources en eaux pour l'irrigation des champs et l'abreuvement des animaux (bœufs, moutons, cabris) (Fig. 5). Elles sont particulièrement utiles dans les zones qui connaissent un déficit hydrique intense et/ou régulier comme à Marie Galante. En effet, sur cette petite île de la Guadeloupe de 158 km², on ne dénombre pas moins de 500 mares dont la plupart sont agricoles. Dans ce contexte de changement climatique, elles sont indispensables pour la production alimentaire.



Mare quartier de Chassaing, Guadeloupe

fig.5

La mare agricole du quartier de Chassaing, Saint-François, Guadeloupe.

Cette mare agricole est une mare naturellement temporaire qui se retrouve constamment en eau grâce à un rechargement en eau agricole. Cet usage de la mare permet d'héberger une biodiversité remarquable et difficile à observer dans d'autres mares du secteur.

Témoignage de Jérémy DELOLME :

« En termes de faune on retrouve l'avifaune classique des mares avec des poules d'eau ou encore des chevaliers solitaires. Quant à la végétation de berges, elle n'a rien d'exceptionnelle avec quelques spécimens de campêches et d'acacia. En revanche la végétation aquatique est remarquable ! Premièrement, les espèces présentes sur ce site sont à 100% indigènes, alors que certaines mares à proximité sont envahies par des EEE, notamment par la jacinthe d'eau.

En réhaussant les berges, le propriétaire a créé un bourrelet de protection, limitant ainsi les écoulements en provenance des autres mares ce qui a empêché sa contamination.

Dans cette mare on y retrouve des nénuphars mais aussi :

La naïade de Guadeloupe, *Najas guadalupensis*, une espèce menacée et classée vulnérable en Guadeloupe sur la liste rouge de l'UICN ; L'algue d'eau douce, *Chara zeylanica* ; Et l'ammannie écarlate, *Ammania coccinea*, une espèce protégée et elle aussi classée vulnérable en Guadeloupe sur la liste rouge de l'UICN.

La dynamique dans cette mare est importante, c'est la seule du secteur où l'on retrouve une telle association d'espèces. Ce qui en fait sa richesse. »

4.3

Les mares forestières

Ces mares naturelles sont entourées d'une végétation arborée dont la canopée recouvre partiellement ou totalement le plan d'eau réduisant ainsi l'ensoleillement sur celui-ci (Fig. 7). Cette faible exposition au soleil limite la capacité des végétaux aquatiques à s'implanter et à se développer. Ces mares sous couvert forestier sont particulièrement sujettes au dépôt de matière organique due à la chute de feuilles, de branches ou d'arbres. Source de bien-être et de repos, elles constituent toujours un point d'étape intéressant lors de randonnées.

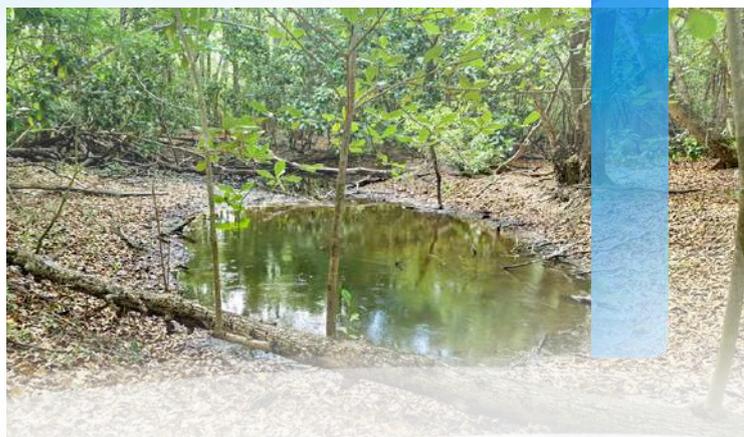


fig.6

Mare forestière proche de la plage de Macabou dans la ville du Marin

4.2

Les mares de savanes et de prairies humides

Ces mares sont localisées dans des zones herbeuses où le sol est de type hydromorphe ou argileux. Elles peuvent être d'origine naturelle (simple dépression topographique étanche) ou anthropique. Elles constituent des réserves d'eau importante pour la faune sauvage (insecte, avifaune) et peuvent être assimilées à des mares agricoles en offrant aux animaux d'élevage la possibilité de s'abreuver dans les prairies de pâturage.

fig.7

Une des mares savane de Morne Flambeau, Martinique



4.4

Les mares urbaines

Situées en milieu urbain ou périurbain, ces mares se situent le plus souvent dans des parcs, des jardins ou au centre de lotissements.

D'un point de vue écologique, elles constituent une véritable relique d'espace naturel précieux aux espèces qui en dépendent, en fournissant habitat naturel et eau. D'un point de vue écosystémique, elles contribuent à

l'embellissement des lieux ainsi qu'au bien-être des habitants et à l'animation du quartier. Les mares urbaines sont de formidables outils pour l'éducation et l'émerveillement à l'environnement. Cependant, elles sont davantage soumises aux pollutions diverses issues des activités humaines environnantes telles que les rejets d'eaux usées ou les dépôts sauvages de déchets.

fig.8

Mare de Pont Café, intégrée au lotissement et classée en zone N au PLU de la ville de Sainte-Luce en Martinique



5 Comprendre le fonctionnement d'une mare en milieu tropical

5.1 La dynamique des mares

Pour un écosystème, la dynamique fait référence aux processus de formation et d'évolution à plus ou moins long terme, dans un environnement climatique et abiotique donné. Pour les mares, il existe aussi une dynamique d'évolution régie par plusieurs éléments clés : la géomorphologie, l'hydrologie du site, la topographie, le climat, la végétation.

Les mares sont soumises à un cycle de vie - un processus - qui peut se décrire en 4 grandes étapes :

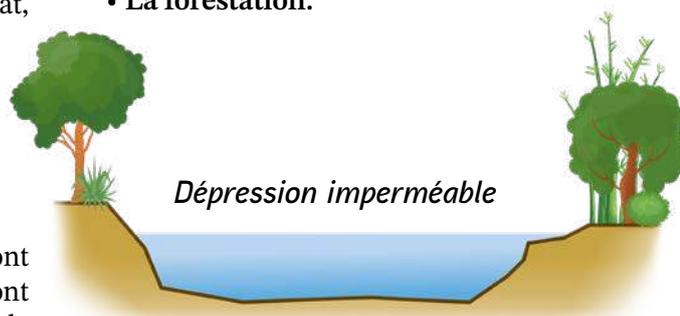
- La formation ;
- Le comblement
- L'atterrissement et la colonisation ;
- La forestation.

A Formation et origine des mares naturelles

Pour cette catégorie de mare, ce sont souvent des événements naturels qui sont à l'origine de leur apparition : formation de dolines (dépressions topographiques), chute d'arbres, glissements de terrain, dynamique des cours d'eau (notamment lors de crues exceptionnelles), résurgence de la nappe, érosion par l'eau ou le vent sur des périodes plus ou moins longues, surface au sol non uniforme, volcanisme...

D'un point de vue hydrologique et topographique, les mares naturelles se forment généralement dans des dépressions imperméables du paysage, des points bas dans lesquels l'eau ruisselante vient s'accumuler, comme les bras morts (anciens lits de rivières) ou les creux dans le sol (exemple : la mare de l'Anse Colas (Fig. 9)).

Le fonctionnement hydrologique du site, y compris les précipitations, le ruissellement,



la forme du bassin versant, la présence de sources, de cours d'eau, ainsi que la perméabilité à la nappe phréatique jouent un rôle majeur dans la formation des mares. La mare du Houelmont à Gourbeyre en Guadeloupe par exemple s'est formée dans une dépression topographique et est alimentée par une résurgence de l'eau de la nappe souterraine.

D'autre part, les processus d'érosion et de sédimentation contribuent à la formation des mares. L'érosion du sol peut créer des dépressions qui se remplissent d'eau, tandis que la sédimentation peut bloquer le drainage naturel en créant des couches imperméables et permettant ainsi à l'eau de s'accumuler et de former une mare.

fig.9

Mare de Anse Colas, Guadeloupe.

fig.10

Mare du Houelmont dans la ville de Gourbeyre

Le climat des régions tropicales participe à cette dynamique de formation. L'alternance des saisons d'hivernage (saison des pluies, juillet à décembre) et de carême (saison sèche de janvier à juin) entraîne une augmentation ou une diminution de la taille des mares. Les cyclones peuvent également jouer un rôle dans la formation de mares par modification du milieu (chablis, érosion, etc.). Enfin, le changement climatique, en impactant le cycle de l'eau et les schémas de précipitations, agit aussi sur l'évolution des mares à long terme.

La végétation environnante influence elle aussi la formation de ces milieux. Les arbres et les plantes modifient la microtopographie du sol, en agissant comme des obstacles à

l'écoulement de l'eau, et en favorisant ainsi l'accumulation de celle-ci dans une zone donnée. Enfin, certaines espèces de plantes aquatiques et algues vont se développer dans les mares, formant des habitats propices au développement de la faune. Cela entraîne une série d'interactions écologiques interspécifiques, modifiant l'évolution de la mare. Les interactions entre ces espèces et leur environnement aquatique influencent la dynamique de formation : les plantes aquatiques retiennent les sédiments et aident à stabiliser les berges, et la faune aquatique influence quant à elle les processus biochimiques dans l'eau et les cycles des nutriments, nécessaires à la nutrition des plantes aquatiques et terrestres avoisinantes.

B Comblement naturel ou d'origine anthropique des mares

Le comblement est un processus naturel ou d'origine humaine par lequel une mare va progressivement se remplir de matière solide et finir par être remplacée par d'autres types de formations naturelles ou par des activités humaines (construction par exemple).

De façon naturelle, au fil du temps, les mares vont accumuler des sédiments provenant de l'érosion du sol environnant, du ruissellement des eaux de pluie du bassin versant, et de la végétation et de la faune aquatique morte en décomposition. Cette sédimentation réduira peu à peu la profondeur et l'étendue de la mare, entraînant finalement son comblement de façon naturelle.

La croissance de la végétation aquatique, telle que les plantes émergentes ou les algues, va progressivement remplir une mare en réduisant la colonne et le volume d'eau. Au fil du temps, ces plantes colonisent la mare et forment des zones marécageuses ou des prairies humides. Ce processus de succession écologique végétale est tout à fait naturel.

Le comblement de la mare par la végétation aquatique peut être accéléré par la prolifération d'espèces végétales exotiques envahissantes. Ces espèces, telles que la jacinthe



Accumulation des sédiments

d'eau (*Eichhornia crassipes*) ou encore la salvinie géante (*Salvinia molesta*) sont dotées d'une capacité de reproduction rapide, et peuvent envahir rapidement l'ensemble du milieu, entraînant ainsi sa fermeture.

Ce processus naturel est progressif et dure plusieurs années, contrairement aux comblements d'origines anthropiques plus rapides et plus brutaux.

Il s'agit souvent de déverser des matières solides (gravats, remblais, déchet de terre ou autres) dans la mare de façon à l'assécher pour gagner de l'espace de construction. Mais il existe d'autres phénomènes non naturels de comblement causés par les activités humaines comme le drainage des terres, pour l'agriculture ou le développement urbain détournant le cycle de l'eau et entraînant le comblement et l'assèchement des mares.

Enfin, l'artificialisation des sols du bassin versant augmente le ruissellement des eaux de surface et la quantité de sédiments transportés favorisant aussi le comblement des mares.

C Atterrissement et colonisation des mares : de quoi parle-t-on ?

L'atterrissement est le processus par lequel une mare va progressivement être comblée par des sédiments pour devenir un terrain solide. Il s'agit en fait de dépôt de terre, de limon, de sable, de gravier, de matière organique (feuilles, branches...) que les cours d'eau et le ruissellement des eaux en surface des bassins versants de mares vont apporter et finir par s'accumuler sur leurs bords et au fond des mares. Ainsi, avec de plus en plus de matières solides, la colonne d'eau diminue, et les nouveaux supports solides vont servir de substrat pour l'étape de « colonisation ».

En effet, une fois que la mare se comble et que des zones émergentes de terrain solide



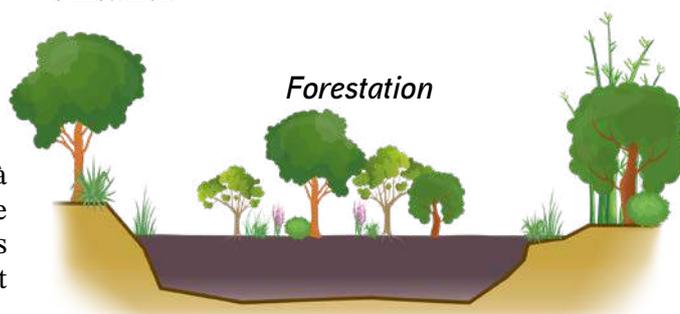
apparaissent, la colonisation végétale peut commencer. Les plantes pionnières, telles que les herbes et les arbustes, vont venir s'établir sur les surfaces nouvellement exposées (Fig. 11). En colonisant le milieu, elles vont stabiliser le substrat, mais aussi produire une matière organique supplémentaire qui va accélérer le processus de comblement. Cette phase de transition va finir par consolider le substrat permettant aux arbustes et arbres de s'installer.

D Le processus final de forestation

La forestation se réfère à la croissance et à l'établissement d'une végétation forestière dans une zone donnée. Ces deux processus d'évolution naturelle d'une mare peuvent être liés dans certaines situations.

Aux Antilles, il est fréquent que les espèces pionnières d'herbacées colonisant le milieu à la suite d'un processus d'atterrissement, soient constituées de cypéracées, de comméline diffuse (*Commelina diffusa*), de la liane américaine (*Mikania micrantha*), ou encore de certaines espèces de graminées adaptées aux sols humides. La colonisation par les végétaux peut également être accélérée par la présence des espèces exotiques envahissantes qui vont favoriser la forestation en fournissant un support végétal permettant la croissance d'autres espèces arbustives et arborescentes.

La végétation forestière a un effet sur l'atterrissement des mares de plusieurs façons. Les



racines des arbres et des plantes forestières aident à renforcer le sol et à réduire l'érosion, ce qui peut ralentir le processus d'atterrissement de la mare. De plus, la végétation forestière peut créer de l'ombre, ce qui limite l'évaporation de l'eau et peut maintenir des conditions plus humides, favorables à la préservation de la mare.

Il est important de noter que l'atterrissement d'une mare et la forestation sont des processus naturels qui se déroulent sur plusieurs années et sont influencés par divers facteurs tels que le climat, les conditions du sol, les espèces végétales présentes, et les perturbations humaines.

fig.11

Mare Baté colonisée par des espèces pionnières d'herbacées dans la ville de Schœlcher en Martinique (février 2022)



5.2 Menaces et pressions anthropiques

Les pressions anthropiques qui impactent ces petits milieux aquatiques sont nombreuses mettant en péril leur état écologique et leurs fonctionnalités. Parmi les principales menaces liées à l'activité humaine sur les mares des Antilles, citons :

L'assainissement collectif et non collectif

Ce sont les pressions anthropiques qui s'exercent le plus fortement sur la qualité des eaux et les milieux aquatiques sur les territoires des Antilles. En effet, lorsque les systèmes d'assainissement ne fonctionnent pas correctement, les eaux usées partiellement traitées voire non traitées, contiennent des nutriments en excès (notamment azote et phosphore), des bactéries et d'autres contaminants (médicaments, javels, hormones...). Lorsque ceux-ci atteignent les milieux humides, cela peut se traduire, entre autres, par une croissance excessive d'algues, une eutrophisation et une dégradation de la qualité de l'eau et aboutit donc au déclin de la biodiversité dans la mare.

Le comblement par remblai

Le remblaiement se produit lorsque des matériaux tels que la terre, le sable ou les débris de construction (briques, gravats, ciments, carreaux...) sont rejetés dans une mare, modifiant ainsi sa topographie naturelle et provoquant un comblement de celle-ci. Les principales causes du comblement des mares par le remblai sont liées à l'aménagement du territoire et aux activités de construction et d'urbanisation.

L'introduction d'Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)

En septembre 2023, l'IPBES, la plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité, publie son rapport sur les EEE révélant que 37.000 plantes, insectes ou animaux exotiques envahissants, dont 3500 très nocifs, ont été introduits dans le monde. Un phénomène qui joue un rôle majeur dans 60% des extinctions de plantes et d'animaux pour un coût annuel estimé à plus de 450 milliards d'euros. Les îles d'outre-mer sont particulièrement touchées puisqu'elles concentrent 74 % de ces EEE. C'est un point très important sur les territoires insulaires comme la Martinique, la Guadeloupe

et Saint-Martin, dont l'évolution éloignée des continents a façonné des écosystèmes uniques particulièrement vulnérables face aux invasions biologiques.

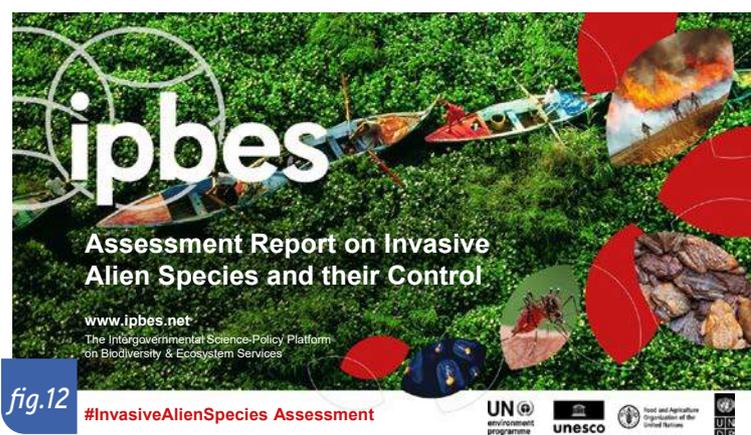


fig.12

#InvasiveAlienSpecies Assessment

Page de couverture du rapport d'IPBES sur les EEE, 2023.

L'introduction d'espèces exotiques (poissons, plantes aquatiques et autres organismes) dans les mares perturbe les équilibres écologiques en modifiant les interactions entre les espèces introduites et les espèces indigènes, via différents mécanismes (compétition, prédation, hybridation...) pouvant conduire à la disparition de ces dernières (précisions au paragraphe suivant). Par exemple, dans les mares des Antilles, comme dans toutes les autres collectivités d'outre-mer tropicales, les poissons guppy (*Poecilia reticulata*), introduits afin de lutter biologiquement contre les larves de moustiques, engendrent des impacts sur les cycles fonctionnels des mares. En effet, cette espèce constitue un prédateur d'œufs de poissons et d'autres larves d'insectes aquatiques indigènes, parfois endémiques. De plus, elle entre en concurrence avec les larves de libellules pour la nourriture.

