

ÉVALUATION D'UN SYSTÈME DE RÉCOLTE AUTOMATIQUE DES DÉCHETS FLOTTANTS POUR LA RÉDUCTION DE LA POLLUTION AQUATIQUE PAR LES PLASTIQUES

MARIE-EVE BLANCHETTE^{1,2}, ISABELLE LAVOIE²

1. *Université Laval*

2. *Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement*

RÉSUMÉ

Le plastique représente actuellement une des problématiques environnementales les plus préoccupantes. Les matières plastiques ne se dégradent pas; elles subissent plutôt une dégradation causée par différents processus. Cette fragmentation mène éventuellement à la formation de micro et nanoplastiques pouvant causer des dommages importants aux écosystèmes aquatiques et terrestres. Des initiatives ont été proposées afin de nettoyer les milieux aquatiques en réduisant les plastiques qui atteignent les océans. C'est le cas de la technologie *Seabin* mise en place à la Marina du Port de Québec. À la suite de l'introduction de cette technologie, deux méthodes étaient utilisées simultanément à l'été 2021 afin de récolter les déchets à la surface de l'eau du bassin Louise: l'approche automatisée *Seabin* et la récolte à la main sur une péniche. En plus d'évaluer les plastiques récoltés par le *Seabin* et son efficacité, ce projet a permis de comparer les deux méthodes. Les plastiques récoltés par les deux méthodes ont été triés des débris végétaux et ont été pesés. Les résultats obtenus montrent que la technique à la péniche permet de récolter en une seule journée ce que le *Seabin* a récolté en 3 mois. Il a aussi été démontré que l'endroit auquel le *Seabin* était installé n'était pas idéal.

Mots-clés : Débris plastiques, Microplastiques, Seabin, Récoltes plastiques, Pollution aquatique

INTRODUCTION

Les plastiques font maintenant partie intégrante de notre quotidien. Cette matière est en effet très utile étant donné son faible coût de fabrication et sa durabilité. Bien qu'il existe plusieurs types de polymères plastiques, les débris de plastique retrouvés en milieux aquatiques sont dominés par six types ; le polypropylène (PP), le polyéthylène (PE), le polychlorure de vinyle (PVC), le polyuréthane (PUR), le polytéréphtalate (PET) et le polystyrène (PS) (PlasticsEurope, 2017). La persistance de ces polymères dans l'environnement est une des préoccupations environnementales les plus importantes. Plus de 80% des déchets marins sont des plastiques (European Parliament, 2019), ce qui s'explique par la faible dégradation de cette matière.

Une fois dans l'environnement, les plastiques sont fragmentés par différents processus (Andrady, 2011) jusqu'à la formation de microplastiques et de nanoplastiques. Il s'agit de particules de plastiques de moins de 5 mm de longueur pour les microplastiques et de moins de 100 nm de longueur pour les nanoplastiques (Mattsson et al., 2018). Une grande majorité des microplastiques est formée à partir des mésos plastiques et de plus gros fragments de débris de plastique se trouvant sur les plages. La température élevée de ces lieux facilite l'altération de la matière en plus petits fragments (Andrady, 2011). Certains débris de plastique dérivent durant de longues périodes dans les milieux aquatiques et se désintègrent de plus en plus (Thiel et al., 2013). En plus d'être produits à la suite de la fragmentation de débris de plus grande tailles, des microplastiques sont aussi fabriqués *de novo* puisqu'ils font partie de la composition de multiples produits de consommation et de soins personnels tels que les exfoliants pour la peau (Michielssen et al., 2016). Ces microplastiques peuvent éventuellement atteindre les milieux aquatiques via les eaux usées ou même via les eaux transitant par des stations d'épuration qui ne retiennent pas la totalité des microplastiques. Cette introduction de débris de plastique dans les milieux aquatiques entraîne des répercussions directes sur la santé des organismes aquatiques, par exemple, lorsque les plastiques sont ingérés et s'accumulent ensuite dans le réseau trophique ou encore lorsque les individus s'emmêlent dans les débris de plus grande taille (GESAMP, 2015).

