



SOCIÉTÉ  
QUÉBÉCOISE TECHNOLOGIE  
DE **PHYTO**

# LES MARAIS FILTRANTS FLOTTANTS

FICHE TECHNIQUE

Mai 2025



Université   
de Montréal

**Date d'émission :** Mai 2025

**Auteurs :** Laurianne Bédard et Jacques Brisson

Laurianne Bédard est doctorante en Sciences biologiques, Université de Montréal, et membre du conseil d'administration de la SQP. Son projet de recherche porte sur les marais filtrants. Jacques Brisson est professeur en sciences biologiques, Université de Montréal. Ses travaux de recherche portent sur les phytotechnologies en général, et plus spécifiquement sur les marais filtrants.

**Expert et réviseur :** Olivier Boucher-Carrier (SQP) et Patrick Benoist (SQP).

**Remerciements :** La production de cette fiche technique a été rendue possible grâce à la Subvention de mobilisation des connaissances, octroyée à Jacques Brisson par le bureau de la recherche, du développement et valorisation (BRDV) de l'Université de Montréal.

**Illustrations :** Vincent Gagnon.

**Graphiste :** Lysanne Devost.

**Photos couverture** (de gauche à droite) : BeeMats [51] et Michigan Technological University, Laurianne Bédard et Ingenieurbüro Blumberg.

**Photos :** BeeMats, Charles River Conservancy, Espace pour la vie/Claude Lafond, Floating Island International (FII), Ingenieurbüro Blumberg, Jacques Brisson, Laurianne Bédard, Maurizio Borin, Michigan Technological University et Olds College of Agriculture & Technology.

**Comment citer :**

Bédard, L. et Brisson, J. 2025. LES MARAIS FILTRANTS FLOTTANTS. *Fiches techniques de la Société québécoise de phytotechnologie*. Université de Montréal et Société québécoise de phytotechnologie. 22 pages. [www.phytotechno.com](http://www.phytotechno.com).

SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTOTECNOLOGIE

3230, rue Sicotte, local E-300, ouest

Saint-Hyacinthe QC J2S 2M2

**PHYTOTECNO.COM**

**INFO@PHYTOTECNO.COM**

**Mise en garde :**

Le présent guide est un instrument d'information. Son contenu ne constitue aucunement une recommandation, une liste exhaustive de procédés ou de règles en vigueur. Il demeure la responsabilité du lecteur de se référer aux recommandations, procédés et règlements en vigueur, ainsi qu'à toutes autres normes applicables, le cas échéant.



# TABLE DES MATIÈRES

<b>1.0 INTRODUCTION</b>	5
<b>2.0 DESCRIPTION DE LA PHYTOTECHNOLOGIE</b>	6
2.1 Généralités et composantes	6
2.2 Processus d'enlèvement des polluants	7
<b>3.0 VÉGÉTAUX</b>	8
3.1 Caractéristiques des végétaux	8
3.2 Végétaux utilisés	8
<b>4.0 CONCEPTION</b>	9
4.1 Généralités	9
4.2 Détails des composantes	9
4.3 Aménagement et disposition du marais flottant	10
4.4 Mise en place et disposition des végétaux	10
4.5 Hydraulique	11
4.6 Modifications possibles	12
<b>5.0 ENTRETIEN</b>	13
<b>6.0 AVANTAGES ET LIMITES</b>	14
6.1 Avantages	14
6.2 Limites	14
6.3 Perspectives	14
<b>7.0 EXEMPLES DE MARAIS FLOTTANTS EXISTANTS</b>	15
7.1 Marais filtrant flottant à Cambridge, États-Unis	15
7.2 Marais filtrant flottant en Alberta	16
7.3 Marais filtrant flottant, jardin botanique de Montréal	17
<b>8.0 OUTILS EN LIGNE, GUIDES ET RESSOURCES</b>	18
<b>9.0 DROITS DE REPRODUCTION     À DES FINS NON COMMERCIALES</b>	19
<b>10.0 RÉFÉRENCES</b>	20



CRÉDIT PHOTO : JACQUES BRISSON

## PRÉAMBULE

L'usage des marais filtrants flottants pour améliorer la qualité de l'eau est désormais répandu à travers le monde. Similairement aux autres types de marais filtrants, ces îles flottantes végétalisées offrent une alternative durable pour le traitement de divers types d'eaux usées. Cette phytotechnologie se distingue toutefois par sa flottabilité, lui permettant de traiter divers plans d'eau sans perturber le site d'implantation et en s'adaptant à de grandes fluctuations de débit [1].

Les marais flottants sont notamment employés pour réduire l'eutrophisation des plans d'eau ou des cours d'eau [2] et pour le traitement des eaux pluviales urbaines. Leur portée mondiale est également attribuable à leur grand esthétisme, car ces plateformes flottantes embellissent les paysages de zones urbaines denses, pouvant même représenter un attrait touristique, en plus de bonifier l'écosystème aquatique et d'améliorer l'habitat pour la faune et la flore [3, 4].



## 1.0 INTRODUCTION

Des écosystèmes naturels flottants, occupant de quelques mètres carrés à plusieurs milliers d'hectares, sont rencontrés à la surface d'étendues d'eau autant dans les régions tempérées, subtropicales que tropicales [5]. Ces marais flottants sont composés d'un épais tapis de racines et de débris d'origine végétale, favorisant la croissance de végétaux [6]. La flottabilité de ces plateformes naturelles provient des gaz engendrés par la décomposition piégés sous le marais [7], et elle est accentuée par l'air contenu dans les racines et rhizomes de certaines plantes aquatiques (aérenchymes) [8]. Les marais flottants offrent divers services écologiques, tels qu'un habitat privilégié pour la faune et la flore, en plus d'améliorer la qualité de l'eau [1].

Inspirée par cet écosystème naturel, l'apparition de structures flottantes créées par l'homme est documentée vers les années 1960. Mis en place dans le but d'enrichir et de créer davantage d'habitats pour les oiseaux aquatiques, des radeaux flottants ont été installés en 1963 en Grande-Bretagne comme sites de nidifications artificiels [9]. Cette pratique a également été répertoriée en Ontario, où des radeaux flottants plantés de végétaux ont été utilisés pour favoriser la nidification de la sterne pierregarin (*Sterna hirundo*), une espèce d'oiseau en déclin [10]. D'autres initiatives similaires se manifesteront par la suite au Royaume-Uni [11] et au Japon [12], dans le but commun d'améliorer l'environnement aquatique pour la faune.

Ce n'est néanmoins qu'autour des années 1990 que les premiers marais flottants ont été développés et construits avec l'objectif précis d'améliorer la qualité de l'eau [12]. En 1988, en Allemagne, des marais flottants artificiels ont été utilisés pour purifier l'eau et réduire les risques sanitaires associés à l'eau polluée municipale [13]. En Chine, au Japon et à Taiwan, des lits flottants de cannas (*Canna generalis*) ont été mis en place pour traiter l'eau des étangs de poissons [14] et pour contrôler les problèmes liés à l'eutrophisation [15]. À partir des années 1994, des radeaux flottants ont été utilisés pour traiter l'eau de ruissellement d'un aéroport au Royaume-Uni [16]. L'Allemagne implante également des marais filtrants flottants artificiels pour divers types d'eaux usées, incluant les eaux pluviales, les eaux des boues d'épuration

secondaires, comme barrière aux hydrocarbures et déchets flottants des eaux de systèmes de lagunages, etc. [1, 17]. Dès 1998, des structures flottantes végétalisées ont été utilisées en Hongrie [11], au Japon et aux États-Unis [12] pour améliorer la qualité de divers types d'eau (pluviales, domestiques, plans d'eau, etc.). Au Canada, des radeaux flottants ancrés dans de vastes bassins de rétention riverains sur le lac Ontario optimisent la gestion des eaux pluviales et les débordements associés [18].

L'exploitation des marais flottants connaît une expansion rapide à l'échelle mondiale depuis les années 2000 [2, 19]. Ils sont en effet maintenant exploités pour le traitement de divers types d'eau à travers le globe [1, 2] notamment pour;

- les eaux usées des lagunes porcines aux États-Unis (2001) [12];
- les eaux des lacs eutrophes en Chine (2002 – 2004) [20, 21];
- les eaux de bassins de stabilisation à l'Ouganda (2004) [22];
- les eaux de résidences individuelles et les eaux de fermes porcines en Espagne (2005) [11, 23];
- les eaux d'aquaculture en Italie (2005) [24];
- les eaux domestiques en Belgique (2007) [25];
- les eaux pluviales en Nouvelle-Zélande (2011) [26].

Au fil des années, une grande variété de plateformes flottantes a été développée pour assurer la flottabilité de la structure du marais, et plusieurs de ces conceptions ont été brevetées [24, 27, 28]. Des marais flottants intégraux, déjà végétalisés, sont également disponibles sur le marché [4, 17, 29] et à ce jour, des entreprises présentes à travers le monde auraient installé plus de 10 000 systèmes, offrant des solutions pour divers types d'eaux usées [29].

Aujourd'hui, un intérêt croissant est observé pour l'usage des marais filtrants flottants dans le traitement des eaux pluviales des zones imperméables des villes [2], où ils sont de plus en plus intégrés aux pratiques de conceptions urbaines [4]. Leur usage se développe également pour mitiger l'eutrophisation des cours d'eau et l'érosion des rivages, en plus de contribuer à réhabiliter ces écosystèmes [4, 29].



## 2.0 DESCRIPTION DE LA PHYTOTECHNOLOGIE

### 2.1 GÉNÉRALITÉS ET COMPOSANTES

Les marais filtrants flottants « *floating treatment wetland (FTW)* » sont des plateformes flottantes plantées de végétaux aquatiques et habituellement ancrées sur un plan d'eau (Fig. 1).

En général, un marais filtrant flottant est constitué :

- d'une plateforme flottante;
- d'un substrat (optionnel);
- de câbles ou d'ancrages;
- de végétaux.

