

CONSULTING

Etude préalable à des actions de réduction du
transfert des macrodéchets des rivières à la mer
dans le périmètre de la Grande Baie

Rapport de Phase II : Définition des 5
opérations de réduction de transfert

Numéro du projet : 21MAG068

Intitulé du projet : Etude préalable à des actions de réduction du transfert des macrodéchets des rivières à la mer dans le périmètre de la Grande Baie

Intitulé du document : Rapport de Phase II : Définition des 5 opérations de réduction de transfert

Version	Rédacteur NOM / Prénom	Vérificateur NOM / Prénom	Date d'envoi JJ/MM/AA	COMMENTAIRES Documents de référence / Description des modifications essentielles
A	WECH Pauline	CHANTEUR Astrid	23/05/2022	Version initiale
B	WECH Pauline	CHANTEUR Astrid	13/07/2022	Mise à jour suite à la réunion de restitution en date du 09/06/2022

Sommaire

1.....	OBJET DE L'ETUDE	5
1.1	Contexte général de l'étude	5
1.2	Organisation de l'étude	6
1.3	Objectif et périmètre de l'étude	7
1.4	Synthèse de la Phase I et déroulé de la Phase II	8
2.....	ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES PROCÉDES EXISTANTS DANS LE MONDE	13
2.1	Grandes familles de solutions	13
2.2	Solutions préventives	14
2.3	Solutions curatives	16
2.4	Solutions en aval	52
2.5	Les autres solutions	58
2.6	Synthèse des solutions adaptées au périmètre d'étude	60
3.....	PROPOSITION DE SOLUTIONS TECHNIQUES ET PROTOCOLES DE MISE EN PLACE ADAPTÉS A CHAQUE SITE	62
3.1	Les sites retenus	62
3.2	Site Pointe Simon	64
3.3	Site Pont de Chaînes	73
3.4	Rivière Salée 1	77
3.5	Site Ravine Bouillé	81
3.6	Ravine Citron	88
4.....	CONCLUSION	92

Table des illustrations

Figure 1 : périmètre d'étude (Source : Contrat de Grande Baie).....	7
Figure 2 : Caractérisation de l'ensemble des déchets rejetés dans les exutoires de la grande baie de Fort de France...	8
Figure 3 : Diagramme de Pareto – 20 exutoires les plus producteurs (Source : SUEZ CONSULTING)	9
Figure 4 : exemple de Nudge	14
Figure 5 : Vidéo de la démarche « adopte un avaloir ».....	15
Figure 6 : évolution des quantités d'éléments par rapport au linéaire traité – BV Huveaune (source : Suez Consulting)16	
Figure 7 – Barreaudage installé sur un avaloir existant à Marseille (Source : SERAMM)	17
Figure 8 – Avaloir sélectif.....	17
Figure 9 – Capteur de remplissage (source : SERAMM)	19
Figure 10 – Evolution du remplissage d'un avaloir du 22 juillet au 22 octobre 2021 (source : SERAMM)	20
Figure 11 – Principe et exemple de panier d'avaloir (photo : SERAMM).....	21
Figure 12 – Schéma de principe et installation d'un avaloir dépolluant.....	23
Figure 13 – Schéma de principe du panier de regard.....	24
Figure 14 – Principe de fonctionnement dispositif F-reg.....	26
Figure 15 – Principe de fonctionnement.....	27
Figure 16 – Vue de l'installation	27
Figure 17 – Avantages et inconvénient Ecosol Drop Trap	28
Figure 18 – Schéma de principe pour une installation sur une canalisation ou une buse.....	29
Figure 19 – Filet sur canalisation - Marseille	29
Figure 20 – Filet sur canaux, Australie	29
Figure 21 : Configuration filet avec décrochage et câble (Source : HYDROCONCEPT)	31
Figure 21 : Configuration filet avec système de décrochage et solution de transmission (Source : GREEN CITY ORGANISATION)	32
Figure 22 – Principe de la séparation tangentielle dans le fonctionnement du dispositif	34
Figure 23 – Schéma de principe CycloneSep.....	34
Figure 24 – Mise en place CycloneSep de la ZAC de la Confluence (Lyon) en 2015	34
Figure 25 – Dispositif statique.....	37
Figure 26 – Dispositif automatisé.....	37
Figure 27 – Photo et modèle du dégrilleur Trashmax.....	39
Figure 28 - Principe de fonctionnement du dégrilleur escalier	40
Figure 29 – Photo d'un dégrilleur escalier	41
Figure 30 – Schéma de principe du dégrilleur par tambour rotatif.....	42
Figure 31 – Schémas de principe du dégrilleur incliné.....	44
Figure 32 : Vue en plan du Baramy « Vane trap », Dual (en haut) et Single (en bas)	46
Figure 33 – Schéma de principe de la paroi siphonoïde.....	47
Figure 34 – Schéma de principe et photo d'un dispositif Hydrospin en fonctionnement	47
Figure 35 – Photo et schéma de principe du dégrilleur à brosse rotative.....	49
Figure 36 – Photo et schéma d'un dégrilleur horizontal à transfert de déchets	50
Figure 37 – Principe de fonctionnement du dégrilleur horizontal	50
Figure 38 – Exemples de barrages flottants	52
Figure 39 – Intercepteur de Baltimore (gauche), robot Riverwhale (milieu) et robot Jellyfishbot (droite)	55
Figure 40 – Photo du dispositif (Amsterdam) et principe de la Bubble Barrier	57
Figure 41 – Exemple de sensibilisation à Lacanau et à Sydney	58
Figure 42 – Extrait d'un article sur l'interdiction du plastique à usage unique sur l'aéroport de San Francisco.....	59
Figure 43 – Synthèse des solutions adaptées au périmètre d'étude.....	61
Figure 44 : localisation des sites retenus (source : SUEZ CONSULTING)	63
Figure 45 : site de la Pointe Simon (source : Géoportail).....	64
Figure 46 : Canal Levassor et exutoires (source : Suez Consulting, Avril/Mai 2022)	64
Figure 47 : photos embouchure Pointe Simon (source : Suez Consulting, avril 2022)	65
Figure 48 : proposition d'aménagements pour le site de la Pointe Simon (source : Suez Consulting).....	66

Figure 49 : proposition de filets de piégeage de macrodéchets sur exutoires d'eaux pluviales (source : Suez Consulting)	68
Figure 50 : proposition de mise en place de barrière à bulles (source : Suez Consulting)	71
Figure 51 : vue de la station du TCSP et de l'emplacement du compresseur de la barrière à bulle (source : Suez Consulting, Mai 2022)	72
Figure 52 : site de la Pointe Simon (source : Géoportail)	73
Figure 53 : Ouvrage sous le Pont de Chaines (source : Suez Consulting, avril/mai 2022)	73
Figure 54 : proposition de solution pour le site de Pont de Chaines (option 1 ou 2) (source : Suez Consulting)	75
Figure 55 : site de Rivière Salée 1 (source : Géoportail)	77
Figure 56 : photo des canaux de Rivière Salée 1 (source : Suez Consulting, avril 2022)	77
Figure 57 : proposition de solutions pour le site de Rivière Salée 1 (source : Suez Consulting)	79
Figure 58 : site de Ravine Bouillé (source : Géoportail)	81
Figure 59 : photos amont du site (source : Suez Consulting, Avril/Mai 2022)	81
Figure 60 : photos aval du site (départ navettes maritimes) (source : Suez Consulting, Avril/Mai 2022)	82
Figure 61 : proposition d'aménagement pour le site amont de la Ravine Bouillé (source : Suez Consulting)	83
Figure 62 : proposition d'aménagement pour le site aval de la Ravine Bouillé (terminal passager) (source : Suez Consulting)	86
Figure 63 : site de Rivière Citron (source : Géoportail)	88
Figure 64 : photos du site (sources : Suez Consulting, avril/mai 2022)	88
Figure 65 : proposition d'aménagement pour le site de Ravine Citron (source : Suez Consulting)	90

Liste des tableaux

Tableau 1 – Avantages et inconvénients des barreaudages et avaloirs sélectifs	19
Tableau 2 - Avantages et inconvénients des avaloirs connectés	20
Tableau 3 – Principaux avantages et inconvénients du panier d'avaloir	22
Tableau 4 - Avantages et inconvénients des paniers de regard	25
Tableau 5 – Avantages et inconvénients principaux du filet de regard F-reg	26
Tableau 6 – Caractéristiques principales du filet d'interception	30
Tableau 7 – Avantages et inconvénients du filet d'interception	33
Tableau 8 - Principaux avantages et inconvénients du dispositif	36
Tableau 9 – Avantages et inconvénients des dégrilleurs frontaux	38
Tableau 10 – Avantages et inconvénients du Trashmax	40
Tableau 11 – Avantages et inconvénient du dégrilleur escalier	42
Tableau 12 – Avantages et inconvénient du dégrilleur tambour rotatif	43
Tableau 13 – Avantages et inconvénients du dégrilleur incliné	45
Tableau 14 – Ordre de grandeur des débits et vitesse en entrée du Baramy Trap	45
Tableau 15 – Avantages et inconvénients Hydrospin	48
Tableau 16 – Avantages et inconvénients du dégrilleur horizontal	51
Tableau 17 – Caractéristiques principales du barrage flottant	53
Tableau 18 – Avantages et inconvénients des barrages flottants	54
Tableau 19 – Caractéristiques principales des bateaux ou robots de collecte	54
Tableau 20 – Caractéristiques principales de la barrière de bulles	56

1. OBJET DE L'ETUDE

1.1 Contexte général de l'étude

Près de 80% des déchets marins proviennent de la terre. Collectés par les bassins versants et drainés par les cours d'eau vers le littoral et la mer. En mer, ils sont entraînés au large par le courant et le vent, ou se déposent sur les fonds marins.

Sur le littoral, ils se retrouvent à différents endroits : sur les plages, le long des rivières et des canaux, dans les estuaires, à la sortie des réseaux d'eaux pluviales, sur les zones de mouillage et dans les mangroves.

Selon l'accord de Ramoge, un macro-déchet est « *un déchet solide issu de l'activité humaine, visible à l'œil nu, abandonné sur les côtes, flottant à la surface ou immergé* ». Il s'agit de déchets essentiellement composés de plastique mais on y trouve également du bois, du papier, du verre, des métaux et des tissus.

L'impact majeur lié à la propagation des macro-déchets est la détérioration des milieux naturels (biocénoses) de notre île et de ses paysages.

La présente « ***Etude préalable à des actions de réduction du transfert des macrodéchets des rivières à la mer dans le périmètre de la Grande Baie*** » a pour objectif de constituer des opérations « clé en main » à mettre en place par la CACEM ou d'autres partenaires du contrat de baie afin de réduire le transfert des macrodéchets à la mer.

Pour rappel, la Grande Baie, également connue sous le nom de baie de Fort-de-France, se caractérise par un bassin versant de plus de 30 cours d'eau issus de 14 communes : Ducos, Fond Saint-Denis, Fort-de-France, Le Lamentin, Gros-Morne, Le François, Le Robert, Les Anses d'Arlet, Les Trois-Ilets, Rivière Pilote, Rivière Salée, Saint-Esprit, Saint-Joseph et Schoelcher. Ce bassin versant regroupe 70% de la population martiniquaise.

1.2 Organisation de l'étude

L'étude est organisée en deux phases :

- **Phase 1 : Etat des lieux des déchets présents dans la Grande Baie et proposition de 7 à 10 sites propices à des opérations de réduction de transfert.** Cette phase a pour objectifs :

- La caractérisation des déchets retrouvés dans les milieux
- La description des principales zones
- L'identification des sites propices à la mise en place d'opérations de récupération

Cette phase, ayant fait l'objet d'un « Rapport de Phase I », a débouché sur l'identification de 7 à 10 sites propices à des opérations de réduction de transfert. A l'issue de cette phase, 5 sites ont été retenus par le comité de pilotage de la CACEM et vont faire l'objet d'une étude approfondie dans le cadre de la Phase II (objet du présent rapport d'étude).

- **Phase 2 : Définition des 5 opérations de réduction de transfert.** Cette phase faisant l'objet du présent rapport d'étude, a pour objectif de fournir :

- Une étude bibliographique sur les techniques existantes et appliquées dans le monde, et leur adaptabilité à notre territoire.
- Pour chacun des 5 sites retenus, une solution technique et un protocole de mise en place détaillés :

Le protocole de chaque action inclura au maximum, et dans la mesure du possible, le grand public et les scolaires (contribution à la mise en place des solutions techniques, collecte, sensibilisation).

- Une proposition de mode de gestion pour chaque opération :
Il s'agira d'identifier un porteur légitime de chaque opération et les partenaires pouvant y être associés (associations, écoles...), les filières de collecte (fréquence, transport, accessibilité du site), de traitement et de valorisation possibles.
- Une estimation financière détaillée pour chaque opération.

1.3 Objectif et périmètre de l'étude

L'objectif de cette étude est l'amélioration de la connaissance et la proposition d'actions concrètes de techniques de réduction de transfert des macro-déchets présents dans les rivières et sur le littoral de la Grande Baie de Fort de France.

Le périmètre d'étude est celui de la Grande Baie de Fort de France, présenté ci-après sur la figure suivante :

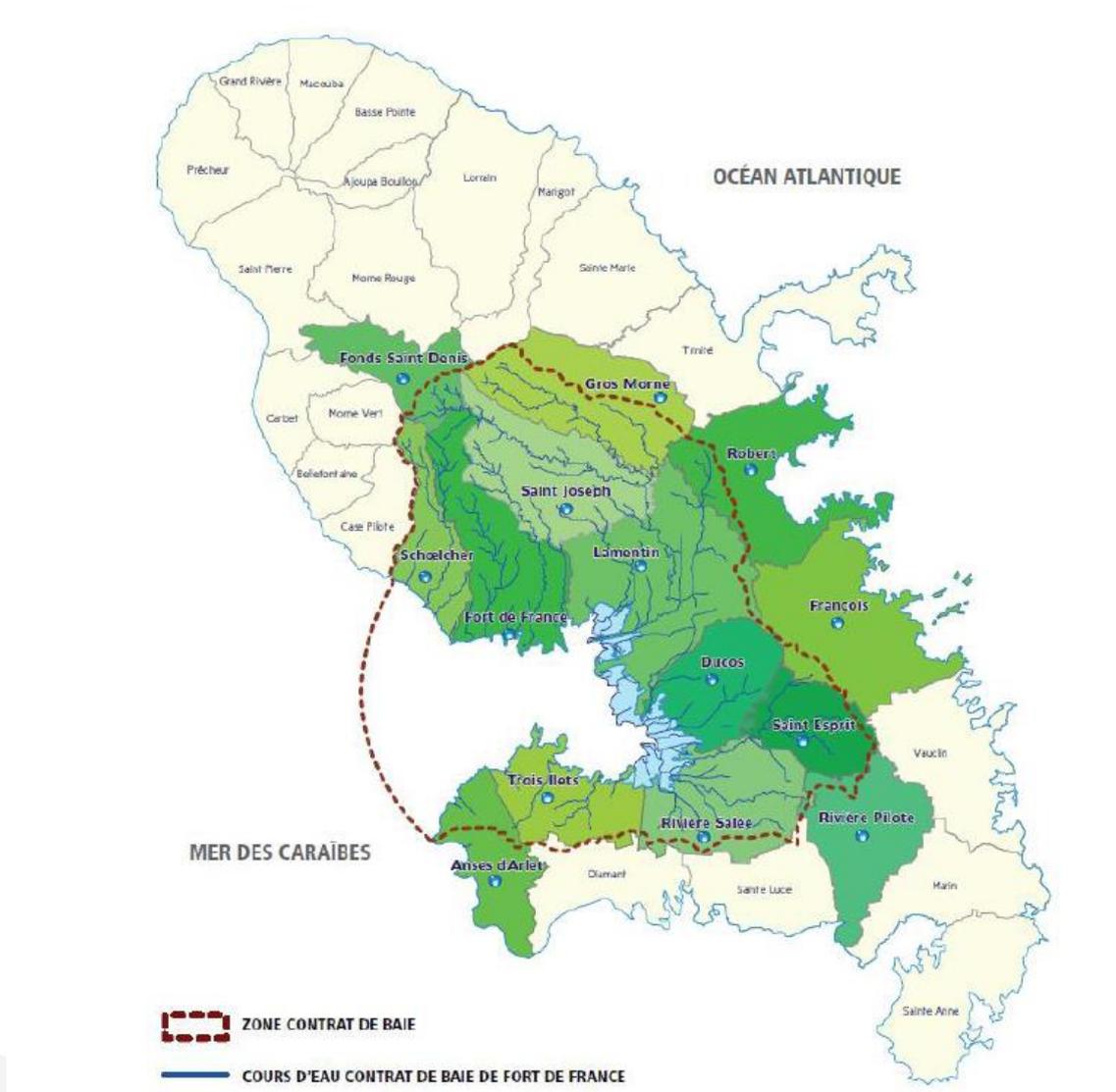


Figure 1 : périmètre d'étude (Source : Contrat de Grande Baie)

1.4 Synthèse de la Phase I et déroulé de la Phase II

Afin de cibler les sites propices à la mise en place d'actions pertinentes pour la collecte de macrodéchets, la réflexion a été menée dès la Phase 1 de l'étude et ce à deux niveaux :

- **Niveau local** : identification de sites présentant une accumulation de macrodéchets susceptibles de rejoindre les rivières et la baie.
- **Niveau global, à l'échelle du bassin versant** : estimation des flux journaliers des principaux émissaires des cours d'eau.