Afin d'améliorer la condition des écosystèmes aquatiques et de diminuer la pollution par le plastique, plusieurs inventions ont été développées au cours des dernières années afin de prévenir

les fuites de plastique et de les récolter avant qu'ils n'atteignent les océans (Schmaltz et al., 2020). L'article *Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution* (Schmaltz et al., 2020) propose un inventaire permettant d'identifier des technologies (52) de prévention et de nettoyage de la pollution plastique. Le *Seabin*, l'appareil de récolte automatique dont il est question dans cette étude, est mentionné dans l'inventaire. Le séparateur de litière en ligne (ILLS), conçu en 1999, est également présenté dans l'article de Schmaltz et al. Cette technologie prévient la pollution par macroplastiques à l'aide d'un filtre pour les eaux pluviales et pour les eaux usées. FRED, le robot flottant pour éliminer les débris, fait aussi partie de l'inventaire. Créé en 2019, il collecte les macroplastiques grâce à l'énergie solaire. Parmi les 52 inventions, aucune n'est identifiée comme étant la plus efficace ou encore ayant le meilleur rapport qualité-prix.

Dans la présente étude, deux techniques de récolte de plastique utilisées à la Marina du Port de Québec ont été comparées : la technologie *Seabin* et la récolte manuelle de débris à partir d'une péniche. En effet, des récoltes de déchets réalisées par un travailleur à l'aide d'une péniche sont effectuées régulièrement depuis plusieurs années à la Marina du Port de Québec. Toutefois, à l'été 2021, un instrument de récolte automatique a été installé à la marina, ce qui a permis de comparer les deux méthodes. Le *Seabin* récolte les déchets grâce à un mouvement qui suit le niveau de l'eau, c'est-à-dire en montant et en descendant. En effectuant ce mouvement, le *Seabin* aspire l'eau de surface et les débris flottants grâce à une pompe à eau submersible. L'eau est ensuite rejetée dans le bassin tandis que les débris de 2 mm et plus restent dans le panier collecteur (voir figure 1). Les hydrocarbures à la surface de l'eau aspirée par le *Seabin* sont également retenus grâce à une éponge placée dans le fond du dispositif.



SEABINPROJECT.COM

Le *Seabin* est une invention du *Seabin Project*, compagnie australienne fondée en 2015 ayant comme objectif de fournir des solutions pratiques et tangibles afin de réduire les plastiques dans les océans. La compagnie considère les marinas et les ports comme étant un endroit idéal pour prévenir la pollution des océans. De plus, ce sont des emplacements parfaits pour l'installation des *Seabin* (The Seabin Project, 2022).