La déforestation et altération des bassins versants

La déforestation des bassins versants entraîne une augmentation de l'érosion des sols, du ruissellement des eaux de pluie et donc du transport de sédiments et de polluants vers

les mares. Cela peut compromettre la qualité de l'eau, altérer les habitats aquatiques et perturber les cycles naturels. Aux Antilles, les bassins versants sont souvent courts, pentus et les sols argileux, ce qui augmente cet effet d'érosion en cas de déboisement.

Les modifications des écoulements (artificialisation)

Les mares réparties sur les bassins versants antillais sont souvent alimentées par la pluie et les écoulements pluviaux. Qu'elles soient dues à l'urbanisation, à l'aménagement, à la canalisation des cours d'eau ou toutes autres activités humaines, les modifications des écoulements en amont peuvent entraîner des conséquences néfastes et irréversibles pour ces habitats fragiles que sont les mares en provoquant notamment leur assèchement.

6

Les EEE végétales dans les mares des Antilles

Les Espèces Exotiques Envahissantes représentent la 3^e cause d'érosion mondiale de la biodiversité. Selon l'UICN (Union Internationale de Conservation de la Nature), "une EEE est une espèce de faune ou de flore introduite par l'Homme en dehors de son aire de répartition naturelle, volontairement ou accidentellement. Son implantation et sa propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques, économiques ou sanitaires négatives" (UICN, 2000 ; McNeely et al., 2001).

À l'inverse, une espèce indigène est définie comme étant une espèce naturellement présente dans une région géographique spécifique. Celle-ci a évolué sans intervention humaine et en équilibre avec les autres espèces de faune et de flore présentes dans sa région. Ainsi, une espèce peut être définie comme indigène dans un lieu et exotique dans un autre. Dans le cas où une espèce est introduite par l'homme en dehors de son aire d'origine et a des impacts négatifs dans son aire d'introduction, l'espèce peut être qualifiée d'espèce exotique envahissante (EEE).

Les milieux aquatiques tels que les mares tropicales, déjà exposées à diverses pressions, sont particulièrement vulnérables face à certaines EEE qui y trouvent des conditions favorables à leur développement et leur expansion.

Les pollutions agricoles par les intrants

L'utilisation, légale ou non, dans le domaine agricole, de pesticides, d'engrais et autres produits chimiques, induit une pollution des eaux souterraines et de surface, et provoque également l'eutrophisation et la dégradation des écosystèmes aquatiques, tels que les cours d'eau ou les mares.

Les pressions industrielles

Les activités industrielles peuvent, soit par leurs activités soit par l'infrastructure routière dont elles ont besoin, rejeter dans l'environnement divers polluants chimiques tels que des métaux lourds ou des hydrocarbures, ainsi que des plastiques.

Le succès d'une invasion est lié aux caractéristiques propres à l'espèce exotique, aux conditions environnementales de l'écosystème d'accueil et à l'exposition de ces derniers aux introductions (volontaires ou involontaires). Bien qu'il n'existe pas de « profil type », certaines caractéristiques biologiques sont communes à plusieurs EEE (forte capacité de reproduction et d'appropriation des ressources par une croissance rapide et importante, de grandes capacités de dispersion, une bonne adaptation aux perturbations...). La résistance et la résilience du milieu d'accueil jouent également un rôle primordial. Ainsi, des milieux aux habitats perturbés, comme certaines mares, sont particulièrement exposés aux invasions biologiques.

À noter que certaines EEE en Martinique, en Guadeloupe et à Saint-Martin, font l'objet d'une réglementation stricte à travers des arrêtés ministériels spécifiques à chaque territoire, qui découlent d'un cadre réglementaire national et européen. (cf. Point réglementaire. Chapitre 2.3).

6.1 Les EEE végétales dans les mares des Antilles

Parmi les EEE aquatiques les plus problématiques dans les mares des Antilles, la jacinthe d'eau (*Pontederia crassipes*) classée parmi les 100 espèces les plus envahissantes au monde, la salvinie géante (*Salvinia molesta*), la laitue d'eau (*Pistia stratioides*), le typha (*Typha domingensis*), ou encore l'hydrille verticillée (*Hydrilla verticillata*) sont déjà bien identifiées et régulièrement observées.

Toutefois, les EEE végétales terrestres tels que le faux mimosa (*Leucaena leucocephala*) ou encore le bambou commun (*Bambusa vulgaris*) peuvent également impacter les



Exemple de guide EEE à télécharger :



espèces indigènes caractéristiques des mares et contribuer au mauvais fonctionnement de celles-ci en accélérant les processus de comblement.



Conséquences des EEE végétales sur les mares

Du fait de la rapidité de leur croissance, de leur reproduction et de leur expansion, des EEE végétales peuvent recouvrir partiellement ou entièrement des mares, limitant ainsi l'accès à l'eau pour les espèces de faune indigènes (oiseaux, insectes, chiroptères...). De plus l'épaisseur des tapis colonisés limite la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau, provoquant une diminution de l'oxygène dissous et donc l'asphyxie du milieu et la perturbation des cycles du carbone et des nutriments pouvant conduire à l'eutrophisation des mares.



fig.13

Mare du Cap Salomon colonisée par les laitues d'eau

fig.14

EEE parmi les plus problématiques aux Antilles



Typha

Laitue d'eau

Salvinie géante

Jacinthe d'eau

Bien que les EEE végétales observées au niveau des mares puissent se multiplier par reproduction sexuée (fleurs, fruits, graines), elles optent le plus souvent pour une reproduction végétative en conservant le même patrimoine génétique entre les individus (ce qui s'apparente à du clonage). Cette voie de reproduction peut être rapide et efficace, facilitant leur expansion une fois introduites dans de nouveaux milieux, ce qui les rend plus compétitives vis-à-vis des espèces indigènes.

Différents mécanismes peuvent permettre cette reproduction végétative en mobilisant différents types d'organes modifiés tels que les stolons (tiges modifiées rampantes au niveau du sol), souvent utilisés par des espèces flottantes comme la salvinie géante (*Salvinia molesta*).

Pour les végétaux à racines (rhizophytes), la reproduction végétative peut se faire par l'intermédiaire de rhizomes (racines modifiées), comme chez le typha (*Typhas domingensis*) ou le papyrus (*Cyperus papyrus*).

Enfin, certaines espèces telles que l'hydrille verticillée (*Hydrilla verticillata*) disposent de

bourgeons en dormance dans le sol appelés turions, à l'origine de nouveaux individus lorsque les conditions sont favorables.

La reproduction végétative à partir de fragments d'un individu est également possible chez certaines espèces.

Exemples :

- La **laitue d'eau** (*Pistia stratiotes*) peut produire des fruits et des graines, cependant sa reproduction est principalement végétative via le développement de stolons ou la croissance de fragments d'un individu (fig. 15) ;
- Le **souchet à involucre** (*Cyperus involucratus*) quant à lui se reproduit de façon végétative via son système racinaire (rhizomes), mais aussi de façon sexuée par la production de graines (fig. 16) ;
- À l'instar de la laitue d'eau, l'**hydrille verticillée** (*Hydrilla verticillata*) peut se reproduire de façon sexuée, bien qu'elle se multiplie essentiellement de façon végétative. La particularité de cette plante



fig.15 Bouquet de laitue d'eau



fig.16 Souchet à involucre, envahissant un cours d'eau dans la ville des Trois-îlets en Martinique

réside dans sa capacité à produire des turions et tubercules, capables de végéter dans le sédiment humide au-delà de 20 cm de profondeur en pleine saison sèche (d'avril à juin aux Antilles), en attendant des conditions favorables à leur croissance (F.MADDI, 2008) (fig.17).

Ainsi, ces différentes stratégies de reproduction favorisent la propagation et la dissémination de ces espèces qui peuvent être accentuées par les perturbations des milieux engendrées par les activités anthropiques.

La mise en œuvre des interventions doit également inclure certaines précautions, exposées dans ce guide, pour éviter la dispersion de ces espèces lors de chantiers.



fig.17 Hydrille verticillée, mare de Houëlmont, Guadeloupe

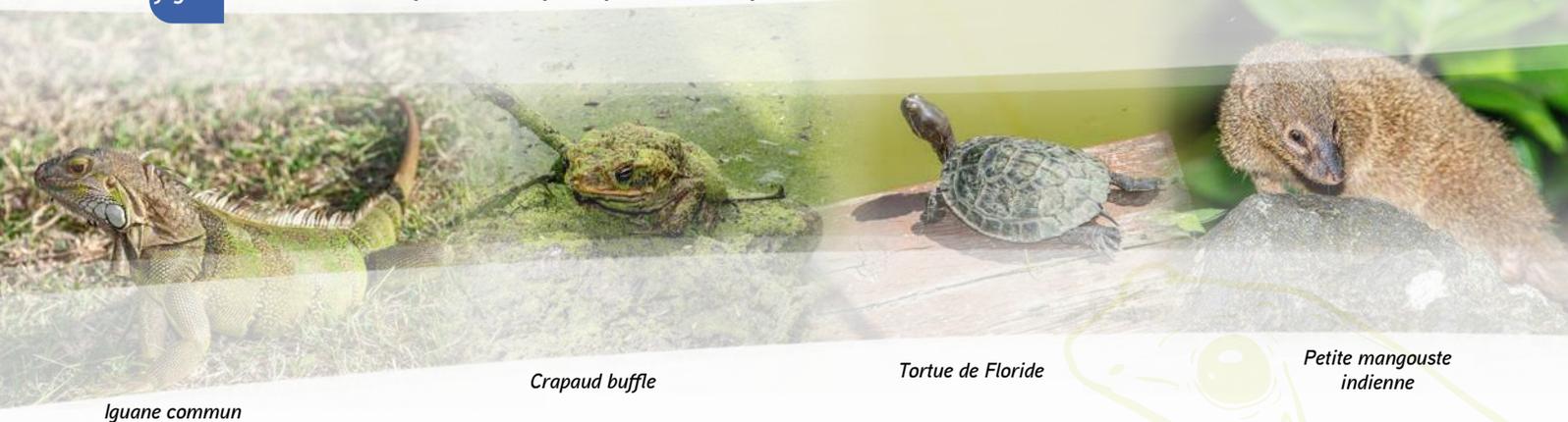
6.2

Les EEE animales dans les mares des Antilles

Dans les mares aux Antilles, les espèces animales EEE les plus fréquemment observées sont le crapaud buffle (*Rhinella marina*), la tortue de Floride (*Trachemys scripta elegans*), l'écrevisse à pinces rouges (*Cherax quadricarinatus*) les guppys, les pléco (*Hypostomus robinii*) et les planorbes de Jamaïque. D'autres espèces plus terrestres,

mais vivant à proximité des mares telles que l'iguane commun (*Iguana iguana*), le rat noir (*Rattus rattus*) ou encore la petite mangouste indienne (*Urva auropunctata*) et le raton laveur (*Procyon lotor*), causent aussi d'importants impacts sur les espèces indigènes (ou plus globalement sur la structure et le fonctionnement des milieux).

fig.18 EEE animale parmi les plus problématiques aux Antilles



Iguane commun

Crapaud buffle

Tortue de Floride

Petite mangouste indienne



Conséquences des EEE animales sur les mares

La rapidité de croissance des populations d'EEE animales, permise notamment par l'absence de grands prédateurs sur les îles des Antilles, leur capacité d'adaptation et de dispersion, entraîne un dysfonctionnement des réseaux trophiques, car elles entrent en concurrence avec les espèces indigènes pour la nourriture et l'espace, mais peuvent également avoir un impact sur ces dernières par prédation, hybridation ou encore via la transmission de pathogènes.



CHAPITRE II

Évaluation de l'état des mares



1

Qu'est-ce qu'une mare en « bonne santé » ?

Une mare en « bonne santé » présente un équilibre écologique et des conditions favorables à la vie des plantes et des animaux qui y habitent : interactions entre les espèces (proies-prédateurs), pénétration des rayons du soleil, couvertures végétales, turbidité, oxygène, pH, conductivité, azote et phosphore ...

Pour cela, plusieurs facteurs biotiques et abiotiques y contribuent :

- Une **eau de qualité**, c'est-à-dire sans pollution excessive et suffisamment oxygénée pour soutenir la vie aquatique ;
- Une **biodiversité** riche en nombres d'espèces et aussi en nombres d'individus par espèce de plantes aquatiques, d'insectes, de mollusques et autres organismes. Cette variété d'espèces est synonyme d'écosystème équilibré ;
- Une **végétation aquatique adaptée** au contexte tropical. Ces plantes jouent un rôle crucial en fournissant de l'oxygène, en filtrant les contaminants, en fournissant de l'ombre et en offrant des habitats pour les animaux ;
- L'**absence d'espèces invasives** est aussi un bon indicateur, car leur présence bouleverse l'équilibre naturel de l'écosystème ;

- Les **cycles des nutriments** (azote, phosphore) et du carbone sont équilibrés. Un excès de nutriments peut engendrer une prolifération d'algues nuisibles et perturber l'écosystème ;

- Une préservation des différents **compartiments et habitats**, procurant zones de reproduction, de refuge, de repos et de nourrissage à la faune ;

- Une **connectivité écologique** préservée avec les autres écosystèmes aux alentours : les mares en bonne santé sont souvent connectées à d'autres habitats, tels que les prairies, les rivières, les forêts ou le littoral. Cela permet aux espèces de se déplacer, de se reproduire et d'échanger des ressources, favorisant ainsi la biodiversité globale.

Évaluer l'état de santé d'une mare revient à faire l'analyse et le diagnostic de plusieurs indicateurs. Pour cela, il est nécessaire pour les collectivités et les particuliers de se faire accompagner par des équipes de spécialistes, d'écologues et de naturalistes qui connaissent les méthodologies scientifiques et techniques d'évaluation et de diagnostic.

Idée reçue, les mares sont des nids à moustiques

Faux ! Dans une mare en bonne santé, les moustiques ne prolifèrent pas, et cela grâce aux larves carnivores de libellules et de demoiselles qui ont un fort appétit pour ces insectes piqueurs, et ce, à tous les stades de leur développement !

C'est uniquement lorsque la mare est jeune ou en déséquilibre que les moustiques sont présents. En effet, une jeune mare dans laquelle la faune et la flore ne se sont pas encore installées, peut être favorable à la présence de moustiques et de leurs larves. Néanmoins, une fois le cortège floristique et faunistique de cet écosystème en place, les moustiques n'ont plus la leur. Dans le cas d'une mare en déséquilibre, ce sont les différentes perturbations causées par des pollutions diverses ou par la prolifération de certaines espèces exotiques envahissantes, qui vont favoriser la présence de moustiques. Soit par la diminution de la qualité de l'eau, impactant ainsi le reste de la faune aquatique susceptible de se nourrir de ces larves, soit par l'inaccessibilité du plan d'eau pour la ponte des libellules (prolifération des EEE végétales).

À retenir : les moustiques apprécient plutôt les milieux artificiels. Une petite surface d'eau contenue dans un réceptacle (seau, pneu, coupelle... bref tout déchet où l'eau peut stagner) est idéale pour que la femelle y dépose ses œufs, là où aucun prédateur ne viendra les déranger !

2 Méthodes d'évaluation de l'état des mares et identification des menaces

2.1 Connaitre et comprendre sa mare

Pour mieux connaître une mare, plusieurs paramètres sont à prendre en compte. Dans le cas d'un suivi de mare, il est judicieux de prendre **un état de référence de la mare**, ce qui permettra d'avoir un point de comparaison initial pour suivre son évolution.

Comment est la mare visuellement ?

Prenez des photos et/ou vidéos de la mare avant toute opération : le plan d'eau, les berges, les problèmes identifiés (EEE, rejet, autres). Elles constitueront le temps T0 d'observation. Dans la mesure du possible, les prises de vue aériennes sont idéales pour observer la mare dans son contexte environnemental. Notez bien la date et l'heure des prises de vues.

La qualité de l'eau est-elle bonne ?

Celle-ci va conditionner la présence des espèces et déterminer l'usage de la mare. Selon les conditions environnementales et de situation de la mare, différents paramètres peuvent être testés pour déterminer la qualité de l'eau :

- Les paramètres physico-chimiques et généraux : taux d'oxygène, conductivité, pH, température de l'eau et de l'air, turbidité ;
- Les nutriments : azote, phosphore, carbone ;
- Les polluants divers : hydrocarbure, HAP, métaux lourds, pesticides dont le chlordécone.

Pour les paramètres physico-chimiques et les nutriments, actuellement, **il n'y a pas de norme permettant de définir des valeurs spécifiques à ces paramètres pour déterminer si l'eau d'une mare est de bonne qualité**. Des travaux de recherche pour le dimensionnement des seuils et indicateurs pour les mares des Antilles sont en cours. Plusieurs acteurs y travaillent, mais aucun chiffre ne peut être avancé.

En revanche, la présence de polluants divers dans l'eau ou le sol est révélatrice de pressions anthropiques (industrie, agriculture) qui impactent négativement la vie dans la mare et sur lesquelles il faudra agir rapidement et en priorité.

Quelles sont les espèces animales et végétales présentes ?

Réaliser un inventaire permet de connaître les différentes espèces qui sont dépendantes de la mare ou qui la fréquentent. Assurer un suivi d'inventaire (c'est-à-dire le refaire au même moment de l'année) permet de suivre l'évolution des populations dans le temps. Un inventaire sommaire peut se faire rapidement au cours d'observations réalisées lors d'une sortie de terrain unique afin de se faire une idée de la richesse de la biodiversité, mais il est préférable de réaliser ensuite un inventaire plus exhaustif qui nécessite alors un certain niveau de connaissance, une mobilisation sur plusieurs jours, voire nuits (observation des lucioles, des papillons nocturnes ou encore des chiroptères) et une observation du sol pour l'endofaune*. Celui-ci sera donc plus onéreux qu'un inventaire sommaire, mais plus complet.

Selon le budget disponible pour mener l'opération, il sera possible et préférable de se faire accompagner de naturalistes (botanistes, entomologistes, ornithologues), et d'écologues.

Comment sont réparties les espèces végétales dans le milieu ?

Observez si une espèce est prédominante par rapport aux autres : la prolifération excessive d'une population d'espèces indigènes ou exotiques peut parfois nécessiter la mise en place de mesure de gestion.

Les objectifs des mesures de gestion diffèrent suivant le statut indigène ou exotique de l'espèce ciblée. Gérer des populations d'espèces indigènes trop proliférantes dans les mares consiste à freiner leur développement tout en maintenant leur présence dans leur milieu naturel. En revanche, les mesures ciblant des EEE visent à réguler, confiner, voir lorsque c'est possible, éradiquer les populations d'espèces concernées du milieu où elles ont été introduites par l'homme.