La réflexion menée au niveau local a permis de dresser des fiches de synthèse pour 19 sites présentant un intérêt parmi 38 sites visités sur les 43 sites potentiels d'interception et de production des macrodéchets identifiés.

Les travaux menés au niveau global ont quant à eux permis de caractériser la production journalière des macrodéchets de la Grande Baie. En premier lieu, la typologie des déchets rejetés dans les exutoires de la Grande Baie est répartie comme suit. Il ressort de cette analyse que **les macro-déchets rejetés dans les exutoires de la Grande Baie sont essentiellement constitués de débris végétaux et de plastique** :

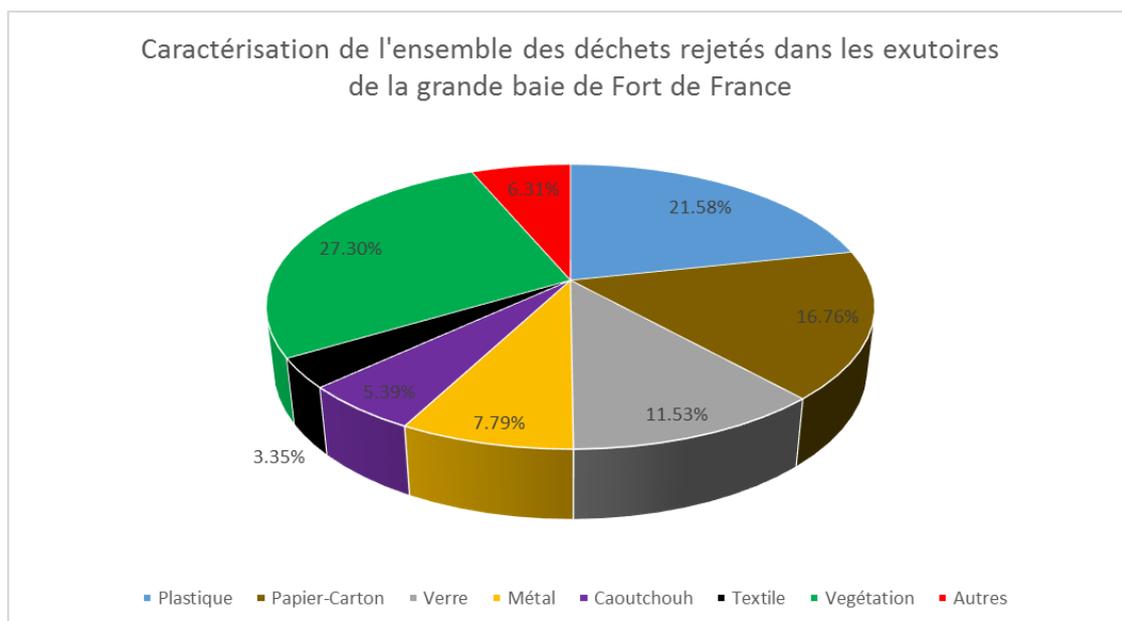


Figure 2 : Caractérisation de l'ensemble des déchets rejetés dans les exutoires de la grande baie de Fort de France

En second lieu, le recours à l'utilitaire d'estimation des flux de déchets a également permis :

- d'estimer la production journalière de macro-déchets sur chacun des bassins versants (définis à la suite du découpage de la zone d'étude en bassins hydrologiques et associés à un exutoire donné) ;
- d'estimer, par somme des productions de bassin aboutissant au même exutoire, les productions de macrodéchets en amont de chaque exutoire.

Par ce biais, les exutoires ont pu être hiérarchisés afin de faire ressortir les bassins à cibler en priorité pour la mise en place d'actions de piégeage ou de ramassage. Cette approche s'est basée sur le postulat selon lequel :

- Chaque bassin versant est associé à un exutoire, point vers lequel les flux hydrauliques convergent lors des événements pluvieux.
- Ces exutoires constituent les points de sortie concentré des macrodéchets abandonnés sur les bassins versant en amont.

L'étude a ainsi révélé que :

- Les 10 exutoires les plus pollués représentent la production de 69% des flux de macrodéchets de la Grande Baie ;
- Les **5 exutoires les plus pollués** représentent la production de 55% des flux de la Grande Baie.

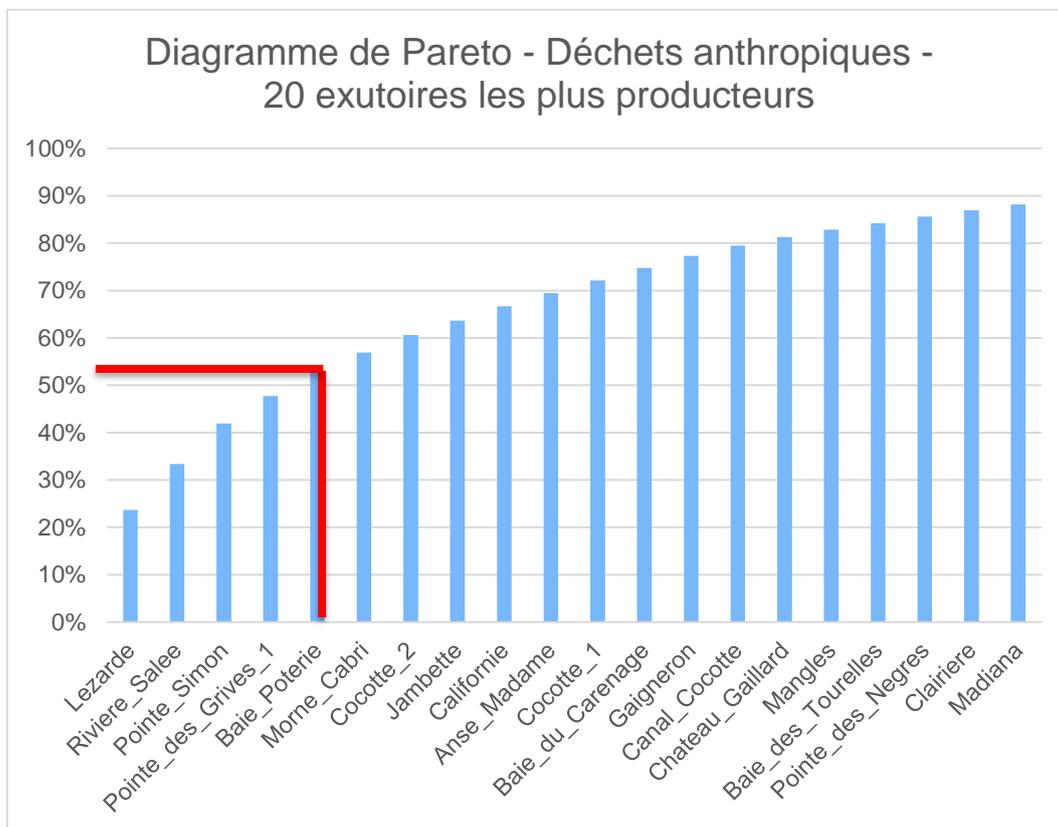


Figure 3 : Diagramme de Pareto – 20 exutoires les plus producteurs (Source : SUEZ CONSULTING)

Ces derniers ont naturellement été ciblés en premier lieu pour l'étape d'identification des sites propices à la mise en place d'opérations de réduction de récupération. Il s'agit des exutoires :

- Lézarde
- Rivière Salée
- Pointe Simon
- Pointe des Grives
- Baie Poterie.

L'importance du transfert des macrodéchets à travers ces exutoires s'explique par 2 phénomènes :

- Ces exutoires (notamment la Lézarde) drainent des bassins versant très importants ;
- Ces exutoires traversent des zones urbaines denses où les sources de production de macrodéchets sont plus élevées.

Dans la continuité de cette approche, une matrice d'analyse sous Excel a été élaborée pour affiner l'analyse et de croiser les données collectées sur les 19 sites retenus après l'analyse locale, et sur les 5 sites retenus lors de l'analyse globale (soit 23 sites identifiés) ainsi que les 2 sites de réseaux pluviaux de Fort-de-France.

In fine, cette matrice portant sur un **nombre total de sites à comparer à 23** (le site de Pointe Simon ayant déjà fait l'objet d'une visite au cours de l'analyse locale), a permis de faire émerger les sites les plus propices à des opérations de récupérations manuelles ou mécaniques selon différents critères. Ces derniers pouvant être pondérés selon l'appréciation des interlocuteurs du contrat de baie.

A la suite de la **réunion de restitution de Phase 1 en COPIL en date du 01/04/2022**, le Maître d'ouvrage a émis le **souhait d'orienter les investigations à venir en phase 2 sur des opérations de réduction de transfert mettant en œuvre des dispositifs mécaniques et / ou innovants et / ou automatisés** ; proscrivant ainsi la mise en place d'opérations ayant pour unique but la sensibilisation du public pouvant être faite à partir de ces dispositifs qui seraient mis en place.

Dès lors, une **nouvelle matrice d'analyse** a été constituée pour sélectionner parmi les 23 sites identifiés et 2 sites de réseaux pluviaux de Fort-de-France, les sites propices à la mise en place de dispositifs innovants. Les sites candidats révélés par la matrice pour les opérations de réduction de transfert sont :

- PAV Fond Lahaye
- Canal Pointe Simon – Canal Levassor
- Vaudrancourt Ducos
- Ravine de la pointe des Nègres
- Morne Cabri
- Volga
- Réseau EP- Bd Général de Gaulle
- Réseau EP- Av Jean Jaures
- Pont Génipa
- Rivière Salée 2.

11/04/2022		CACEM Communauté d'Agglomération du Centre de la Martinique		Tableau d'analyse multicritère Dispositif automatisée ou innovant			SUEZ	
Site	Intérêt du site par rapport aux déchets recensés		Intérêt du site pour la mise en place d'un dispositif de réduction			TOTAL	Remarques	
	Volume de déchets	Risques directs pour la baie	Facilité d'exploitation (accès et occurrence)	Typologie du dispositif	Utilité pressentie du type de dispositif			
Note	/5 pts	/5 pts	/5 pts	/1 pt	/4 pts	20 pts	-	
Farelle	5	0	5	0	4	14	Proximité directe avec le lac de la Manzo, même si on déplace le problème avec des caméras ce sera bénéfique. Non retenu car ne fait pas partie du contrat de Baie (cf CR réunion du 04/04/2022)	
Centre enfouissement Jambette	2	1	5	0	2	10	La dissuasion fonctionnera localement mais n'empêchera pas le dépôt de déchets 100m plus loin	
Canal Pointe Simon	5	5	4	1	3	18	Sur un canal aussi large, le dispositif pour la récupération de 100% des déchets devrait être conséquent. Des solutions existent pour récupérer les flottants majoritairement	
Local poubelle Case Navire	1	1	5	0	0	7	La dissuasion fonctionnera localement mais n'empêchera pas le dépôt de déchets 100m plus loin - Risque de stigmatiser les résidents (cf CR réunion du 01/04/2022)	
Pont Génipa	1	5	5	0	4	15	Proximité directe avec la rivière, il est intéressant d'agir en ce point même pour déplacer le problème mais plus loin que la rivière	
Haut du Port	2	3	5	0	2	12	La dissuasion fonctionnera localement mais n'empêchera pas le dépôt de déchets 100m plus loin	
Morne Cabri	2	5	5	0	4	16	dépôt directement dans la mangrove, des panneaux existent mais n'empêchent pas le	
Parking Pointe du bout	2	3	5	0	3	13	Proximité élevée du PAV avec la mangrove, avec la baie	
PAV Fond Lahaye	5	5	5	0	4	19	Proximité directe du PAV avec la baie, il est intéressant d'agir en ce point même pour déplacer le problème mais plus loin que la baie	
Ravine Pointe des Negres	3	5	5	0	4	17	Proximité directe avec la baie, il est intéressant d'agir en ce point même pour déplacer le problème mais plus loin que la baie	
	3	5	3	1	4	16	Faible largeur, on peut potentiellement recueillir tous les déchets (hors crue)	
Rivière Salée 1	2	3	5	0	3	13	Proximité élevée avec la rivière	
Rivière Salée 2	1	5	5	0	4	15	Proximité directe avec la rivière, il est intéressant d'agir en ce point même pour déplacer le problème mais plus loin que la rivière	
	1	5	4	1	4	15	Faible hauteur d'eau et faible largeur, on peut potentiellement recueillir tous les déchets (hors crue)	
Rivière Salée 3	1	2	5	0	3	11	Proximité élevée avec la rivière	
Vaudrancourt Ducos	4	5	5	0	4	18	Proximité directe avec la rivière, des panneaux existent mais n'empêchent pas le phénomène. Une action a été entreprise à ce jour (grillage en bordure de route)	
	2	5	5	0	4	16	Proximité directe avec la rivière voire la baie	
Volga	2	5	1	1	4	13	Faible largeur mise en place de plusieurs solutions possibles mais contraintes d'accès avec les bâtiments très proches	
Wallon	3	1	5	0	2	11	La dissuasion fonctionnera localement mais n'empêchera pas le dépôt de déchets 100m plus loin	
ZI Genipa	1	3	5	0	2	11	La dissuasion fonctionnera localement mais n'empêchera pas le dépôt de déchets 100m plus loin - action à entreprendre auprès des industriels	
ZI Lezarde	4	3	5	0	0	12	Travail préalable à réaliser avec la casse auto (cf fiche terrain)	
ZI Jambette	2	2	5	0	3	12	Proximité lointaine avec une rivière estimée sensible (cf CR réunion du 01/04/2022) - action à entreprendre auprès des industriels	
Rivière Monsieur - Pointe des Grives	5	5	0	1	3	14	Sur une rivière aussi large, le dispositif pour la récupération de 100% des déchets devrait être conséquent. Des solutions existent pour récupérer les flottants majoritairement	
Lezarde	5	5	0	1	3	14	Sur une rivière aussi large, le dispositif pour la récupération de 100% des déchets devrait être conséquent. Des solutions existent pour récupérer les flottants majoritairement	
Baie Poterie	5	5	0	1	3	14	Sur une rivière aussi large, le dispositif pour la récupération de 100% des déchets devrait être conséquent. Des solutions existent pour récupérer les flottants majoritairement	
Rivière Salée - hydrographique	5	5	0	1	3	14	Sur une rivière aussi large, le dispositif pour la récupération de 100% des déchets devrait être conséquent. Des solutions existent pour récupérer les flottants majoritairement	
Réseau EP- Bd Général de Gaulle	4	5	2	1	4	16	Estimation des volumes transportés dans le temps difficile sans prise en compte dans l'utilitaire	
Réseau EP- Av Jean Jaures	4	5	2	1	4	16	Estimation des volumes transportés dans le temps difficile sans prise en compte dans l'utilitaire	

Légende:

- Dissuasion: caméras, panneaux explicatifs, repositionnement de signalités lorsqu'elles existent, autre
- En rivière: robot, barrage flottant, barrage à bulle ou autre
- Sur réseau: plural, filtres, clap, dégrilleurs, pièges à avaloirs

—

A la suite d'une visite de site conduite en date du 21/04/2022 avec le COPIL, l'analyse théorique issue de la matrice a pu être confrontée aux réalités de terrain. En définitive, il a été retenu de prioriser les sites suivants dans le cadre des investigations à mener dans le cadre de la Phase 2 :

- Pointe Simon
- Pont de Chaînes
- Rivière Salée 1
- Ravine Bouillé
- Ravine Citron.

2. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES PROCÉDES EXISTANTS DANS LE MONDE

2.1 Grandes familles de solutions

Comment agir pour réduire les flux de macro-déchets rejetés au milieu naturel par le système d'assainissement ? Plusieurs grandes familles de solutions peuvent être mises en œuvre selon l'étape de transit du macro-déchets dans le réseau : nous proposons une classification en 5 grandes familles :

- Les solutions préventives visant à éviter l'entrée du déchet dans le réseau ;
- Les solutions curatives amont visant à intercepter dès l'avaloir le macrodéchets ;
- Les solutions curatives réseaux visant à équiper le réseau, son exutoire, ses déversoirs d'équipements pour piéger les macrodéchets ;
- Les solutions aval, lorsque le macrodéchets a rejoint le milieu récepteur ;
- Les solutions autres : solutions inspirantes mises en œuvre par certaines collectivités pour réduire la consommation de plastique.



2.2 Solutions préventives

Bien que ce type de solution ne soit pas à prioriser dans le cadre des opérations de réduction de transfert de macro-déchets, elles sont portées à la connaissance du Maître d'ouvrage à titre informatif.

2.2.1 Les « Nudges »

2.2.1.1 Principe et illustration

La meilleure solution est que le déchet ne soit pas abandonné. La solution de « Nudges » consiste ainsi à favoriser le geste propre de la part de la population. En informant par une plaque, un écusson ou encore un tag que la mer commence au niveau de l'avaloir, il est attendu une prise de conscience et ainsi une réduction du jet de déchets dans les avaloirs.



Figure 4 : exemple de Nudge

2.2.1.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Nudges
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	Installation sur les trottoirs et bordures au niveau des avaloir existant ;
	Ligne d'eau	Sans impact
	Forme du réseau	Sans impact
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire
Dimensions et emprise		<ul style="list-style-type: none"> Logo à designer ;
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> Maintenance : Nudges à repeindre en fonction de la fréquence d'effacement ;
Coût		Design : / Peinture : /

Exemples de mise en œuvre : en Métropole par exemple, essentiellement sur les communes du littoral (Cannes, Collioure, Nice, Antibes...) mais également pour des communes beaucoup plus dans les terres (Paris, Maubeuge ...).

Retours constatés : A Cannes, les plongeurs locaux ont constaté une réduction des macro-déchets. Mais cet effet s'est estompé avec le temps, et le tag fait partie du paysage et n'a plus d'impact.

2.2.2 Mobilisation pour entretenir un avaloir

2.2.2.1 Principe et illustration

La solution consiste à « faire adopter » un avaloir par un résident du quartier. Volontaire, responsabilisé, il prend en charge le ramassage régulier des déchets présents sur les grilles pour éviter l'entraînement dans le réseau.

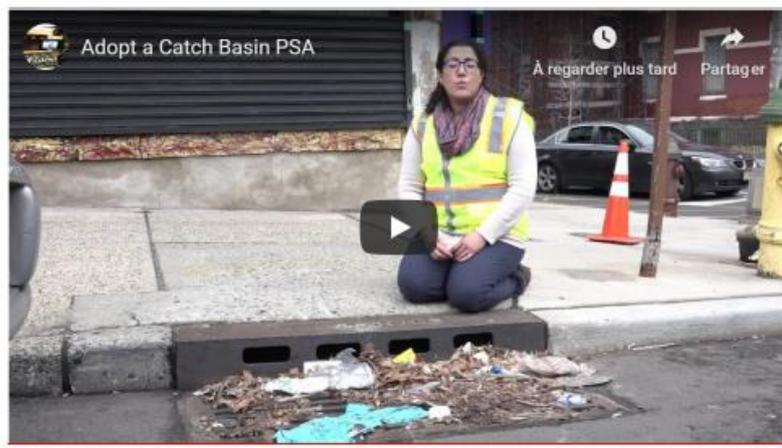


Figure 5 : Vidéo de la démarche « adopte un avaloir »

2.2.2.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Adoption d'un avaloir
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	Aucune
	Ligne d'eau	Sans impact
	Forme du réseau	Sans impact
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire
Dimensions et emprise		Aucun
Exploitation		Aucun
Coût		Coût de la publicité

Exemples de mise en œuvre : New York.

Retours constatés : Renforcement de la vigilance sur l'état des avaloirs, les déchets sont collectés chaque jour. Amélioration de la capacité d'absorption constatée et réduction de la pollution visuelle dans les rues.

2.3 Solutions curatives

Les solutions curatives peuvent être mises en place directement sur les différents éléments d'un réseau.

Une distinction est alors faite entre :

- Les solutions dites « amont », qui concerne les éléments tels que les avaloirs, les regards et les têtes de réseau ;
- Les solutions « réseaux » qui se mettent en place directement dans les canalisations/ruisseaux/fossés structurants ou sur les ouvrages associés (déversoirs d'orage).

Pour rappel, les flux de macrodéchets sont transportés dans les réseaux par les flux hydrauliques lors des événements pluvieux. Ainsi :

- Plus les solutions sont placées à l'aval des tronçons, plus elles sont susceptibles de récupérer des grandes quantités de déchets. Et plus le nombre de solutions est réduit ;
- A l'inverse, plus on se place à l'amont plus il sera nécessaire de multiplier le nombre de solutions à installer et plus l'efficacité de celles-ci sera réduite.

A titre d'exemple, la figure suivante présente les résultats d'une analyse effectuée sur les éléments du périmètre d'étude délimité sur le bassin Huveaune (Bouches-du-Rhône) :

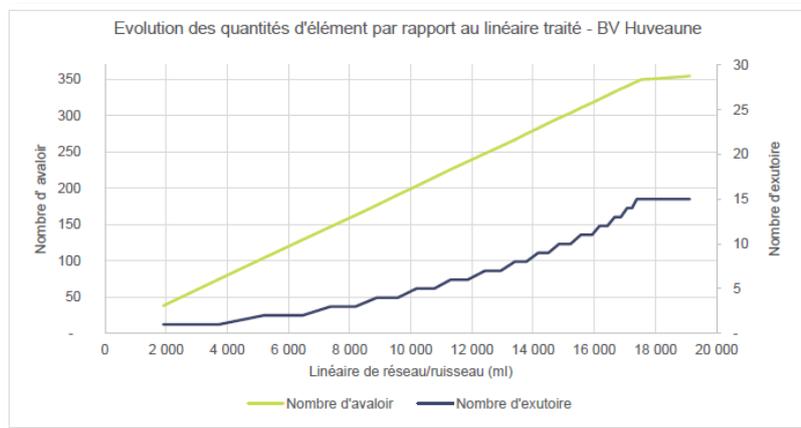


Figure 6 : évolution des quantités d'éléments par rapport au linéaire traité – BV Huveaune (source : Suez Consulting)

Dans le cadre de l'exemple précité, la figure ci-dessus amène aux observations « grossières » suivantes sur le nombre d'actions nécessaires pour le traitement de la problématique sur l'intégralité du bassin versant :

- 355 avaloirs avec une opération potentielle si uniquement des solutions « curative amont » sont appliquées ;
- 15 exutoires de réseaux avec un aménagement potentiel si uniquement des solutions « curative réseau » sont appliquées ;
- 1 seule action (aménagement) située à l'embouchure de l'Huveaune si une solution « aval » est recherchée.

2.3.1 Curatives amont



A noter

Les solutions amont permettent l'interception de petites quantités de déchets avant que celles-ci ne débutent leur parcours dans les réseaux.

La réalisation un aménagement curatif « amont » est généralement de plus petite envergure (en termes de travaux, coûts et de quantités piégées) que celle d'aménagement en réseau. Néanmoins, un nombre d'aménagements plus important sera nécessaire pour atteindre une efficacité réelle.

L'identification des éléments les plus sensibles à la récupération des macrodéchets est donc essentielle afin de limiter le nombre d'aménagement et la quantité d'opérations d'exploitation qui en découlerait.

Il est important de noter que de manière générale, la mise en place de solutions sur les avaloirs reste complexe en raison de la diversité des types d'avaloirs. Les retours d'expérience sur les solutions présentées ci-après sont en partie issus d'une étude Suez Consulting menée avec la ville de Marseille et le SERAMM (Service d'Assainissement Marseille Métropole).

2.3.1.1 Les aménagements sur avaloirs et les grilles : barreaudages et grilles/avaloirs sélectifs

2.3.1.1.1 Principe et illustration

Les barreaudages, comme les grilles et les avaloirs sélectifs, ont pour objectif le maintien des macrodéchets hors des réseaux d'assainissement en bloquant leur entrée. Ces systèmes doivent cependant limiter au maximum leur impact sur le fonctionnement hydraulique de l'élément (pas de perturbations de l'engouffrement lors des événements pluvieux).

Les barreaudages peuvent être installés sur des avaloirs existants, les barreaudages horizontaux sont à privilégier afin de limiter le risque d'obstruction et de permettre le « glissement » des déchets bloqués à l'aval de l'avaloir.

Les avaloirs sélectifs sont généralement composés d'une grille et d'une dalle articulés séparément et démontable facilement avec les outils adaptés. Dans sa section d'engouffrement verticale (parallèle à la voirie), la grille est optimisée pour l'absorption et la sécurité avec des facettes favorisant le décollement des feuilles par la pluie et assurant fractionnement de la lame d'eau. Dans sa section d'engouffrement horizontal (perpendiculaire à la voirie), un barreau permet la sélection des flottant et leur « glissement » vers l'aval lorsque c'est possible.



Figure 7 – Barreaudage installé sur un avaloir existant à Marseille (Source : SERAMM)



Figure 8 – Avaloir sélectif

2.3.1.1.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Barreaudage	Grilles et avaloirs sélectifs
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> Installation sur-mesure sur avaloir existant ; Réseau pluvial et unitaire. 	<ul style="list-style-type: none"> Installation sur les trottoirs et bordures ; En remplacement du système existant ; Réseau pluvial et unitaire.
	Ligne d'eau	Peut rendre l'engouffrement difficile en cas de colmatage.	
	Forme du réseau	Non contraignant, pas de modification nécessaire	
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire	
Dimensions et emprise		<ul style="list-style-type: none"> Sur l'emprise de l'avaloir existant ; Espacement des barreaux à définir selon sensibilité hydraulique et objectifs d'arrêt des macrodéchets 	<ul style="list-style-type: none"> Sur l'emprise de l'avaloir existant, Choix du modèle selon la sensibilité hydraulique et objectifs d'arrêt des macrodéchets
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> Vidange : Pas de vidange, ramassage potentiel par les services de propreté urbaine Fréquence : A définir, avant les événements de moyenne à forte intensité à minima ; Maintenance : Faibles, systèmes robustes ; 	
Coût		< 400€ HT avec fourniture et pose	De 2000 à 3000€ HT selon le modèle pour la fourniture et la pose

Retour d'expérience, avantages et inconvénients :

Dans le cadre d'une étude menée par Suez Consulting avec la ville de Marseille, plusieurs discussions ont eu lieu avec SERAMM (Service d'Assainissement Marseille Métropole) sur les avaloirs, celles-ci ont notamment permis de faire ressortir les points génériques suivants :

- Pour les barreaudages et les avaloirs sélectifs, la récupération des déchets n'est pas forcément garantie, ceux-ci sont toujours susceptibles de rejoindre le milieu naturel si non récupérés sur la voirie. Une coordination est donc à mettre en place avec la propreté urbaine dans les zones équipées de ce type d'élément ;
- Afin de s'assurer du bon fonctionnement hydraulique des avaloirs « noirs » du réseau unitaire et pluvial présentant un intérêt hydraulique fort (principaux points d'engouffrement des débits), une intervention préventive (envoi d'agent de terrain) est déclenchée pour leur nettoyage à l'approche des événements pluvieux. Trois niveaux d'intervention (sollicitant plus ou moins d'agents) existent selon l'intensité de l'événement pluvieux attendu. Bien que motivée par la limitation des risques d'inondation, cette démarche participe à la réduction des macrodéchets dans le milieu naturel.

Technique	Barreaudage	Grilles et avaloirs sélectifs
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> Installation sur avaloir existant, mise en place très peu contraignante si l'avaloir est adapté ; Récolte des déchets par les services de la Propreté Urbaine ; 	<ul style="list-style-type: none"> En remplacement d'avaloir existant, travaux de petite envergure ; Récolte des déchets par les services de la Propreté Urbaine ;
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Empêche la collecte du déchet par le réseau mais n'assure pas le piégeage ; Réduction de la capacité d'engouffrement si des gros macrodéchets restent coincés ; Solution à installer et exploiter (coordination propreté urbaine) sur beaucoup d'avaloirs pour être impactant. 	

Tableau 1 – Avantages et inconvénients des barreaudages et avaloirs sélectifs

2.3.1.2 Les aménagements sur avaloirs et les grilles : avaloirs connectés simples

2.3.1.2.1 Principe et illustration

L'avaloir connecté est un avaloir classique sur lequel un capteur de remplissage (capteur de niveau) et un transmetteur sont installés. Le dispositif permet de suivre l'évolution du remplissage en temps réel et de déclencher des interventions de nettoyages lorsque nécessaire.



Figure 9 – Capteur de remplissage (source : SERAMM)

2.3.1.2.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Avaloirs connecté
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> Directement dans l'avaloir sur la plaque supérieure (système suspendu) ; Non envisageable sur grille seule ;
	Ligne d'eau	Sans influence
	Forme du réseau	Pas de modification nécessaire
Fonctionnement avec apport d'énergie		Batterie et transmetteur
Dimensions / emprise		Non concerné
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> En gestion dynamique grâce au suivi des mesures : Vidange de l'avaloir selon son niveau de remplissage et selon les événements pluvieux à venir ; Maintenance : Durée de fonctionnement batterie > 1an, changement potentiel en cas de dysfonctionnement (en moyenne 2 changements sur 50 avaloirs connectés en 1 an)
Coût		150 à 200 € selon le matériel choisi

Retour d'expérience, avantages et inconvénients :

SERAMM a installé en 2019 plusieurs dispositifs test d'avaloirs connectés sur deux bassins versant pilotes. Les échanges ont notamment fait remonter :

- Une installation simple et relativement peu coûteuse du dispositif. Au niveau de la maintenance, deux capteurs sur cinquante ont connu des dysfonctionnements et ont dû être remplacés en 1 an ;
- Un système de surveillance globalement fiable malgré des mesures parfois polluées par du bruitage engendrant une perte ponctuelle de mesure fiable. Le graphe ci-dessous permet par exemple de caractériser clairement l'évolution du remplissage :

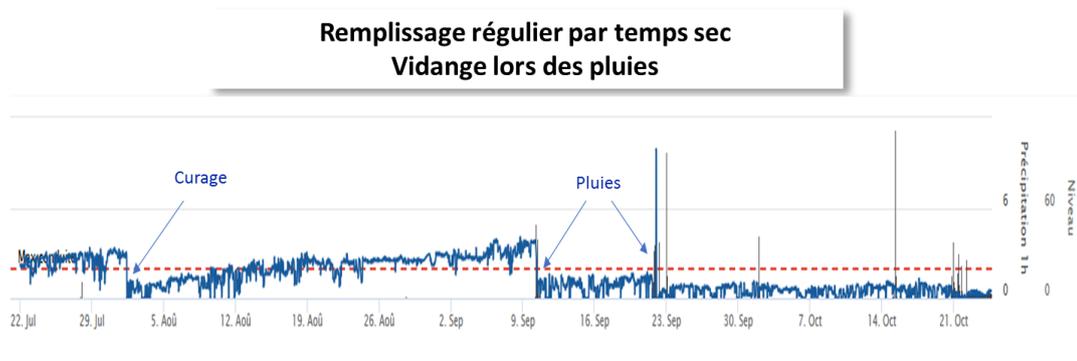


Figure 10 – Evolution du remplissage d'un avaloir du 22 juillet au 22 octobre 2021 (source : SERAMM)

De manière plus générale :

- La mise en place d'avaloirs connectés dans un premier temps permet de valider sa sensibilité aux macrodéchets (fréquence de remplissage) avant mise en place d'un panier. Cette démarche permet d'ajuster la fréquence d'exploitation au besoin ;
- L'avaloir connecté permet un pas vers une exploitation plus qualitative en permettant un suivi des remplissages des avaloirs et en déclenchant des interventions ciblées (les objectifs contractuels des exploitants sur les nettoyages d'avaloirs étant aujourd'hui principalement quantitatifs).