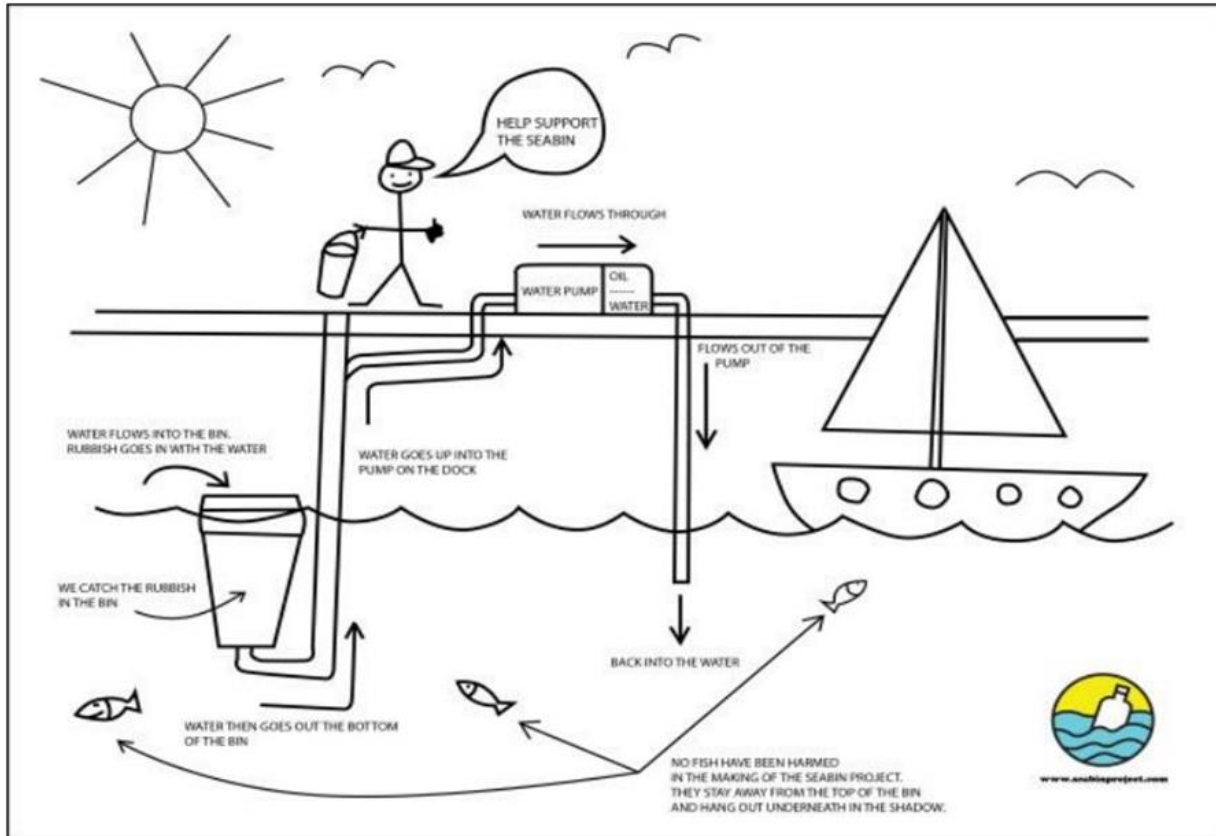


Figure 1 Schéma explicatif du Seabin (Source : Seabinproject.com)

L'objectif principal de cette étude est de déterminer l'efficacité et la pertinence du *Seabin* à la Marina du Port de Québec. Les objectifs spécifiques sont (1) de peser et d'identifier/caractériser les types d'objets/débris de plastiques récoltés par le *Seabin* et (2) de comparer les deux méthodes de récoltes de plastique. En ce qui concerne les deux méthodes de récolte, soient à la péniche et à l'aide du *Seabin*, nous émettons l'hypothèse que les récoltes à la péniche sont plus efficaces puisque les amas de déchets peuvent être ciblés visuellement par l'employé effectuant la récolte. De plus, le volume de débris totaux récoltés est également largement supérieur avec la méthode de la péniche qu'avec le *Seabin*, ce qui augmente les chances de récolter des plastiques. Cependant, nous émettons également l'hypothèse que le *Seabin* attrape de plus petits débris de plastique en comparaison à ce qui est récolté à la péniche.

MÉTHODES

Seabin

Dans le cadre du projet pilote « *Seabin* » mis en place par le Port de Québec, un *Seabin* a été installé à la Marina du Port de Québec dans le bassin Louise (voir figure 2). Il était attaché à un quai de bois, près des embarcations et avait comme mission de récolter les déchets avant qu'ils ne se retrouvent dans le fleuve St-Laurent. Le *Seabin* de la marina était en marche 7 jours sur 7, 24h sur 24 durant la période comprise entre le 19 juillet et le 18 octobre 2021. Le contenu du *Seabin* n'était vidé que lorsque le sac collecteur était rempli et le contenu était transvidé dans un grand sac de plastique, puis pesé à l'aide d'un pèse-bagages avant d'être transporté jusqu'au laboratoire de l'INRS afin d'en caractériser le contenu.