Les plateformes flottantes sont composées de matériaux légers, comme des tuyaux en plastique, de la mousse de polystyrène ou des bambous maillés et portent parfois un substrat de plantation composé de mousse de tourbe ou de fibres de coco. Sur ces structures artificielles, les racines des végétaux traversent le substrat et restent en suspension

dans l'eau sous le marais flottant [30], offrant une surface idéale pour la croissance de micro-organismes qui contribuent à la dégradation des contaminants présents dans l'eau [4].

En raison de la flexibilité des points d'ancrage, ce type de marais filtrant s'adapte aisément aux fluctuations des niveaux de l'eau [1, 4]. Ils sont ainsi particulièrement bien adaptés pour traiter les eaux des étangs ou lacs pollués et pour les bassins de rétention des eaux pluviales [3, 4]. Ils peuvent contrôler l'eutrophisation [20, 31], et, au Québec, ils sont notamment testés pour réduire les charges de phosphore et limiter la prolifération d'algues dans les plans d'eau [32, 33]. Les marais flottants sont aussi étudiés pour améliorer la qualité de divers types d'eau, notamment, les eaux usées domestiques [4, 34], les eaux souterraines contaminées [35], les eaux de drainages agricoles [36], les eaux de drainage acide minier [37, 38], les eaux de ruissellement d'un aéroport [16], les débordements engendrés par les égouts unitaires [39, 40], les divers effluents animaliers (volaille, porc et laitier) [23, 41, 42, 43], les effluents d'aquaculture [24] et les effluents pétrochimiques et industriels [1, 44].

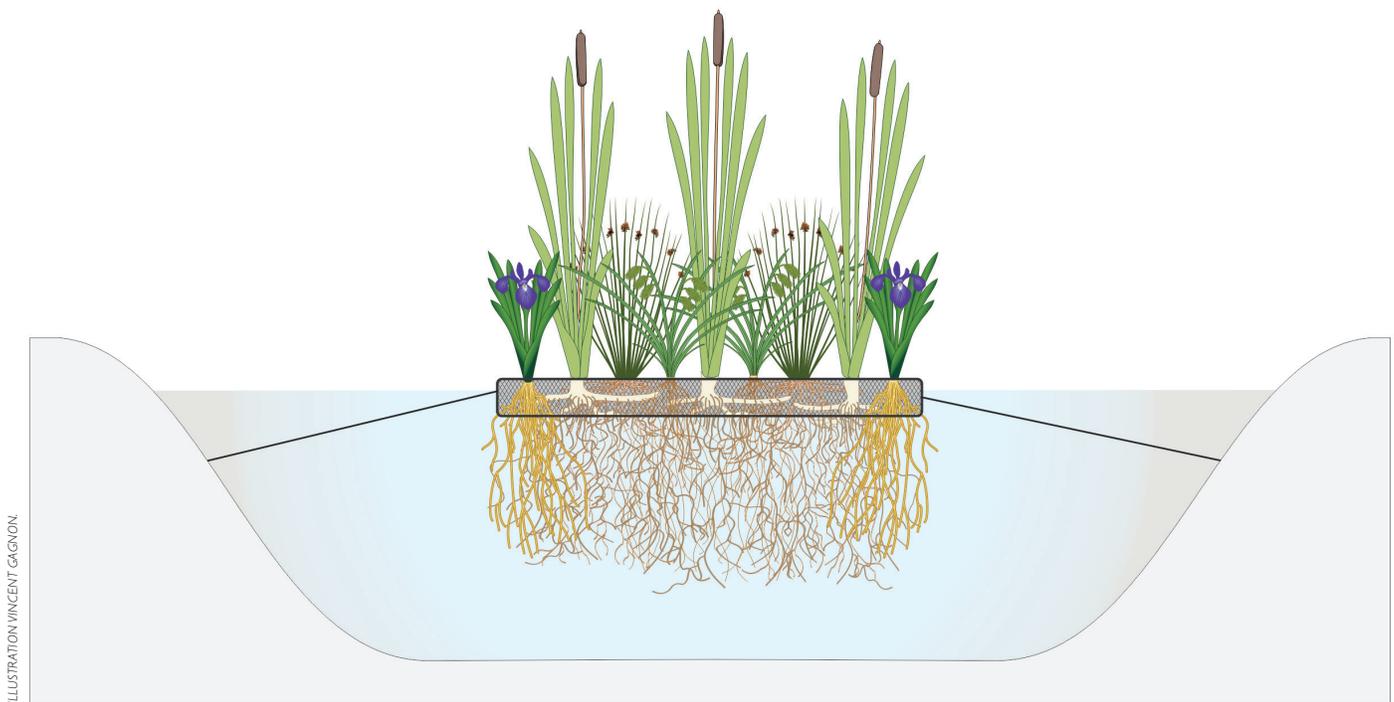


ILLUSTRATION VINCENT GAGNON

Figure 1 – Vue en coupe d'un marais flottant.

## UNE TERMINOLOGIE ÉCLATÉE

Dans la littérature, aucune nomenclature cohérente ne semble être établie [4]. Les marais filtrants flottants sont souvent désignés par une terminologie variée telle que [1, 3, 4, 11, 28] :

- marais flottants construits «constructed floating wetlands»;
- marais flottants de traitement «floating treatment wetlands»;
- marais filtrants à macrophytes émergents flottants «floating emergent macrophyte wetlands»;
- îles flottantes «floating island»;
- îles flottantes artificielles ou végétalisées «artificial or vegetated floating island»;
- système d'îles flottantes «floating islands system»;
- lits flottants plantés «planted floating system beds»;
- lits flottants écologiques «ecological floating beds»;
- lits flottants artificiels «artificial floating beds»;
- lits flottants «floating beds»;
- bioplatons flottants «floating bioplato»;
- tapis racinaires hydroponiques «hydroponic root mats»;
- prairies artificielles flottantes «artificial floating meadows»;
- filtres artificiels flottants à macrophytes «artificially floating macrophyte filters»;
- roselières «rafted reedbeds»;
- radeaux végétalisés «vegetated rafts»;
- tapis végétalisés «vegetated mats».

### 2.2 PROCESSUS D'ENLÈVEMENT DES POLLUANTS

Comme dans le cas des autres types de marais filtrants (consulter la section 3 de la fiche technique sur les marais filtrants de la SQP [45]), les micro-organismes du sol et de la rhizosphère jouent un rôle majeur dans l'enlèvement des polluants par les marais flottants.

Dans un marais flottant, les racines des plantes traversent la plateforme et pénètrent dans l'eau usée. La présence des végétaux améliore la dégradation des polluants [1] à travers la filtration physique et à l'aide des microorganismes associés aux racines qui convertissent les nutriments/polluants en formes assimilables par les plantes [2]. Conséquemment, un système racinaire dense et étendu est primordial pour la performance du système [19]. La colonne d'eau sous la plateforme, entre les racines et le fond du bassin, permet aussi de faciliter la sédimentation des matières en suspension et d'autres polluants. Par exemple, le phosphore peut être adsorbé sur le substrat de la plateforme, mais aussi sur les particules en suspensions. Une fois ces particules sédimentées, le phosphore se retrouve dans les sédiments benthiques, où il est retenu, similairement à d'autres, à plus long terme [4].

Contrairement à d'autres types de marais filtrants, les marais filtrants flottants ne peuvent recevoir généralement qu'une eau peu chargée en polluants. Ils sont donc particulièrement adéquats pour le traitement tertiaire de l'eau usée domestique, le traitement des eaux pluviales et des eaux de lacs

eutrophes [3, 4]. Cette phytotechnologie est aussi une bonne alternative pour le traitement des polluants azotés et phosphorés des zones d'eau plus profondes, non accessibles aux autres types de marais filtrants, et serait aussi bien adaptée pour l'enlèvement des matières en suspension [11, 38]. Par exemple, la présence de marais flottants dans des bassins de rétention des eaux pluviales rend l'effluent nettement plus propre que les bassins conventionnels [26]. L'ombrage apporté sur le plan d'eau permet aussi de limiter la prolifération d'algues [4, 46].

Les performances des marais filtrants flottants varient en fonction de divers facteurs de conception [2], comme le temps de séjour de l'eau dans le bassin (temps de rétention hydraulique), la quantité de polluants reçus, la température, la structure de la plateforme, la profondeur du plan d'eau et le pourcentage de recouvrement par la végétation [1, 2, 3, 28, 47]. Selon une étude effectuée *in situ*, la taille de la plateforme, la couverture de celle-ci sur le plan d'eau, la profondeur des racines et la capacité des plantes à tolérer des conditions anoxiques sont vitales pour optimiser l'enlèvement d'un plus large éventail de polluant. En effet, une plateforme de plus grande taille et un pourcentage de recouvrement plus élevé permettraient de créer des conditions anoxiques sous l'installation, diversifiant ainsi les conditions du milieu. La présence de végétaux tolérant diverses conditions ambiantes est donc primordiale. De plus, un pourcentage plus élevé d'occupation des racines sous la colonne d'eau favoriserait l'enlèvement des particules en suspension [48].

## 3.0 VÉGÉTAUX

### 3.1 CARACTÉRISTIQUES DES VÉGÉTAUX

L'interaction des plantes émergentes utilisées dans les marais flottants avec l'eau usée est similaire à celle des plantes aquatiques flottantes non enracinées [4]. Cependant, contrairement à ces dernières qui flottent naturellement, les plantes de marais filtrants flottants se maintiennent en suspension grâce à la plateforme [4, 11]. Les espèces à favoriser sont celles qui possèdent des cavités remplies d'air dans leurs systèmes racinaires (aérenchymes), favorisant la flottabilité [1, 3, 8]. Certains auteurs mentionnent qu'il est préférable d'éviter les plantes aux parties aériennes de plus grandes tailles qui pourraient favoriser le déplacement de la plateforme lors de forts vents en faisant office de voiles. La sélection de plus d'une espèce végétale est un autre critère important pour réduire les risques de mortalité liés aux maladies, aux ravageurs et aux intolérances face à l'exposition à l'eau usée [48]. Cette diversité végétale contribue d'ailleurs à intensifier l'esthétisme de l'installation, en plus d'améliorer la qualité de l'habitat pour la faune (Fig. 2).