Technique	Avaloirs connecté
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en œuvre simple sur élément existant ; ▪ Exploitation qualitative avec lancement d'interventions ciblées ; ▪ Dispositif installable à grande échelle pour des coûts moyens ; ▪ Pas d'impact sur l'hydraulique de l'élément ;
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impact notable si installé en quantité importante ; ▪ Pas de piégeage direct des déchets ; ▪ Nécessite la mise en place d'un suivi régulier des remplissages ;

Tableau 2 - Avantages et inconvénients des avaloirs connectés

2.3.1.3 Les aménagements sur avaloirs et les grilles : les paniers d'avaloirs

2.3.1.3.1 Principe et illustration

Le panier d'avaloir est placé dans la chute d'un avaloir, la majeure partie des débits engouffrés transitent alors par le panier. La corbeille peut disposer d'un maillage fixe ou évolutif (de plus en plus grand au fil du remplissage de la corbeille). Certains types de paniers peuvent également être équipés de cartouches pour piéger les polluants (adsorption). Lors des forts événements pluvieux ou lorsque le panier est plein, les flux le contournent sans influence sur la capacité d'engouffrement de l'avaloir.

Une fois plein, le panier est vidé manuellement lors de l'intervention des agents. L'avaloir sur lequel est installé le panier doit posséder une ouverture suffisamment importante pour permettre la sortie de celui-ci pendant les opérations de vidange.



Figure 11 – Principe et exemple de panier d'avaloir (photo : SERAMM)

2.3.1.3.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Panier d'avaloir
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibilité de mise en place dans des avaloirs existants ; ▪ L'avaloir concerné doit disposer de dimensions d'une ouverture supérieure suffisantes ;
	Ligne d'eau	Une fois plein, by-pass du dispositif avec impact limité sur la capacité hydraulique de l'avaloir.
	Forme du réseau	Pas de modification nécessaire
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire
Dimensions / emprise		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas d'emprise nouvelle requise ; ▪ Ouvrage à dimensionner selon le regard. Volume de 0 à 50l environ ; ▪ Taille des pores de 0.1 mm à quelques centimètres, à définir selon l'objectif ;
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vidange : Manuelle ; ▪ Fréquence : A définir. Equipement à munir d'une mesure de remplissage (niveau) pour suivi ? Après chaque forte pluie au minimum ; ▪ Maintenance : système robuste. Si présence de cartouche, changement de la cartouche tous les 10 événements ;
Coût		Entre 300 et 400€ avec mise en place d'un capteur de niveau. Environ 200€ sinon.

Retour d'expérience, avantages et inconvénients :

- Si le panier est connecté et équipé d'une mesure de remplissage similaire à celle d'un avaloir connecté, le dispositif permet d'avoir une approche d'exploitation plus qualitative avec par exemple l'intervention des agents seulement lorsque le dispositif est proche de son remplissage et/ou à l'approche d'un événement pluvieux.
- La mise en place de paniers facilement exploitables doit tenir compte de la forme et de la profondeur de la structure existante ;
- Les avaloirs du centre de Nice par exemple sont équipés de paniers, le contrat d'exploitation inclut 6000 passages sur panier par mois, la cadence peut atteindre 2x par semaine dans les secteurs les plus touristiques.

Technique	Panier d'avaloir
<p>Principaux avantages</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en œuvre simple sur élément existant ; ▪ Dispositif pouvant être flexible : déplacement du dispositif sur un avaloir de propriété similaires en cas de non-remplissage. ▪ Dispositif récupérant toute sorte de macrodéchets et pouvant également avoir une action sur les MES ; ▪ Impact limité ou inexistant sur la capacité d'engouffrement ;
<p>Principaux inconvénients</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impact notable sur l'exploitation si installé en quantité importante, le nombre de dispositif peut constituer une évolution de la prestation de l'exploitant. Cette exploitation peut néanmoins être optimisée avec un suivi des remplissages ; ▪ Installable uniquement sur un avaloir adapté (ouverture, taille, profondeur) ; ▪ Dispositif plus pertinent si couplé à une mesure de remplissage et une gestion dynamique

Tableau 3 – Principaux avantages et inconvénients du panier d'avaloir

2.3.1.4 Les aménagements sur avaloirs et les grilles : l'avaloir dépolluant (technologie développée par Véolia)

2.3.1.4.1 Principe et illustration

L'avaloir dépolluant se présente sous une forme de cuve en plastique et remplace l'avaloir classique existant. Cet avaloir permet l'élimination des micro et macrodéchets en deux phases. Les eaux de ruissellement passent en premier dans un bac à macrodéchets qui retient toutes les particules de taille > 5 mm, ces eaux prétraités passent par la suite dans un deuxième bac composé d'un filtre lamellaire qui permet d'éliminer les fines > 30 µm. Ce type de traitement permet l'élimination de 80 à 90 % de la charge particulaire des eaux de ruissellement. L'avaloir comprend également un filtre de fond qui permet sa vidange et retient les déchets avec le moins d'eau possible. Lors des forts événements pluvieux ou d'un défaut d'exploitation, le flux transite par un by-pass.

Le suivi des mesures permet de déterminer les niveaux de remplissage des bacs. La vidange est faite manuellement ou par levage mécanique lors de l'intervention des agents. Malgré le suivi des mesures, la vérification des bacs après les gros événements pluvieux semble nécessaire.

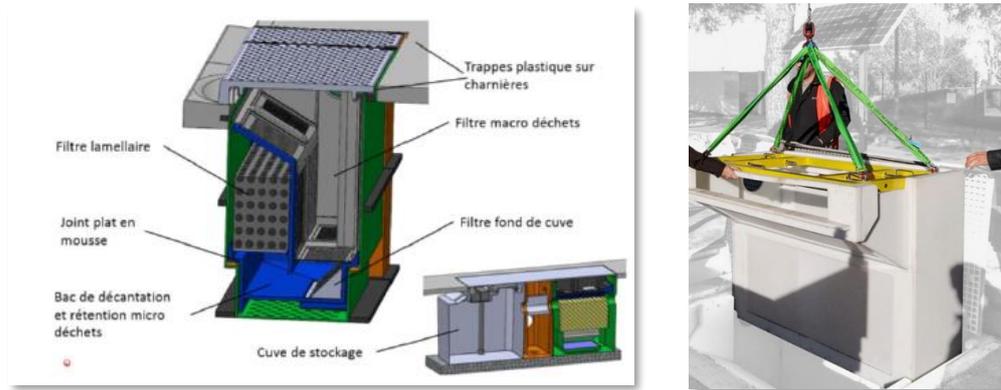


Figure 12 – Schéma de principe et installation d'un avaloir dépolluant

2.3.1.4.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Avaloir dépolluant Veolia
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> En remplacement d'un avaloir existant ; Pour la mise en place d'un nouvel avaloir ;
	Ligne d'eau	Une fois plein, by-pass du dispositif avec impact très limité sur la capacité hydraulique de l'avaloir.
	Forme du réseau	Peut nécessiter le réaménagement de l'avaloir si existant non adapté
Fonctionnement avec apport d'énergie		Batterie et transmetteur, fonctionnement sans apport d'énergie
Dimensions / emprise		<ul style="list-style-type: none"> Sur l'emprise de l'avaloir existant ; Choix du modèle selon la sensibilité hydraulique et objectifs d'arrêt des macrodéchets ;
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> Vidange : Manuellement ou par levage mécanique ; Fréquence : Gestion dynamique grâce au suivi de mesure, vidange selon le niveau de remplissage, 1 à 2 fois par an ; Maintenance : Les bacs qui permettent de filtrer les macro et micro-déchets doivent être vérifiés après les gros événements pluvieux ;
Coût		Non transmis précisément, l'ordre de grandeur indicatif est 5 000 - 10 000 € avec pose

Technique	Avaloir dépolluant Véolia
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> Mise en œuvre en remplacement d'un élément existant ; Permet également un traitement qualitatif. Elimination de 80 à 90 % de la charge polluante particulaire ; Exploitation optimisée avec un suivi des remplissages ; Installable uniquement sur un avaloir adapté (ouverture, taille, profondeur), nécessite des reprises de la structure sinon ;
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Impact notable sur l'exploitation si installé en quantité importante, le nombre de dispositif peut constituer une évolution de la prestation de l'exploitant. Cette exploitation peut néanmoins être optimisée avec un suivi des remplissages ; A la vue de la typologie des déchets rencontrés dans les avaloirs et du seuil de coupure relativement fin (<5mm), ces dispositifs peuvent se retrouver rapidement colmatés.

2.3.1.5 Les aménagements dans les regards : les paniers de regards

2.3.1.5.1 Principe et illustration

Le panier de regard est fortement similaire au panier d'avaloir. Il s'agit d'une corbeille placée au fond d'un regard en contrebas de l'arrivée de la canalisation amont (la présence d'une chute dans le regard est donc indispensable pour la mise en place de ce dispositif). La corbeille peut disposer d'un maillage fixe ou évolutif (de plus en plus grand au fil du remplissage de la corbeille). Certains types de paniers peuvent également être équipés de cartouches pour piéger les polluants (adsorption).

Lorsque les débits sont peu importants (événements pluvieux faible), ils transitent par les mailles de la corbeille qui piègent les déchets. Lors des forts événements pluvieux ou lorsque le panier est plein, il est alors by-passé sans influence sur le comportement hydraulique.

Une fois plein, le panier est remonté puis vidé manuellement lors de l'intervention des agents, la configuration du regard (accès, largeur, profondeur) doit également permettre de réaliser ces interventions sans risques.

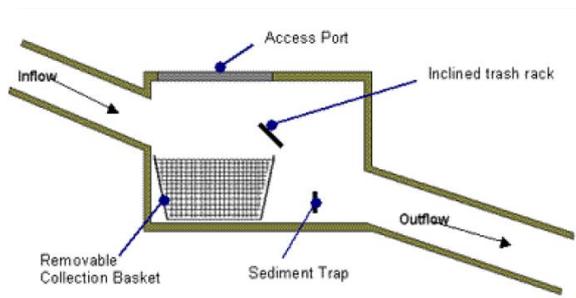


Figure 13 – Schéma de principe du panier de regard

2.3.1.5.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Les principales caractéristiques et retour d'expérience du panier d'avaloir peuvent être transposés au panier de regard. Les conditions d'installation diffèrent très légèrement.

Technique		Panier de regard
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite la présence d'une chute suffisante et d'un regard adéquat (taille et profondeur) ;
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Sans influence sur le comportement hydraulique si le panier est correctement installé (chute) ;
	Forme du réseau	<ul style="list-style-type: none"> Sur réseau avec chute ou sur réseau à forte pente (chute à aménager) ;
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire
Dimensions / emprise		<ul style="list-style-type: none"> Pas d'emprise nouvelle requise ; Ouvrage à dimensionner selon le regard. Volume de 0 à 50l environ ; Taille des pores de 0.1 mm à quelques centimètres, à définir selon objectif ;
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> Vidange : Manuelle ; Fréquence : A définir. Equipement à munir d'une mesure de remplissage (niveau) pour suivi. Après chaque forte pluie au minimum ; Maintenance : système robuste. Si présence de cartouche, changement de la cartouche tous les 10 événements.
Coût		Entre 300 et 400€ avec mise en place d'un capteur de niveau. Environ 200€ sinon.

Retour d'expérience, avantages et inconvénients :

Technique	Panier de regard
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none">▪ Mise en œuvre simple sur élément existant.▪ Flexibilité du dispositif (déplacement sur un regard de propriétés similaire), cette flexibilité est moindre sur les réseaux avec une grande diversité de regard tels que les réseaux anciens ;▪ Récupère toute sorte de macrodéchets : au fur et à mesure que les éléments se piègent, la taille effective des pores est réduite et les particules plus petites sont piégées ; et pouvant également avoir une action sur les MES ;▪ Pas d'impact hydraulique ;
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none">▪ Impact notable sur l'exploitation si installé en quantité importante, le nombre de dispositif peut constituer une évolution de la prestation de l'exploitant. Cette exploitation peut néanmoins être optimisée avec un suivi des remplissages ;▪ Installable uniquement sur un regard adapté (chute, taille, profondeur acceptable pour limiter la pénibilité d'exploitation) ;▪ Dispositif plus pertinent si couplé à une mesure de remplissage et une gestion dynamique

Tableau 4 - Avantages et inconvénients des paniers de regard

2.3.1.6 Les aménagements dans les regards : le filet en regard F-reg

2.3.1.6.1 Principe et illustration

Le constructeur F-reg a sorti en 2020 une technologie de filet de piégeage en réseau directement intégrée dans un réseau. En plus des objectifs de piégeage des déchets, de limitation de l'impact hydraulique et de facilité d'exploitation, F-reg a cherché à proposer une technologie flexible facilement installable dans des regards existants ou dans des regards de taille classique.

Cette flexibilité multiplie les possibilités d'installation, le dispositif présente cependant les deux désavantages suivants :

- Bien que l'exploitation du dispositif soit simple, (récupération du filet via un câble intégré attaché en haut de regard), le **volume du dispositif est limité** (<500L). Une fréquence d'exploitation importante (hebdomadaire) serait donc à prévoir dans le cadre de la situation étudiée ;
- Bien que le dispositif possède deux by-pass latéraux et une surverse supérieure, la perte de charge hydraulique peut s'avérer importante en cas de forte vitesse et de colmatage du filet. L'impact sur la ligne d'eau amont n'est pas forcément nul.

En contrepartie de sa flexibilité, les capacités de piégeage (volume) du dispositif sont donc limitées ce qui restreint généralement leur périmètre de pose aux branches amont des réseaux pluviaux.



Figure 14 – Principe de fonctionnement dispositif F-reg

2.3.1.6.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Filet de regard F-Reg
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> Installation dans un regard existant ou dans un regard réaménagé ;
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Présence de deux by-pass latéraux et d'une surverse supérieure en cas de mise en charge de la conduite ; La perte de charge induite par le dispositif peut devenir importante lors des fortes pluies ; Analyse au cas par cas nécessaire.
	Forme du réseau	<ul style="list-style-type: none"> Pas de modification nécessaire ; Version classique adapté au DN moyen (400-800 mm) ;
Fonctionnement avec apport d'énergie		Batterie et transmetteur, sans apport d'énergie.
Dimensions / emprise		<ul style="list-style-type: none"> Mise en place dans le regard, sans emprise supplémentaire ; Le volume du filet est limité (< 500 L).
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> Vidange : Manuellement ou par lavage mécanique. Via un système de câble intégré ; Fréquence : Gestion dynamique grâce à une mesure télétransmise, vidange selon le niveau de remplissage. (1 à 2 fois par an au minimum) ; Maintenance : Vérification du bon fonctionnement du système et changement du filet tous les deux ans ou plus si forte sollicitations.;
Coût		Entre 5000 € et 15 000 € avec pose en fonction de la taille du dispositif et des éventuels aménagements.

Avantages et inconvénients :

Technique	Panier de regard
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> Mise en œuvre simple sur élément existant ; Coût limité ; Permet un exploitation qualitative avec des interventions ciblées; Impact hydraulique potentiellement important lors des évènements pluvieux importants ;
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Installable uniquement sur un regard adapté (chute, taille, profondeur acceptable pour limiter la pénibilité d'exploitation) ; Volume de piégeage limité pouvant engendrer des vidanges fréquentes.

Tableau 5 – Avantages et inconvénients principaux du filet de regard F-reg

2.3.2 Curatives réseaux

2.3.2.1 Les aménagements de piégeage divers : les pièges Ecosol Drop Trap

2.3.2.1.1 Principe et illustration

Les pièges Ecosol Drop Trap fonctionnent sur le même principe que les paniers de regards, ils proposent cependant d'intervenir sur des canalisations de plus grandes dimensions et nécessitent un remplacement complet du regard. Leur efficacité, comme leur mise en place, est plus importante que celle d'un panier de regard. Cette solution est à cheval entre une solution dite « amont » et une solution « réseau ».

Les effluents chutent dans le regard et sont dirigés dans une corbeille de grande taille se remplissant au fur et à mesure. Lorsque la corbeille est pleine, les by-pass situés au niveau du haut de la corbeille s'ouvrent sous le poids de l'effluent.