Figure 1 *Seabin*, Marina du Port de Québec



Figure 2 Contenu du *Seabin* non trié

La présence d'algues et de matières organiques était très importante dans le contenu récolté, le tri devait donc être fait minutieusement afin de repérer tous les plastiques et microplastiques (voir figure 3). Les déchets organiques étaient jetés, tout comme les déchets composés d'un matériel autre que du plastique. Certains poissons et invertébrés aquatiques ont été récoltés et ils ont aussi été jetés. Il est important de mentionner que ces organismes étaient déjà morts et qu'ils ont été aspirés par le *Seabin* puisqu'ils flottaient à la surface de l'eau. Les déchets de plastiques étaient nettoyés, séchés et conservés afin de les peser et de les caractériser. La caractérisation se faisait tout simplement en dénombrant certaines catégories de plastique à l'aide d'une grille appelée « *Pollution Index* » remise par *Seabin Project* (voir la figure 4). Une grille d'identification des microplastiques était aussi utilisée afin de mesurer les débris de plastique soupçonnés d'être plus petits que 5 mm (voir figure 5).

Péniche

Chaque jour, des employés de la Marina du Port de Québec étaient chargés de récolter les déchets flottant à partir d'une péniche. Ils attrapaient les débris à l'aide d'un outil à mailles servant à attraper toutes matières flottantes. En fonction des vents et des courants, les débris s'accumulent fortement dans certains coins de la marina, ce qui facilite la collecte (voir la figure 6). Afin de comparer le travail manuel et le travail effectué par le *Seabin*, deux sacs de déchets récoltés à la péniche ont été triés et caractérisés. La méthode de triage et de caractérisation était la même que celle utilisée pour les déchets récoltés par le *Seabin*. Une des deux récoltes à la péniche a pu être comparée à celle provenant du *Seabin* puisqu'elle a été récoltée la même journée (le sac du *Seabin* a été vidé la même journée que la récolte à la péniche a été effectuée). Cependant, la deuxième récolte à la péniche n'a pas été effectuée en même temps qu'une récolte du *Seabin*, c'est pourquoi cette deuxième récolte à la péniche a été analysée seule.

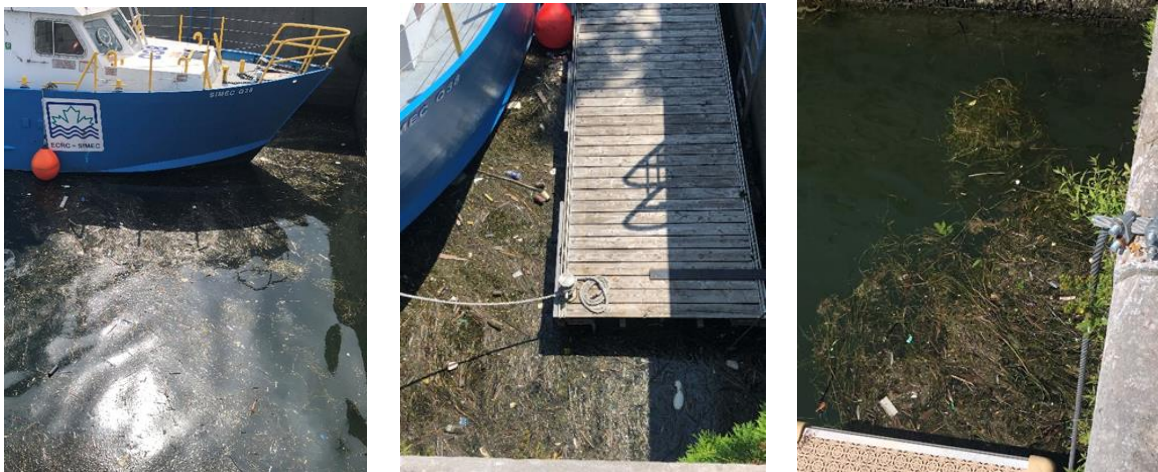


Figure 6 Coin de la marina rempli de débris

Calculs des plastiques récoltés

Les plastiques ont été pesés à l'aide d'une microbalance (voir figure 7). Chacune des récoltes a été prise en photo une fois les plastiques triés et nettoyés. Des additions afin de cumuler tous les résultats dans les tableaux ont été faites. Des moyennes ont aussi été réalisées pour calculer les performances générales des deux méthodes. Aucun test statistique n'a été réalisé puisqu'il y a seulement deux échantillons pour les récoltes à la péniche ($n=2$) et ce nombre est insuffisant afin d'avoir des valeurs statistiques représentatives.