CRÉDIT PHOTO : BEE MATS

**Figure 2** – Marais filtrant flottant composé de plusieurs espèces végétales produit par BeeMats floating wetlands [51].

La sélection des espèces devrait respecter un certain nombre de critères globaux, tels que, la tolérance à l'eau usée et aux conditions du milieu, une croissance rapide, un système racinaire dense et bien développé (Fig. 3) et la résistance aux maladies et aux conditions d'opération. L'accessibilité locale et l'esthétisme doivent aussi être considérés (consulter la section 4.2 de la fiche technique sur les marais filtrants de la SQP [45]) [4, 48]. Dans les climats où les températures descendent sous zéro pendant une période prolongée et où l'installation demeure en place toute l'année, certains auteurs [49] soulignent l'importance de prioriser la capacité de développement de la biomasse en saison estivale, ainsi que le potentiel de survie hivernale.

### 3.2 VÉGÉTAUX UTILISÉS

Similairement aux autres types de marais filtrants, la gamme des espèces utilisées en marais flottants est très variée (consulter la section 4.1 de la fiche technique sur les marais filtrants de la SQP [45]). Les genres les plus communément implantés dans les marais flottants sont les cannas (*Canna* spp.), les carex (*Carex* spp.), les souchets (*Cyperus* spp.), les joncs (*Juncus* sp.), les roseaux (*Phragmites* sp.), les quenouilles (*Typha* sp.) [4, 11], les pontédéries (*Pontederia* sp.), et les iris (*Iris* sp.) [4, 16, 50]. Le genre *Canna* semble être le taxon le plus souvent utilisé, là où le climat le permet [3].



CRÉDIT PHOTO : BEE MATS

**Figure 3** – Racines de végétaux des marais filtrants flottants produits par BeeMats floating wetlands [51].

## 4.0 CONCEPTION

### 4.1 GÉNÉRALITÉS

La conception des marais filtrants flottants est basée sur l'efficacité du système, c'est-à-dire sur sa capacité à améliorer la qualité de l'eau. Cette performance est affectée par les spécificités de chaque système et du type d'eau à traiter. Les principaux facteurs de conception à considérer dans ce type de marais incluent des paramètres liés à l'hydraulique, la structure de l'installation et les végétaux [2].

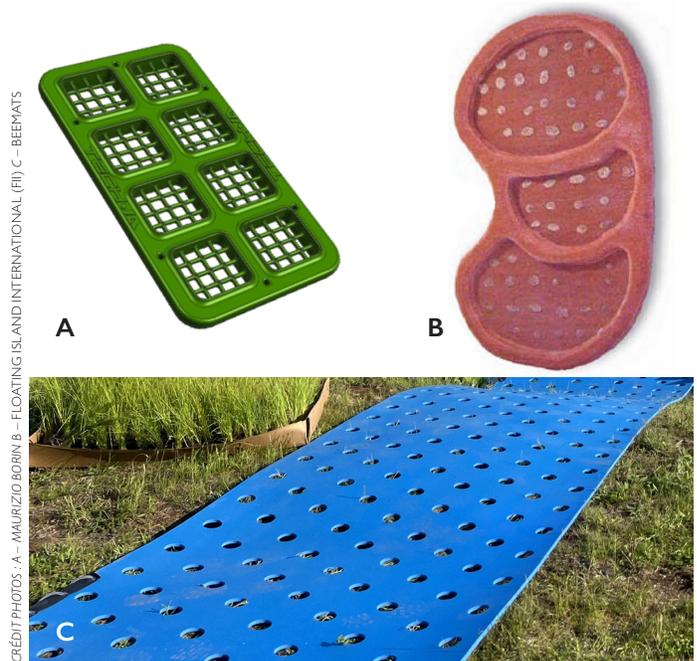
L'efficacité du système repose en grande partie sur la gestion optimale de l'hydraulique [2], en maximisant le contact entre l'eau usée et le réseau racinaire [19]. L'emplacement de la plateforme doit être considéré en fonction de l'écoulement principal, ce qui permet d'assurer que la majorité de l'eau à traiter passe prioritairement sous le marais. Le type de structure utilisée dépend par ailleurs des besoins spécifiques du site et des approches de construction qui peuvent varier en termes de coûts, de durabilité et d'efficacité (ex., poids de la plateforme, durée de vie, substrat, profondeur de l'eau, ancrage, etc.) [19]. Les espèces présentes et le pourcentage de couverture végétale sont également des paramètres de conception à prendre en compte [3], puisqu'ils peuvent influencer l'efficacité du système. D'autres facteurs à plus long terme sont aussi parfois à considérer, comme l'usage de structures modulaires amovibles [19] qui permet de faciliter l'accessibilité dans l'enlèvement des sédiments lorsque le milieu est saturé [4]. Considérer l'ensemble de ces aspects pendant la phase de conception permet de mettre en place des systèmes plus performants [19].

### 4.2 DÉTAILS DES COMPOSANTES

Il existe une grande variété de plateformes disponibles et leurs composantes peuvent être très différentes, ce qui engendre une grande diversité dans les dispositifs mis en place.

#### 4.2.1 PLATEFORME FLOTTANTE

Les techniques habituelles incluent souvent l'utilisation de tuyaux de plastique (PVP, PE ou PP) ou de mousse de polystyrène lorsque les plateformes sont construites directement par le particulier. Cependant, de simples cadres en bois, en fibre de verre ou en bambou [11], avec filet ou maille, ou n'importe quel matériau bon marché, inerte, hydrophobe et naturellement flottant peuvent suffire [3, 4]. Certains usagers utilisent même de vieilles clôtures à neige soutenues par un matériel flottant (ex., polystyrène extrudé) [11, 38]. Parfois aussi, des alternatives à une plateforme unique hébergeant plusieurs plantes sont déployées, comme l'usage de plusieurs petites plateformes flottantes plantées chacune d'un seul individu [4]. Sur le marché mondial, il existe diverses plateformes flottantes (Fig. 4A-C) et marais flottants intégraux déjà végétalisés disponibles à la vente (Fig. 5A-B) [12, 17, 29, 51]. À l'heure actuelle, la taille des plateformes utilisées varie entre 2 et 12 000 m<sup>2</sup> [2, 4, 16]. Selon les études publiées, une superficie de plus de 50 m<sup>2</sup> favoriserait la dégradation d'un plus large éventail de polluants grâce aux conditions anoxiques engendrées [48].

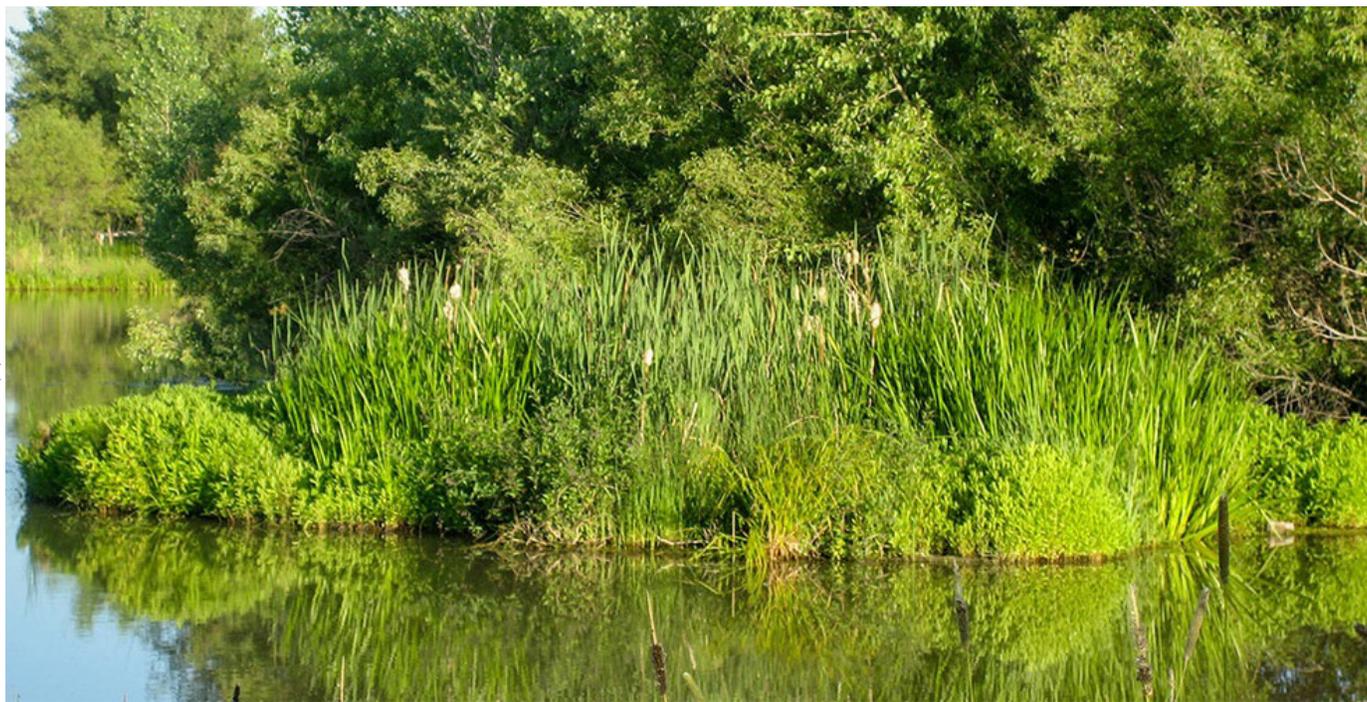


**Figure 4** – **A** – Plateforme italienne brevetée nommée Tech-IA [24]. **B** – Tapis flottant en polyester injecté de polystyrène marin pour assurer la flottabilité produit par Floating Island International (FII) [4, 29]. **C** – Plateforme flottante composée de polyéthylène réticulé produit par BeeMats floating wetlands [51].