La gestion des EEE doit suivre une démarche de gestion adaptative sur le long terme, dépendante du contexte local d'intervention. Elle passe donc par l'expérimentation de

protocoles calibrés suivant l'état initial du milieu, les moyens techniques et financiers et les objectifs visés en fonction du stade d'invasion. Plus l'espèce exotique est détectée précocement et moins elle est étendue, plus l'élimination de la population est réalisable. En revanche, une espèce détectée tardivement et largement répandue fera davantage l'objet d'une régulation sur le long terme (voir point 2.2).

Quelle est la période de floraison des espèces présentes ?

Connaitre la phénologie des espèces présentes, c'est-à-dire les périodes de floraison, de fructification, permet de planifier soigneusement les interventions et de minimiser les perturbations sur le milieu. Des périodes de l'année peuvent alors être identifiées comme plus appropriées afin de mener des chantiers nature sans nuire aux processus naturels en cours et modifier l'équilibre écologique.

2.2

Comment identifier les sources de pollutions, les EEE, etc.

Savoir déceler les sources de pollution dans une mare est une étape essentielle, car une fois ces pollutions déterminées, des mesures de gestion et de remédiation appropriées peuvent être appliquées afin de les réduire voire de les éliminer, et ainsi protéger durablement ce fragile écosystème.

Certaines recherches peuvent vous aider à identifier ces pollutions :

- Étude du bassin versant : observer et analyser la zone environnante de la mare permet de mettre en évidence les activités humaines qui peuvent potentiellement contribuer à la contaminer (agriculture, urbanisation, industrie, élevage) ;
- Analyse de la qualité de l'eau : prélever des échantillons d'eau permet de détecter la présence de contaminants tels que les métaux lourds, les produits chimiques toxiques, les nutriments en excès (azote, phosphore) et les bactéries d'origine fécale ;
- Suivi de paramètres : température, pH, oxygène dissous et autres indicateurs présents dans l'eau de la mare vous aideront à déterminer sa qualité ;

Quelles sont les périodes de reproduction et/ou de nidification des espèces animales présentes ?

S'informer sur leurs périodes de reproduction et de nidification est une étape importante préalable à toute intervention sur le terrain. Ces périodes sont critiques pour la survie des espèces, et intervenir pendant cette saison peut grandement impacter leur cycle. En effet, les dérangements causés par les activités humaines peuvent augmenter le stress, perturber les comportements de nidification et de soins aux jeunes, et potentiellement causer l'abandon des nids.

Par ailleurs, il est important de se référer à la législation du territoire, car il existe des lois et des réglementations protégeant certaines espèces en période de reproduction et de nidification.

- Collecte de données scientifiques/bibliographiques (passées et actuelles) : ces données, et notamment leur comparaison, aident à comprendre l'évolution de la mare dans le temps.

Et simplement en observant attentivement la mare, vous pourrez repérer des signes de pollution, tels que des dépôts d'huile à la surface de l'eau, la présence d'animaux morts ou des écoulements d'eau colorée ou odorante.

A Eutrophisation

Lorsqu'une mare est soumise à des pollutions de type organique, c'est-à-dire avec un apport trop important d'azote et/ou de phosphore, cela entraîne un développement excessif du phytoplancton (microalgues flottantes faisant la photosynthèse) présent dans la colonne d'eau. Ainsi, l'eau de la mare passera d'un marron plutôt clair à une couleur verte pouvant être très vive. C'est le phénomène d'eutrophisation.

Ces apports trop élevés d'azote et phosphore peuvent venir de plusieurs sources : les eaux

usées domestiques qui sont mal ou non assainies (ANC défaillant par exemple), des écoulements agricoles lessivant un surplus d'engrais, ou encore la présence d'élevages sur le pourtour ou le bassin versant de la mare (cochons, bœufs, cabris). La prolifération de ces microalgues provoque alors un déséquilibre fonctionnel de la mare entraînant une diminution de l'oxygène disponible présente dans la colonne d'eau.

Lorsque la mare est verte et présente donc des signes d'eutrophisation, il est urgent de trouver la cause d'apport excessif de nutriments et de le stopper. De plus, une eau de mauvaise qualité peut être malodorante. Au besoin, pour avoir confirmation sur l'état de qualité de l'eau de la mare, il est possible de faire des analyses d'oxygène (à effectuer très tôt le matin) et de se faire accompagner par des experts.

B EEE

Pour déterminer si une espèce végétale est une EEE, il est nécessaire :

- D'identifier l'espèce ;
- De consulter les acteurs locaux mobilisés sur la problématique des invasions biologiques pour savoir si l'espèce observée est scientifiquement considérée comme une EEE et si des nuisances peuvent lui être associées. Suivant les territoires, des ouvrages et des guides ont été conçus pour faciliter la reconnaissance des EEE et proposer des méthodes de gestion ;
- De vérifier si les espèces sont réglementées en consultant les annexes de Niveau I et de Niveau II des arrêtés ministériels propres à chaque territoire. Ces listes ne sont pas exhaustives et toutes les EEE ne sont pas réglementées, mais peuvent tout de même faire l'objet de mesures de gestion (les listes incluent par ailleurs des espèces absentes des territoires pour une réglementation préventive).



Pour aller plus loin,

il est possible de vérifier l'origine et le statut des espèces identifiées (EEE ou indigène) sur :

Centre de ressources EEE

<http://especes-exotiques-envahissantes.fr/>



Réseau EEE outremer

<https://especes-envahissantes-outremer.fr/>



INPN

<https://inpn.mnhn.fr/programme/especes-exotiques-envahissantes>



Bases de données internationales comme le GBIF ou CABI.

<https://www.gbif.org/fr/>

<https://www.cabi.org/what-we-do/invasive-species/>

C Déchets divers

Différents types de déchets sont susceptibles d'altérer la qualité paysagère et le fonctionnement d'une mare. Parfois dissimulés sous l'eau ou la végétation, ils peuvent être acheminés par le ruissellement des eaux pluviales ou directement déposés dans le milieu.

Certains déchets présents dans le plan d'eau pouvant être dangereux (ex. déchets de construction, barres de fer, bidon, électroménager), pour évoluer dans le milieu et éviter toute blessure, il est important d'être bien chaussé et de sonder au préalable la mare avec un bâton.

D Rejets d'eaux usées

Déterminer la présence de rejets d'eaux usées dans une mare nécessite d'observer minutieusement ce milieu et de pratiquer certaines analyses afin de confirmer ou non les suspicions de pollutions identifiées visuellement.

- **Diagnostic visuel** : une odeur inhabituelle, malodorante, désagréable, une teinte verdâtre ou blanchâtre de la coloration de l'eau, la présence de matières flottantes (pellicule grasse, mousse, débris) ou d'écoulements provenant de tuyaux, sont autant de signes témoignant de rejets

d'eaux usées. Une mare sujette aux rejets d'eaux usées présente généralement des signes d'eutrophisation. L'observation visuelle fournit des indices, mais ne remplace pas une évaluation complète, via des analyses plus approfondies.

- **Prélèvements et analyses d'eau** : la prise d'échantillons d'eau se fait à différents endroits de la mare. Ces échantillons doivent être ensuite envoyés en laboratoire qui se chargera de leur analyse. Il convient à minima d'analyser la présence d'azote et de phosphore pour rechercher des traces d'eaux usées. En complément, quelques mesures physico-chimiques simples sur site (T°, pH, oxygène dissous, conductivité) doivent être prises.

En parallèle, il est également possible de discuter avec les riverains afin de recueillir des informations sur d'éventuels rejets d'eaux usées provenant de sources domestiques ou industrielles.

Recommandation : si la présence de rejets d'eaux usées est avérée, rapprochez-vous des autorités locales responsables de l'environnement ou de la gestion de l'eau (voir contact en annexe) afin qu'une enquête approfondie soit menée et des mesures correctives mises en œuvre.

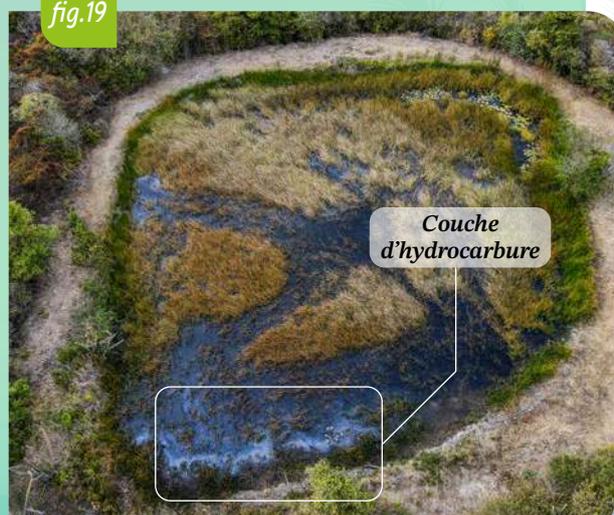


Cas particulier

On observe parfois en surface d'un plan d'eau, un film irisé ou une teinte « huileuse ». Il ne s'agit pas forcément d'une pollution d'origine anthropique. En effet, il peut s'agir aussi d'un phénomène naturel résultant de l'activité de ferrobactéries qui sont présentes en grand nombre dans des conditions optimales de pH, d'oxygène, d'eau calme et température. Leur constitution lipidique produit cet effet huileux à la surface.

Attention, cette supposition ne s'applique pas aux mares subissant des influences anthropiques proches ou sur son bassin versant.

fig.19



3 Point réglementaire

3.1 Quelle réglementation sur les mares ?

En France, la réglementation concernant les mares peut varier en fonction de plusieurs facteurs tels que la taille de la mare, son emplacement, ou encore son usage.

Voici quelques éléments de la réglementation qui peuvent s'appliquer aux mares :

- **Code de l'Environnement** : Le Code de l'Environnement contient plusieurs dispositions réglementaires relatives à la protection de la biodiversité, de l'eau et des milieux aquatiques. Ce dernier considère que la préservation des zones humides est d'intérêt général et que la gestion équilibrée de l'eau vise à assurer « la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides » (Code de l'Environnement, art. L210-1, 211-1 et 211-1-1). Dans ce cadre, la préservation des mares peut être un objectif des SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux).
- **Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques de 2006** : Cette loi vise à protéger les ressources en eau et les écosystèmes aquatiques.

- **Arrêté du 24 juin 2008** relatif à la conservation des habitats naturels et de la faune et de la flore sauvages : Cet arrêté fixe la liste des habitats naturels et des espèces animales et végétales d'intérêt communautaire nécessitant une protection particulière. Si une mare abrite des espèces protégées, des mesures spécifiques peuvent être applicables.

- **Zonage et urbanisme** : Les mares peuvent être prises en compte dans les documents d'urbanisme, en fonction de leur rôle dans l'aménagement du territoire et la conservation de la nature. Dans les PLU (Plan Local d'Urbanisme), les mares peuvent figurer comme secteurs à protéger ou à mettre en valeur pour des raisons écologiques, notamment à travers à l'outil des trames vertes et bleues.

- **Réglementations locales** : Certaines collectivités peuvent avoir mis en place des réglementations spécifiques pour la protection des mares et des zones humides sur leur territoire.

3.2 Règlementation relative aux EEE

A Contrôle et gestion de l'introduction et de la propagation de certaines espèces animales et végétales

La loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages a introduit dans le code de l'environnement une section relative au contrôle et à la gestion de l'introduction et de la propagation de certaines espèces animales et végétales. Le Règlement (UE) 1143/2014 a été retranscrit au niveau national au sein des articles L411-5 à L411-10 et R411-3 à R411-47 du code de l'Environnement.

Pour les EEE, la réglementation française repose sur deux niveaux d'interdictions d'activités, s'appliquant à la métropole et aux RUP.

- **Niveau I** : Les espèces exotiques visées par l'article L411-5 sont celles pour lesquelles l'introduction dans le milieu naturel de manière volontaire, par négligence ou imprudence, est interdite.

Cette interdiction ne concerne pas les espèces domestiques ni les espèces cultivées.

- **Niveau II** : Les espèces exotiques visées par l'article L411-6 sont celles pour lesquelles toute activité est interdite : introduction sur le territoire national, détention, transport, colportage, utilisation, échange, mis en vente, vente ou achat. Cette liste comporte à minima les EEE préoccupantes pour l'Union et ne distingue pas les aspects domestiques ou cultivés. (Les interdictions prévues à l'article L411-6 ne s'appliquent pas au transport des spécimens collectés vers les sites de destruction.)

B État d'avancement de la réglementation sur les EEE dans les 6 RUP françaises – Espèces Envahissantes Outre-mer (Etat d'avancement de la réglementation sur les EEE dans les 6 RUP françaises – Espèces Envahissantes Outre-mer (especes-envahissantes-outremer.fr)

	ARRÊTÉS DE NIVEAU 1	ARRÊTÉS DE NIVEAU 2
Saint-Martin	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Arrêté du 20 octobre 2020</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de Saint-Martin () • <u>Arrêté ministériel du 20 octobre 2020</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces animales exotiques envahissantes sur le territoire de Saint-Martin 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Arrêté 30 novembre 2020</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de Saint-Martin - interdiction de toutes activités portant sur des spécimens vivants () • <u>Arrêté 30 novembre 2020</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de Saint-Martin - interdiction de toutes activités portant sur des spécimens vivants ()
Martinique	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Arrêté ministériel du 8 février 2018</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces animales exotiques envahissantes sur le territoire de la Martinique () • <u>Arrêté ministériel du 8 février 2018</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de la Martinique 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Arrêté du 9 août 2019</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de la Martinique - interdiction de toutes activités portant sur des spécimens vivants () • <u>Arrêté ministériel du 7 juillet 2020</u> relatif à la régulation de l'introduction et de la propagation des espèces animales exotiques envahissantes sur le territoire de la Martinique – interdiction de toutes activités portant sur des spécimens vivant
Guadeloupe	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Arrêté du 8 février 2018</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de la Guadeloupe. () • <u>Arrêté ministériel du 8 février 2018</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces animales exotiques envahissantes sur le territoire de la Guadeloupe 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Arrêté du 9 août 2019</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire de la Guadeloupe - interdiction de toutes activités portant sur des spécimens vivants (). • <u>Arrêté ministériel du 7 juillet 2020</u> relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces animales exotiques envahissantes sur le territoire de la Guadeloupe – interdiction de toutes activités portant sur des spécimens vivants

C Précisions relatives à la gestion suivant la situation foncière

Si une mare est affectée par une ou plusieurs espèces exotiques envahissantes (EEE), dans le cas où le foncier n'est pas maîtrisé par le porteur de projet et que celui-ci appartient à l'État, avant toute manipulation, il sera nécessaire de faire une demande d'autorisation à la DEAL (Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) du territoire pour manipuler et extraire la ou les espèce(s) du milieu.

Cette demande d'autorisation doit contenir le nom des espèces en question, la méthodologie envisagée, le mode de transport prévu et le traitement des déchets verts à la fin de l'opération.

En revanche, si le foncier est maîtrisé ou que le propriétaire a donné son autorisation pour la réalisation des travaux, aucune demande n'est nécessaire.

Gestion des déchets verts d'espèces exotiques envahissantes : Pour toutes précisions relatives aux modalités de traitement des déchets verts issus des interventions de gestion sur des plantes exotiques envahissantes et la réglementation associée, consulter le Guide technique pour accompagner le traitement des déchets de plantes exotiques envahissantes issus d'interventions de gestion du Centre de ressources EEE.



Guide de traitement de déchets à télécharger :





CHAPITRE III

Restaurer et entretenir



1

Restaurer et entretenir une mare de façon écologique

1.1

Définitions

Restaurer

La restauration écologique consiste à restaurer des écosystèmes qui ont été endommagés, voire détruits, la plupart du temps, par les activités humaines. L'objectif est de restituer à l'écosystème ses fonctions écologiques supports (habitats, refuge, nourrissage, réserve d'eau, filtration, nidification) telles qu'à l'origine avant d'avoir été impacté par l'industrie, les eaux usées, l'agriculture ou encore l'artificialisation des surfaces. La restauration consiste donc en une remise en état du milieu naturel à la suite d'un déséquilibre.

Les opérations de restauration écologique des mares peuvent s'envisager à la suite :

- D'un manque d'entretien critique induisant une prolifération excessive de la végétation ou un comblement du milieu ;
- D'une perturbation du milieu déséquilibrant son fonctionnement : EEE, assèchement, comblement...etc.

Suivre

Effectuer le suivi d'une mare consiste à réaliser sur une période donnée, un diagnostic du milieu par des observations et des analyses de plusieurs paramètres qui régissent son fonctionnement. En partant d'un état initial, le suivi se fait sur l'évolution de ces paramètres dans le temps. Réaliser un suivi régulier permet d'anticiper les travaux d'entretien du milieu.

Entretenir

L'entretien d'une mare consiste à maintenir le milieu dans son état fonctionnel en effectuant divers travaux permettant de ralentir sa dynamique naturelle. Ces travaux vont limiter l'atterrissement ou le comblement naturel de la mare, favoriser la diversité des espèces présentes et assurer la propreté des lieux (ramassage de déchets). L'entretien des mares doit se faire de manière régulière afin d'éviter la mise en œuvre d'opérations de restauration plus conséquentes. La fréquence d'intervention dépendra de la dynamique du milieu.

1.2

Gestion écologique

Les protocoles proposés dans ce guide qui ont été élaborés et testés au cours du projet REMA utilisent des méthodes de gestion dite écologique.

La restauration et l'entretien d'une mare de façon écologique résident dans le respect et la compréhension du fonctionnement de l'écosystème en employant des méthodes douces et cohérentes avec les problématiques rencontrées.

La gestion écologique d'une mare se différencie d'une approche à court terme qui privilégie principalement l'utilisation de techniques mécaniques lourdes pour des interventions grossières susceptibles

d'engendrer davantage de perturbations dans le milieu. Au contraire, avec une gestion écologique, l'emploi de méthodes douces, manuelles et minutieuses sont primordiales afin de préserver l'intégrité de cet écosystème fragile et de mener une action pertinente sur le long terme.

Souvent, les gestionnaires ayant utilisé des moyens mécaniques lourds sont surpris d'observer que leurs actions n'ont eu d'effet que sur une courte période, et que des déséquilibres surviennent peu de temps après leurs travaux, tels que la déperdition d'eau dans la mare, la diminution de la biodiversité, ou même l'introduction d'espèces exotiques envahissantes.

Ainsi, une approche écologique des travaux de restauration d'une mare vise à assurer la mise en œuvre d'une action durable, en prenant en considération les cycles de vie des espèces animales et végétales, tout en minimisant l'impact des interventions sur le milieu et en préservant son intégrité, notamment en ce qui concerne l'étanchéité du sol.