RÉSULTATS

Au total, le *Seabin* a récolté 122 kg de déchets de tout genre durant la période à l'étude, dont approximativement 1684 objets/débris de plastiques, c'est-à-dire 563 g de plastiques retirés des eaux de la marina. Sur le total de 1684 items en plastique, 835 débris de plastiques étaient des microplastiques. Le tableau 1 résume les récoltes effectuées durant les quatre mois de fonction du *Seabin*. Les résultats suggèrent que les mois de juillet et octobre sont beaucoup moins fructueux en termes de récolte de plastique, ce qui s'explique par la mise en fonction et hors fonction du *Seabin* durant ces périodes. Ainsi, les résultats pour les mois de juillet et octobre représentent environ un demi-mois. Les catégories de débris plastiques les plus fréquentes sont les microplastiques, les foam/polystyrène et les plastiques non identifiés. Cette dernière catégorie est fréquente puisqu'elle contient plusieurs petits morceaux d'objets non identifiables. Le total de poids estimé représente le poids des sacs de déchets de tout type avant le triage. Cette information représente une estimation puisqu'il y avait une certaine quantité d'eau dans les sacs au moment de la pesée. Les pourcentages moyens de plastique récolté par récolte (par rapport au total de débris) pour les mois de juillet, août, septembre et octobre sont respectivement de 0,53%, 0,46%, 0,36% et 0,29%.

Tableau 1. Caractérisation des déchets récoltés par le Seabin lors de l'été 2021

	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Total
Total de poids estimé	12 280 g	37 250 g	50 750 g	21 900 g	122180 g
Microplastique	97	280	253	205	835
Foam/Polystyrène	44	137	65	47	293
Mou: Emballage nourriture	8	12	3	3	26
Dur : Contenant-Verre	0	1	0	1	2
Couvercle plastique	0	1	6	3	10
Pailles plastiques	0	2	4	0	6
Sac plastique	5	29	1	0	35
Bouchon de bouteille	0	3	0	1	4
Ustensiles plastiques	0	0	0	0	0
Verre en papier	0	0	0	0	0
Tige de sucette/Coton-Tige	1	2	4	2	9
Plastique non identifié mou	25	30	65	25	145
Plastique non identifié dur	39	94	83	73	289
Mégot de cigarette de plastique dur	4	6	4	4	18
Matériel de pêche	0	0	0	0	0
Ligne à pêche	0	0	0	0	0
Microfibres	1	0	0	0	1
Corde	2	1	1	0	4
Seringue	0	0	0	0	0
Tissus synthétiques	1	2	0	0	3
Canettes	0	0	0	0	0
Masques	0	3	1	0	4
Autres	0	0	0	0	0
Poids total de plastique	62,22 g	226,7 g	210,46 g	63,53 g	562,91 g
Nombre de déchets plastiques					1684

Certaines périodes ont permis de récolter beaucoup plus de débris de plastique. Cela peut s'expliquer par les périodes d'achalandage de la marina et des lieux environnants ou encore par les courants et les vents. Une des récoltes a notamment un pourcentage anormalement faible de plastique. Cela a été causé par un tri très complexe en raison d'un déversement d'hydrocarbures à la marina. En effet, les végétaux flottant récoltés par le Seabin étaient imbibés d'hydrocarbures, ce qui a rendu la recherche de plastiques très difficile. La caractérisation d'une des deux récoltes

à la péniche est représentée dans le tableau 2. Il est possible de voir que le poids total de plastique récolté à la péniche est presque aussi élevé que la totalité des plastiques récoltés durant l'été avec le *Seabin*. Ce résultat est très représentatif de la capacité de récolte de chacune des méthodes. Les deux récoltes à l'aide de la péniche ont totalisé 629,06g de plastique, pour un total de 163 débris plastique.