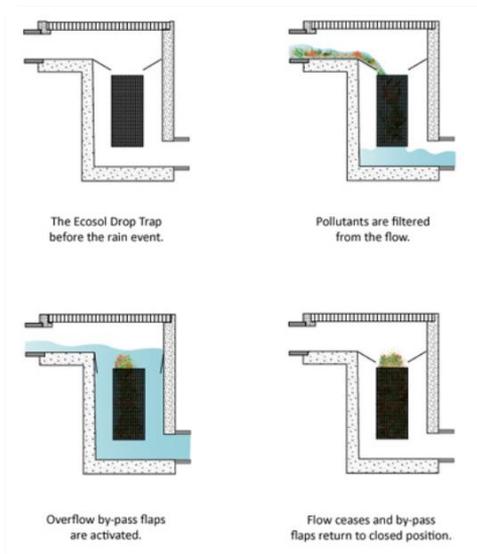


Figure 15 – Principe de fonctionnement

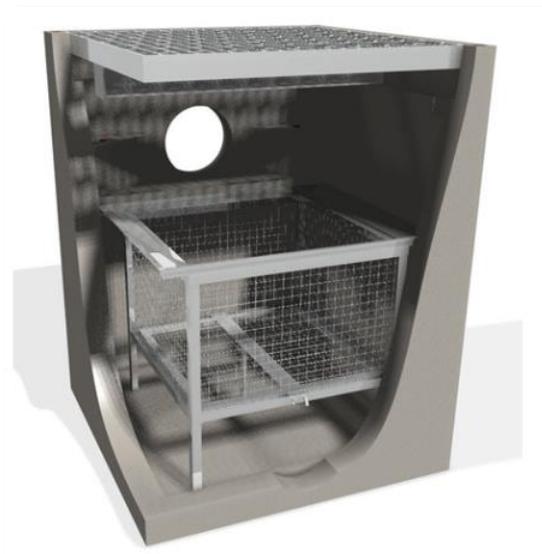


Figure 16 – Vue de l'installation

2.3.2.1.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Ecosol Drop Traps
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> En remplacement d'un regard existant, préférentiellement sur les parties amont des réseaux
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Le passage par les By-pass génère une perte de charge pouvant influencer la ligne d'eau en amont
	Forme du réseau	<ul style="list-style-type: none"> Dispositif adapté à des réseaux de taille allant du DN 300 au DN 600 ; Nécessite une chute importante ; Non envisageable sur réseau très profond ;
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire

Dimensions et emprise	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emprise supérieure à celle d'un regard classique (1,8m x 1,8m au maximum) ; ▪ Profondeur de 1,9m à 2.8m selon modèle ; ▪ Volume de stockage de 0.4m³ à 1.6 m³ selon modèle ; ▪ Capacité hydraulique du By-pass de 0.4 m³/s à 1.4 m³/s selon modèle ;
Exploitation	<p>Vidange bac : Manuelle ou mécanique (accès camion à garantir dans ce cas), levage puis ouverture du bac par le bas (ouverture des grilles) au-dessus de la benne ;</p> <p>Fréquence : Selon remplissage. Conseil constructeur : 1x/mois</p> <p>Maintenance : Système robuste, peu de maintenance à prévoir.</p>
Coût	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en place : de 2000 à 5000 € ; ▪ Exploitation : 3500-4000€ /an pour 12 interventions

Avantages et inconvénients :

Technique	Ecosol Drop Traps
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forte efficacité, interception des macrodéchets > 3mm de l'ordre de 98% ; ▪ Mise en œuvre simple ;
Principaux Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nécessite un remplacement complet du regard ; ▪ Nécessite une chute importante ; ▪ Nécessite une emprise suffisante pour permettre l'accès d'un poids lourd et la vidange du bac

Figure 17 – Avantages et inconvénient Ecosol Drop Trap



Info

Le système est très déployé depuis plusieurs années en Australie au travers de l'entreprise UrbanAssetSolutions (<https://urbanassetsolutions.com.au>). Cette entreprise propose tout une gamme de solution de piégeage dans les réseaux et canaux, seules les plus pertinentes vis-à-vis de notre périmètre d'étude sont présentées dans ce rapport.

2.3.2.2 Les aménagements de piégeage divers : les filets d'interceptions

2.3.2.2.1 Principe et illustration

Le dispositif peut être mis en place aux exutoires de canalisation ou canaux pluviaux et unitaire pour intercepter les macrodéchets juste avant leur rejet au milieu. Il a initialement été développé pour la récupération des macrodéchets dans les ouvrages hydrauliques autoroutiers. Il est de manière générale composé de deux filets en polypropylène tressés ou noués d'épaisseur et de taille de maille différentes :

- Un filet extérieur à grande maille dont l'objectif est d'assurer la résistance mécanique du dispositif lors de sa sollicitation. Le filet est fixé à plusieurs points d'ancrage sur la canalisation

(ou sur les éléments à proximité directe s'ils le permettent) ou sur un cadre adapté mis en place pour le dispositif ;

- Un filet intérieur à petite maille (à définir selon l'exigence) dont le rôle est l'arrêt des déchets. Le filet intérieur est plus petit que le filet extérieur afin de permettre le passage des flux hydraulique par les grandes mailles une fois le dispositif plein.

Les filets sont en matériaux imputrescibles et sont faits sur mesure (forme adaptable) en fonction de l'environnement à l'exutoire et de la taille de celui-ci. Ils peuvent récolter jusqu'à quelques m³ de déchets (généralement inférieurs à 5m³ pour des filets communs, hors dimensionnement pour ouvrages particuliers).

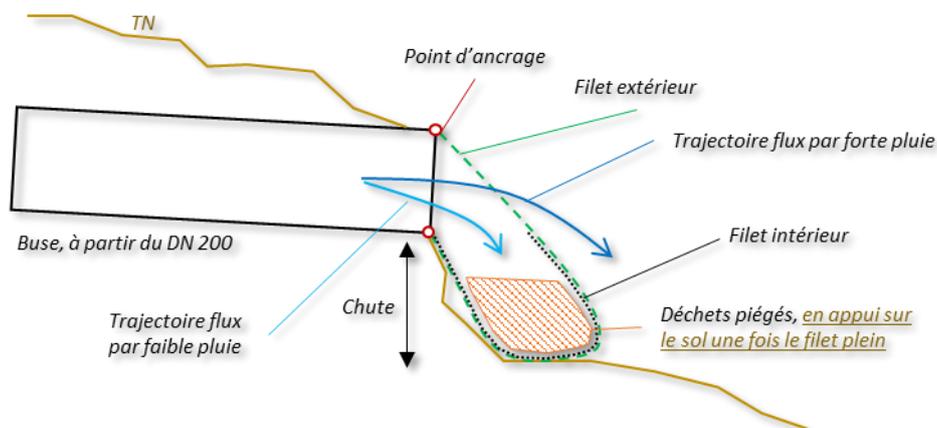


Figure 18 – Schéma de principe pour une installation sur une canalisation ou une buse



Figure 19 – Filet sur canalisation - Marseille



Figure 20 – Filet sur canaux, Australie

2.3.2.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Filets d'interception
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A installer sur l'extrémité d'un émissaire /buse/canalisation/exutoire eaux pluviales ou sur un canal. Également envisageable à la sortie d'un bassin ; ▪ Effluents pluviaux ou unitaires ; ▪ Installation possible de filet sous-marins.

	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Si l'accumulation des macrodéchets dans le filet obstrue la canalisation, il peut provoquer une perte de capacité et une hausse du niveau d'eau en amont. La présence d'une chute est fortement conseillée ;
	Forme du réseau	Nécessité d'une chute adaptée (le filet doit pouvoir se reposer principalement sur le sol une fois plein, il ne doit pas pendre)
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire
Dimensions / emprise		<ul style="list-style-type: none"> Mailles des filets variables (intérieur : 25x25mm ou 50x50mm pour un filet Pollustock) ; Le filet s'étale sur quelques mètres une fois plein ; Un accès pour un système de levage doit être maintenu (camion avec treuil voire stabilisateur pour les gros filets) pour les opérations de vidange ;
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> Vidange : Manuellement ou par levage mécanique (accès camion) ; Fréquence : Remplissage du dispositif à vérifier après chaque pluie ; Maintenance : La durée de vie d'un filet est de 4 ans ;
Coût		De 750€ à 3000€ (DN 1000) avec pose selon le diamètre Green City Organisation : environ 15 000€ avec étude hydraulique (fourniture comprise – sans pose ni maintenance)

Tableau 6 – Caractéristiques principales du filet d'interception

Retours d'expérience (REX), avantages et inconvénients :



A noter

Les entreprises consultées dans le cadre de cette étude sont :

- Pollustock
- Hydroconcept
- Green City Organisation.

Le fournisseur Pollustock a mis en avant la forte flexibilité de son dispositif : filets imputrescibles à maille adaptable, système sur mesure simple et sans ouvrage pouvant également être installé sur des exutoires immergés. Les travaux de mise en place étant légers, le dispositif peut être démonté et reposé facilement sur d'autres sites en cas d'absence de macrodéchets sur le site initial. Il a également rappelé les contraintes d'installation et d'exploitation principales : nécessité d'une chute si installation sur une buse pour éviter l'obstruction lors des fortes pluies, repos du filet plein sur le sol, maintien d'un accès pour un camion avec système de levage et suivi/vidange du filet après chaque événement pluvieux. Selon le fournisseur, la mise en place des filets doit être accompagnée d'une réelle évolution du métier d'exploitant.

Dans le cadre de l'étude menée par Suez Consulting sur la ville de Marseille, il a pu être obtenu le retour d'expérience à Marseille (deux filets sur des exutoires pluviaux de type buses) et Alicante (batteries de filets sur un canal de déversoirs unitaire) dont les principales conclusions sont :

- Une bonne efficacité des filets avec des remplissages conséquents, le changement observé dans le milieu naturel a notamment été radical à Alicante ;

- Assez rapidement, les déchets de toute taille sont collectés avec la saturation des mailles par les premiers éléments collectés ;
- Une exploitation importante avec une vidange des filets après deux pluies : à Marseille un filet a cédé lors d'une forte pluie. A Alicante, un système de suivi avec caméra a été mis en place.
- Des manœuvres de vidange parfois délicates pour le personnel d'exploitation sur les filets de Marseille.

Dans le cadre des échanges avec le fournisseur HydroConcept, une technologie de filet a également été présentée (HYDROSAC). Certaines configurations supplémentaires ont été mises en place par ce fournisseur :

- Mise en place du filet avec un système de décrochage du filet lorsque la sollicitation mécanique devient trop importante (trop forts débits ou filet plein). Le filet se resserre avec le décrochage, il est retenu par un câble. Cette configuration est envisageable sur des conduites immergées. La figure ci-dessous présente cette configuration :

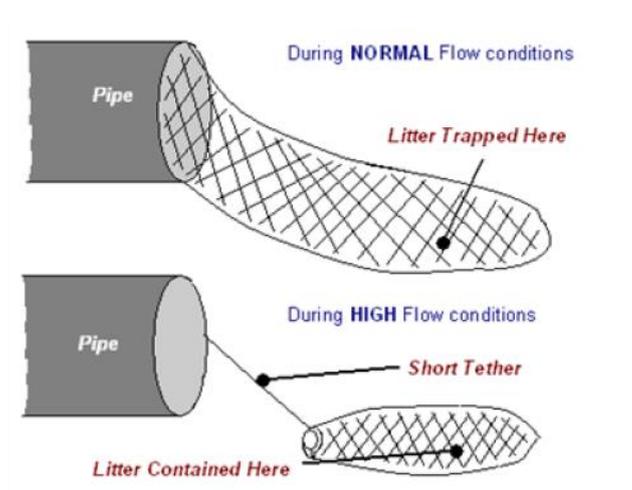


Figure 21 : Configuration filet avec décrochage et câble (Source : HYDROCONCEPT)

- Mise en place dans une chambre dédiée sur des canalisations de DO, avec By-pass supérieur ou latéral lorsque les filets sont pleins (solutions de bascule du cadre d'attache du filet également envisageable).
- Cependant cette technologie est récente (moins de 10 ans) et les retours d'expérience ne permettent pas de se prononcer au-delà. L'exutoire pluvial doit être équipé pour accueillir le filet et un ancrage est à prévoir sur le mur afin de garder le filet à portée lorsqu'il se décroche (surcharge). Les exutoires doivent être calculés pour résister au poids des déchets. Des flotteurs peuvent être équipés sur le filet afin d'éviter le cisaillement du filet par l'exutoire.

Enfin, l'entreprise GreenCityOrganisation a également été contacté. Elle propose une technologie similaire :

○ Dispositif & aménagements connexes :

- Filet de captage des macrodéchets (fait par des professionnels)
- Collerette intelligente en fer (acier 8/10mm), garantie 25/30 ans
- Transmission données monitoring en temps réel
- Installations de capteurs possibles sur la collerette (pH...)
- Collerette adaptée à l'exutoire (sur mesure)
- Système de châssis support simple pour évacuer le filet
- Système de vidage simple du filet sur site (dans camion par exemple)
- Système d'accroche pour le maintenir plus ou moins en place pour qu'il ne gêne pas la navigation.
- Système de décrochage sans perdre les macro-déchets afin d'éviter de mettre en charge le réseau

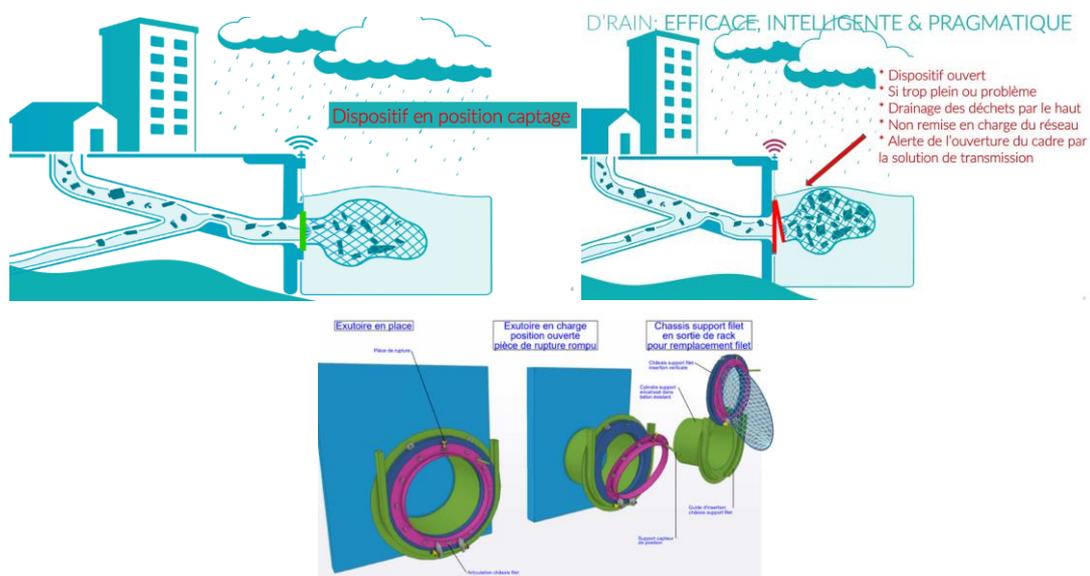


Figure 22 : Configuration filet avec système de décrochage et solution de transmission (Source : GREEN CITY ORGANISATION)

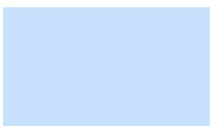
Technique

Filets au niveau des exutoires

Principaux avantages

Principaux inconvénients

- Maille adaptable, à noter que dès qu'il se remplit le filet intérieur se sature et arrête des déchets de taille inférieure à la maille ;
- Dispositif mobile en cas de non-fonctionnement sur un point ;
- Système sans apport d'énergie ;
- Mise en place possible de filets sous-marins ;
- Risques de rupture du dispositif en cas de sur-sollicitations, le système se fragilise une fois plein ;
- Impact potentiel sur la capacité hydraulique de la canalisation ;
- Exploitation importante : suivi de remplissage (installation photo/caméra envisageable) et potentielle vidange après chaque pluie importante



- Manœuvre de vidange délicate, le maintien de la sécurité des intervenants est parfois difficile ;

Tableau 7 – Avantages et inconvénients du filet d'interception

2.3.2.3 Les aménagements de piégeage divers : le séparateur tangentiel (CycloneSep)

2.3.2.3.1 Principe et illustration

Le dispositif retient les macrodéchets à l'aide d'une grille séparative. Le principe de mise en œuvre repose sur la séparation tangentielle en continue à la surface de la grille. Pendant le fonctionnement, l'effluent brut tourne de nombreuses fois autour de la grille avant de la traverser. Les macrodéchets sont balayés continuellement devant la surface de la grille puis s'accumulent au fond de l'appareil.