Pour limiter le mouvement latéral et/ou l'agglomération des marais près des rives lors de grands vents ou de forts débits, il est souvent nécessaire de fixer la plateforme au fond du plan d'eau à l'aide d'ancrages [4, 52]. Il est toutefois important de s'assurer que ceux-ci permettent à la plateforme de s'abaisser ou s'élever au gré des variations du niveau de l'eau [4]. Des ancres de bateau, des blocs de ciment ou des ancres hélicoïdales (c.-à-d., ancre à vis enfoncée dans les sédiments) peuvent être utilisés comme système de fixation. En revanche, l'emploi de matériaux composés de métal galvanisé n'est pas recommandé, puisqu'ils peuvent contribuer à la libération de métaux lourds dans l'eau [48]. Il est aussi possible de fixer la plateforme à la rive à l'endroit désiré à l'aide de câbles (voir section 7; exemple 7.3), permettant l'adaptation au niveau d'eaux variables [5]. Pour faciliter l'entretien de l'installation, la plateforme doit pouvoir être aisément accessible par le personnel. Il est donc recommandé de connecter un câble muni d'un système de poulies et de boulons à œil pivotant à la plateforme et au dispositif d'ancrage, permettant ainsi de faciliter le déplacement du dispositif [48].

#### 4.2.2 SUBSTRAT

En règle générale, les marais filtrants flottants ne possèdent pas de substrat [4, 11]. Cependant, certains vont parfois utiliser un substrat pour favoriser l'enracinement. Les plus communément utilisés sont alors la mousse de tourbe et la fibre de coco [5], mais plusieurs autres milieux de croissance peuvent convenir, tels que le charbon de bambou, la perlite, le coton, le sable, la paille de riz, etc. [3].



**Figure 5** – Îlots flottants végétalisés BioHaven® produits par Floating Island International [29].

### 4.3 AMÉNAGEMENT ET DISPOSITION DU MARAIS FLOTTANT

À l'heure actuelle, il n'existe pas de normes quant à la superficie du couvert requis en fonction des dimensions du plan d'eau. Des études en laboratoire ont parfois utilisé des plateformes qui recouvrent 100 % de la surface de l'eau, tandis que des systèmes à grande échelle couvrent généralement moins de 20 %. Une étude basée sur la modélisation suggère que, pour améliorer significativement la qualité de l'eau, le marais flottant devrait couvrir un minimum de 10 à 25 % de la surface d'un étang [50, 53]. D'autres études suggèrent que le recouvrement doit être supérieur à 20 % [54] ou, lorsque possible, d'aller jusqu'à 50 % pour accroître l'impact du marais sur les conditions du milieu et ainsi favoriser la dégradation de différents types de polluants [48]. À l'inverse, *Floating Island International (FII)*, une compagnie qui vend des marais filtrants flottants, suggère qu'un taux de recouvrement entre 5 et 8 % serait suffisant [3, 29].

La profondeur utile de la colonne d'eau sous le marais flottant doit être suffisamment importante pour assurer le développement optimal du système racinaire des végétaux du marais. La longueur des racines dépend de l'espèce végétale utilisée [3, 19], mais une profondeur de colonne d'eau moyenne de 0,8 à 1 m est optimale pour assurer une bonne croissance spatiale [1, 4]. Une plus importante profondeur d'eau libre en dessous des racines faciliterait aussi la sédimentation des plus grosses particules au fond du bassin. À l'inverse, une plus faible profondeur permettrait d'éliminer les particules fines en suspension [1], mais cela peut engendrer un enracinement non voulu des plantes du marais dans le sol du plan d'eau [3].

### 4.4 MISE EN PLACE ET DISPOSITION DES VÉGÉTAUX

La première étape consiste à préparer les végétaux avant leur implantation dans le marais flottant. Plusieurs soulignent l'importance d'établir les végétaux sélectionnés dans un environnement contrôlé. Les jeunes plants doivent ainsi être cultivés en pépinière ou dans tout autre lieu à l'abri des intempéries et de la prédation. On peut utiliser des semis, des rhizomes ou des boutures produites en pépinière ou, lorsque permis, de plantes récoltées dans le milieu naturel, idéalement dans des milieux exposés à de l'eau usée. Ceux-ci doivent aussi croître dans un climat similaire au lieu de vie, en termes de température et de lumière reçue, pour diminuer le choc lors de l'implantation. Pour permettre une croissance optimale, il faut simuler les conditions de saturation dans lesquelles les plantes vivent [54].

Avant leur transfert vers la plateforme du marais, les végétaux devraient être acclimatés aux conditions du site pendant deux ou trois jours avant d'être insérés dans les trous de la plateforme [54]. Lors de la plantation, il est également très important de s'assurer que les racines des jeunes plants aient accès à l'eau. En effet, des trous de plantation pas suffisamment profonds ou un milieu de plantation à rétention d'eau restreinte peuvent entraîner la dessiccation des jeunes plants [48]. Dans les cas où un substrat est utilisé pour la croissance des semis, il doit être transféré directement sur la plateforme pour augmenter les chances de reprise [54].

Il est fréquent d'observer une certaine mortalité des plants après leur transfert, impliquant ainsi leur remplacement [54].



**Figure 6** – **A** – Tortues profitant d'un îlot flottant végétalisé. **B** – Marais flottant produit par BeeMats floating wetlands fréquenté par la faune aviaire [51].

Pour faciliter ce processus et faciliter l'entretien, ou afin de faciliter l'accès aux racines et le prélèvement des échantillons dans un contexte de recherche, certains utilisent des contenants individuels amovibles insérés sur la plateforme [26, 51]. De plus, si l'eau usée ne contient pas les nutriments nécessaires en quantité suffisante, il peut être opportun d'ajouter de l'engrais au départ du processus de plantation. Une fois que les plantes sont bien établies, il ne devrait plus être nécessaire de fertiliser [54].

Les plateformes végétalisées constituent un refuge de choix pour la faune (Fig. 6A-B) particulièrement la faune aviaire dans les zones urbaines. Le broutage et le piétinement peuvent alors être problématiques et rapidement nuire au bon établissement des végétaux [50, 52]. Le recours à des espèces plus robustes (ex., *Phragmites* sp. ou *Cyperus* sp.) ou qui possèdent des caractéristiques repoussant les brouteurs, comme des tiges pointues (ex., *Juncus* sp. ou *Schoenoplectus* sp.) ou coupantes (ex., *Carex* sp.) permet de limiter cette problématique [4].



**Figure 7** – Marais flottant entouré de clôtures. [51].

En outre, il peut être nécessaire d'installer un filet ou des grilles de protection (Fig. 7) autour de la végétation juvénile durant les six premiers mois afin d'empêcher les tortues, oiseaux ou autres animaux de s'y nourrir ou s'y réfugier [50, 52]. Après la période d'établissement de la végétation, la barrière de protection peut être retirée pour permettre à la faune de s'y établir librement [48]. Il est aussi possible de ne contrôler que les espèces fauniques de plus grande taille, comme les oies, à l'aide de clôtures possédant des ouvertures dans le bas pour permettre l'accès aux plus petits individus.

#### 4.5 HYDRAULIQUE

Pour prédire et optimiser la performance des marais flottants, il est important de connaître la capacité d'enlèvement des contaminants du bassin. Celle-ci est liée à l'hydraulique, notamment au temps que l'eau usée passe dans le bassin sous le marais flottant, appelé le temps de résidence hydraulique «*hydraulic residence time (HRT)*», aussi appelé temps de séjour. C'est le temps moyen pendant lequel une molécule d'eau est présente dans le bassin. Il peut être théorique, correspondant au temps de séjour nominal ( $t_n$ ), mesuré en divisant le volume d'eau reçue, les eaux usées et les précipitations ( $V$ ), par le débit ( $Q$ ) [2, 55] :

$$t_n = V/Q$$

où :

$t_n$  = temps de séjour nominal

$V$  = volume d'eau reçue (précipitations + eaux usées)

$Q$  = débit de l'influent.

Il est également possible de calculer le temps de séjour pratique, à l'aide de la modélisation ou à l'aide d'une étude de traçage (voir encadré à la page suivante). Pour maximiser le temps de séjour, il faut avoir une bonne compréhension de l'hydraulique du système, incluant les voies d'écoulement préférentielles, les zones mortes, la dispersion potentielle, etc. [2].

## ÉTUDE DE TRAÇAGE

Un «traceur» est une substance qui est ajoutée à l'entrée du dispositif et suivie tout au long du tracé du bassin pour déterminer les caractéristiques hydrauliques. Le traceur est échantillonné à des intervalles de temps préétablis, à différentes profondeurs et à différents endroits de son cheminement dans le bassin, où sa concentration est mesurée. Une étude de traçage permet de calculer les valeurs de temps de séjour réels, en plus de cibler les zones stagnantes du marais, les effets de la végétation, etc. Les traceurs utilisés peuvent être des colorants, des molécules fluorescentes, des

substances radioactives (tritium), des sels (lithium, bromure, chlorure, etc.), des organismes vivants (bactériophages, coliphages), ou même des produits pharmaceutiques. Il est toutefois important que le traceur soit inerte (qu'il ne réagisse pas avec les substances présentes dans l'eau), qu'il soit de densité similaire à celle de l'eau et/ou qu'il ne modifie pas les propriétés hydrauliques par sa présence. Sa concentration doit également pouvoir être mesurée, où l'on doit clairement pouvoir déterminer le déplacement dans le bassin [55, 56].