Tableau 2 Caractérisation des déchets récoltés à la péniche lors d'une des deux récoltes

	2021-08-19
Total de poids estimé	18 000g
Microplastique	44
Foam/Polystyrène	25
Mou: Emballage nourriture	6
Dur : Contenant-Verre	1
Couvercle plastique	3
Pailles plastiques	1
Sac plastique	5
Bouchon de bouteille	4
Ustensiles plastique	0
Verre en papier	3
Tige de sucette/Cotton tige	2
Plastique non-identifié-Mou	6
Plastique non-identifié-Dur	8
Mégot de cigarette de plastique dur	1
Matériel de pêche	1
Ligne à pêche	0
Microfibres	0
Corde	0
Seringue	0
Tissus synthétique	0
Canettes	3
Masques	4
Autres (briquet, crayon, bouteilles plastique)	5
Poids total de plastique	519,54g

Le 1^{er} septembre 2021, des collectes ont été réalisées avec les deux méthodes. La deuxième récolte à la péniche est comparée dans le tableau 3 à une récolte du *Seabin*. Le tableau de comparaison 3 montre que la quantité de plastique en termes de poids est environ 13 fois plus grande avec la méthode de récolte à la péniche.

Tableau 3. Comparaison des caractérisations d'une récolte à la péniche et au Seabin effectuée le 1^{er} septembre 2021

Méthode	Seabin	Péniche
Total de poids estimé	5500 g	9 500g
Microplastique	14	14
Foam/Polystyrène	7	7
Mou: Emballage nourriture	1	3
Dur : Contenant-Verre	0	0
Couvercle plastique	0	1
Pailles plastiques	1	0
Sac plastique	0	2
Bouchon de bouteille	0	1
Ustensiles plastiques	0	0
Verre en papier	0	0
Tige de sucette/Coton-Tige	1	0
Plastique non identifié mou	2	2
Plastique non identifié dur	4	6
Mégot de cigarette de plastique dur	1	0
Matériel de pêche	0	2
Ligne à pêche	0	0
Microfibres	0	0
Corde	0	0
Seringue	0	0
Tissus synthétiques	0	0
Canettes	0	0
Masques	0	2
Autres (Bouteille de plastique)		1
Poids total de plastique	8,32 g	109,52g

Bien que la quantité (poids) de plastique récolté soit nettement plus élevée lors de récolte à la péniche, certaines méthodes peuvent être plus adaptées à certaines tailles d'objets/débris de plastique. Le tableau comparatif 3 montre cependant que la quantité de microplastiques récoltés est la même pour les deux méthodes (14 unités). Basé sur cette mesure unique (n = 1 comparaison), il ne semble donc pas y avoir de différence entre la caractérisation des plastiques récoltés avec l'une ou l'autre des approches. La quantité de plastique (poids) récolté varie donc selon la méthode utilisée. Il est cependant important de prendre en compte la présence d'une bouteille de plastique dans la récolte à la péniche. Le poids de cette bouteille peut grandement influencer à la hausse le poids total de plastique de la récolte.

Le pourcentage moyen de plastique récolté dans chaque sac de débris provenant du *Seabin* est de 0.4% tandis que pour la péniche, le pourcentage est plutôt de 2%. Ces pourcentages moyens ont été calculés à l'aide des données des 2 récoltes de péniche et des 15 récoltes de *Seabin* et sont représentés dans la figure 7. De plus, les récoltes à la péniche sont réalisées en une seule journée tandis que les récoltes par le *Seabin* représentent entre 4 et 5 jours de récolte.