Pour mener à bien une telle gestion, il est nécessaire de connaître le lieu ciblé et la biodiversité qu'il abrite, sa dynamique de fonctionnement et son contexte environnemental.

Par conséquent, dans le cadre du projet REMA, les protocoles élaborés proposent une méthodologie respectueuse l'environnement et du vivant.

2 Planification d'un projet de restauration des mares

2.1 Penser son projet en amont et l'organiser dans le temps

A Autorisations nécessaires

Avant de démarrer un projet, il est indispensable d'obtenir l'autorisation, de préférence écrite, du propriétaire et/ou du gestionnaire du site.

Dans le cadre du projet REMA, une convention a été signée avec chacun des gestionnaires ou propriétaires des mares ciblées. Ce document reprenait les grandes lignes du projet, ainsi que la contribution de chacune des parties pour la mise en œuvre de l'action de restauration ou d'entretien.

Plusieurs autorisations sont nécessaires lorsque les parcelles du site sont partagées entre plusieurs propriétaires.

Cela fut le cas pour la mare de Macabou, située dans la ville du Marin en Martinique, où les berges appartiennent au Conservatoire du littoral (CDL) et le plan d'eau au domaine public lacustre (service de la DEAL).

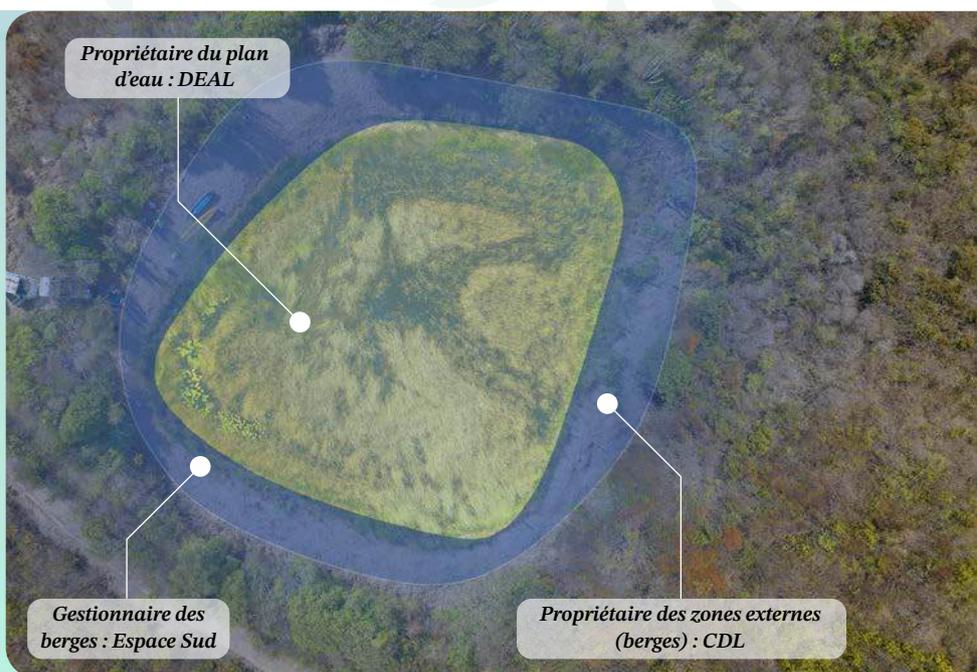
L'entretien des berges a quant à lui été délégué à la Communauté d'Agglomération de l'Espace Sud de la Martinique.

Mener des travaux sur cette mare a donc nécessité l'accord de ces trois entités.

Pour la DEAL, une lettre de demande d'autorisation officielle, mentionnant les grandes lignes du projet, son objectif, la méthodologie d'intervention, ainsi que la gestion prévue pour les déchets verts, fut envoyée.

fig.20

Parties de la mare appartenant au Conservatoire du littoral de Martinique et au domaine public lacustre de la DEAL.



B Mobilisation des ressources et partenariats à envisager

Ces chantiers nature nécessitent la mobilisation de moyens techniques, mais surtout humains.

S'il s'agit d'une mare publique ou d'intérêt public, les collectivités doivent être motrices de l'opération et mobiliser leurs services techniques et leur matériel. Ce sont des partenaires incontournables pour mener à bien ces opérations qui valorisent et conservent le patrimoine naturel de leur territoire.

De plus, les mares et les actions de restauration de manière générale, attirent de nombreux volontaires souhaitant renouer des liens avec la nature et s'impliquer concrètement dans la préservation de leur environnement.

Solliciter les associations (de quartier, environnementales, de jeunes...etc.) ou lancer un appel à bénévoles peut permettre de mettre en place autour de chaque mare, un réseau de volontaires motivés et impliqués dans les chantiers.

Pour cadrer les participations et anticiper la logistique, il est préférable de demander une inscription ou une confirmation de participation aux bénévoles.

L'opération peut également faire l'objet d'appel aux dons, sous forme d'eau ou de collations, qui seront distribués à la fin du chantier aux bénévoles. Les commerces de proximité peuvent alors être des partenaires potentiels.

D'autres collaborations peuvent également s'avérer très utiles au bon déroulement du projet.

Par exemple, lors des différentes expérimentations menées sur les 12 sites du projet REMA, l'usage de petites embarcations ou de kayaks a souvent été nécessaire. Pour répondre à ce besoin, les clubs nautiques des communes ont donc été approchés et ceux-ci ont gracieusement fourni les embarcations demandées.

Mais au-delà des besoins matériels, les partenariats peuvent être d'ordre technique en partageant par exemple avec d'autres porteurs de projets similaires, des connaissances et un savoir-faire autour de l'action. Techniciens, doctorants ou encore spécialistes de la mare ou des problématiques rencontrées sur le site, peuvent apporter leur expertise et retours d'expériences assurant ainsi le bon déroulement du projet.



Exemples de flyers d'appels à bénévoles et aux dons par la ville du Gosier (photo de gauche) et le lycée Yves Leborgne (photo de droite) en Guadeloupe.



2.2 Aspects sécurité et santé

Avant de commencer les travaux, il est important de connaître les mesures de sécurité et sanitaires à prendre en compte.

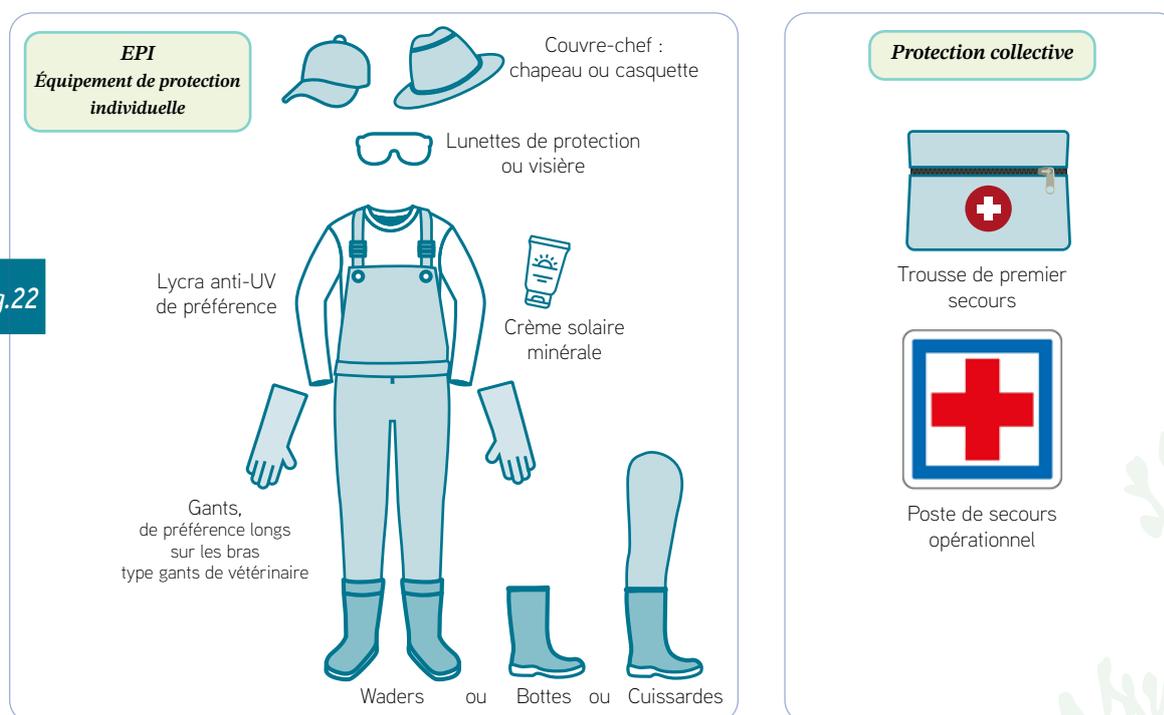
Les bonnes pratiques sur le chantier !

- Commencer les travaux en début de matinée (entre 6h et 7h du matin), avant qu'il ne fasse trop chaud ;
- Pour se déplacer dans la mare, sonder le sol afin d'évaluer sa profondeur et sa rigidité ;
- Toujours travailler en équipe ou au minimum en binôme ;
- Lorsqu'ils ne sont pas utilisés, les outils (fourches, râteau ...) doivent être posés avec les pointes vers le sol et stockés dans une zone dédiée ;
- S'hydrater régulièrement ;
- Faire des pauses et s'alimenter ;
- La présence d'enfants est proscrite sur les chantiers, sauf si un cadre et des tâches (non physiques) sont bien définis (ex. : participation d'une Aire Terrestre Éducative) ;
- Les chantiers avec mineurs sont recommandés à partir de 15 ans et toujours accompagnés d'encadrants expérimentés.



POINT SÉCURITÉ

La sécurité du chantier dépend essentiellement du port du matériel de protection individuelle et du respect des bonnes pratiques :



POINT SANITAIRE

Les mares peuvent être vectrices de maladies comme la leptospirose, ou être le réceptacle de divers polluants.

La leptospirose, maladie fréquente dans les milieux humides, est provoquée par une

bactérie contenue généralement dans les déjections de rongeurs (souris, rats).

Il est donc important de s'équiper en conséquence et d'éviter le contact avec l'eau en cas de blessures ou lésions de la peau.

Pour éviter une contamination, il est recommandé de prendre certaines précautions, avant, pendant et après le chantier :

Avant le chantier :

- Programmer le chantier en dehors des saisons des pluies. En période de pluie, la propagation de la leptospirose est favorisée par le ruissellement des eaux ;
- Faire un briefing sur les points sanitaires avec les participants.

Pendant le chantier :

- S'équiper correctement : waders, cuissardes, bottes, gants (de préférence longs jusqu'à l'épaule), visières ou lunettes anti-projections ;
- Protéger les plaies du contact de l'eau par des pansements étanches ;

- Éviter le contact avec l'eau en cas de blessures non protégées ;
- Se laver les mains régulièrement avec du gel hydroalcoolique (éviter les rejets d'eau savonneuse dans la mare).

Après le chantier :

- Laver la peau à l'eau douce et aux savons aux propriétés désinfectantes (ex. savon au soufre) ;
- Désinfecter les plaies ;
- Surveiller votre état de santé sur la période d'incubation (4 à 19 jours) ;
- En cas de fièvre survenant après un chantier, consulter un médecin en mentionnant l'activité.

3 Méthodologie globale de restauration

3.1 Dimensionner son chantier

Le dimensionnement du chantier, étape consistant à déterminer et planifier les ressources nécessaires pour mener à bien le projet, doit être entrepris en amont de celui-ci en collaboration avec les différents partenaires techniques.

Cette étape de prévisualisation du chantier permet l'analyse précise de la configuration et des problématiques du site, ainsi que l'identification des moyens

nécessaires et disponibles pour la mise en œuvre de l'action.

Il s'agit d'une étape indispensable dans la gestion de tout projet de restauration, car elle vise à garantir que les actions se déroulent de manière efficace, dans les délais impartis et en respectant les budgets alloués.

Le dimensionnement d'un chantier se compose de plusieurs points :



À l'issue du dimensionnement, il est ainsi possible d'élaborer un protocole d'intervention adapté aux paramètres identifiés.

3.2 Élaborer un protocole adéquat

Le protocole d'entretien ou de restauration doit intégrer tous les aspects de l'opération de la méthodologie d'action à la gestion des déchets, en passant par le nettoyage du

matériel. Le protocole élaboré fait office de schéma directeur de l'opération et doit alors retranscrire la démarche écologique du projet.

A Prendre en compte le contexte environnemental dans le protocole

Que ce soit pour l'entretien ou la restauration, les actions sur site doivent obligatoirement prendre en compte l'ensemble de l'écosystème, son fonctionnement, sa biodiversité ainsi que le milieu environnant.

Identifier et gérer les espèces potentiellement envahissantes dans le milieu environnant

Extraire les espèces présentes dans la mare a pour effet de créer un espace potentiellement disponible pour l'implantation d'autres espèces à proximité. Par conséquent, si le site est bordé par des EEE, il est primordial de gérer ces espèces physiquement proches avant d'intervenir sur la mare.

Apporter une réponse à ces problématiques extérieures est tout aussi important, voire prioritaire, à celles rencontrées dans la mare.

Ainsi, le protocole doit tenir compte de ces éléments perturbateurs et proposer des mesures de gestion de ces derniers.

L'objectif de cette approche vise à trouver une solution pérenne, permettant de résoudre le

problème à sa racine et ainsi d'empêcher qu'il n'affecte la mare à nouveau.

Ce cas de figure a été rencontré sur la mare de Taonaba (maison de la mangrove) dans la ville des Abymes en Guadeloupe.

Ce site présente une problématique de prolifération excessive de l'espèce indigène de jonc, *Eleocharis interstincta*.

Une régulation de l'espèce est donc nécessaire afin de ralentir le processus de comblement du milieu.

Cependant, cette mare se trouve cernée par deux espèces exotiques envahissantes, la jacinthe d'eau (*Pontedaria crassipes*) et le typha (*Typha domingensis*), situés dans la prairie humide à proximité et dans le canal de Belle-Plaine, en gestion par la communauté d'agglomération Cap excellence.

Dans cette situation, il est préférable que les EEE à proximité du site soient gérées avant d'intervenir sur la population de joncs indigènes dans la mare afin de ne pas libérer de la place, qui serait propice à être occupée rapidement par les EEE avoisinantes.

fig.23

Contexte environnemental de la mare de Taonaba - Schéma simplifié et modifié (d'après schéma issu du projet de Cap-Excellence « Entretien du canal de Belle plaine et gestion des EEE »).

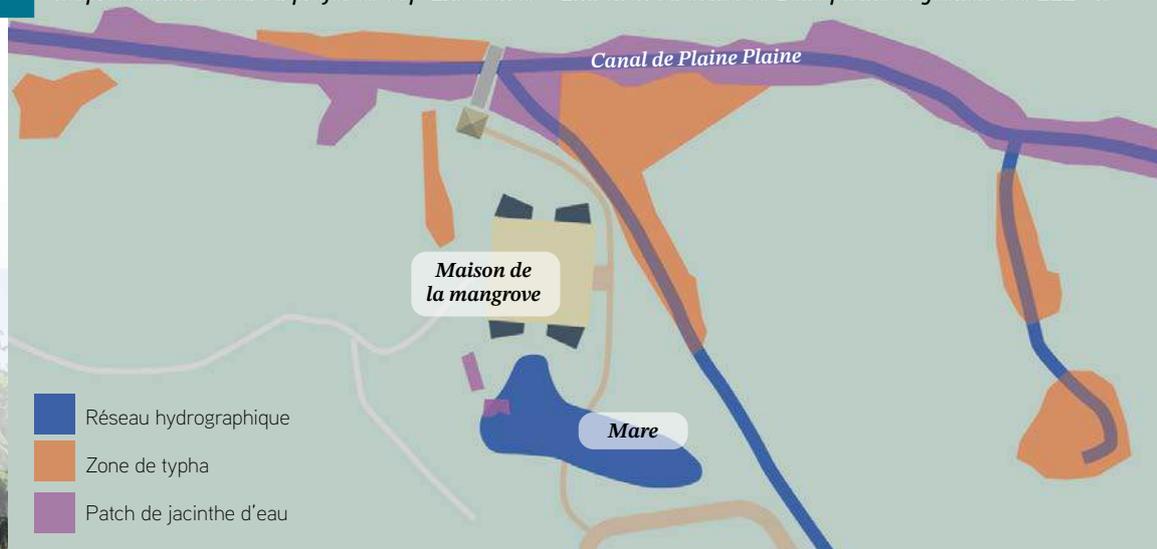


fig.24

Mare de Taonaba dans la ville des Abymes en Guadeloupe

Par conséquent, le protocole élaboré préconisait d'agir en 2 étapes :

1. Extraction de la jacinthe d'eau de la mare avec un suivi régulier pour éviter une potentielle recolonisation ;
2. Régulation de la population de joncs indigènes de la mare après la gestion des EEE dans le canal de Belle-Plaine.

Identifier les potentielles menaces ou éléments perturbateurs du milieu environnant

Le milieu environnant de la mare a une forte influence sur son fonctionnement, sa qualité ainsi que sur les espèces qui s'y installent. Identifier les facteurs extérieurs permet de comprendre les perturbations constatées ou d'anticiper celles à venir.

En plus des EEE, le milieu environnant d'une mare peut être affecté par des pollutions diverses. Le protocole doit tenir compte de ces aspects et proposer des mesures de gestion. Par exemple, la plantation d'espèces phyto-épurations en bord de mare peut être envisagée en cas de pollution afin d'améliorer la qualité de l'eau. Cependant, en cas de pollution avérée (ex. rejets d'eaux usées), il est préférable d'intervenir à la source du problème.

Choisir la bonne période d'intervention

Pour prévenir tout risque de dissémination de certaines espèces, telles que les EEE, il est préférable d'éviter d'intervenir durant la période de floraison ou de fructification pour éviter d'amplifier la dispersion des graines.

C'est notamment le cas du typha, *Typha domingensis*, qui produit des akènes (petites graines sèches) qui se propagent à la moindre secousse (Fig. 25).

fig.25 Akènes du *Typha* dispersés par le vent



EEE ou non, la floraison est une période cruciale pour de nombreuses espèces végétales. Intervenir pendant celle-ci peut perturber leur cycle de reproduction, ainsi que les interactions qu'elles ont avec certaines espèces animales (ex. pollinisateurs).

Afin de préserver les espèces de faune occupant les mares, les opérations de restauration doivent se faire en dehors des périodes de reproduction et de nidification, voire de migration si la mare est fréquentée par des oiseaux migrateurs.