CRÉDIT PHOTO : INGENIEURBÜRO BLUMBERG

Pour réduire les risques de courts-circuits et pour augmenter la performance en maximisant le volume d'eau sous la plateforme, l'installation du marais flottant doit s'étendre sur une bonne partie de la largeur du plan d'eau, perpendiculairement à l'écoulement. Le piégeage des particules en suspension de l'affluent entrant sous l'installation est ainsi maximisé, en plus de faciliter la distribution de l'écoulement et ainsi limiter les courts-circuits en périphérie de la plateforme [48]. Selon une étude expérimentale, lorsque le bassin est rectangulaire et que l'entrée d'eau est située au centre d'une des deux extrémités, le positionnement optimal du marais correspond à une distance de 0,25 fois la longueur en partant de l'entrée de l'affluent, soit environ au premier quart de la longueur du plan d'eau [57]. Pour s'assurer que la totalité de l'eau usée passe sous le marais flottant, certains ont même positionné les marais flottants sur toute la largeur du plan d'eau (Fig. 8) [17].

La végétation et l'accumulation de sédiments peuvent nuire à l'hydraulique du site. Si le marais est installé dans un petit plan d'eau, comme des bassins de rétention des eaux pluviales, il est recommandé de retirer les herbes aquatiques envahissantes qui pourraient entraver l'écoulement de l'eau. Il est aussi attendu que les sédiments accumulés au fil du temps réduisent la vitesse d'écoulement. Ces sédiments peuvent être localisés sous le marais flottant, en raison de leur accumulation sur les

racines qui font office de filtre et qui facilitent la sédimentation. Dans ces conditions, la concentration de certains polluants (c.-à-d., zinc, azote, cuivre, etc.) peut être plus élevée sous la plateforme. Pour faciliter l'enlèvement éventuel des sédiments pollués, il est ainsi préférable de positionner le marais flottant à un endroit facile à draguer [48].

### 4.6 MODIFICATIONS POSSIBLES

Il est possible d'améliorer l'efficacité des marais filtrants flottants grâce à certaines modifications ou à la combinaison de différentes techniques. Par exemple, certaines matrices ou substrats sont conçus spécialement pour optimiser la surface de croissance du biofilm microbien [58, 59]. D'autres approches cherchent à optimiser la purification de l'eau grâce à la présence de palourdes d'eau douce [60], ou inoculent la plateforme avec des bactéries dénitrificatrices pour améliorer l'enlèvement de l'azote total [61]. Il est aussi possible d'améliorer la performance d'enlèvement des polluants en faisant usage d'une aération forcée [1, 62] ou d'une aération passive, cette dernière engendrée via des sections d'eau libre ou de cascades tout au long ou à la suite des marais filtrants flottants. Des marais flottants peuvent aussi être utilisés dans des marais filtrants hybrides ou en série d'autres types d'installations de traitement des eaux [4].

## 5.0 ENTRETIEN

Les marais filtrants flottants nécessitent généralement moins d'entretien que les autres types de marais filtrants, puisqu'il n'y a pas de tuyauterie ou de pompe à vérifier ou à entretenir. Outre la période d'établissement des végétaux qui demande un suivi plus serré pour contrôler l'état de la végétation, son accès à l'eau et pour éliminer les plantes non sélectionnées [4], il est nécessaire de vérifier au moins une fois par trimestre l'état du marais flottant.

Cette vérification trimestrielle inclue [3, 48, 50, 63] :

- 🍃 L'enlèvement des débris flottants potentiels (ex., débris d'origines anthropiques, branches, etc.) qui pourraient nuire à l'écoulement de l'eau;
- 🍃 L'inspection de l'état et du fonctionnement du système d'ancrage;
- 🍃 L'examen de l'installation vis-à-vis les impacts négatifs de la faune;
- 🍃 Le contrôle de l'efficacité du marais en s'assurant que les racines soient bien en contact avec l'eau usée;
- 🍃 L'enlèvement des plantes indésirables.

Ce dernier point est nécessaire tant sur la plateforme pour optimiser le traitement, que dans la colonne d'eau pour ne pas nuire à l'écoulement de l'eau. Parmi les végétaux qui s'y établissent spontanément, celles reconnues comme envahissantes (ex., phragmite) doivent être systématiquement retirées, mais les autres peuvent être conservées et contrôlées, dans la

mesure où la prédominance des espèces plantées et le potentiel d'épuration sont conservés.

Si l'esthétisme est un critère prépondérant, notamment en raison de l'emplacement de l'installation, une surveillance plus fréquente et régulière peut s'avérer nécessaire. Il peut aussi être adéquat d'aller vérifier l'intégrité de l'installation à la suite d'événements météorologiques plus extrêmes, où de forts vents et de fortes pluies pourraient avoir engendré des dégâts.

À plus long terme, la récolte des sédiments accumulés au fond du bassin (dragage) peut s'avérer nécessaire, puisque la présence du marais favorise la sédimentation des particules [4]. C'est notamment le cas des bassins de rétention qui comportent des marais flottants, où la fréquence de dragage est plus rapprochée que les bassins de rétention conventionnels, dragués en moyenne tous les 15 à 25 ans. La fréquence de dragage est toutefois un critère qui reste à définir, et ce, en fonction des divers types d'installations [48].

Dans les climats tempérés, à l'approche de l'hiver, il est recommandé par les manufacturiers de laisser les plateformes installées sur le plan d'eau, même durant les mois les plus froids où la glace se forme. La reprise des végétaux au printemps suivant n'en serait pas compromise [64]. Des recherches sont actuellement effectuées au Nebraska et au Vermont pour déterminer cette résistance aux conditions hivernales des végétaux installés sur des plateformes laissées en place lors de la période hivernale, ainsi que leurs performances concernant l'enlèvement des polluants [65, 66].



CRÉDIT PHOTO : INGENIEURBÜRO BLUMBERG

**Figure 8** – Îles flottantes couvrant la largeur du plan d'eau, conçues pour traiter les eaux pluviales, retenir d'éventuels films d'huile en cas de déversements accidentels et comme barrière contre tous autres matériaux flottants. [17].

## 6.0 AVANTAGES ET LIMITES

### 6.1 AVANTAGES

Les marais filtrants flottants fonctionnent exclusivement grâce à l'énergie du soleil et de l'activité bactérienne. Ils ne nécessitent donc pas de technologies complexes [1], sont économiques à construire, à exploiter et à entretenir, en plus d'être très simples d'opération [1, 4]. Ils offrent également une grande flexibilité, pouvant être mis en place à tout moment [2]. Leur flottabilité constitue aussi un grand avantage, car elle permet une adaptation à des débits d'eau très variables, tout en protégeant les végétaux du risque de submersion [4], en plus d'une application sur des plans d'eau de profondeurs variées [18], indépendamment des caractéristiques de fond [11]. En flottant à la surface, ces systèmes traitent l'eau sans altérer l'écoulement du plan d'eau ou cours d'eau et ont peu de chance de provoquer des courts-circuits hydrauliques [3]. De plus, ces plateformes végétalisées engendrent peu ou pas de perturbations à l'écosystème du site à restaurer [11], car elles sont simplement ajoutées au-dessus du plan d'eau [1]. Les marais flottants permettent également d'améliorer et de pérenniser la valeur et la qualité de l'habitat [4, 19] pour les poissons, oiseaux et invertébrés [1, 2, 4], tout en protégeant le littoral [3].

L'ajout de marais flottants permettrait aussi d'améliorer l'efficacité des bassins de rétention des eaux pluviales conventionnels [2] et contribue à réduire la température de l'eau [1]. Ils sont particulièrement efficaces dans la lutte contre l'eutrophisation [1] en réduisant la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau, ce qui réduit la prolifération et les effervescences d'algues [14, 15]. Les marais flottants permettent aussi de réduire l'érosion des rivages, en plus de promouvoir la restauration d'écosystèmes côtiers [4, 29].

En outre, ces installations embellissent le paysage [4, 19], apportant une touche de nature, particulièrement intéressante dans les milieux bétonnés urbains. Une grande diversité de plantes émergentes peut également être utilisée, incluant diverses variétés de plantes à fleurs [1]. Cette valeur esthétique peut même favoriser l'attrait touristique [3], augmenter la valeur immobilière [2] et améliorer l'acceptabilité sociale de cette phytotechnologie.

### 6.2 LIMITES

Les principales limitations des marais filtrants flottants concernent les incertitudes liées à la conception, l'entretien [19] et à l'efficacité de traitement. Le manque d'études et de recherches à grande échelle [3] limite leur application à ce jour, puisque les résultats obtenus sont difficilement transférables en raison de différences de conception, la nature des eaux à traiter, etc. [2, 4, 19].

À l'heure actuelle, pour optimiser le processus d'amélioration de la qualité de l'eau, une compréhension approfondie hydraulique du site est essentielle, obtenue par modélisation et/ou avec des études de traçage [2]. De plus, des échantillonnages

fréquents sont requis pour déterminer le moment optimal de récolte des plantes [2, 3], ce qui implique un entretien fréquent et une augmentation des coûts d'opération [1]. Il faut également mesurer l'efficacité du traitement en fonction des divers types de matériaux utilisés, des diverses profondeurs, etc. [4]. Ainsi, pour optimiser l'enlèvement des polluants, des configurations plus précises sont encore à déterminer [2].

D'autre part, il peut parfois être difficile de maintenir une profondeur minimale d'eau pour la croissance des végétaux, spécialement lors de périodes de sécheresse [1]. Les animaux peuvent également perturber le système par piétinements et/ou surpâturage [4]. La présence de la plateforme sur un plan d'eau peut aussi restreindre certaines activités récréatives, comme la navigation ou la pêche [1]. Enfin, l'efficacité des marais filtrants flottants diminue à basse température [1], ce qui les rend moins adaptés aux climats tempérés, particulièrement où les eaux de surface sont sujettes au gel.