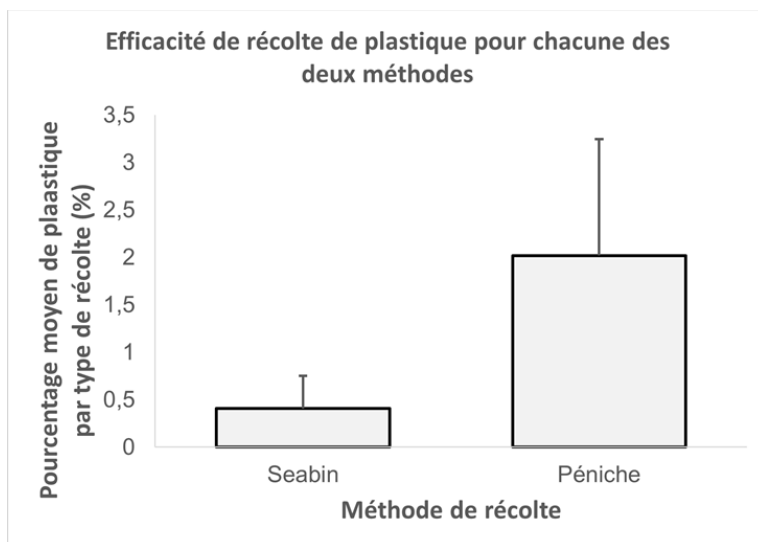


Figure 7 Histogramme de l'efficacité de récolte de plastique pour chacune des deux méthodes

DISCUSSIONS

Malgré les grandes quantités de matières naturelles récoltées (plantes, algues, joncs) par le *Seabin*, des plastiques et microplastiques ont tout de même été retirés des eaux de la marina. Au total, 1684 débris de plastiques ont été récoltés en 3 mois, soit 563 g, à l'aide du *Seabin*. Les plastiques non identifiés étaient la catégorie la plus fréquente, ce qui peut s'expliquer par la fragmentation d'objets plus gros. En effet, les diverses conditions auxquelles sont exposées les matières plastiques provoquent leur dégradation et leur fragmentation en plus petits morceaux difficilement identifiables. Une tendance a été observée, c'est-à-dire que le *Seabin* semble moins performant que la méthode à la péniche. Toutefois, il faut souligner qu'une seule comparaison était disponible pour l'étude. Cette tendance peut notamment être expliquée par le fait que l'employer sur la péniche peut cibler les zones remplies de débris organiques et de déchets de plastique à la surface de l'eau (en fonction du courant et des vents), ce qui n'est pas possible pour le *Seabin*.

Une autre étude ayant comme objectif d'évaluer l'efficacité du *Seabin* a été réalisée par l'Université du Pacifique Sud (Paris et al., 2022). La grande majorité (90%) des débris collectés étaient aussi d'origine organique/végétale, alors que le plastique représentait 10%. Le pourcentage des matières plastiques dans cette étude est plus élevé que celui observé avec le *Seabin* de la Marina du Port de Québec (0.4%). Ce résultat peut s'expliquer par les courants et les vents qui peuvent être moins favorables à la récolte de déchets flottant à la Marina du Port de Québec, ou encore à la plus forte présence de débris végétaux dans ces eaux. Toujours selon Paris et al., (2022), 274 articles en plastique ont été collectés en 26 jours, pour un poids total de 353,4 g. Le poids de plastique récolté par l'Université du Pacifique Sud est aussi plus élevé que ce qui a été observé pour le *Seabin* de la Marina du Port de Québec (1684 articles en plastique, soit 563 g, en 3 mois). Les méthodes de récolte et de triage des déchets de plastique comportent des risques de biais. Le triage se faisant à l'œil nu, des particules de plastique ont probablement été jetées avec les matières végétales. Ces débris de plastique n'auront donc pas été dénombrés dans la caractérisation des plastiques lors de la présente étude, que ce soit pour les récoltes à la péniche ou au *Seabin*.