Ainsi, avant d'intervenir, une bonne connaissance du site d'intervention et des espèces animales indigènes représentées est nécessaire pour éviter que les interventions de restauration n'aient des effets délétères.

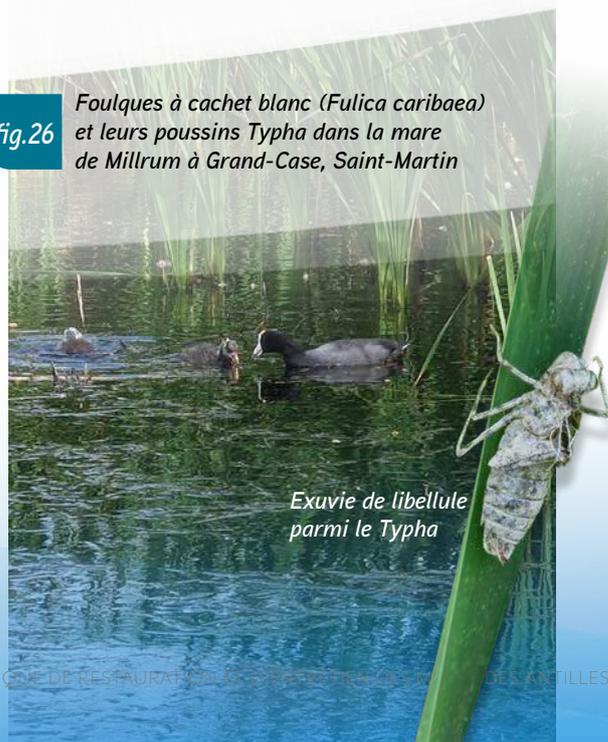
Certaines espèces, telles que les poules d'eau (*Gallinula chloropus*) ou les foulques à cachet blanc (*Fulica caribaea*), utilisent la végétation présente dans la mare pour faire leur nid, pondre, ou, comme pour les libellules et les demoiselles (Fig. 26), passer du stade larvaire au stade adulte.

Cependant, les mares abritent plusieurs espèces aux cycles de vie différents et il n'est pas toujours aisé d'identifier l'intervalle de temps idéal pour réaliser l'intervention.

De plus, en raison des effets du changement climatique et de diverses pressions anthropiques, les saisons de floraison de certaines espèces végétales ne sont plus nettement définies, et les périodes de reproduction, notamment de certaines espèces aviaires, ne suivent plus de calendrier précis.

fig.26

Foulques à cachet blanc (*Fulica caribaea*) et leurs poussins *Typha* dans la mare de Millrum à Grand-Case, Saint-Martin



Exuvie de libellule parmi le *Typha*

C'est pourquoi il est important d'utiliser des méthodes douces (peu voire pas impactant) et minutieuses et d'adapter son intervention en fonction des observations du milieu en temps réel.

Le projet REMA a d'ailleurs été confronté à une telle situation sur la mare de Millrum à Saint-Martin dont la problématique majeure est la prolifération du typha (*Typha domingensis*).

En théorie, la floraison de cette plante se produit entre mai et septembre. Par conséquent, l'intervention a été planifiée en février 2023 en dehors de cette période et en dehors de la période de reproduction en avril de la fougère à cachet blanc, une des espèces d'oiseaux observées sur ce site.

Cependant, il a été constaté sur le terrain que la majorité des typhas étaient en pleine floraison, avec des fleurs (massettes) matures. L'intervention a donc porté uniquement sur l'élimination des jeunes individus sans massettes, afin d'éviter la dispersion de cette EEE.

Cet exemple illustre la complexité de la planification des interventions dans un écosystème où les espèces, animales et végétales, aux cycles de vie variés, interagissent et sont également affectées par le changement climatique.

La réalité des contraintes inhérentes au terrain conduit très régulièrement à (ré)ajuster la démarche de gestion qui reste adaptative pendant la mise en œuvre des mesures de restauration, en particulier lorsque celles-ci incluent des interventions conduites sur les EEE pour lesquelles peu de retours d'expériences sont encore disponibles et implique d'expérimenter sur le terrain.

Savoir reconnaître les espèces végétales à préserver

Une mare est composée d'un cortège floristique spécifique qu'il est nécessaire de préserver pour plusieurs raisons, comme le maintien de la biodiversité, la stabilisation des berges, la conservation de zones de refuge ou tout simplement la qualité paysagère. En voici quelques-unes à conserver :



fig.27

Mare Millrum à Saint-Martin, avec le Typha en fleurs et une famille de fougères d'Amérique

fig.28 Quelques espèces du cortège floristique de mares à préserver



Utriculaire gibbeuse
Utricularia gibba



Les girofles mares
Ludwigia octovalvis
Ludwigia hyssopifolia



Les cyperacées
Cyperus sp.



Les juncs
Eleocharis mutata /
Eleocharis interstincta



Les nénuphars
Nymphaea sp

B Préparer le matériel de base

Avant toute opération, il est important de connaître l'effectif des participants aux chantiers nature afin de lister correctement les équipements nécessaires et cela en nombre suffisant.

Équipement individuel (fig. 22 page 44) :

- Waders, cuissardes, bottes
- Gants, de préférence longs sur les bras type gants de vétérinaires
- Lunettes de protection ou visière
- Couvre-chef : chapeau ou casquette
- Protection solaire : lycra anti-UV (de préférence) ou crème solaire minérale
- Ravitaillement en eaux (gourdes)

Outils :

- Fourches à bêcher
- Râteaux
- Fourches à bec
- Épuisettes
- Machettes
- Corde d'au moins 15m de préférence
- Petite embarcation (si besoin)

Gestion des déchets :

- Sacs à végétaux, big bags ou contenants de récupération pouvant être fermés

Nettoyage :

- Brosses
- Seaux
- Point d'eau douce

En plus de ce matériel de base, la liste des équipements nécessaires à l'opération sera à ajuster selon la problématique rencontrée et la configuration du site.

C Gestion des déchets verts

Planifier en amont de toute intervention, la gestion des déchets verts, en particulier lorsqu'il s'agit d'EEE, est obligatoire.

Il faut ainsi anticiper :

- L'achat de contenants avec fermeture,
- Le transport,
- La méthode de traitement la plus adéquate en fonction de l'espèce.

Il faut identifier les acteurs pouvant récupérer, acheminer et traiter les déchets verts issus du chantier. Certains organismes peuvent assurer l'ensemble de ces services.

La gestion des déchets verts issus de zones humides

Les zones humides par définition sont des points bas, réceptacles des écoulements et des ruissellements divers (eaux usées, eaux pluviales, eaux de ruissellements superficiels...). C'est pourquoi, dans les mares, les eaux peuvent contenir plusieurs types de polluants : métaux lourds (Pb, Ba, Li, Al, As, Co, Ti, Hg), pesticides, HAP, médicaments... Les végétaux aquatiques, et en particulier les EEE présentes dans les mares (soit dans le plan d'eau, soit sur les berges) ont la capacité d'accumuler de nombreux polluants et notamment des métaux lourds comme le montrent les travaux de Maguy Delorme sur la Jacynthe d'eau (Dulorme et al., 2019). C'est pourquoi, la gestion et le devenir des déchets verts provenant des actions entreprises dans le cadre du projet REMA a été l'une des principales contraintes à laquelle il a fallu faire face.

En effet, aux Antilles, il n'y a que trop peu de structures qualifiées pour assurer le traitement de ces déchets pollués. La présence de ces substances chimiques ou métaux lourds rend impossibles les solutions de traitement ou de valorisation comme l'enfouissement ou le compostage. Sans analyse préalable, il est donc strictement déconseillé de valoriser ces déchets verts par ces méthodes. Par ailleurs, dans le cas où un compostage est possible (espèces d'EEE exemptes de polluant), il faut impérativement le faire éloigner de toutes zones humides afin d'éviter de les contaminer.

Pour certaines espèces, notamment pour le typha et le cypérus, l'incinération représente l'alternative la plus adaptée pour détruire de façon efficace les graines et les propagules. Pour rappel, selon l'article 84 du Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT), il est strictement interdit de brûler les déchets verts à l'air libre, car la combustion des végétaux libère des polluants nocifs pour l'environnement et la santé humaine. Par conséquent, l'incinération doit impérativement se faire dans une infrastructure appropriée permettant de filtrer les fumées et de traiter les résidus de cendres. Durant le projet, la seule entreprise qui a été clairement identifiée pour réaliser une telle opération est l'entreprise SARP Caraïbe basée en Guadeloupe. Celle-ci procède à la récupération des déchets verts puis les expédie en France Hexagonale pour incinération.

Ce manque de structure adaptée et ce processus de traitement mettent en évidence une incohérence entre l'action de préservation de l'environnement réalisée et le bilan carbone du traitement de ces déchets.

Néanmoins, lorsqu'il s'agit d'EEE, il convient de prendre certaines précautions supplémentaires concernant le transport et de s'assurer que le traitement appliqué soit pertinent en fonction de l'espèce et du milieu.

Ces espèces exogènes ont souvent la capacité d'absorber les polluants (métaux lourds, hydrocarbures, chlrodécones...) contenus dans l'eau, ce qui rend leur traitement et revalorisation difficiles, par exemple pour le compostage.

Pour la majorité des EEE, l'incinération est alors la seule solution permettant d'éliminer sans risque de dispersion les individus prélevés.

Dans l'idéal, la structure de traitement doit pouvoir assurer :

- La filtration de la fumée : des polluants et des graines de certaines espèces, comme le typha, peuvent être transportés par la fumée lors de l'incinération. Un filtre est donc nécessaire pour retenir ces particules ;
- Le traitement des cendres et des particules pouvant contenir des polluants. Dans les Antilles françaises, ces résidus d'incinération sont souvent envoyés vers l'Hexagone dans un centre de traitement spécialisé.

D Indispensable : le nettoyage en fin d'opération

Que ce soit pour l'entretien ou la restauration, à la fin de chaque chantier, il est essentiel de nettoyer le matériel collectif et individuel sur place (Fig. 29).

En effet, si la présence d'EEE est observée, cette étape est incontournable.

Le nettoyage doit se faire impérativement sur site pour éviter toute dissémination en dehors de celui-ci.

Le matériel doit être nettoyé à l'eau douce à l'aide d'une brosse.

Le nettoyage des bottes et chaussures doit être fait en prenant soin de retirer la matière entre les rainures des semelles.

L'utilisation d'eau salée ou d'eau javellisée pour nettoyer le matériel dans le but d'éliminer les EEE restantes est à proscrire. L'apport de ce type d'eau dans un milieu d'eau douce ajoute un risque de détérioration de celui-ci.

Pour le nettoyage, prévoir :

- Brosses
- Sauts/bassines
- Point d'eau
- Chaussures de rechange

Nettoyage du matériel **fig.29**



4 Différentes problématiques rencontrées sur les mares des Antilles : que faire ?

4.1 Élimination des espèces exotiques envahissantes

Pour l'élimination des espèces invasives dans un milieu, il faut respecter ces 6 points importants :

- **Intervenir hors période de floraison/fructification,**
- **Ramasser les fragments et petits individus d'EEE en fin d'opération,**
- **Respecter les mesures de précaution pour éviter la dissémination des EEE (nettoyage sur place, transport dans un contenant fermé),**
- **Ne pas laisser de déchets verts sur place, sans moyen d'empêcher la dissémination (ex. : bâche),**
- **S'assurer de la bonne gestion des déchets verts,**
- **Réitérer les opérations jusqu'à ce qu'aucun individu ne soit plus observé dans le milieu.**

A Espèces flottantes

Ces espèces aquatiques sont toutes des hydrophytes, c'est-à-dire des plantes en partie ou totalement immergées dans l'eau. Ces végétaux ont développé diverses adaptations morphologiques contribuant à maintenir leur flottabilité : feuilles denses et charnues, parfois disposées en rosette (ex. laitue d'eau), poils hydrofuges permettant d'emprisonner des bulles d'air (ex. salvinie géante), ou encore racines flottantes.

Leur système racinaire est de petite taille, et leur permet de capter les nutriments dans l'eau.

Comme pour la plupart des EEE, ces espèces ont une forte capacité de reproduction et une croissance rapide qui aboutit à la formation de colonies denses sur toute la surface du plan d'eau.

Dans les mares, ces espèces provoquent une couverture du plan d'eau et asphyxient le milieu. D'un point de vue sanitaire, leur développement crée un milieu favorable au développement des larves de moustiques et d'autres agents pathogènes.

La prolifération de ces EEE contribue également au comblement des mares, les empêchant alors d'exercer leur fonction de bassin de rétention d'eaux pluviales, ce qui peut augmenter le risque d'inondation. (Source : Guide des EEE de Martinique)

Néanmoins, l'extraction des espèces flottantes est relativement simple par rapport aux végétaux enracinés, et ne nécessite pas d'outils puissants lors des travaux.

• La Salvinie géante (*Salvinia Molesta*)



Originnaire du sud-est du Brésil, la Salvinie géante est une fougère aquatique flottante, classée parmi les 100 EEE les plus préoccupantes au monde.

En Martinique, elle a été observée pour la 1^{re} fois dans les années 2000, chez des particuliers et en milieu naturel (mares, étangs). L'espèce, privilégiant les zones humides d'eau douce à faible courant (lacs, mares, étangs, canaux), est actuellement en pleine expansion sur le territoire notamment par le biais de la dissémination par fragmentation.

Écologie de l'espèce

Avec des spores stériles, la Salvinie géante se reproduit par multiplication végétative, qui peut conduire à un doublement de la biomasse en seulement 3 ou 4 jours. Son développement est également favorisé par une température élevée et un ensoleillement important, conditions rencontrées dans les milieux tropicaux. (Source : Guide des EEE de Martinique)

La dispersion de l'espèce se fait par l'eau lors de crues ou des animaux de passage comme

les oiseaux, mais aussi et surtout au travers des activités humaines telles que l'aquariophilie.

Particularité de l'espèce

Une fois qu'elle s'est propagée et a recouvert entièrement la surface de l'eau, la salvinie géante poursuit son développement en formant des tapis denses, se superposant les uns sur les autres. Les individus se trouvant sur la couche supérieure ne sont plus en contact direct avec l'eau et leur couleur passe du vert au marron.



Retour d'expérience : gestion de la salvinie géante en Martinique

Dans le cadre du projet REMA, les expérimentations de gestion de cette espèce ont été menées sur la mare de Pont Café, à Sainte-Luce. Le porteur de projet sur ce site est représenté par la ville, au travers de son Projet Waliwa et de sa brigade de l'environnement.

Description du site d'expérimentation

La mare de Pont Café, d'une superficie de près de 250 m², est l'une des rares mares inscrites en zone N au Plan Local d'Urbanisme.

Cette mare urbaine est connectée en aval avec une forêt littorale via un trop-plein.

La position de cette zone humide au sein de la ZAC de Pont Café lui confère un rôle de bassin de rétention des eaux pluviales.

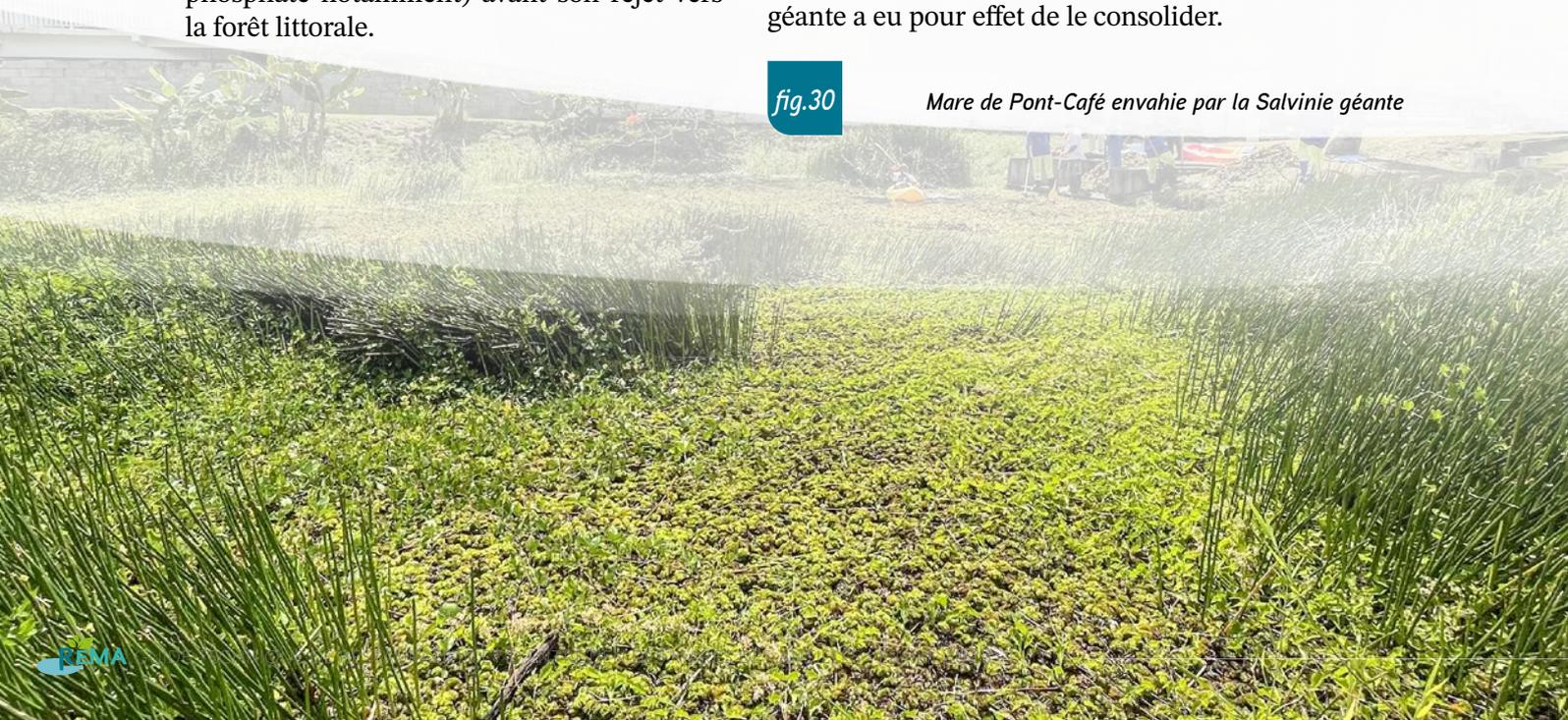
La flore indigène est essentiellement constituée de l'espèce de jonc *Eleocharis mutata*, qui permet la filtration de l'eau (azote et phosphate notamment) avant son rejet vers la forêt littorale.