### 6.3 PERSPECTIVES

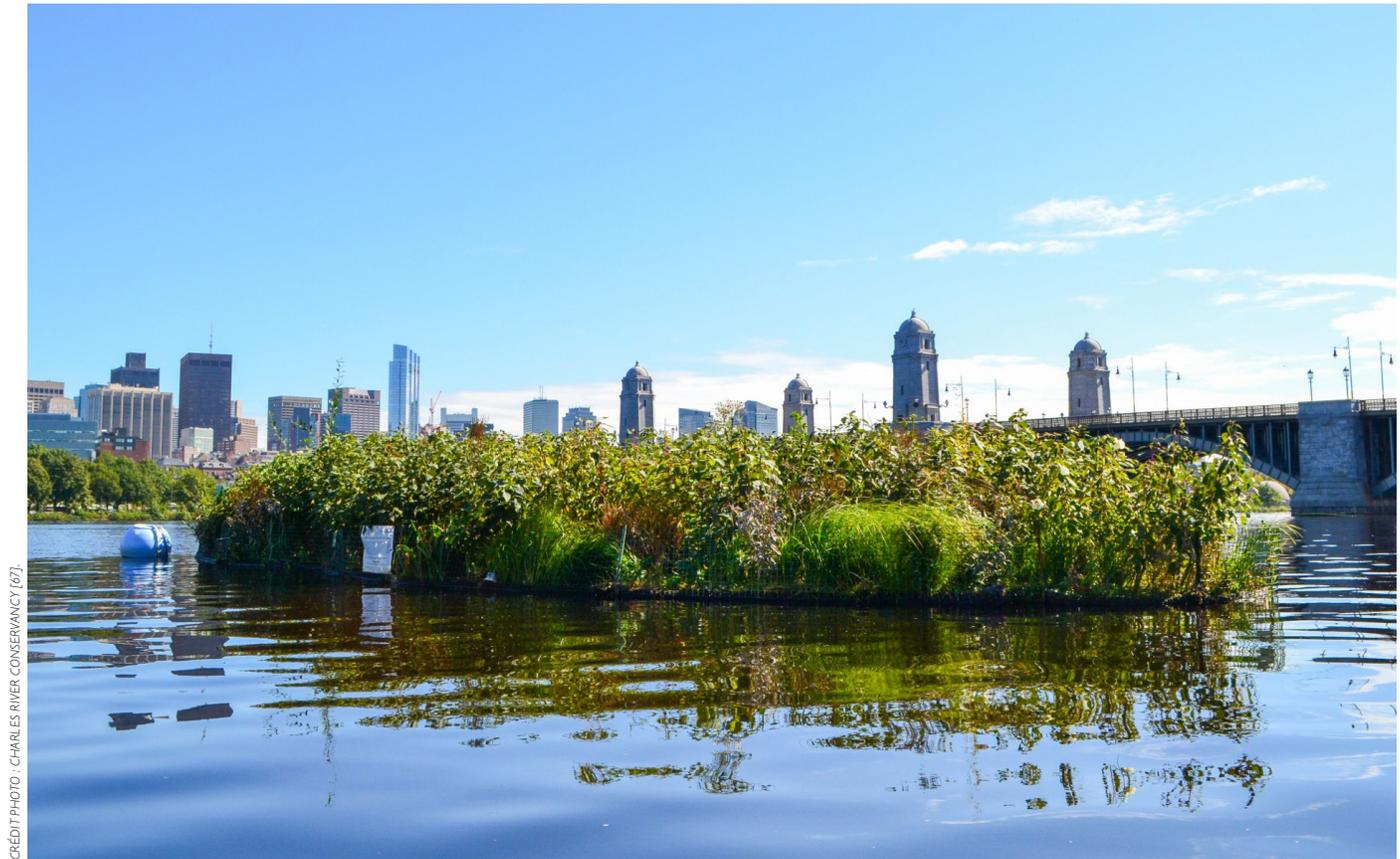
Au Québec, il n'existe actuellement pas de réglementation sur l'installation d'un marais filtrant flottant pour traiter l'eau de plans et cours d'eau privés. Ces systèmes représentent donc une excellente opportunité d'utiliser une phytotechnologie estivale pour améliorer la qualité de l'eau et réduire l'eutrophisation, en plus de bonifier la valeur écologique et esthétique des habitats, spécialement dans les zones fortement anthropisées. Toutefois, quant à la problématique récurrente des concentrations élevées de phosphore dans les plans d'eau québécois, les marais flottants ne constituent pas la solution optimale. Il n'y a en effet pas de démonstrations faites quant à la réduction significative des niveaux de phosphore, à moins d'un recouvrement très élevé de marais flottants sur le plan d'eau. La réduction du phosphore demeure donc principalement tributaire de mesures préventives à la source.

À l'heure actuelle, la recherche sur les marais flottants reste incomplète et nécessite des informations supplémentaires sur plusieurs aspects tels que :

- 🍃 les types de végétaux et leur capacité d'absorption des nutriments [1, 2] en fonction de différents climats [48];
- 🍃 les taux de densité végétale [1];
- 🍃 la disposition des végétaux dans le système;
- 🍃 la partie végétale à éliminer lors de la récolte;
- 🍃 la période de récolte [2, 3];
- 🍃 la conception et les matériaux;
- 🍃 les taux de charges hydrauliques;
- 🍃 le temps de rétention hydraulique adéquat [1, 2];
- 🍃 la profondeur optimale de l'eau [4], etc.

## 7.0 EXEMPLES DE MARAIS FLOTTANTS EXISTANTS

### 7.1 MARAIS FILTRANT FLOTTANT À CAMBRIDGE, ÉTATS-UNIS



CRÉDIT PHOTO : CHARLES RIVER CONSERVANCY [67].

<b>Type d'eau</b>	Rivière
<b>Localisation</b>	Rivière Charles, Cambridge, États-Unis.
<b>Années de mise en fonction</b>	2020

Un marais filtrant flottant a été installé sur la rivière Charles près de Cambridge (États-Unis) afin de générer un impact écologique et visuel positif, mesurer les effets sur la qualité de l'eau en plus d'utiliser l'installation comme un outil d'enseignement. La plateforme flottante utilisée, conçue par Biomatrix Water, est fabriquée à partir de polypropylène et de polyéthylène recyclés, encadrée d'acier inoxydable et recouverte de fibre de coco. Elle est ancrée au fond de la rivière avec un système d'amarrage en béton. Les plantes ont été choisies pour leur indigénat, leur esthétique et leurs aptitudes à résister à la salinité, au vent et au rayonnement solaire. Au total, ce sont dix-neuf espèces qui ont été sélectionnées, incluant la verveine hastée (*Verbena hastata*), la ketmie des marais (*Hibiscus moscheutos*), le rosier palustre (*Rosa palustris*), l'iris versicolore (*Iris versicolor*), l'asclépiade incarnate (*Asclepias incarnata*) et la verge d'or toujours verte (*Solidago sempervirens*). Les résultats du projet ont montré que le marais flottant a réduit la présence de zooplancton pélagique près de la structure, et a contribué à réduire l'azote et le phosphore dans l'eau [67, 68].

## 7.2 MARAIS FILTRANT FLOTTANT, ALBERTA

CRÉDIT PHOTO : OLDS COLLEGE OF AGRICULTURE & TECHNOLOGY



<b>Type d'eau</b>	Eau de ruissellement du bétail
<b>Localisation</b>	Alberta, Canada.
<b>Années de mise en fonction</b>	2022

Une série d'essais en laboratoire mené par le Olds College of Agriculture and Technology a permis de définir plusieurs paramètres pour optimiser la mise en place de marais flottants, notamment en ce qui concerne la conception, l'installation et l'entretien, tout en orientant le choix des végétaux utilisés. À la suite de ces études, des marais flottants plantés de végétaux indigènes ont été déployés sur différents sites et intégrés aux bassins de rétention. Ces marais flottants, mesurant 1,2 m par 2,4 m (4 pieds par 8 pieds), visent à assainir les eaux de ruissellement issues de l'élevage de bétail, afin que celles-ci puissent être réutilisées pour l'irrigation des cultures ou même servir d'eau potable pour ce même bétail. La qualité de l'eau est évaluée à travers divers paramètres, notamment les niveaux d'azote, de phosphore, de métaux lourds et de chlorophylle *a*, un indicateur de la présence d'organismes photosynthétiques, tels que les algues. L'objectif de cette initiative est d'encourager les producteurs de bétail à adopter des pratiques vertes durables, peu coûteuses et pérennes [69].

### 7.3 MARAIS FILTRANT FLOTTANT, JARDIN BOTANIQUE DE MONTRÉAL

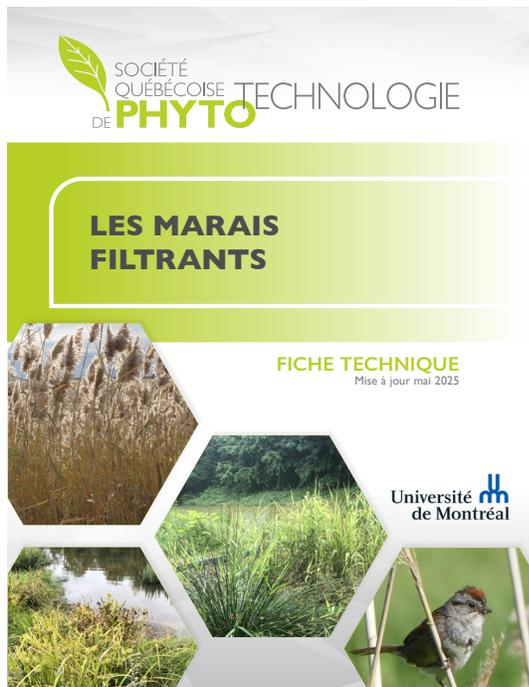


CRÉDIT PHOTO : ESPACE POUR LA VIE/CLAUDE LAFOND

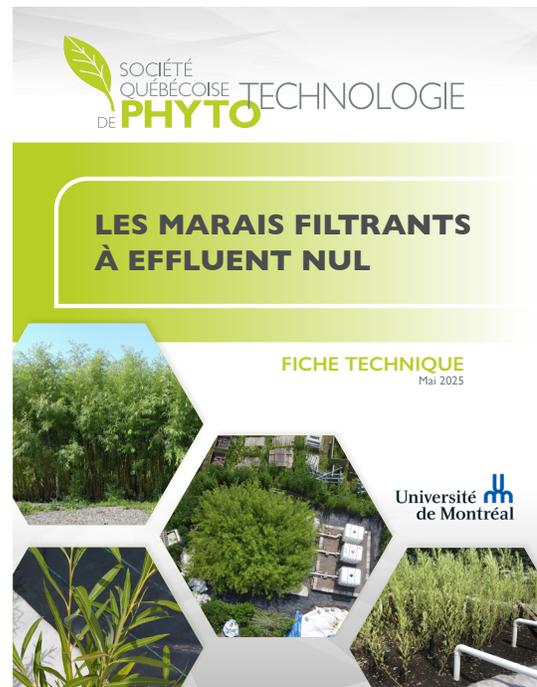
<b>Type d'eau</b>	Étang
<b>Localisation</b>	Jardin botanique de Montréal, Canada
<b>Années de mise en fonction</b>	2021