L'objectif principal de cette étude était de déterminer l'efficacité et la pertinence du *Seabin* à la Marina du Port de Québec. À la suite des résultats, il est possible d'avancer que les récoltes à la

péniche semblent plus efficaces en matière de quantité de déchets plastiques récoltés puisque la technique de la péniche permet de récolter en une seule journée ce que le *Seabin* a récolté en 3 mois. L'efficacité de récolte, c'est-à-dire le pourcentage de plastique récolté par récolte, est environ 5 fois plus élevée pour les récoltes à la péniche (2% à la péniche vs 0.4% avec le *Seabin*). L'hypothèse que les récoltes à la péniche sont plus efficaces semble ainsi fondée par les résultats de cette étude, bien qu'une seule comparaison n'ait été effectuée. Le grand volume de matière végétale récoltée et les quelques poissons révèlent en fait que l'endroit auquel le *Seabin* était installé n'était pas idéal. Les dirigeants du Port de Québec et de la marina discutaient déjà de la nécessité de modifier la localisation du *Seabin* pour la saison 2022. En ce qui concerne la taille des débris plastiques récoltés par la méthode à la péniche, il ne semble pas y avoir de différence avec le *Seabin*. L'hypothèse affirmant que le *Seabin* attrape de plus petits débris de plastique en comparaison à ce qui est récolté à la péniche est donc fautive (encore une fois, basé sur une seule comparaison).

CONCLUSION

Dans le cadre du projet pilote *Seabin* entrepris par le Port de Québec, l'efficacité de l'instrument automatisé a été comparée à celle d'un travailleur récoltant aussi des déchets, mais à l'aide d'une péniche. En somme, les récoltes à la péniche semblent plus efficaces que les récoltes au *Seabin*. La présence du *Seabin* à la marina peut donc tout de même être pertinente, mais à condition de continuer les récoltes à la péniche. Des difficultés techniques ont fait en sorte que seulement deux échantillons des récoltes à la péniche ont pu être analysés. Il serait donc intéressant de continuer l'étude afin d'avoir un plus grand nombre d'échantillons et ainsi augmenter la portée des résultats. D'autres techniques de récolte de déchets aquatiques existent et pourraient possiblement être plus performantes que les deux techniques étudiées dans cet article. Il serait pertinent de réaliser une étude comparant plusieurs technologies, dans un lieu donné, afin d'utiliser la plus performante pour réduire l'apport de plastiques des écosystèmes aquatiques d'eau douce vers les milieux marins.

REMERCIEMENTS

Cette recherche a été soutenue par le financement du Port de Québec. Merci aux employés de la Marina du Port de Québec et à M. Marc Mazerolle pour les conseils qui ont amélioré le document.

RÉFÉRENCES

- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596-1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- European Parliament. (2019, mars 27). *Parliament seals ban on throwaway plastics by 2021*. European Parliament. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20190321IPR32111/parliament-seals-ban-on-throwaway-plastics-by-2021>
- GESAMP. (2015). *Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment : A global assessment*. London: International Maritime Organization.
- Mattsson, K., Jovic, S., Doverbratt, I., & Hansson, L.-A. (2018). Nanoplastics in the Aquatic Environment. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments* (p. 379-399). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00013-8>
- Paris, A., Kwaoga, A., & Hewavitharane, C. (2022). An assessment of floating marine debris within the breakwaters of the University of the South Pacific, Marine Studies Campus at Laucala Bay. *Marine Pollution Bulletin*, 174, 113290. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113290>
- PlasticsEurope. (2017). *Plastics – the facts 2017*:
- R. Michielssen, M., R. Michielssen, E., Ni, J., & B. Duhaime, M. (2016). Fate of microplastics and other small anthropogenic litter (SAL) in wastewater treatment plants depends on unit processes employed. *Environmental Science: Water Research & Technology*, 2(6), 1064-1073. <https://doi.org/10.1039/C6EW00207B>
- Schmaltz, E., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschof, D., Somarelli, J. A., Virdin, J., & Dunphy-Daly, M. M. (2020). Plastic pollution solutions : Emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. *Environment International*, 144, 106067. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106067>
- Thiel, M., Hinojosa, I. A., Miranda, L., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., & Vásquez, N. (2013). Anthropogenic marine debris in the coastal environment : A multi-year comparison between coastal waters and local shores. *Marine Pollution Bulletin*, 71(1), 307-316. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.005>