Cependant, la mare de Pont Café a été colonisée par la salvinie géante et a vu son plan d'eau totalement recouvert par un tapis d'environ 80 cm d'épaisseur.

Cet épais tapis formé par la fougère aquatique, a servi de substrat flottant rendant possible l'implantation d'autres espèces indigènes telles que la liane américaine (*Mikania micrantha*), la comméline diffuse (*Commelina diffusa*) et le girofle mare (*Ludwigia octovalvis*). Ces dernières sont parvenues à s'enraciner et à se développer sur le plan d'eau, même en son centre. L'étalement de la liane sur le tapis de salvinie géante a eu pour effet de le consolider.

fig.30

Mare de Pont-Café envahie par la Salvinie géante



Restauration de la mare de Pont Café et gestion de la salvinie géante

Du fait de la superficie de la mare et des moyens techniques et humains disponibles, ce chantier visait le retrait de tous les individus et fragments de salvinie de la mare.

1 Éliminer les obstacles tels que les éléments émergents du plan d'eau

Il s'agit d'une étape importante pour permettre la libre circulation de la salvinie géante du plan d'eau vers les berges et également améliorer la visibilité des fragments ou petits individus.

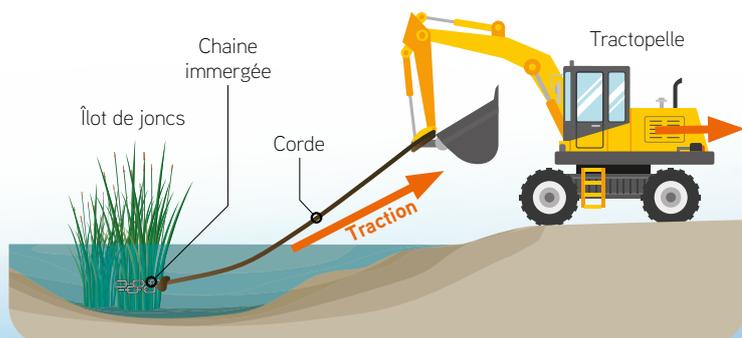
Dans le cas de la mare de Pont-Café, en formant des îlots denses, le jonc constituait un obstacle pour l'acheminement de la salvinie géante jusqu'aux berges. D'autre part, ses tiges aériennes piègeaient les parties les plus petites de salvinie, rendant l'opération plus ardue. Retirer ces îlots de jongs un peu trop denses était donc une étape préalable indispensable pour ramener la salvinie vers les berges afin de l'extraire du milieu.

Bien que le jonc soit indigène et indispensable au maintien de la qualité de l'eau, il était nécessaire de désépaissir les îlots les plus denses dans lesquels se logeaient des bouts de salvinie géante. Une partie des racines a néanmoins été laissée pour permettre la repousse ainsi que quelques îlots plus clairsemés.

Les tiges des îlots de taille modérée ont été coupées à la base au coutelas, mais cette méthode manuelle est très énergivore. Une seconde méthode alliant moyens manuels et mécaniques a été choisie : une chaîne, une corde et une tractopelle ont donc été utilisées. Les îlots de jonc ont été entourés par

fig.31

Méthode de coupe du jonc pour libérer les éléments émergents du plan d'eau



la chaîne et la corde en prenant soin de bien les positionner à la base des tiges (le poids de la chaîne maintenant le système immergé). Puis la corde a été attachée à la tractopelle afin de tracter l'ensemble et extraire les jongs de la mare (Fig. 31).

En tirant avec la tractopelle, la corde se resserrant sur le jonc a pour effet de couper les tiges sans les déraciner. Le tas de tiges est maintenu grâce à la corde et la chaîne resserrée, ce qui permet de le ramener sur les berges.

À noter que l'utilisation d'une petite ancre tractée par l'engin pour arracher le jonc a été testée : cela ne s'est pas révélé concluant et de plus, mal utilisé, cet outil peut percer le fond de la mare. Par conséquent, l'utilisation d'ancre est à proscrire.

2 Extraction de la salvinie géante du milieu

Une fois le plan d'eau libéré de ces obstacles, la salvinie peut être acheminée vers les berges. Pour réaliser au mieux cette opération, il est nécessaire de diviser les effectifs en deux postes de travail : l'un dans la mare (acheminement) et l'autre sur les berges (réception et extraction).

Si la salvinie forme un épais tapis, l'entrée et la circulation dans la mare peuvent s'avérer difficiles, voire impossibles, en particulier avec un kayak. Il faut donc agir par étape, depuis les berges vers le centre, en dégagant progressivement la salvinie à l'aide du matériel manuel de base (fourches, râteliers, etc....) afin de déconsolider le tapis.

L'EEE a ensuite été rapatriée vers les berges à l'aide de 3 dispositifs réfléchis et conçus par l'ensemble des participants :

• Un grappin :

Confectionné à l'aide d'une corde attachée à une fourche courbée, celui-ci a permis de rapatrier sur le bord des îlots de taille moyenne.



fig.32

Utilisation du grappin

La fourche doit être solidement enfoncée dans l'amas de salvinie puis tirée à l'aide de la corde par les participants positionnés sur les berges.

- **Un râteau flottant :**



fig.33 Râteaux flottants

Sur la même logique que le grappin, le râteau flottant conçu et mis au point pour l'occasion par l'équipe REMA et les bénévoles a permis de rapatrier de plus grands îlots. Celui-ci était utilisé principalement dans les zones difficilement praticables à pied. Il était donc transporté en kayak vers la zone ciblée puis largué dans la mare.

- **Un filet de pêche :**



fig.34 Installation et utilisation du dispositif

Inspirée de la pêche traditionnelle à la senne de Martinique, la dernière technique utilisée pour la restauration de cette mare consistait à installer un filet de pêche de part et d'autre de celle-ci. Pour que cette technique fonctionne, une partie du filet doit flotter

à la surface et l'autre doit être immergée de quelques centimètres.

Une fois le filet mis en place, celui-ci doit être tiré depuis les berges par les participants, permettant ainsi l'extraction d'une grande quantité de végétaux en peu de temps (Fig. 34). Retenue par les mailles du filet lors de la traction, les bouts de salvinie pouvaient être extraits plus facilement. Un kayak peut être nécessaire pour suivre le dispositif et assurer sa tenue. Cette méthode a été de loin la plus efficace des trois. La salvinie géante a ensuite été sortie de l'eau à l'aide de fourches, râteaux, et épuisettes puis déposée sur les berges (Fig. 35). Les tas formés ont été transportés en camion vers l'espace d'enfouissement des déchets verts de la ville.



fig.35 Entassement de la Salvinie sur la berge après extraction de la mare

Une fois les travaux de gros œuvre réalisés, l'étape finale, indispensable, est celle du passage à l'épuisette (fig. 36). Elle a pour objectif d'extraire du milieu chaque fragment de salvinie, aussi petit soit-il, afin d'empêcher un nouvel envahissement de la mare. Un passage régulier à l'épuisette est recommandé pour assurer la durabilité de l'action réalisée.

À la suite des travaux, il est préconisé de renouveler ces opérations de ramassage chaque semaine. Cela permet d'observer la dynamique de repeuplement de l'espèce et d'anticiper les besoins d'entretien. Lors des différents passages, si le nombre d'individus ramassés diminue au fur et à mesure, la fréquence d'intervention peut alors être espacée



fig.36 Ramassage de la salvinie géante à l'épuisette

progressivement. Sur la mare de Pont Café, un suivi mensuel a remplacé le suivi hebdomadaire à partir du moment où plus aucun spécimen n'a été observé sur le site. Dans ce lieu situé en littoral, il se peut qu'avec la saison des pluies, certains petits individus aient été évacués par le trop-plein de la mare vers la forêt en aval. Mais ce milieu étant salé, la salvinie géante n'a pu y survivre et aucun individu n'y a été observé.

3 Gestion des déchets verts

Sur ce site, les amas de salvinie géante ont été acheminés dans un espace dédié à l'enfouissement des déchets verts de la ville. Bien entendu, ce site est éloigné de toute zone humide ou point d'eau, ou cette espèce, ne supportant pas d'être exondée, ne peut ni survivre ni se reproduire.

L'évacuation en déchetterie et le compostage sont également des solutions envisageables pour le traitement de ces déchets verts. Toutefois, en ce qui concerne le compostage, il est impératif de garantir que les individus prélevés soient dépourvus de polluants.

4 Résultats, suivi et perspectives

Sur ce site, les amas de salvinie géante ont été coordonnés par l'équipe REMA, l'extraction de

la salvinie géante de la mare de Pont Café a nécessité 5 jours d'intervention entre mai et juin 2023 grâce à la mobilisation d'une vingtaine de personnes issues de diverses structures :

- Une élue et la brigade de l'environnement de la ville de Sainte-Luce ;
- L'association Citoyenne Lucéenne (ACL) ;
- L'association des Guides de Moyenne Montagne (GMM) ;
- L'association Roots of The Sea,
- Association de Sainte-Luce des Usagers de la Mer (AsSuMer).

En tant que porteur de projet, la ville de Sainte-Luce a fait le choix de faire appel uniquement à des bénévoles d'association pour des raisons d'assurance. Ainsi, en cas de blessure ou autre problème survenant lors des opérations, chaque participant est assuré par son association.



fig.37 Mare de Pont Café restaurée le 3 juin 2023

À l'issue des opérations, la mare a totalement été libérée de l'espèce exotique envahissante (Fig. 35). Les effets bénéfiques sur la faune ont immédiatement été observés avec le retour des odonates et de l'avifaune.

Plus d'un an et demi après les travaux, aucune salvinie géante n'a été observée. Par ailleurs, les joncs coupés ont repoussé et assurent à nouveau leur rôle de filtration de l'eau (Fig. 38). Il faut désormais assurer leur entretien régulier.

Reportage vidéo
de la restauration



fig.38 Mare de Pont Café le 13 juillet 2023

• La laitue d'eau (*Pistia stratiotes*)

Plante aquatique flottante appartenant à la famille des Aracées, la laitue d'eau se retrouve principalement dans les régions tropicales et subtropicales et affectionne les eaux stagnantes ou à faible courant, comme les étangs, les mares, les rivières lentes et les marais.

Très appréciée comme plante ornementale dans les bassins ou les aquariums, et fréquemment utilisée pour ses propriétés de filtre dépolluant en phytoremédiation, la Laitue d'eau s'est rapidement propagée au niveau mondial et fait désormais partie des 100 espèces les plus invasives.

Écologie de l'espèce

Bien qu'elle soit capable de se reproduire par voie sexuée (graines), elle utilise essentiellement la voie végétative à l'aide de ses stolons ou par fragmentation.

Cette espèce occupe majoritairement les eaux chaudes, généralement entre 22 et 30°C au pH légèrement acide, et son développement est favorisé par les apports en nutriments dans le milieu. Sa croissance peut être freinée dans les zones ombragées.

Comme pour la salvinie géante, sa dispersion peut se faire notamment par l'intermédiaire de l'eau ou par les animaux.



Particularité de l'espèce

Cette espèce est comestible par le bétail. Cependant, sa capacité à accumuler des polluants peut la rendre impropre à la consommation.

Avant de l'utiliser pour l'alimentation animale, il faut s'assurer de la qualité de l'eau, de la mare et faire analyser la laitue d'eau.



fig.39 Porc mangeant de la Laitue d'eau de la mare de Ma Granmèzon à Sainte-Anne en Guadeloupe

fig.40

État initial de la mare de Ma Granmèzon en vue aérienne



Retour d'expérience : gestion de la laitue d'eau en Guadeloupe

Les expérimentations de gestion de cette espèce ont été menées en Guadeloupe sur la mare de Ma Granmèzon située dans la ville de Sainte-Anne.

Le porteur de projet était représenté par le Lycée Yves Leborgne, à travers son programme intitulé « un éco-projet pour ma Guadeloupe » et géré par les éco-délégué(e)s de l'établissement.

Pour mener à bien cette initiative, le lycée s'est entouré de nombreux partenaires, dont la commune de Sainte-Anne.



Description du site d'expérimentation



fig.41 Plan d'eau vu de près totalement recouvert de Laitue d'eau

Ma Granmèzon est une mare urbaine d'une superficie d'environ 3000 m², bordée par des habitations et une route, et située à proximité d'un parc à cochons (Fig. 39).

Sur ce site, la végétation indigène était impactée par la présence d'espèces exotiques envahissantes.

En effet, le plan d'eau a été colonisé par la laitue d'eau, ce qui a bénéficié au typha (*Typha domingensis*) qui s'est implanté par-dessus.

Quant aux berges, elles ont été totalement colonisées par l'espèce d'épineux indigène *Mimosa pigra*, sur tout le pourtour de la mare.

Restauration de la mare de Ma Granmèzon et gestion de la laitue d'eau

1 Dégagement des épineux en bord de berges

Compte tenu de la configuration du site, ôter les épineux de la rive est la 1^{re} action à entreprendre afin de faciliter la circulation

des participants et permettre l'extraction de la laitue d'eau.

Pour les épineux situés sur les berges, il est préférable de les déraciner, ce qui peut nécessiter l'utilisation d'une tractopelle légère. Pour les individus implantés dans les zones en eau, les troncs peuvent être coupés à l'aide d'une tronçonneuse ou d'un sécateur.

À noter que ces derniers, ne pouvant être déracinés, une partie de leur tronc doit être laissée hors de l'eau, de manière à être visible, et ainsi prévenir d'éventuelles blessures.

L'utilisation de la tractopelle doit se faire en dernier recours, car son passage aura pour conséquence de détruire les berges. Il est donc primordial de prévoir une remise en état de celle-ci après les opérations.

2 Extraction de la laitue d'eau

Une fois le dégagement des berges terminé, la Laitue d'eau peut être extraite en 2 étapes :

- Celles à proximité des berges doivent être sorties à l'aide de fourches et de râtaux, libérant ainsi l'espace pour le passage de kayaks (Fig. 42) ;



fig.42 Extraction de la Laitue d'eau depuis les berges par les éco-délégués et Marianne Grandissons, conseillère municipale

- Une fois le plan d'eau rendu accessible, la technique utilisée pour extraire la laitue d'eau du milieu a été inspirée de l'opération réalisée sur la salvinie géante.

La surface de l'eau étant totalement recouverte par l'EEE, la méthode adoptée consiste à créer des îlots dans le tapis de Laitues d'eau et de les rapatrier vers les berges. Pour ce faire, l'utilisation de deux kayaks reliés par une corde fixée à l'arrière des embarcations est nécessaire (cette idée fut proposée par une des lycéennes éco-déléguées). L'un des kayaks doit se frayer un chemin à travers les Laitues d'eau, en utilisant la pagaie pour désolidariser le tapis végétal, et encercler l'îlot formé avec la corde (Fig. 43). En parallèle, le second kayak, statique, peut ramasser des Laitues d'eau à proximité et les stocker sur l'embarcation.



fig.43 Schéma de la méthode de formation d'un îlot de laitue d'eau à l'aide de deux kayaks et une corde

Puis une fois l'îlot formé et encerclé, les deux kayaks doivent se diriger vers les berges en le tractant.

Sur la mare de Ma Grandmézon, cette manipulation a été possible, car, d'après les observations faites sur le terrain, contrairement à la salvinie géante, la laitue d'eau ne prolifère pas en formant plusieurs couches superposées.

Les individus se développent côte à côte, se serrant les uns contre les autres.



fig.44 Extraction de la laitue d'eau à l'aide d'une corde

Par conséquent, une fois l'ensemble désolidarisé, il est relativement aisé d'évoluer sur le plan d'eau.

De plus, la Laitue d'eau étant suffisamment volumineuse, les individus tractés restent sous l'emprise de la corde sans passer par-dessus.

La corde est ensuite détachée de l'arrière des kayaks et le rapatriement se termine à la main (Fig. 44). Pendant l'extraction des Laitues d'eau à l'aide de fourches et de râteliers, l'îlot doit être fermement maintenu pour éviter que le tas formé ne se disperse.

Avant de les déposer sur les berges, les plantes doivent être secouées dans l'eau afin de permettre aux petits organismes aquatiques de retomber dans la mare.

Cette méthode d'extraction s'est avérée très efficace et a permis de libérer de grandes portions du plan d'eau en peu de temps. Ces zones libérées ont ensuite été passées à l'épuisette pour ramasser les derniers fragments restants.

3 Gestion des déchets verts

Les laitues d'eau sorties du milieu ont été récupérées par une tractopelle et déposées dans une benne gérée par Sinnoval, entreprise en partenariat avec la ville de Sainte-Anne pour la gestion des déchets verts.

En termes de traitement, si les individus prélevés sont dépourvus de contaminants, cette espèce peut être enfouie ou compostée. Mais le compostage doit impérativement se faire en dehors de toute zone humide.

La Laitue d'eau peut également être utilisée en fourrage pour les animaux.

4 Résultats, suivi et perspectives

L'équipe du projet REMA est intervenue sur cette mare deux demi-journées les 29 et 30 avril 2023. À la suite de ces premiers jours de chantier, avec un protocole affiné et maîtrisé par les participants, d'autres opérations ont été organisées par le porteur de projet les 26 mai, 17 et 18 juin 2023, avec la participation des lycéens et des riverains (Fig. 43).

Ainsi, une trentaine de personnes ont été mobilisées pour chacun des chantiers, avec des représentants des structures suivantes :



fig.45 Chantier des restaurations de la mare avec le lycée agricole (photo de gauche) et les riverains (photo de droite).

- Le lycée Yves Leborgne,
- le lycée agricole de Sainte-Anne,
- la ville de Sainte-Anne,
- l'association Rézilyans 971,
- l'association Clean My Island,
- des riverains bénévoles.

Pour l'aspect sécuritaire, l'Union Nationale des Associations de Secouriste et Sauveteurs (UNASS) était également présente.

À l'issue de ces opérations, les épineux présents sur les berges ont été extraits du milieu et la laitue d'eau a été retirée sur près de 800 m² (Fig. 45).

Le lycée Yves Leborgne a poursuivi ses efforts de restauration et valorisation de cette mare avec la mise en œuvre de chantiers et d'actions de sensibilisation.

Cette mare ayant une grande superficie, sa restauration totale demandera beaucoup de temps et d'efforts. La principale difficulté dans ce projet réside dans la programmation des chantiers qui est dépendante du calendrier scolaire et de la disponibilité des élèves.

C'est pourquoi il est recommandé d'organiser des chantiers à intervalles serrés et de mettre en œuvre des suivis réguliers pour éviter la recolonisation du milieu par des EEE qui n'auraient pu être extraites lors de l'intervention.

Pour une meilleure efficacité, un barrage flottant aurait pu être installé afin de limiter la progression de la Laitue d'eau et maintenir la surface d'eau libérée.