Un ensemble d'îlots et de radeaux flottants végétalisés a été installé dans l'étang situé près de la maison de l'arbre Frédéric-Back au Jardin botanique. Ces structures flottantes contribuent à réduire l'eutrophisation de l'étang et à limiter l'implantation de plantes envahissantes. L'ombrage créé par ces marais flottants diminue la prolifération d'algues et empêche l'établissement de plantes exotiques envahissantes, telles que le roseau commun (*Phragmites australis* subsp. *australis*) qui requière un ensoleillement important pour se développer. L'ombrage permanent et le déplacement stratégique des îlots, permettant de varier les zones ombragées, sont essentiels pour contrôler sa croissance. Les îlots sont peuplés par l'iris versicolore (*Iris versicolor*), le carex de Gray (*Carex grayi*) et la spartine pectinée (*Sporobolus michauxianus*) [70].

## 8.0 OUTILS EN LIGNE, GUIDES ET RESSOURCES



Bédard, L. et Brisson, J. 2025. LES MARAIS FILTRANTS. *Fiches techniques de la Société québécoise de phytotechnologie*. Université de Montréal et Société québécoise de phytotechnologie. 45 pages. [www.phytotechno.com](http://www.phytotechno.com).



Bédard, L. et Brisson, J. 2025. LES MARAIS FILTRANTS À EFFLUENT NUL. *Fiches techniques de la Société québécoise de phytotechnologie*. Université de Montréal et Société québécoise de phytotechnologie. 23 pages. [www.phytotechno.com](http://www.phytotechno.com).

## 9.0 DROITS DE REPRODUCTION

### Comment citer :

Bédard, L. et Brisson, J. 2025. LES MARAIS FILTRANTS FLOTTANTS. *Fiches techniques de la Société québécoise de phytotechnologie*. Université de Montréal et Société québécoise de phytotechnologie. 22 pages. [www.phytotechno.com](http://www.phytotechno.com).

### Droits de reproduction à des fins non commerciales :

Les droits d'auteur appartiennent à la Société québécoise de phytotechnologie (SQP). L'information de cette fiche peut être reproduite à des fins personnelles ou publiques non commerciales sans autorisation de la SQP. Toutefois, les conditions suivantes s'appliquent :

- ❧ La source de l'information doit être ainsi citée tel que mentionné précédemment.
- ❧ L'utilisateur doit prendre soin de conserver l'exactitude des documents reproduits.
- ❧ La copie ne peut être présentée en tant que version officielle originale.
- ❧ La copie ne peut être présentée comme étant faite en affiliation avec la SQP ou avec son aval.

### Droits de reproduction à des fins commerciales :

La reproduction à des fins commerciales, en tout ou en partie, de cette fiche et de tout autre document publié par la SQP est interdite sans la permission écrite de la SQP. Par cette autorisation, la SQP cherche à s'assurer de la diffusion des versions les plus exactes et actualisées des documents dont elle dispose. On peut obtenir une autorisation de reproduction à des fins commerciales en s'adressant à :

SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTOTECNOLOGIE  
3230, rue Sicotte, local E-300, ouest  
Saint-Hyacinthe QC J2S 2M2  
**PHYTOTECNO.COM**  
**INFO@PHYTOTECNO.COM**

CRÉDIT PHOTO : LAURIANNE BÉDARD



## 10.0 RÉFÉRENCES

- [1] Shahid, M. J., Arslan, M., Ali, S., Siddique, M., & Afzal, M. (2018). Floating wetlands : a sustainable tool for wastewater treatment. *Clean–Soil, Air, Water*, 46(10), 1800120.
- [2] Lucke, T., Walker, C., & Beecham, S. (2019). Experimental designs of field-based constructed floating wetland studies : A review. *Science of the Total Environment*, 660, 199-208.
- [3] Pavlineri, N., Skoulikidis, N. T., & Tsihrintzis, V. A. (2017). Constructed floating wetlands : a review of research, design, operation and management aspects, and data meta-analysis. *Chemical Engineering Journal*, 308, 1120-1132.
- [4] Headley, T. R., & Tanner, C. C. (2012). Constructed wetlands with floating emergent macrophytes : an innovative stormwater treatment technology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(21), 2261-2310.
- [5] Vymazal, J. (2022). The historical development of constructed wetlands for wastewater treatment. *Land*, 11(2), 174.
- [6] Russell, R. J. (1942). Flotant. *Geographical Review*, 32(1), 74-98.
- [7] Hogg, E. H., & Wein, R. W. (1988). Seasonal change in gas content and buoyancy of floating Typha mats. *The Journal of Ecology*, 1055-1068.
- [8] Hogg, E. H., & Wein, R. W. (1987). *Buoyancy and growth of floating cattail mats in a dyked impoundment in New Brunswick*. Symposium '87 Wetlands/Peatlands, Edmonton, Canada.
- [9] Burgess, N. D., & Hirons, G. J. (1992). Creation and management of artificial nesting sites for wetland birds. *Journal of Environmental Management*, 34(4), 285-295.
- [10] Dunlop, C. L., Blokpoel, H., & Jarvie, S. (1991). Nesting rafts as a management tool for a declining common tern (*Sterna hirundo*) colony. *Colonial Waterbirds*, 116-120.
- [11] Kadlec, R. H., & Wallace, S. (2008). *Treatment wetlands*. Second Edition. CRC press.
- [12] Masters, B. (2012). The ability of vegetated floating Islands to improve water quality in natural and constructed wetlands : a review. *Water Practice and Technology*, 7(1), wpt2012022.
- [13] Hoeger, S. (1988). Schwimmkampen : Germany's artificial floating islands. *Journal of Soil and Water conservation*, 43(4), 304-306.
- [14] Wu WeiMing, W. W., Song XiangFu, S. X., Jin QianYu, J. Q., Ying HuoDong, Y. H., & Zou GuoYan, Z. G. (2000). Study on soilless culture of canna on fish pond. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 6(3), 206-210.
- [15] Xuwen, B., & Jiachang, C. (2001). The control of eutrophic water in ponds by floating-bed soilless culture of plants. *Journal of Zhanjiang Ocean University*, 21(3), 29-33.
- [16] Revitt, D. M., Shutes, R. B. E., Llewellyn, N. R., & Worrall, P. (1997). Experimental reedbed systems for the treatment of airport runoff. *Water Science and Technology*, 36(8-9), 385-390.
- [17] Ingenieurbüro Blumberg. *Floating Islands*. Lien URL : <https://www.blumberg-engineers.com/en/ecotechnologies/more-ecotechnologies/floating-islands/> [Consulté le 24/04/2024].
- [18] Kerr-Upal, M., Seasons, M., & Mulamoottil, G. (2000). Retrofitting a stormwater management facility with a wetland component. *Journal of Environmental Science & Health Part A*, 35(8), 1289-1307.
- [19] Dotro, G., Langergraber, G., Molle, P., Nivala, J., Puigagut, J., Stein, O., & Von Sperling, M. (2017). *Treatment wetlands* (p. 172). IWA publishing.
- [20] Wu, Q. T., Gao, T., Zeng, S., & Chua, H. (2006). Plant-biofilm oxidation ditch for in situ treatment of polluted waters. *Ecological Engineering*, 28(2), 124-130.
- [21] Song, H. L., Li, X. N., Lu, X. W., & Inamori, Y. (2009). Investigation of microcystin removal from eutrophic surface water by aquatic vegetable bed. *Ecological engineering*, 35(11), 1589-1598.
- [22] Kansime, F., Oryem-Origa, H., & Rukwago, S. (2005). Comparative assessment of the value of papyrus and cocoyams for the restoration of the Nakivubo wetland in Kampala, Uganda. *Physics and chemistry of the earth, parts A/B/C*, 30(11-16), 698-705.
- [23] Curt, M. D., Aguado, P. L., & Fernandez, J. (2005, July). Nitrogen absorption by *Sparganium erectum* L. and *Typha domingensis* (Pers.) Steudel grown as floaters. In *Proceedings of an International Meeting on Phytodepuration, Lorca, Spain, July*.
- [24] De Stefani, G., Tocchetto, D., Salvato, M., & Borin, M. (2011). Performance of a floating treatment wetland for in-stream water amelioration in NE Italy. *Hydrobiologia*, 674, 157-167.