L'autonettoyage de la grille est évité grâce à la motricité de l'eau et au frottement des déchets sur cette dernière. Les deux principales qualités de cette technologie sont donc sa rusticité et sa simplicité.

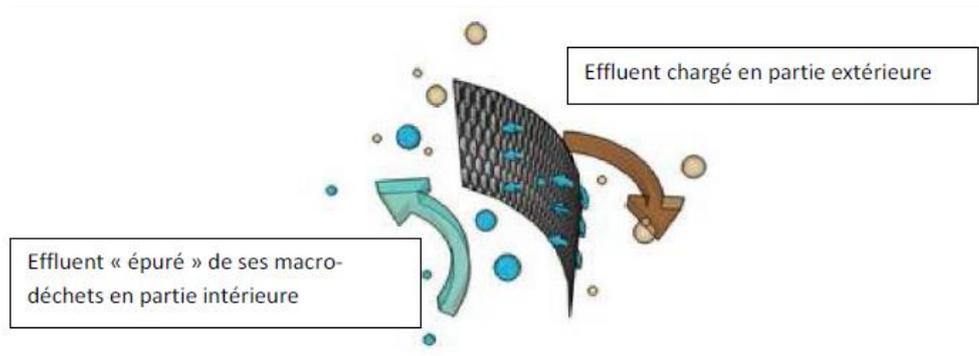


Figure 23 – Principe de la séparation tangentielle dans le fonctionnement du dispositif

Les effluents traités traversent la grille puis franchissent une paroi siphonide avant d'être restitués au réseau.



Figure 24 – Schéma de principe CycloneSep

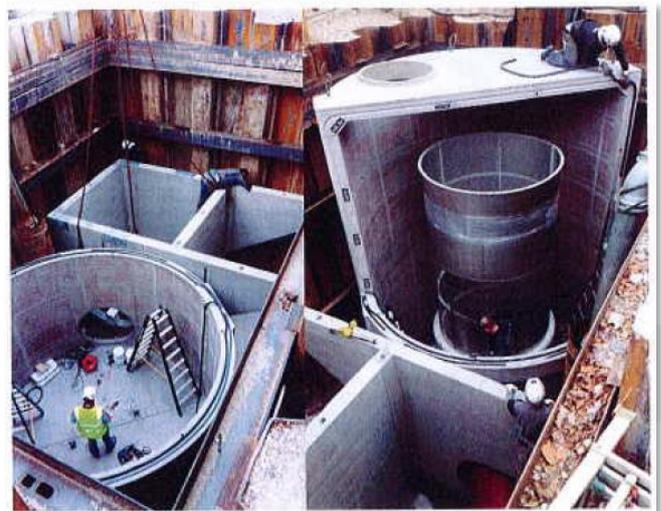


Figure 25 – Mise en place CycloneSep de la ZAC de la Confluence (Lyon) en 2015

2.3.2.3.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Séparation tangentielle (Cyclone Sep)
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	Sur réseau pluvial préférentiellement, penté entre 0,5% et 5%
	Ligne d'eau	Dispositif équipé d'un By-pass pour les fortes pluies, sans influence sur la ligne d'eau et sur la capacité de transit (le système s'efface hydrauliquement) sous conditions d'une installation en réseau adapté (pente suffisante ou chute). Impact potentiel sur la ligne d'eau sinon.
	Forme du réseau	Adapté pour des DN < 1500. Le dispositif peut être installé directement sur la conduite mais également en dérivation pour ne traiter qu'une partie des effluents.
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire
Dimensions / Emprise		Traitement 500 l/s : 10m x 10m en emprise au sol pour terrassement, D = 4m H = 6m (Saint-Privé Saint-Mesmin) Traitement 1400 l/s : 15m x 15m en emprise au sol pour terrassement, D = 6m H = 6m (Perpignan)
Exploitation		Vidange : Nettoyage mécanique ou à l'aide d'une époussette / nettoyage par aspiration / nettoyage de la grille avec une lance haute pression / Fréquence : 1 à 2 fois / an au minimum
Coût		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investissement : 25 000 € à 250 000 € selon la taille ; ▪ Exploitation : 2500 €/an pour une unité de 200l/s ET 5000 €/an pour une unité de 500l/s ; ▪ Maintenance : Aucune maintenance nécessaire après 5 ans d'utilisation (REX) ;

Retours d'expérience (REX), avantages et inconvénients :

Le fournisseur Hydroconcept n'a pas eu de retour faisant état de mauvais fonctionnements majeurs de systèmes en place sur des réseaux pluviaux. Les collectivités ayant installé un ou plusieurs appareils n'ont pas fait remonter de difficultés d'exploitation particulières. Aucun obstacle n'empêche l'accès direct aux matières polluantes accumulées au fond de l'appareil. Lors de notre échange avec celui-ci il a cependant mis en garde sur les points suivants :

- Le dispositif est adapté au traitement d'effluents pluviaux ou peu chargés. Des problématiques de colmatage immédiat sont apparues sur un système en réseau pluvial en amont duquel plusieurs restaurateurs rejetaient leurs huiles ;
- Il a été déconseillé de mettre en place le dispositif sur des réseaux récupérant beaucoup de feuilles, celles-ci ayant tendance à ne pas être bien traitées par le dispositif lorsqu'elles sont en grandes quantités ;
- Afin de limiter la problématique « Feuille », Hydroconcept préconise au moins deux nettoyages annuels complets : Novembre et mai ;
- Le fournisseur a notamment reçu de bons retours sur deux dispositifs installés à Orléans.

Par ailleurs, dans le cadre de l'étude menée par Suez Consulting à Marseille, les retours d'expérience de Veolia Perpignan (dispositif en amont d'un bassin d'orage unitaire) et la

Métropole de Toulouse (effluents non unitaires mais restant assez chargés) ont abouti aux principales conclusions suivantes :

- Dispositif fiable et robuste pour une bonne efficacité d'interception avec un fonctionnement simple sans apport d'énergie ni automatisme ;
- Problématique de colmatages pouvant être liés à une baisse d'efficacité lorsque les effluents sont relativement chargés et à une différence de chute trop faible entre les collecteurs d'entrée et de sortie du dispositif ;
- Environ 8 interventions par an pour décolmatage au jet d'eau sous pression et 2 interventions par an de nettoyage complet de la structure ;
- Interventions d'exploitation simples et très peu de maintenance sur le dispositif (aucune maintenance nécessaire après 5 ans d'utilisation à Perpignan) ;
- Système recommandé par les personnes interrogées.

Technique	Séparation tangentielle (Cyclone Sep)
Principaux Avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traitement des macrodéchets mais également sur les matières en suspension et les hydrocarbures légers occasionnels (système siphonide). Le constructeur présente une forte performance du système (mesure sur dispositif pilote en laboratoire) : <ul style="list-style-type: none"> - Déchets bruts > 2.5 mm : 99% - Macro-sédiments (>400 mm) : 99% - Hydrocarbures libres retenus : 95% ▪ Système robuste sans apport d'énergie ; ▪ Exploitation simple et maintenance mineure ;
Principaux Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emprise très importante et étude détaillée nécessaire ; ▪ Ordre de grandeur des débits traités de 0 à 1,5 m3/s ; ▪ Eaux pluviales préférentiellement pour limiter les risques de colmatage.

Tableau 8 - Principaux avantages et inconvénients du dispositif

2.3.2.4 Les piégeages avec dégrilleurs : dégrilleur frontal courbe statique ou automatique

Le dégrillage est la méthode la plus commune et la plus basique pour le piégeage des macrodéchets. De nombreuses technologies de dégrilleurs, plus ou moins évoluées, existent. Les paragraphes suivants en font l'état des lieux. Certains dispositifs présentés n'étant que peu adaptés à notre périmètre d'étude, ils n'ont pas fait l'objet d'une analyse détaillée.

2.3.2.4.1 Principe et illustration

Le dispositif est légèrement plus évolué que la simple grille grâce à une grille fixe légèrement inclinée dans sa partie basse puis arrondie pour guider les flottants vers un bac de récupération en partie supérieure. Il s'agit d'une solution plutôt adaptée au piégeage d'embâcles, elle peut être mise en place dans des zones canalisées ou réseaux à ciel ouvert. La mise en place peut nécessiter la mise en place d'un génie-civil adapté, mais elle est principalement constituée de travaux de ferronnerie en cas d'installation sur un canal existant adapté.

Un dispositif automatique de raclage des grilles peut également être installé pour compléter l'installation et assurer le non-colmatage. Le rajout du dispositif le rend toutefois bien plus contraignant et complexe à mettre en œuvre.



Figure 26 – Dispositif statique



Figure 27 – Dispositif automatisé

2.3.2.4.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Dégrilleur frontal statique	Dégrilleur frontal automatisé
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'un bac préfabriqué avec grille intégrée directement sur réseau, canaux et ruisseaux ; Envisageable en entrée et sortie de bassin rétention de petite taille ; Doit rester non accessible au public 	<ul style="list-style-type: none"> Sur canalisation ou canal existant, à ciel ouvert préférentiellement ; Envisageable en entrée et sortie de bassin de rétention Doit rester non accessible au public
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Génération de pertes de charge pouvant être importantes en cas de colmatage ; Risques de remontée de la ligne d'eau ; Trop plein aménageable sur les côtés de l'ouvrage 	
	Forme du réseau	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place sur réseau peu profond ou à ciel ouvert, sans contrainte de chute ou de pente ; Doit nécessiter un aménagement de la section d'écoulement afin de tranquilliser le flux en amont de la grille; 	
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire	Fonctionnement avec apport d'énergie
Dimensions et emprise		<ul style="list-style-type: none"> Emprise variable selon taille du dispositif, emprise minimale de 3m x 2 ; Accès camion à maintenir selon dimension du bac ; Espacement des grilles à définir selon les objectifs d'interception ; 	<ul style="list-style-type: none"> Emprise minimale de 5m x 5m Accès camion avec système de levage à maintenir ; Espacement des grilles à définir selon les objectifs d'interception ;
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> Vidange bac : Manuelle ; Fréquence : A définir selon remplissage. Equipement à équiper d'une surveillance de remplissage pour suivi ; Maintenance : système robuste, risque de casse très faible ; 	<ul style="list-style-type: none"> Vidange bac : Manuelle ; Fréquence : A définir selon remplissage. Equipement à équiper d'une surveillance de remplissage pour suivi ;

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maintenance : système robuste mais équipements à vérifier régulièrement ;
Coût	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selon dimensions, ordre de grandeur général : de 500 à 5000 € 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selon dimensions, ordre de grandeur général : de 3000 à 10 000 €

Avantages et inconvénients

Technique	Dégrilleur frontal statique	Dégrilleur frontal automatique
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dispositif robuste et durable ; ▪ Peu de contraintes d'installation (ni pente, ni chute) ; ▪ Système statique sans apport d'énergie ; ▪ Travaux de petite à moyenne envergure ; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traitement des flottant et des macrodéchets en suspension, limite les risques de colmatage ; ▪ Peu de contraintes d'installation (ni pente, ni chute) ; ▪ Fonctionnement automatique ;
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ouvrage en surface ; ▪ Risques de colmatage avec impact hydraulique pouvant être important ; ▪ Exploitation manuelle lourde si installé en quantité importante ; ▪ Prévoir une tranquillisation du flux en amont de la grille pour ne pas endommager cette dernière 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Système avec apport d'énergie ; ▪ Ouvrage en surface ; ▪ Impact hydraulique pouvant être important en cas de colmatage (dysfonctionnement automatisme) ; ▪ Prévoir une tranquillisation du flux en amont de la grille pour ne pas endommager cette dernière

Tableau 9 – Avantages et inconvénients des dégrilleurs frontaux



A noter

Le fournisseur d'équipements de traitement des eaux usées HUBER (https://www.huber.fr/fileadmin/01_products/01_screens/02_max_screens/04_rakemax_hf/pro_rakemax-hf_en.pdf) commercialise un dégrilleur frontal automatique présenté comme « adapté aux débits importants » en proposant un dégrillage fortement incliné (30°) afin de maximiser la surface de passage à travers les grilles et limiter les pertes de charge. Le système est également relativement compact.



Dégrilleur automatique RakeMax HF

2.3.2.5 Les piégeages avec dégrilleurs : le dégrilleur Trashmax (HUBER)

2.3.2.5.1 Principe et illustration

Le dégrilleur Trashmax est un dégrilleur extrêmement robuste développé pour le piégeage de gros matériaux, sa conception lui permet de traiter des refus très volumineux. Il s'agit d'une grille inclinée de grandes dimensions sur laquelle les macrodéchets sont récupérés par des peignes de raclages. Les peignes (dont le nombre et la taille peuvent être adaptés en fonction du besoin) passent dans un premier temps derrière les barreaux dans la partie basse de la grille afin d'éviter l'accumulation des déchets non flottants en bas de grille (zone de passage principale du flux hydraulique) avant de remonter jusqu'à faire retomber les déchets piégés dans une benne.

Le dispositif a notamment été développé pour répondre aux problématiques de macrodéchets nombreux et/ou volumineux en entrée de STEP, de poste de refoulement et également pour les prises d'eau en rivière.



Figure 28 – Photo et modèle du dégrilleur Trashmax

2.3.2.5.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Trashmax
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Directement dans les canaux ou les cours d'eau en eau ; ▪ En entrée de STEP ;
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Passage de l'intégralité des flux à travers les grilles ; ▪ Pertes de charges faibles, et importantes en cas de grille colmatée (dysfonctionnement dispositif) ; ▪ Trop plein aménageable sur les côtés de l'ouvrage
	Forme du réseau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Canaux de largeur maximale de 4 m pour les modèles pré-dimensionnés ; ▪ Adapté aux réseaux à ciel ouvert ;
Energie		Fonctionnement avec apport d'énergie
Dimensions et emprise		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emprise au sol importante pour mise en place du dispositif, de la benne et de l'accès ; ▪ La zone doit rester non accessible au public ;

Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vidange : Mécanique (vidange de la benne) ; ▪ Fréquence : à définir selon le remplissage de la benne et les événements à venir, suivi du remplissage à mettre en place ; ▪ Maintenance : système robuste développé pour les charges importantes, peu de maintenance à prévoir ;
Coût	Ordre de grandeur général : de 15 000 à 50 000 € pour fourniture seule

Avantages et inconvénients

Technique	Trashmax
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Système robuste ; ▪ Forte efficacité de dégrillage et risques de colmatage limité ; ▪ Installation en partie aval de réseau ;
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Installation sur canaux de grande taille ; ▪ Forte contrainte d'emprise et d'accès ; ▪ Travaux conséquents ; ▪ Prévoir une tranquillisation du flux en amont de la grille pour ne pas endommager cette dernière

Tableau 10 – Avantages et inconvénients du Trashmax

2.3.2.6 Les piégeages avec dégrilleurs : Dégrilleur escaliers

2.3.2.6.1 Principe et illustration

Les dégrilleurs de type « escalier » sont généralement des dégrilleurs d'entrée de petite STEP. Il s'agit d'un équipement composé de deux grilles (une fixe et une mobile) en forme d'escalier intercalées entres elles. La distance entre les lamelles fixes et mobiles représente l'entrefer du dégrilleur. Les eaux passent à travers la zone de dégrillage tandis que les déchets interceptés sont soulevés marche par marche par la grille mobile avant d'être éjectés en haut de l'équipement.