Il serait également nécessaire de diminuer les apports en nutriments dans le milieu, notamment en assurant la bonne gestion des eaux usées des habitations à proximité et en éloignant le parc à cochons de la mare.

Pour cela, la sensibilisation des riverains et l'implication de la commune sont primordiales.

Par conséquent, le lycée Yves-Leborgne et la commune de Sainte-Anne réfléchissent conjointement à la mise en place d'une gestion durable de cette mare.



fig.46 Évolution des travaux sur la mare de Ma Granmèzon



fig.47 Mare de Ma Granmèzon, 2 mois après l'arrêt des travaux

• La jacinthe d'eau (*Pontedaria crassispes*)

Classée elle aussi parmi les 100 espèces les plus invasives au monde, la jacinthe d'eau est originaire du Brésil et a été introduite dans toutes les régions tropicales pour des raisons ornementales et pour ses propriétés dépolluantes.

Écologie de l'espèce

Par les stolons situés à la base des feuilles, la jacinthe d'eau se reproduit principalement de façon végétative et peut doubler sa biomasse en 6 à 18 jours.

Cette espèce est capable de supporter d'importantes fluctuations du niveau d'eau et peut survivre dans le sédiment humide de zones exondées.

Pour son développement, elle a besoin d'être exposée au soleil. Sa propagation est donc considérablement restreinte, voire impossible, dans les zones ombragées.

Particularité de l'espèce

Par ses longues tiges pouvant atteindre 50 cm de hauteur et son importante capacité de production de biomasse, la jacinthe d'eau offre des possibilités de valorisation des déchets verts issus des opérations de restauration. Aux Philippines, à Madagascar, au Bénin et dans de nombreux autres pays, la



lutte contre cette plante aquatique implique la valorisation de ses déchets verts, notamment pour la fabrication de produits artisanaux (vannerie) ou encore pour la production de biogaz ou biocarburant. Cette démarche permet de rentabiliser les opérations de nettoyage qui peuvent être onéreuses sur les zones humides de grande surface.

Cependant, il est important de noter que l'utilisation de la jacinthe d'eau doit être gérée avec précaution pour éviter la dissémination de cette plante envahissante dans de nouveaux habitats.



Mare de Taonaba

Retour d'expérience : gestion de la jacinthe d'eau en Guadeloupe

Les expérimentations sur cette espèce ont été menées dans la mare de Taonaba (Maison de la Mangrove), située dans la ville des Abymes, porteur du projet à travers son service biodiversité et animation touristique.

Description du site d'expérimentation

Cette mare située dans une zone naturelle, en amont d'une vaste forêt marécageuse à mangle médaille (*Pterocarpus officinalis*) est non loin d'une prairie humide et du Canal de Belle Plaine. Comme énoncée précédemment (voir page 44), la mare connaît une forte prolifération de joncs de l'espèce indigène *Eleocharis interstincta*, ainsi qu'un début d'invasion de Jacinthe d'eau, tout en étant cernée par des EEE dans le canal de Belle-Plaine et la prairie humide.

Ainsi, pour éviter que les EEE ne colonisent le milieu, la régulation du jonc ne peut se faire sans une gestion au préalable de ces espèces dans le cours d'eau à proximité de la mare. Les expérimentations sur ce site se sont donc concentrées uniquement sur la gestion de la jacinthe d'eau afin d'endiguer son expansion dans la mare, ainsi que sur les EEE dans la prairie humide voisine. Dans le protocole général sur cette mare, la gestion de la jacinthe d'eau constitue la première étape de restauration, la deuxième étant la régulation du jonc.

Restauration de la mare de Taonaba et gestion de la jacinthe d'eau

1 Extraction de la jacinthe d'eau

Dans la mare, les participants bien équipés (Cf, chapitre 3, 3.2.b), ont été mobilisés pour extraire manuellement la jacinthe d'eau, tout en évitant la fragmentation de celle-ci en la manipulant. Avant leur extraction de la mare, les racines ont dû être secouées dans l'eau afin de faire retomber les petits organismes.

En contact avec le sol dans des zones d'eau peu profondes, la jacinthe d'eau peut ancrer son système racinaire. Dans ce cas, l'utilisation de fourches est nécessaire pour arracher les spécimens.

Une fois extraites du milieu, il est recommandé d'ensacher les jacinthes d'eau dans des sacs à végétaux ou des big-bags fermés. Il est donc important de ne pas les remplir à outrance pour faciliter leur fermeture.

Enfin, après l'extraction des individus du milieu, un ramassage minutieux des fragments est effectué pour éviter une nouvelle colonisation.

2 Gestion des déchets verts

Cette espèce bioaccumule les polluants présents dans l'eau de la mare, ce qui rend la gestion de ses déchets verts assez contraignante. Pour s'assurer de la bonne méthode de traitement, il est recommandé de réaliser des analyses pour vérifier l'absence de polluant (hydrocarbure, métaux lourds, chlordécone, ...) en amont de l'opération. L'incinération dans un centre adapté est la solution idéale. Cependant, aux Antilles, il n'y a pas d'infrastructures adaptées pour réaliser de telles analyses et le temps de réaction des laboratoires d'analyse est particulièrement long.

Dépourvue de polluant, la jacinthe d'eau peut être enfouie, évacuée en déchetterie, ou compostée à distance de zones humides. Sur la mare de Taonaba, les déchets verts ont été pris en charge par le service propreté et salubrité de la ville puis entreposés dans un espace dédié pour séchage avant d'être acheminés en déchetterie.



fig.48 Déchets verts issue de l'opération

3 Résultats, suivi et perspectives

L'opération réalisée volontairement le 2 février 2023 à l'occasion de la journée mondiale des Zones humides a permis de rassembler de nombreux acteurs et de médiatiser l'événement pour sensibiliser un maximum la population et les décideurs à l'importance des mares et de leur gestion.

Cette opération a mobilisé sur une demi-journée une quinzaine de personnes provenant :

- Du service Biodiversité et Animations touristiques de la ville des Abymes,
- De l'association Rezilyans 971,
- De la commune de Saint-François.

Grâce à cette opération, la mare était complètement exempte de jacinthe d'eau (Fig. 49).

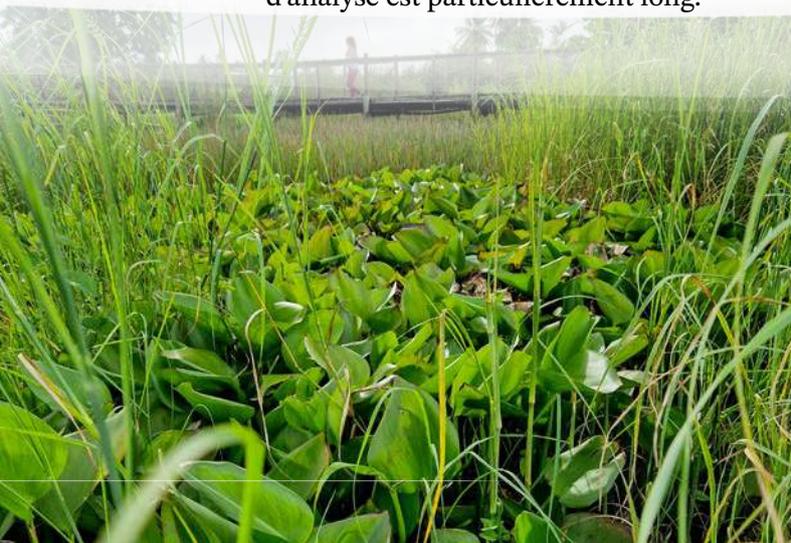


fig.49 Mare de Taonaba, avant-après opération extraction de la jacinthe d'eau





Deux mois après l'opération coup de poing, un suivi a été réalisé le 1^{er} avril 2023 et le plan d'eau est resté libéré de la jacinthe d'eau (Fig. 48).

Cependant, un individu naissant a été observé entre les joncs (Fig. 50).

Cela atteste de la nécessité d'un suivi et d'un entretien régulier de la mare pour empêcher une recolonisation des EEE.

Une fois traitée, cette partie du plan d'eau a fait l'objet d'une surveillance afin que le typha ne s'y implante pas.

Enfin, l'entretien de cette mare est encore nécessaire pour freiner l'avancée des herbacées, qui se sont développées davantage après l'extraction de la jacinthe d'eau (Fig. 51).

La ville des Abymes a été alertée sur ces problématiques et met en place des actions d'entretien.



fig.50 Jeune pousse de Jacinthe d'eau (photo en haut) et début de colonisation de la mare par une espèce d'herbacée

fig.51 Mare de Taonaba 2 mois après l'intervention



B Espèces immergées

Dans le cas de l'hydrille verticillée, le système racinaire n'oppose pas une grande résistance face à l'arrachage, mais la fragilité des tiges fait que l'espèce peut se fragmenter facilement, favorisant alors sa dispersion. La restauration d'une mare envahie par de ce type d'espèce immergée doit donc se faire de façon minutieuse et délicate.

• L'hydrille verticillée (*Hydrilla verticillata*)

Cette espèce exotique, originaire d'Asie, est particulièrement appréciée dans le domaine de l'aquariophilie, notamment pour sa capacité à oxygéner le milieu.

On suppose d'ailleurs que sa présence dans les mares des Antilles est liée à cette activité, certains aquariophiles n'hésitant pas à vider leurs aquariums en milieu naturel.

Cette plante aquatique peut former des herbiers denses dont les tiges peuvent atteindre 3 mètres de long. Dans les mares, ces tapis formés par l'hydrille verticillée obstruent la lumière du soleil et empêchent le développement des plantes indigènes.

Écologie de l'espèce

L'hydrille verticillée peut se reproduire de façon sexuée (inflorescences) à la surface de l'eau et dispersion du pollen par voie aérienne) ou végétative (production de turions et de tubercules ou fragmentation des individus).



Sous les tropiques, cette espèce est décrite comme résistante à de nombreux types de pollutions et perturbations, tolérante à une grande variété de conditions hydriques et ayant la capacité de se développer dans des environnements de faible luminosité (ex. : mares forestières).

Particularité de l'espèce

Les turions et propagules peuvent rester dans un état de dormance dans les sédiments jusqu'à 20 cm de profondeur, et ce pendant plusieurs années, en attendant le retour de conditions favorables à leur croissance.

Retour d'expérience : gestion de l'hydrille verticillée en Guadeloupe

Les expérimentations sur cette espèce ont été réalisées sur la mare du Houëlmont située dans la Ville de Gourbeyre.

Pour répondre à cette problématique, le portage du projet est assuré par l'ONF, gestionnaire du site, et la ville de Gourbeyre. Pour cette action, le gestionnaire a bénéficié de l'appui d'un entomologiste (Toni JOURDAN) afin de mettre en place des mesures de préservation de l'entomofaune dans l'élaboration du protocole.

Description du site d'expérimentation

Il s'agit d'une mare forestière située sur le Houëlmont qui culmine à 418 m d'altitude.

Celle-ci est intégrée au sentier d'interprétation du site et constitue la seule mare d'altitude en Guadeloupe.

Elle est également le lieu d'exercice d'une Aire Terrestre Éducative (ATE) ayant pour mission principale l'observation de la flore et de la faune, et en particulier de l'entomofaune présente dans cette mare.





fig.50

Mare du Houëlmont envahie par l'hydrille verticillée



fig.51

Mare du Houëlmont avec un niveau d'eau bas en juin 2022

Restauration de la mare du Houëlmont : gestion de l'hydrille verticillée

Pour procéder à l'extraction de l'hydrille, il était préférable d'agir depuis les berges ou directement dans l'eau, mais en limitant le nombre de personnes immergées afin d'éviter la mise en suspension des sédiments. En effet, par sa faible superficie, la totalité du plan d'eau aurait été rapidement turbide, ayant pour effet de perturber fortement la faune aquatique. Sur la mare du Houëlmont, seules les personnes équipées de waders et de cuissardes sont allées dans l'eau. Elles ont été secondées par un kayak fourni gracieusement par le club nautique de la ville,

Par ailleurs, pour préserver la faune aquatique, le chantier s'est organisé en plusieurs postes afin d'optimiser l'extraction de l'espèce et le tri de l'entomofaune.

Période d'intervention

L'idéal est d'agir lorsque le niveau d'eau de la mare est relativement bas, ce qui permet de bien localiser l'hydrille verticillée dans le milieu et faciliter son extraction (Fig. 51). Lors de l'intervention en mars 2023, la saison sèche étant plutôt pluvieuse, l'opération a dû être réalisée avec un niveau assez important.

1 Extraction de l'hydrille verticillée

Dans la mare, les participants bien équipés L'extraction de l'hydrille exige une certaine finesse d'exécution pour éviter la fragmentation de cette EEE. En plus des précautions prises, le passage à l'épuisette pour récupérer les fragments restants est indispensable.

Avant de sortir les individus du milieu et de les transférer au poste suivant, ces derniers doivent être secoués délicatement dans l'eau afin de faire retomber les petits organismes aquatiques.

TRUC ET ASTUCES :

L'utilisation de fourches à bêcher n'est pas efficace pour l'extraction de l'hydrille verticillée. Les outils comme les râtaux ou fourches courbées sont plus adaptés à l'extraction de l'espèce.



fig.52

Extraction de l'hydrille verticillée lors des opérations du 28/03/2023 et 05/05/2023



2 Le stockage

Lors de cette seconde étape, l'hydrille est stockée (temporairement) dans des sacs à végétaux en attendant d'être prise en charge au poste de tri pour la recherche de l'entomofaune.

3 Le tri des petits organismes

À ce poste, l'hydrille verticillée doit être rincée dans des seaux et scrutée minutieusement afin d'en sortir les petits organismes restants et de les relâcher dans la mare (Fig. 53).



fig.53 Poste de tri sous la supervision de Toni JOURDAN (rincage, inspection et filtration) et avec la participation active de l'élue au développement durable de la ville de Gourbeyre, Nicole ERDAN (1re photo).



Pour finaliser cette étape de tri, l'eau de rinçage doit être filtrée à l'aide d'une épaisseur à petite maille afin de :

- Remettre l'eau dans la mare sans fragments d'hydrille verticillée ;
- Récupérer les organismes restés dans l'eau pour les relâcher.

Deux opérations ont été menées sur ce site, avec un mois d'intervalle, permettant ainsi aux sédiments soulevés de se redéposer et de minimiser l'impact sur la faune aquatique.

Entre-temps, le protocole a été affiné grâce aux échanges sur le terrain avec les différents participants.

4 Gestion des déchets verts

À l'issue des opérations, 22 sacs à végétaux de 100 L chargés d'hydrille verticillée ont été acheminés à la déchetterie de Capesterre-Belle-Eau.

Néanmoins, pour cette espèce, l'enfouissement ou le compostage éloigné de toute zone humide peuvent être envisagés.

5 Résultats, suivi et perspectives

Suite aux chantiers réalisés le 28 mars et le 5 mai 2023, le plan d'eau ne présentait plus d'hydrille verticillée, notamment grâce à l'utilisation de l'épuisette pour l'extraction des fragments (Fig. 52).

Ces chantiers ont mobilisé 16 personnes avec :

- L'ONF Guadeloupe,
- Toni JOURDAN (entomologiste),
- La ville de Gourbeyre,
- An Ba Loup la,
- Le CAUE Guadeloupe

Concernant le tri de l'entomofaune, peu d'organismes ont été prélevés lors de la première opération. Au vu de ce résultat, il s'est avéré qu'une fois secouée dans la mare, le rincage et le tri de l'hydrille verticillée n'étaient plus nécessaires.

Néanmoins, cette action demeure une étape non négligeable du protocole, à mettre en œuvre lors de la toute 1re opération permettant de vérifier si la mare abrite une population importante d'organismes aquatiques, ou dans le cadre d'une action de sensibilisation, notamment pour des scolaires.

La croissance de l'hydrille verticillée étant rapide grâce à ses différentes stratégies de reproduction, des suivis et une surveillance, voire des opérations d'extraction en cas de nouvelles observations, doivent être mis en place régulièrement pour retirer définitivement cette espèce du milieu.

En effet, des études ont montré qu'un arrachage répété de l'hydrille verticillé affecte considérablement le développement de l'espèce (*Shunmei Zhu et al, 2022*).

Cependant, l'utilisation de l'épuisette n'empêche pas une croissance potentielle à partir des turions et des tubercules.

Les porteurs de projets souhaitent poursuivre la démarche engagée afin de maintenir le bon état écologique de la mare. La gestion de l'hydrille verticillée dans cette mare constitue d'ailleurs l'une des actions portées par la ville de Gourbeyre dans le cadre du programme des Territoires Engagés pour la Nature de l'OFB.



Mare du Houelmont avant-après l'extraction de l'hydrille verticillée fig.54

C Espèces enracinées sur le fond de la mare

Certaines espèces enracinées sur le fond de la mare sont vigoureusement ancrées dans le substrat de par leur système racinaire et sont donc très difficiles à enlever ou à arracher à la main. Cela exige alors une mobilisation de moyens puissants pour les extraire du milieu. C'est le cas des espèces de typha (*Typha domingensis*) ou encore du souchet à involucre (*Cyperus involucratus*).

• Le typha (*Typha domingensis*)

Le *Typha domingensis* est l'une des espèces de typha les plus répandues dans le monde, présente sous toutes les latitudes, avec une distribution plus accentuée dans l'hémisphère sud, en dehors des zones polaires (*Alain DUTARTRE, 2020*).

Dans le projet REMA, cette espèce a été observée dans des mares de Guadeloupe et de Saint-Martin. Bien que considérée comme indigène dans la plupart des pays où elle se développe, dans les Antilles françaises, elle est identifiée comme Espèce Exotique Envahissante.



Écologie de l'espèce

Cette espèce héliophyte peut se reproduire de façon sexuée grâce à une inflorescence appelée massette, pouvant produire à maturité entre 100 000 et 222 000 semences (Yeo, 1964 ; Miao et Sklar, 1977, in Imbert & Taureau, 2019). Les semences produites sont constituées d'akènes entourés de poils leur permettant de se disperser à plusieurs kilomètres de la plante mère grâce au vent (anémochorie).

La moindre secousse d'un individu avec une massette mature suffit à les disperser.

Cependant, la reproduction sexuée du *Typha domingensis* est fortement affectée dans les milieux de faible ensoleillement, voire impossible, dans l'obscurité (Lorenzen et al., 2000, in Imbert & Taureau, 2019).

La période de floraison du typha se déroule généralement entre les mois de mai et septembre. Toutefois, les observations faites au cours du projet REMA mettent en évidence que cette période n'est plus précisément marquée, laissant des inflorescences apparaître à tout moment de l'année.