- [25] Van de Moortel, A. M., Meers, E., De Pauw, N., & Tack, F. M. (2010). Effects of vegetation, season and temperature on the removal of pollutants in experimental floating treatment wetlands. *Water, Air, & Soil Pollution*, 212, 281-297.
- [26] Borne, K. E., Fassman, E. A., & Tanner, C. C. (2013). Floating treatment wetland retrofit to improve stormwater pond performance for suspended solids, copper and zinc. *Ecological Engineering*, 54, 173-182.
- [27] M. & M. K. Ishikawa (1988). *U.S. Patent No. 5,799,440*. Washington, DC : U.S. Patent and Trademark Office.
- [28] Council, A. R. (2006). Application of Floating Wetlands for Enhanced Stormwater Treatment : A Review. *Technical Publication*, 324.
- [29] Floating Island International. *BioHaven® Floating Island Technology*. Applications Water-quality. Lien URL : <https://www.floatingislandinternational.com/applications/water-quality/>. Conatct : [hello@floatingislandinternational.com](mailto:hello@floatingislandinternational.com) Consulté le 18/04/2024].
- [30] Sasser, C. E., Gosselink, J. G., & Shaffer, G. P. (1991). Distribution of nitrogen and phosphorus in a Louisiana freshwater floating marsh. *Aquatic Botany*, 41(4), 317-331.
- [31] Zhao, F., Xi, S., Yang, X., Yang, W., Li, J., Gu, B., & He, Z. (2012). Purifying eutrophic river waters with integrated floating island systems. *Ecological Engineering*, 40, 53-60.
- [32] Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs [MDDELCC]. *Projet pilote de restauration du lac à l'Anguille,» Gouvernement du Québec*. Lien URL : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/projet-pilote/anguille/index.htm>. [Consulté le 16/03/2024].
- [33] I. Morin (2021, 2 février). La solution du Jardin botanique aux indésirables. *La Presse*.
- [34] Faulwetter, J. L., Burr, M. D., Cunningham, A. B., Stewart, F. M., Camper, A. K., & Stein, O. R. (2011). Floating treatment wetlands for domestic wastewater treatment. *Water science and technology*, 64(10), 2089-2095.
- [35] Chen, Z., Kuschik, P., Paschke, H., Kästner, M., Müller, J. A., & Köser, H. (2014). Treatment of a sulfate-rich groundwater contaminated with perchloroethene in a hydroponic plant root mat filter and a horizontal subsurface flow constructed wetland at pilot-scale. *Chemosphere*, 117, 178-184.
- [36] Stewart, F. M., Muholland, T., Cunningham, A. B., Kania, B. G., & Osterlund, M. T. (2008). Floating islands as an alternative to constructed wetlands for treatment of excess nutrients from agricultural and municipal wastes—results of laboratory-scale tests. *Reclamation of Contaminated Land*, 16, 25-33.
- [37] Richter, J., Wiessner, A., Zehnsdorf, A., Müller, J. A., & Kuschik, P. (2016). Injection of hydrogen gas stimulates acid mine drainage treatment in laboratory-scale hydroponic root mats. *Engineering in Life Sciences*, 16(8), 769-776.
- [38] M. P. & K. M. Smith. (2000). Floating wetland vegetation covers for suspended solids removal. In *Treatment Wetlands for Water Quality Improvement, Quebec 2000 Conference, Qc, Canada*.
- [39] Van de Moortel, A. M., Du Laing, G., De Pauw, N., & Tack, F. M. (2011). Distribution and mobilization of pollutants in the sediment of a constructed floating wetland used for treatment of combined sewer overflow events. *Water Environment Research*, 83(5), 427-439.
- [40] Buts, L., Thoeye, C., & De Gueldre, G. (2005, August). Treatment of CSO water using floating plant beds. In *10th International Conference on Urban Drainage Copenhagen, Denmark*.
- [41] Todd, J., Brown, E. J., & Wells, E. (2003). Ecological design applied. *Ecological engineering*, 20(5), 421-440.
- [42] Hubbard, R. K., Gascho, G. J., & Newton, G. L. (2004). Use of floating vegetation to remove nutrients from swine lagoon wastewater. *Transactions of the ASAE*, 47(6), 1963-1972.
- [43] Sooknah, R. D., & Wilkie, A. C. (2004). Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater. *Ecological Engineering*, 22(1), 27-42.
- [44] Li, H., Hao, H., Yang, X., Xiang, L., Zhao, F., Jiang, H., & He, Z. (2012). Purification of refinery wastewater by different perennial grasses growing in a floating bed. *Journal of Plant Nutrition*, 35(1), 93-110.
- [45] Bédard, L. et Brisson, J. 2025. LES MARAIS FILTRANTS. *Fiches techniques de la Société québécoise de phytotechnologie*. Université de Montréal et Société québécoise de phytotechnologie. [www.phytotechno.com](http://www.phytotechno.com).
- [46] Karnchanawong, S., & Sanjitt, J. (1995). Comparative study of domestic wastewater treatment efficiencies between facultative pond and water spinach pond. *Water Science and Technology*, 32(3), 263-270.
- [47] Tanner, C. C., & Headley, T. R. (2011). Components of floating emergent macrophyte treatment wetlands influencing removal of stormwater pollutants. *Ecological Engineering*, 37(3), 474-486.

- [48] Borne, K. E., Fassman-Beck, E. A., Winston, R. J., Hunt, W. F., & Tanner, C. C. (2015). Implementation and maintenance of floating treatment wetlands for urban stormwater management. *Journal of Environmental Engineering*, 141(11), 04015030.
- [49] Tharp, R., Westhelle, K., & Hurley, S. (2019). Macrophyte performance in floating treatment wetlands on a suburban stormwater pond : Implications for cold climate conditions. *Ecological Engineering*, 136, 152-159.
- [50] McAndrew, B., Ahn, C., & Spooner, J. (2016). Nitrogen and sediment capture of a floating treatment wetland on an urban stormwater retention pond—the case of the rain project. *Sustainability*, 8(10), 972.
- [51] Beemats Floating Wetlands. *Projects*. Lien Url : <http://www.beemats.com/home.html> [Consulté le 26/04/2024].
- [52] Winston, R. J., Hunt, W. F., Kennedy, S. G., Merriman, L. S., Chandler, J., & Brown, D. (2013). Evaluation of floating treatment wetlands as retrofits to existing stormwater retention ponds. *Ecological Engineering*, 54, 254-265.
- [53] Marimon, Z. A., Xuan, Z., & Chang, N. B. (2013). System dynamics modeling with sensitivity analysis for floating treatment wetlands in a stormwater wet pond. *Ecological modelling*, 267, 66-79.
- [54] Arslan, M., Iqbal, S., Islam, E., El-Din, M. G., & Afzal, M. (2023). A protocol to establish low-cost floating treatment wetlands for large-scale wastewater reclamation. *STAR Protocols*, 4(4), 102671.
- [55] Headley, T. R., & Kadlec, R. H. (2007). Conducting hydraulic tracer studies of constructed wetlands : a practical guide. *Ecology & hydrobiology*, 7(3-4), 269-282.
- [56] Headley, T. (2023). *Onsite Treatment of Wastewater in Willow Systems*. PhD Course, *Use of Wetlands in water pollution control 2023*. Marine Biological Station Rønbjerg, Aarhus University, Denmark.
- [57] Khan, S., Melville, B. W., & Shamseldin, A. (2013). Design of storm-water retention ponds with floating treatment wetlands. *Journal of Environmental Engineering*, 139(11), 1343-1349.
- [58] Sheng, Y., Qu, Y., Ding, C., Sun, Q., & Mortimer, R. J. (2013). A combined application of different engineering and biological techniques to remediate a heavily polluted river. *Ecological Engineering*, 57, 1-7.
- [59] Song, H., Li, X., Li, W., & Lu, X. (2014). Role of biologic components in a novel floating-bed combining *Ipomoea aquatica*, *Corbicula fluminea* and biofilm carrier media. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 8, 215-225
- [60] Li, X. N., Song, H. L., Li, W., Lu, X. W., & Nishimura, O. (2010). An integrated ecological floating-bed employing plant, freshwater clam and biofilm carrier for purification of eutrophic water. *Ecological engineering*, 36(4), 382-390.
- [61] Zhao, F., Zhang, S., Ding, Z., Aziz, R., Rafiq, M. T., Li, H.,... & Yang, X. (2013). Enhanced purification of eutrophic water by microbe-inoculated stereo floating beds. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(3), 557-564.
- [62] Dunqiu, W., Shaoyuan, B., Mingyu, W., Qinglin, X., Yinian, Z., & Hua, Z. (2012). Effect of artificial aeration, temperature, and structure on nutrient removal in constructed floating islands. *Water environment research*, 84(5), 405-410.
- [63] Wang, C. Y., Sample, D. J., Day, S. D., & Grizzard, T. J. (2015). Floating treatment wetland nutrient removal through vegetation harvest and observations from a field study. *Ecological Engineering*, 78, 15-26.
- [64] Terrapin Water. Floating Treatment Wetlands FAQ's. Lien URL : <https://terrapinwater.com/staging/floating-treatment-wetlands-faq/> [Consulté le 10/06/2024].
- [65] S. Richter-Ryerson. (2020). *Researchers testing ability of floating wetlands to survive winter*. University of Nebraska-Lincoln. PHYS.ORG.
- [66] Lake Champlain Sea Grant (2018). *Floating Treatment Wetlands – evaluation for pollutant removal improvement in cold climate stormwater ponds (Technical Report No. 88)*. Grand Isle, VT : Lake Champlain Basin Program. University of Vermont, City of South Burlington.
- [67] Charles River Conservancy. Floating Wetlands. Lien URL : <https://thecharles.org/floating-wetlands/> [Consulté le 26/10/2024].
- [68] Rome, M. B. (2022). *From water quality to river health*. [Dissertation doctorale] Northeastern University, Boston, Massachusetts.
- [69] Olds College of Agriculture and Technology. Floating Island Technology for Livestock Water Remediation. Lien URL : <https://www.oldscollege.ca/smart-farm-research/research-projects/livestock/current/floating-island-technology-for-livestock-water-remediation.html> [Consulté le 29/04/2024].
- [70] P. Gravel (2021, juillet). *Des plantes pour éliminer les indésirables*. Le Devoir.