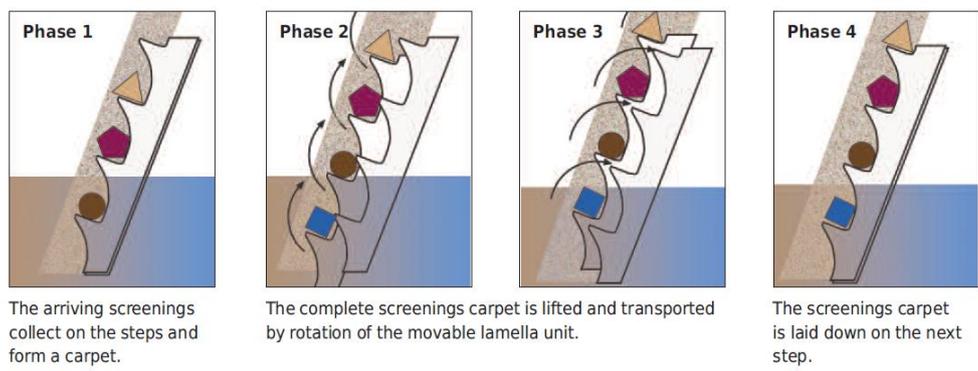


Figure 29 - Principe de fonctionnement du dégrilleur escalier



Figure 30 – Photo d'un dégrilleur escalier

2.3.2.6.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Dégrilleur escalier
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Directement dans les canaux ou les cours d'eau en eau ; ▪ Dispositif généralement en entrée de STEP ;
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Passage de l'intégralité des flux à travers les grilles ; ▪ Pertes de charges faibles et importantes en cas de grille colmatée (dysfonctionnement dispositif) ; ▪ Trop plein aménageable sur les côtés de l'ouvrage
	Forme du réseau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aménagement des canalisations à réaliser pour installation, sur un canal de largeur < 2 m ;
Fonctionnement avec apport d'énergie		Fonctionnement avec apport d'énergie
Dimensions et emprise		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emprise au sol importante pour mise en place du dispositif, de la benne et de l'accès ; ▪ La zone doit rester non accessible au public ; ▪ Traitement jusqu'à 2.2 m³/s sur un canal de 1,5 m de diamètre et un entrefer de 80 mm
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vidange du bac : Mécanique (benne) ; ▪ Fréquence : Selon taille de benne et remplissage ; ▪ Maintenance : Systèmes de plus en plus robuste mais pouvant nécessiter des remplacements de peignes réguliers
Coût		Ordre de grandeur général : de 10 000 à 50 000 € pour fourniture seule

Avantages et inconvénients

Technique	Dégrilleur escalier
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forte efficacité de piégeage ; ▪ Système développé pour des variations de débit modérées, adapté à des réseaux toujours en eau ; ▪ Aménagement conséquent avec emprise importante ;
Principaux inconvénients	



- Prévoir une tranquillisation du flux en amont de la grille pour ne pas endommager cette dernière ;
- Solution peu adaptée au périmètre d'étude

Tableau 11 – Avantages et inconvénient du dégrilleur escalier

2.3.2.7 Les piégeages avec dégrilleurs : Dégrilleurs par tambour rotatif

2.3.2.7.1 Principe et illustration

Le tambour rotatif caractérise par un panier perforé installé à l'horizontale dans un canal ou dans un caisson et qui est traversé de l'intérieur vers l'extérieur par l'effluent. Les eaux usées s'écoulent par le côté avant ouvert dans le panier perforé et les matières solides sont retenues à l'intérieur du tambour. Le système est aujourd'hui principalement mis en place pour le traitement tertiaire des eaux usées en STEP et des eaux usées industrielles, une adaptation du dispositif au piégeage des macrodéchets n'est cependant pas à exclure.

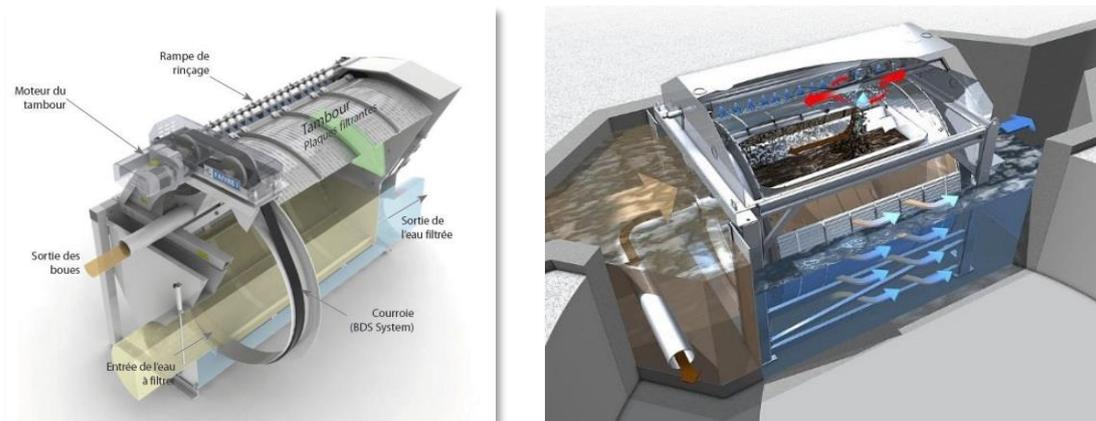


Figure 31 – Schéma de principe du dégrilleur par tambour rotatif

2.3.2.7.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Dégrilleur Tambour rotatif
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Habituellement en STEP ou en STEP industrielle ; ▪ Adaptation à des réseaux unitaires et EP en développement
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Génération de pertes de charge, impact sur la capacité de la conduite par forte pluie si non by-passé ; ▪ Mise en place d'un by-pass possible
	Forme du réseau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Doit être installé sur un réseau présentant une chute ou une forte pente afin de permettre l'installation d'un by-pass sans influence sur les réseaux amont ; ▪ Peu envisageable en réseau profond ;
Fonctionnement avec apport d'énergie		Fonctionnement avec apport d'énergie et apport d'eau (très réduit, 0.25l/s)
Dimensions et emprise		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traite jusqu'à 2.7 m³/s d'eaux usées pour un diamètre de tambour de 2.2m au maximum ; ▪ Taille variable selon le débit à traiter, ▪ Montable directement en canal ou caisson ce qui permet de limiter l'emprise au sol ;

Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vidange : Lavage et évacuation des macrodéchets/boues automatique ; ▪ Fréquence : non connue ; ▪ Maintenance : Faible si adapté à l'effluent.
Coût	Ordre de grandeur général : de 5000 à 50 000 € selon modèle

Avantages et inconvénients :

Technique	Dégrilleur Tambour rotatif
Principaux avantages	Adaptés au traitement des MES et des macrodéchets de petite taille
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moyennement adapté au traitement des macrodéchets de grandes tailles, le dispositif devra éventuellement être précédé d'un dégrillage grossier ; ▪ Nécessite une alimentation en énergie et en eau ; ▪ Prévoir une filière de gestion des boues si traitement des MES ; ▪ Solution pas adaptée au périmètre d'étude ;

Tableau 12 – Avantages et inconvénient du dégrilleur tambour rotatif



A noter

Le fournisseur d'équipements de traitement des eaux usées HUBER possède également une technologie de principe similaire et présentant les mêmes avantages et inconvénients. Cette dernière technologie semble cependant nécessiter un espace légèrement plus faible. Des détails supplémentaires sont disponibles sur le site constructeur : <https://www.huber.fr/fr/produits/degrillage/degrilleurs-verticaux-tamis-a-champs-filtrant/huber-band-screen-centermaxr.html>.

2.3.2.8 Les piégeages avec dégrilleurs : Dégrilleurs incliné type « Baramy trap »

2.3.2.8.1 Principe et illustration

Le « Baramy trap » est un dispositif statique qui sépare les eaux pluviales ou unitaires des macrodéchets en les dirigeant à travers une grille inclinée. Les déchets bloqués sur les grilles sont poussés par le flux hydraulique vers une chambre de collecte où ils s'accumulent. Les eaux

accumulées dans la chambre de collecte peuvent éventuellement être redirigées vers l'aval via des drains. Une rampe d'accès (plan incliné ou escaliers) peut être aménagée pour accéder directement à la chambre de collecte.

Lors des événements pluvieux, la majeure partie des eaux tombe à travers la grille inclinée. La chambre de collecte est équipée d'un système de surverse en cas de colmatage de la grille (le piégeage des macrodéchets n'est alors plus assuré).



Figure 32 – Schémas de principe du dégrilleur incliné

2.3.2.8.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Dégrilleur Baramy Trap
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> Sur canalisations, petits canaux et fossés pluviaux ; Installation préférentiellement à l'exutoire des réseaux ; Reste envisageable en réseau en amont de l'exutoire si la configuration le permet ; Installation modulaire
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Influence mineure sur la ligne d'eau ; En cas de colmatage des grilles les débits sont by-passé par le déversoir du bac situé au même niveau que la canalisation d'amenée
	Forme du réseau	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite une chute à l'exutoire ou un réseau suffisamment penté pour aménager une chute ; Non adapté aux réseaux de forte profondeur (>3m) ; Pente minimale de 1% conseillée pour les réseaux amont et aval
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire
Dimensions et emprise		<ul style="list-style-type: none"> Adapté à des ouvrages de DN 450 à 1200 ; Peut être installé avec et sans rampe d'accès : Pour un DN 1200 sans rampe, HxLxl = 3m x 3.6m x 7.6 m si installé en environnement sans contrainte ; Existe aussi en petite taille avec le principe de "panier" pour vidange manuelle
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> Vidange : Manuelle ou mécanique (selon la taille) ; Fréquence : A définir, remplissage à surveiller ; Maintenance : système robuste, faible maintenance à prévoir
Coût		15 000 à 40 000 € pour un dispositif non enterré ou peu enterré, selon taille.

Avantages et inconvénients

Technique	Dégrilleur Baramy Trap
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> Adapté aux fortes vitesses hydrauliques ; Adaptable à tout type de réseaux (canalisation, ruisseaux) ; Système simple et robuste, sans apport d'énergie ;

Principaux inconvénients	▪ Impact hydraulique faible ;
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas d'exemple d'adaptation sur des effluents unitaire ; ▪ Mise en œuvre pouvant être importante selon la taille ; ▪ Contraintes de chute et de pente de réseaux

Tableau 13 – Avantages et inconvénients du dégrilleur incliné

Le tableau suivant présente les débits et les vitesses théoriques dans la canalisation en entrée de l'ouvrage pour les ouvrages de la gamme classique présentée sur le site internet (du DN 450 au DN 1200, avec une arrivée en pente à 1%). Les valeurs sont présentées pour des remplissages de canalisation en entrée de 70% et 50% :

DN (mm)	Q 70% (m3/s)	V 70% (m/s)	Q 50% (m3/s)	V 50% (m/s)
600	0.43	2.05	0.3	1.83
1050	1.93	2.98	1.14	2.65
1200	2.76	3.26	1.65	2.9

Tableau 14 – Ordre de grandeur des débits et vitesse en entrée du Baramy Trap



A noter

Les dispositifs sont développés par l'entreprise Australienne Baramy (<http://baramy.com.au/>) qui le met en place sur le territoire Australien. Cette entreprise propose tout une gamme de solution de piégeage dans les réseaux et canaux, seules les plus pertinentes vis-à-vis de notre périmètre d'étude sont présentées dans ce rapport.

La technologie « Vane trap » du constructeur est également adaptée au périmètre d'étude :

- La technologie est basée sur le même principe que le Baramy Trap : « Let the water do the work » avec une utilisation du flux hydraulique pour amener les polluants vers une zone d'accumulation préférentielle dans l'ouvrage ;
- Le dispositif est adapté aux canalisations et canaux de tailles classiques (de 400 à 1200mm pour le modèle « Single ») mais également de plus grande taille (modèle « Dual »). Contrairement au Baramy Trap, les dispositifs sont équipés de grilles verticales en non horizontales ;
- Le dispositif possède des propriétés, avantages et inconvénients globalement similaires à ceux du Baramy Trap.

La figure ci-dessous présente les vues en plan des deux modèles :

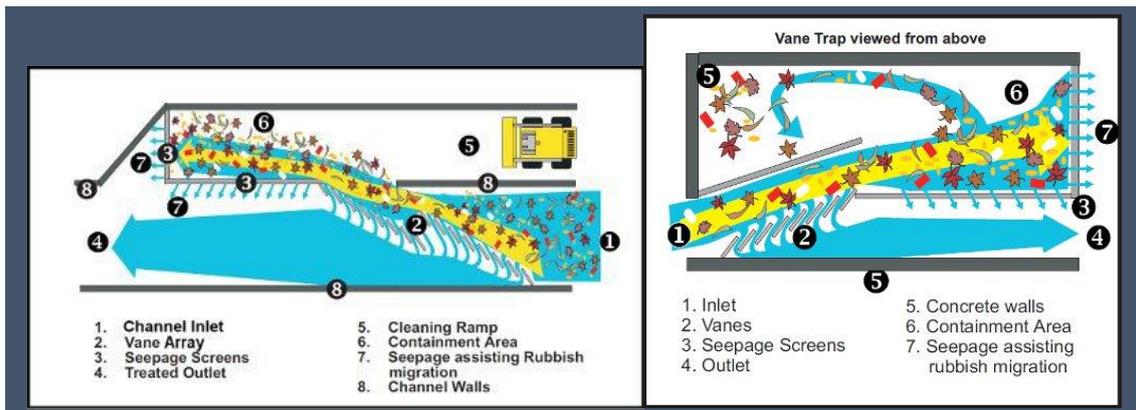


Figure 33 : Vue en plan du Baramy « Vane trap », Dual (en haut) et Single (en bas)

2.3.2.9 Les aménagements de maintien des macrodéchets dans les réseaux : Parois siphoides et Hydrospin



A noter

Les aménagements présentés ci-dessous sont adaptés aux réseaux unitaires seulement. Ils permettent d'éviter le passage des macrodéchets vers les déversoirs d'orage en forçant leur maintien dans la canalisation principale (les déchets continuent alors leur parcours dans les réseaux). Ils ne permettent pas le piégeage des macrodéchets, ceux-ci sont toujours susceptibles de rejoindre le milieu naturel (en cas de présence de déversoirs d'orages à l'aval par exemple).

2.3.2.9.1 Principe et illustration

Une paroi siphoides a pour objectif d'obstruer le déversement des effluents situés en partie haute de la canalisation en obligeant un fonctionnement en siphon avec passage par la partie basse de la canalisation. Le fonctionnement en siphon permet d'empêcher le passage des flottants (et des huiles) dans la conduite de déversement. L'efficacité du système se dégrade cependant lors des fortes pluies durant lesquelles les forts débits entraînent tout de même une partie des flottants sous la cloison.

Afin d'améliorer l'efficacité des parois siphoides lors des événements pluvieux, la société Hydroconcept propose la technologie Hydrospin. Le principe du dispositif est d'assurer pendant toute la durée de l'événement une aspiration des déchets flottants et des déchets en suspension vers la conduite aval. Le système est principalement adapté au déversoir latéral et oblique. Il est constitué d'une paroi siphoides protectrice et d'une plaque déflectrice qui permet la génération d'un tourbillon et d'une perte de charge. Les flottants sont continuellement dirigés le long de la cloison siphoides vers la zone du vortex où ils sont aspirés vers la conduite aval.

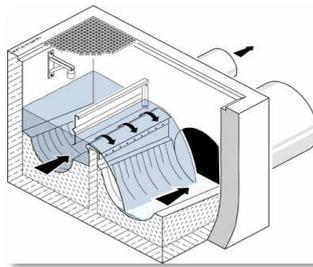


Figure 34 – Schéma de principe de la paroi siphonide

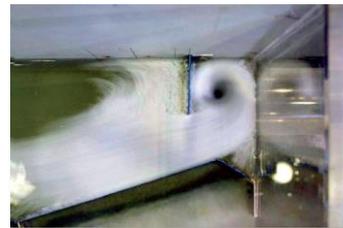
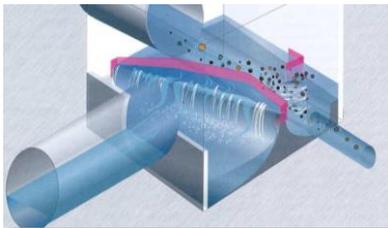


Figure 35 – Schéma de principe et photo d'un dispositif Hydrospin en fonctionnement

2.3.2.9.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Paroi siphonide	Hydrospin
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	Sur déversoir existant	
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la capacité de déversement, risque de remontée de la ligne d'eau ; Une potentielle adaptation de l'ouvrage sera nécessaire pour limiter l'impact 	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la capacité de déversement, génération d'une perte de charge avec risques de remontée de la ligne d'eau ; Une potentielle adaptation de l'ouvrage sera nécessaire pour limiter l'impact
	Forme du réseau	<ul style="list-style-type: none"> Toute chambre de déversement 	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place dans une chambre de déversement latéral ou oblique de taille suffisante.
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire	
Dimensions et emprise		<ul style="list-style-type: none"> Aucune emprise nécessaire ; Dimensions adaptées au déversoir 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune emprise nécessaire ; Dimensions adaptées au déversoir ; Nécessite une canalisation aval immergée ;
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> Vidange : non concerné ; Fréquence : non concerné ; Maintenance : Extrêmement rare 	

Coût	Selon taille, de 500 à 5000€	Selon taille, de 3000 à 10 000€ incluant une part d'étude importante
-------------	------------------------------	---

REX, avantages et inconvénient

Technique	Paroi siphonide	Hydrospin
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Système simple et robuste, sans apport d'énergie ; ▪ Facilité de mise en œuvre (travaux légers) ; 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Forte efficacité Système simple et robuste, sans apport d'énergie ; ▪ Facilité de mise en œuvre (travaux légers) ;
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficacité moyenne voir faible lors des forts déversements ; ▪ La cloison réduit la débitance du déversoir ; ▪ N'assure pas le piégeage des macrodéchets 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en place sur DO latéraux et obliques seulement ; ▪ La cloison réduit la débitance du déversoir ; N'assure pas le piégeage des macrodéchets

Tableau 15 – Avantages et inconvénients Hydrospin

La technologie a été développée par la société Japonaise Nippon Koei qui l'a dans un premier temps testé sur une dizaine de déversoirs d'orage. Le résultat est une réduction de 78% des flottants et de matériaux en suspension rejetés. Devant les bons résultats de la technologie, la ville Tokyo a équipé plus de 1000 déversoirs d'orage.