En plus de cette impressionnante aptitude à la reproduction sexuée, le développement du typha peut également se faire de façon végétative, grâce à la production de rhizomes (Fig. 55).

Grâce au réseau formé par les rhizomes, un individu peut s'étendre de 2 à 8 m/an et peut alors coloniser 1 ha en 9 ans (Macek et al (2010) in Imbert & Taureau, 2019).



fig.55 *Typha* et son réseau de rhizomes

Enfin, le développement de cette espèce, pouvant atteindre 2 à 3 m de hauteur, est favorisé par l'introduction de nutriments (azote, phosphore) dans le milieu. Or, l'artificialisation des zones humides et leurs alentours, notamment des mares, accentuent cet apport nutritif.

Particularité de l'espèce

Pour un héliophyte, *Typha domingensis* dispose d'importantes capacités de résilience, et peut résister à de fortes augmentations du niveau d'eau.

Toutes ces caractéristiques font d'elle une espèce particulièrement difficile à gérer. C'est pourquoi la restauration d'une mare envahie par le typha doit se faire à l'échelle de son milieu environnant afin de pouvoir limiter et prévenir au mieux sa propagation.

Retour d'expérience : gestion du *Typha domingensis* en Guadeloupe et à Saint-Martin

Au cours du projet REMA, deux sites expérimentaux présentaient une problématique de colonisation par le *Typha domingensis* : la mare de Taonaba aux Abymes (Guadeloupe) et la mare de Millrum à Grand-Case (Saint-Martin).

La colonisation du typha sur ces sites se présente de deux façons différentes :

- Sur la mare de Taonaba, c'est le milieu environnant qui était affecté par l'espèce. Les expérimentations ont donc été réalisées dans la prairie humide à proximité de la mare, et avaient pour objectif de freiner la progression de l'espèce vers celle-ci (Fig. 53). (Description du site, voir page 45)

- Tandis qu'à la mare de Millrum, le typha avait colonisé la quasi-totalité du plan d'eau (Fig. 56).

Les plantes étant en fleur lors de l'opération, les travaux se sont concentrés spécifiquement sur les jeunes individus sans massette afin d'éviter la dispersion des semences.



Description du site d'expérimentation

La mare Millrum, située dans la commune de Grand-Case, faisait autrefois partie intégrante de la saline. Elle a été créée suite à la construction de la RN7 en 1989, la séparant ainsi de son ensemble d'origine. Aujourd'hui elle reste connectée à la saline par une buse obstruée et est continuellement alimentée en eau douce par la station de traitement des eaux usées (STEU) à proximité (Fig. 56).

Bien que la salinité y soit de 2‰, la mare Millrum présente toutes les caractéristiques d'une mare en termes de fonctionnement.

Ce milieu abrite une grande diversité d'espèces aviaires nicheuses et migratrices (Figure 56). Parmi ces espèces, certaines ont pu être observées au cours du projet REMA :

- Le canard des bahamas (*Anas bahamensis*),
- La foulque à cachet blanc (*Fulica caribaea*),
- L'aigrette neigeuse (*Egretta thula*),
- Le héron garde-bœufs (*Bubulcus ibis*),
- L'éris mature rousse (*Oxyura jamaicensis*),
- La poule d'eau (*Gallinula chloropus*).

Cette mare constitue également un habitat pour plusieurs espèces d'odonates réalisant leurs différents stades de vie sur ce site (Fig. 57).

Le typha étant l'espèce végétale dominante sur cette mare, la faune l'utilise comme habitat. La restauration de celle-ci nécessite donc de prévoir un habitat de substitution au typha.

Expérimentation sur les mares de Taonaba et de Millrum : méthodologie de gestion du *Typha domingensis*.

1 Extraction du typha

Sur ces mares, les expérimentations ont été exclusivement menées sur de jeunes individus sans massettes.

La méthodologie appliquée consistait à déraciner les typhas avec leurs rhizomes pour empêcher qu'ils ne repoussent ultérieurement.

Le déracinement doit se faire de manière à conserver les rhizomes dans leur intégralité, ces derniers étant relativement fragiles et pouvant se fractionner aisément. Les jeunes individus de petite taille

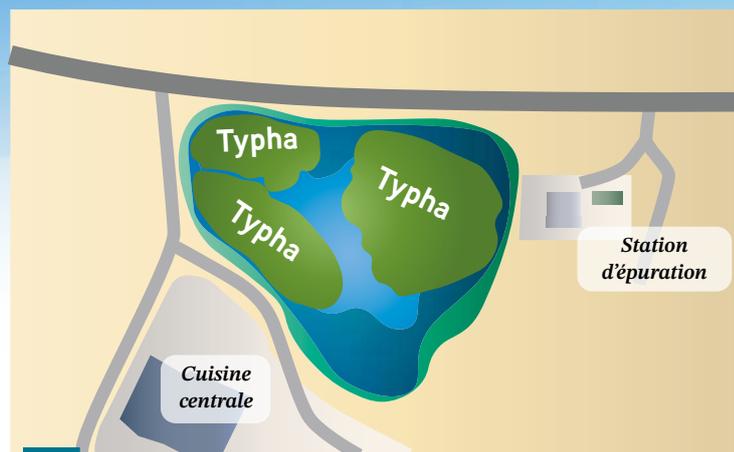


fig.56 Contexte environnemental de la mare Millrum



fig.57 Foulques à cachet blanc (*Fulica caribaea*) et leurs poussins et une exuvie de libellule parmi le typha dans la mare de Millrum à Grand-Case, Saint-Martin

peuvent être arrachés à la main sans l'aide d'outils.

Pour les typhas adultes, avec un système racinaire bien ancré dans le sol, il est nécessaire de réaliser une coupe à hauteur de taille (environ 1 m de hauteur) avant d'extraire les rhizomes à l'aide d'une fourche à bêcher. Pour la coupe, l'utilisation d'une scie d'élagage est un outil très efficace.

Enfin, la fourche permet de décompacter le sol et de décrocher les racines. L'extraction

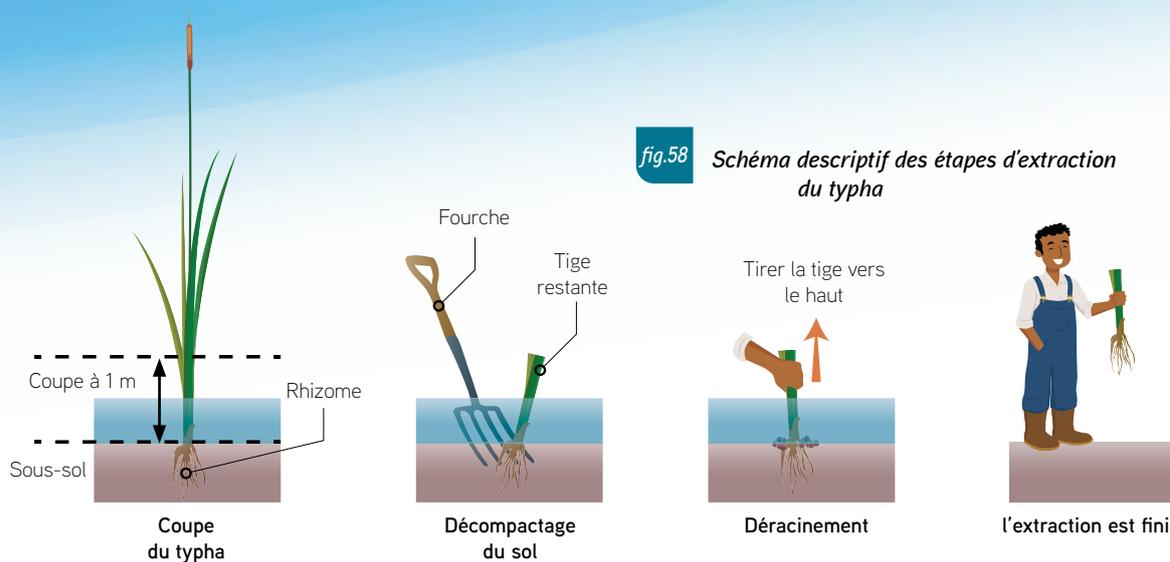


fig.58 Schéma descriptif des étapes d'extraction du typha

continue manuellement en prenant la tige restante par sa base et en la tirant vers le haut pour sortir les racines du sol (Fig.58).

Sur la mare de Millrum à Saint-Martin, cette opération n'aurait pu se faire sans la formation des acteurs locaux à la gestion de l'écosystème mare qui s'est déroulée en amont des opérations sur site. Cela a permis le lancement d'une dynamique de restauration bien accueillie par les équipes techniques. Ainsi, les agents de la COM de Saint-Martin et les associations citées ci-dessous ont pu bénéficier d'une transmission de connaissances et de savoir-faire tant en salle et que lors des sessions sur site des 3 et 4 février 2023 :

- Lily's Tropical Garden,
- Centre Symphorien d'Insertion (CSI),
- Sandy Ground On the Move Insertion,
- Et MétiMer.



fig.59 Extraction du typha

2 Gestion des déchets verts

Les déchets verts issus des travaux de restaurations des mares de Taonaba et de Millrum ont été acheminés en déchetterie. Le traitement idéal pour cette espèce est l'incinération dans une structure adaptée pour ne pas laisser s'échapper les akènes. Cependant, cette filière de traitement n'existe pas encore aux Antilles.

fig.60 Participants à la formation en salle et l'action sur le terrain. Une attestation de formation symbolique a été délivrée aux participants afin d'encourager à continuer l'action entreprise



3 Résultat, suivi et perspectives

Les travaux sur les deux mares ont mobilisé une quinzaine de personnes, et ont été réalisés le 2 février 2023 en Guadeloupe et le 4 février 2023 à Saint-Martin. Vu l'ampleur des travaux à réaliser et l'impossibilité de manipuler les typhas en fleur, la restauration complète de ces 2 sites n'a pu aboutir. Par conséquent, seuls quelques individus ont été extraits des mares. Néanmoins des dynamiques ont été impulsées et les travaux d'extraction reprendront lorsque les conditions seront plus favorables.

En Guadeloupe, ce sont les mêmes acteurs mobilisés pour la jacinthe d'eau qui ont opéré sur le typha. Pour la suite, il est prévu que le canal de Belle-Plaine et la prairie humide à proximité soient gérés par Cap excellence.

Pour Saint-Martin, un protocole de restauration progressive a été rédigé afin de conserver un habitat pour l'avifaune. En effet, il est recommandé de planter des espèces végétales indigènes parallèlement à l'extraction du typha afin de limiter les perturbations engendrées par la perte d'habitat, notamment pour la nidification. Par ailleurs, l'occupation de l'espace par une autre espèce limiterait une nouvelle colonisation du typha. Pour le choix des espèces, il est nécessaire de lister des espèces indigènes et adaptées au contexte de mares.

Dans le cas présent, les espèces envisagées pour la reconstitution de l'habitat étaient composées de joncs (*Eleocharis mutata* ou *intersineta*) ainsi que de palétuviers blancs (*Laguncularia racemosa*). Le choix du jonc est motivé par plusieurs raisons :

- La mare étant alimentée par une STEU, cette espèce a été sélectionnée en raison de son rôle de filtration de l'eau. En effet, sa capacité à absorber les nutriments et à améliorer la qualité de l'eau en faisait un choix pertinent.
- De plus, il offre un habitat idéal pour l'avifaune (abri et lieu de nidification) grâce à la formation de longues tiges aériennes.



• Le souchet à involucre (*Cyperus involucratus*)

Bien souvent confondu avec le *Cyperus papyrus*, le souchet à involucre était autrefois appelé papyrus à feuilles alternes (*Cyperus alternatus*). Cette espèce héliophyte, pouvant atteindre 2 m de hauteur, est naturellement présente en Afrique, dans la Péninsule arabique et à Madagascar et a été introduite volontairement sur d'autres continents via le commerce pour ses qualités ornementales et pour l'aquariophilie.

Écologie de l'espèce

La dissémination de cette espèce est favorisée par la production d'akènes (petits fruits secs contenant une graine unique) dispersés par le vent (on parle d'anémochorie). Elle peut également s'étendre facilement dans un milieu grâce au développement de rhizomes (reproduction végétative).

Particularité de l'espèce

Le système racinaire de cette espèce est particulièrement dense et bien ancré dans le sol, ce qui rend son extraction complexe et fastidieuse.



Retour d'expérience : gestion du souchet à involucre en Guadeloupe

Les expérimentations sur cette espèce ont été menées sur le site de la mare à Bwè au Gosier, en Guadeloupe. Cette action de restauration s'intègre dans le projet d'aménagement et de gestion des espaces naturels non littoraux porté par la ville du Gosier.



Description du site d'expérimentation

La mare à Bwè est une mare urbaine intégrée dans un petit parc aménagé et clôturé (Figure 61). La végétation arborée sur les berges de cette mare est essentiellement constituée de cocotiers, tandis que le plan d'eau est totalement recouvert d'un côté par un épais tapis de comméline diffuse (*Commelina diffusa*), une espèce indigène capable de recouvrir un milieu en proliférant excessivement, et envahi de l'autre côté par le souchet à involucre. Dans la dynamique de réaménagement du site, les petits cocotiers ont été retirés pour laisser place à la végétation naturelle des mares.



fig.61 Mare à Bwè vu du ciel

Restauration de la mare à Bwè et gestion du souchet à involucre

Si on note la présence d'individus en fleurs au moment des interventions sur site, la gestion de l'espèce doit se faire en 2 étapes :

1 Coupe et ensachage délicat des inflorescences

Avant d'extraire le souchet, il est nécessaire de couper les parties apicales (situées en haut de la plante, appelées ici des têtes) afin d'éviter que le pollen ou les graines ne se dispersent dans la mare (Fig. 62). Cette étape est particulièrement importante, car les fleurs se détachant facilement, les secousses

provoquées lors du processus d'extraction peuvent les faire tomber dans le milieu. Bien qu'ils puissent être disséminés par le vent, les akènes du souchet ne sont pas aussi volatiles que ceux du typha, ce qui permet leur manipulation. Sur la mare à Bwè, les têtes de souchet ont donc été coupées délicatement à l'aide de sécateurs, puis ensachées.



fig.62 Équipe REMA en action pour la coupe des têtes en fleurs et l'extraction du souchet à involucre

2 Extraction des souchets à involucre avec leur système racinaire

Les méthodes classiques d'extraction à l'aide de fourches se sont avérées peu efficaces et fortement énergivores car les souchets forment une végétation dense et ont un système racinaire très ancré au sol.

Par conséquent, pour extraire l'espèce du milieu plus facilement, le protocole élaboré conjugue méthodes manuelles et méthodes mécaniques. Une barre à mine doit être utilisée et mise en place à l'horizontale de façon à traverser de part et d'autre les racines du souchet (Figure 63). Puis, il faut entourer les deux extrémités de la barre à mine à l'aide d'une corde tout en faisant passer derrière l'îlot de végétation ciblé. Au préalable, la corde doit être rattachée à un système de traction tel qu'un tirefort (manuel) ou une tractopelle(mécanique).

Enfin, il faut attacher la corde au système de traction avec un mousqueton pour que le tout soit tiré depuis l'extérieur de la mare à l'aide du moyen choisi. Avec la force de traction, le système se resserre et permet d'arracher l'îlot de souchet du substrat avec ses racines.

Un minimum de deux personnes équipées de waders et de gants longs sont nécessaires dans la mare pour mettre en place le dispositif et une troisième sur les berges pour tirer l'ensemble au tirefort ou à la tractopelle.

L'avantage d'utiliser un tirefort par rapport à une tractopelle est que sa manipulation ne nécessite pas de qualification particulière.



fig.63 Mise en place de la barre à mine de part et d'autre du système racinaire



fig.65 Traction du souchet à l'aide d'un tirefort (photo de gauche) et de la tractopelle (photo de droite)



3 Résultats, suivi et perspectives

A l'issue des deux opérations réalisées les 29 mars et 3 mai 2023, grâce à la mobilisation d'une trentaine de personnes, une grande partie du plan d'eau a pu être libérée (Fig. 66) du souchet. Les participants à cette action commune étaient :

- Les agents techniques et le service environnement de la commune du Gosier,
- Les riverains,
- Et des organismes publics et privés dont : L'Office de l'eau, Nosdechets.fr, Caraïbes paysage, le CAUE, la société HMS (nettoyage industriel).

Suite à ces opérations, le service technique de la ville a créé une équipe « mare » afin de poursuivre les travaux et l'entretien du site. Malgré la bonne volonté de l'équipe du service technique, la végétation n'a pas été suffisamment conservée et les berges ont été mises à nue lors de la 3^e opération (Fig. 64, 22 juin). C'est pourquoi, il sera intéressant de poursuivre un accompagnement de la commune, notamment sur l'importance de conserver la végétation, essentielle pour l'équilibre de la mare et l'accueil de la faune. Aujourd'hui, la ville du Gosier continue son projet d'aménagement du site et l'équipe environnement de la ville poursuit ses efforts afin d'empêcher le développement du souchet à involucre pour maintenir durablement le plan d'eau libre.



fig.66 Mare à Bwè après l'ouverture du plan d'eau

B Espèces de berges

Les berges des mares sont elles aussi soumises à la pression des EEE et des plantes envahissantes. Ces populations qui se forment rapidement, aboutissent à la diminution de la biodiversité locale et - très souvent - à l'exclusion totale des espèces indigènes du milieu.

Au cours du projet REMA, 4 principales espèces d'EEE arbustives et herbacées colonisatrices de berges ont été rencontrées :

• Le Ricin (*Ricinus communis*)



- Originaire d'Afrique tropicale,
- Introduit pour la fabrication d'huile et à but ornemental,
- Affectionne particulièrement les berges de cours d'eau et les zones humides,
- Peut former une population dense,
- Produit des graines toxiques pour les animaux et les humains à cause de la ricine qu'il contient.

• La liane corail (*Antigonon leptopus*)



- Originaire du Mexique,
- Introduite à but ornemental,

- Plante grimpante à croissance rapide, se reproduisant de façon sexuée (akènes) et végétative (formation de tubercules ou par bouturage),

- Espèce très mellifère profitant aux abeilles et autres pollinisateurs.

• Le faux mimosa (*Leucaena leucocephala*)



- Cette espèce présente un fort caractère envahissant,

- Se reproduit de façon sexuée avec la production de nombreuses graines légères disséminées par le vent. Chaque gousses contient entre 8 et 18 graines,

- Généralement utilisé comme fourrage pour le bétail (riche en azote), mais peut être toxique pour les non ruminants à cause des mimosines et tannin qu'il contient.

• L'herbe de Guinée (*Megathyrsus maximus*)



- Originaire d'Afrique et du Yémen,
- Introduite aux Antilles pour son utilisation comme herbe de fourrage,