Technologie brevetée, la société Hydroconcept est la seule entreprise pouvant installer le dispositif en France. Lors des échanges avec ce fournisseur, certains point particuliers sont ressortis :

- La technologie ne peut être mise en place que sur des déversoirs adaptés : déversoirs latéraux avec seuil suffisamment haut pour mettre en place la paroi siphonide et nécessité d'avoir une conduite principale aval immergée lors du fonctionnement du dispositif ;
- La paroi siphonide peut être constituée d'une simple planche pouvant être submergée lors des événements pluvieux importants. Cette disposition permet de redonner de la capacité de déversement au déversoir lorsque la problématique hydraulique redevient prioritaire.

2.3.2.10 Les aménagements de maintien des macrodéchets dans les réseaux : Dégrilleur à brosse rotative Hydroclean

2.3.2.10.1 Principe et illustration

Le dégrilleur à brosse rotative peut s'installer sur un déversoir existant, les flux déversés entraînent une roue à aube mettant en rotation la brosse dans le sens opposé du flux. La brosse retient les déchets et les renvoie derrière une paroi mobile installée avec le dispositif. Une fois l'événement pluvieux passé, les déchets accumulés partent dans la canalisation principale.

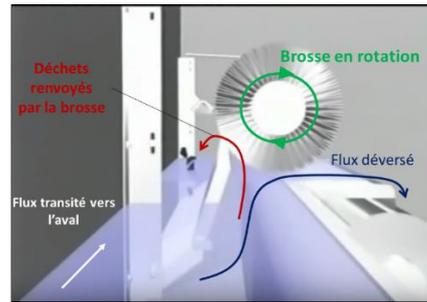


Figure 36 – Photo et schéma de principe du dégrilleur à brosse rotative

2.3.2.10.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Dégrilleur à brosse rotative
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	Installation possible sur déversoir d'orage existant.
	Ligne d'eau	La mise en place d'une paroi en amont de la crête de déversement et la brosse génèrent une perte de charge modérée et réduisent la capacité de déversement de l'ouvrage
	Forme du réseau	Espace important nécessaire en amont de la lame déversante pour mise en place des modules.
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire
Dimensions et emprise		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aucune emprise nécessaire ; ▪ Intégré dans un DO existant ; ▪ Nombre de module à définir selon l'espace disponible et les débits en jeu
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vidange : non concerné ; ▪ Fréquence : non concerné ; ▪ Maintenance : changement des broches à prévoir
Coût		Non connu

Lors des échanges avec le fournisseur HydroConcept, celui-ci a partagé les éléments suivants sur la technologie :

- Technologie peu courante, bien que conçues pour tous types de déversoirs, Hydroconcept en a uniquement installé sur des déversoirs de surverse de bassin d'orage sur deux installations ;
- La perte de charge induite par la mise en place de l'élément est faible ;
- Bien que l'exploitation du dispositif soit très peu contraignante, sa mise en œuvre est complexe et nécessite généralement une étude de modélisation 3D.

2.3.2.11 Les aménagements de maintien des macrodéchets dans les réseaux : Dégrilleur horizontal de surverse à transfert de déchets

2.3.2.11.1 Principe et illustration

Le dispositif est installé au niveau des déversoirs d'orage. Les eaux surversées traversent des grilles horizontales (dont l'espacement est à définir) placées juste en amont de la lame déversante. Un système automatique de peignes nettoie la grille et repousse vers l'amont les déchets bloqués sur les grilles tout en les maintenant dans le réseau unitaire pendant toute la

durée du déversement. Les déchets continuent ensuite leur route dans le réseau unitaire une fois le déversement terminé. Dans sa configuration horizontale, toute la surface de la grille est traversée par les effluents déversés quel que soit le débit, limitant ainsi la perte de charge.

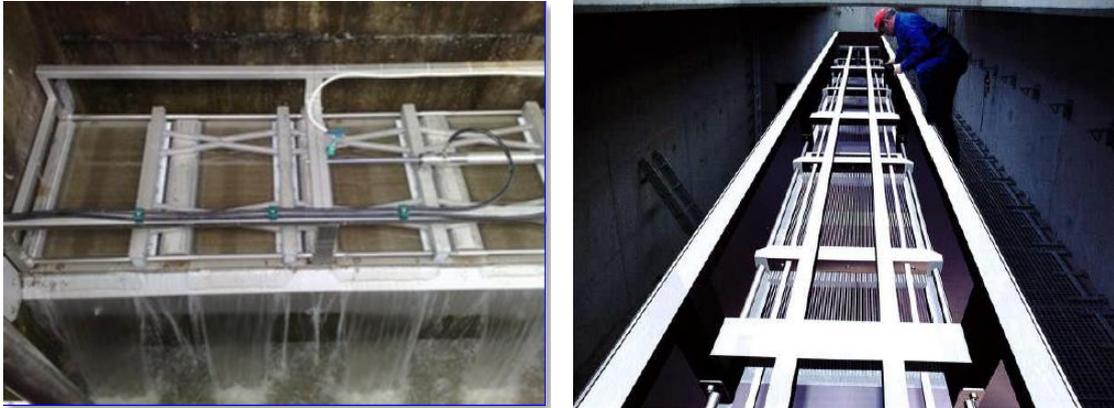


Figure 37 – Photo et schéma d'un dégrilleur horizontal à transfert de déchets

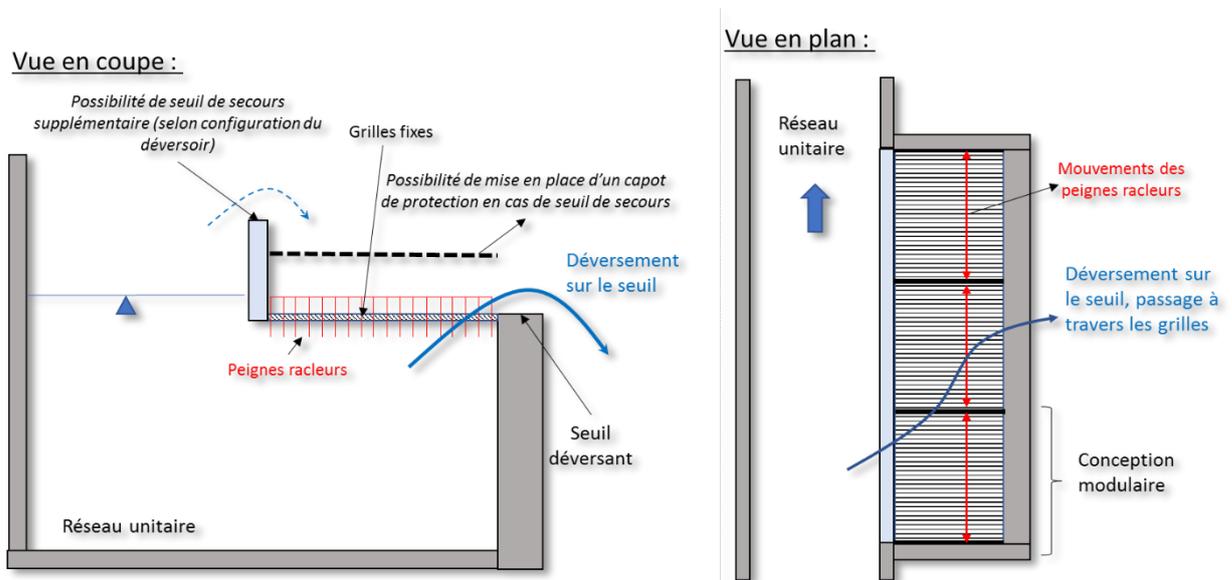


Figure 38 – Principe de fonctionnement du dégrilleur horizontal

2.3.2.11.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Dégrilleur horizontal à transfert de déchet
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> Installation modulaire possible sur déversoir d'orage unitaire existant. Préférentiellement sur déversoir latéral.
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> Sans impact sur la ligne d'eau dans les réseaux si bon fonctionnement des peignes, perte de charge limitée. Réduction de la capacité de déversement en cas de dysfonctionnement des peignes et de colmatage des grilles.
	Forme du réseau	<ul style="list-style-type: none"> Espace important nécessaire en amont de la lame déversante pour mise en place des modules et des bacs de récupération ;

	<ul style="list-style-type: none"> Espace nécessaire pour opérations de maintenance
Fonctionnement avec apport d'énergie	Fonctionnement avec apport d'énergie
Dimensions et emprise	<ul style="list-style-type: none"> Aucune emprise nécessaire ; Intégré dans un DO existant ; Nombre de module à définir selon l'espace disponible et les débits en jeux
Exploitation	<ul style="list-style-type: none"> Vidange : Non concerné ; Fréquence : Non concerné ; Maintenance : système fragile, interventions très régulières (REX)
Coût	En attente retour fournisseur

REX, avantages et inconvénients

Dans le cadre de l'étude menée par Suez Consulting à Marseille, les retours d'expérience de Veolia Perpignan (dispositif en STEP) et Nice (dispositif en place sur les déversoirs des bassins Ferber) ont abouti aux principales conclusions suivantes :

- A Perpignan, le système est trop peu robuste et subit des pannes et des casses des peignes très régulières. L'installation du système dans une enceinte existante et pas forcément adaptée aux interventions humaines rend l'exploitation très pénible. Le système a été déconseillé ;
- À Nice, les dégrilleurs à transfert de déchets des bassins Ferber ne sont aujourd'hui plus utilisés suite à plusieurs dysfonctionnements.

Technique	Dégrilleur horizontal à transfert de déchet
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> Conception modulaire adaptable à des DO existants ; Système efficace lorsque fonctionnel ;
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> Système avec apport d'énergie ; Exploitation difficile : de nombreux dysfonctionnements et casses régulières

Tableau 16 – Avantages et inconvénients du dégrilleur horizontal

2.4 Solutions en aval



A noter

Les solutions en aval des réseaux sont directement positionnées dans le milieu récepteur, elles permettent ainsi de capter les déchets de bassins versants conséquents. Plusieurs types de solutions se distinguent :

- *Des solutions de dégrillages, souvent similaires à celles présentes dans le curatif réseaux.*
- *Des solutions flottantes fixes (barrages) ou mobiles (bateau, robot) ;*
- *Des solutions innovantes, telles que la barrière de bulles.*

2.4.1 Les solutions de dégrillage

Comme présenté dans la partie sur les solutions curatives, les solutions de dégrillages restent les plus courantes à l'heure actuelle. Les dégrilleurs possèdent généralement des ouvrages de by-pass pour permettre le passage de débits importants lors des forts événements pluvieux.

2.4.2 Les barrages flottants

2.4.2.1 Principe et illustration

Un barrage (mécanique, mais parfois aussi gonflable) est mis en place sur une partie ou sur toute la largeur de la rivière ou du canal, il permet l'interception des objets flottants sur une lame d'eau de largeur donnée (selon le modèle). Les barrages sont fixés sur les berges par ancrages. Le barrage peut être uniquement en surface pour les objets flottants, ou sur une certaine profondeur (jupe en géotextile à adapter en fonction de la demande).

La mise en place de barrage intercepteur de flottants peut être ponctuelle ou permanente. En cas de mise en place permanente, la réalisation d'études de l'hydrodynamique du cours d'eau et des zones d'accumulations des déchets est souvent pertinente.

La collecte est ensuite manuelle ou peut être automatisée si l'espace le permet. La mise en place d'un panier de collecte ou technique similaire peut également être étudiée.

Le système est généralement peu adapté au niveau d'installations permanentes ou sur des cours d'eaux avec de gros débits. De grosses forces tractrices peuvent être mises en œuvre sur le dispositif qui serait fortement soumis aux risques de casse. Ce notamment par l'arrivée d'embâcles de taille conséquente (débris végétaux importants à titre d'exemple).



Figure 39 – Exemples de barrages flottants

2.4.2.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Barrages flottants
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A installer sur les canaux, cours d'eau de faible débit, lacs ... ▪ Ancrages sur les berges généralement ▪ Installation ponctuelle ou permanente
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'accumulation des macrodéchets dans le barrage peut obstruer la continuité écologique du cours d'eau.
Fonctionnement avec apport d'énergie		Pas d'apport d'énergie nécessaire
Dimensions / emprise		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tube flottant (mousse, air...) à la surface de l'eau de diamètre variable (selon demande), avec une jupe géotextile de longueur variable (selon demande) pouvant descendre jusqu'au fond du cours d'eau. ▪ Portions de filet de longueur variable à assembler (selon demande) ▪ Un accès pour un système de collecte et d'évacuation doit être maintenu pour les opérations de vidange ;
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vidange : Manuellement ou par levage mécanique si présence de paniers (accès camion) ; ▪ Fréquence : Remplissage de la zone de collecte à vérifier après chaque pluie ; ▪ Maintenance : Oui
Coût		Environ 10 000€ les 20ml (hors installation). Prix variable selon le dimensionnement.

Tableau 17 – Caractéristiques principales du barrage flottant

Retours d'expérience (REX), avantages et inconvénients :



A noter

Les entreprises consultées dans le cadre de cette étude sont :

- Pollustock

Exemples de mise en œuvre

- En métropole, le SIAAP (Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne) dispose de 26 barrages flottants répartis le long de la Seine. Leur disposition est basée sur une étude de l'hydrodynamique du fleuve et permet de maximiser leur efficacité ;
- Londres a déployé un ensemble de barrage ponctuellement lors du déroulement des JO 2012. Hambourg a suivi la même démarche lors du G20.

Technique		Barrages flottants
Principaux avantages		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modules adaptables, en hauteur et en longueur ; ▪ Dispositif mobile en cas de non-fonctionnement sur un point ; ▪ Système sans apport d'énergie ; ▪ Adaptabilité du système de collecte : paniers, nasses, manuelle...
	Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risques de rupture du dispositif en cas de sur-sollicitations, le système se fragilise une fois plein ou en présence de macro-déchets trop volumineux (ex : tronc d'arbre) ; ▪ Impact potentiel sur la capacité hydraulique du cours d'eau ; ▪ Exploitation importante : suivi de remplissage (installation photo/caméra envisageable) et potentielle vidange après chaque pluie importante afin de ne pas endommager le dispositif

Tableau 18 – Avantages et inconvénients des barrages flottants

2.4.3 Les bateaux et robots de collecte

2.4.3.1 Principe et illustration

Le principe est de permettre la collecte directe des flottants par des structures mobiles parcourant la masse d'eau. Plusieurs bateaux et robots ont été développés à ce jour. Ils peuvent être déployés de manière permanente ou bien ponctuelle suite à des événements particuliers (pluies, festival, ...).

2.4.3.2 Tableau de synthèse et retours d'expériences

Technique		Bateaux et Robots de collecte
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Milieux fluviales, milieux portuaires, pleine mer...
	Ligne d'eau	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas d'impact
Fonctionnement avec apport d'énergie		Oui : Système d'alimentation du robot ou du bateaux (groupe électrogène...)
Dimensions / emprise		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dépend du système de collecte choisi
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vidange : Manuellement ; ▪ Fréquence : Remplissage du dispositif à vérifier après chaque utilisation ; ▪ Maintenance : Oui
Coût		Dépend du système de collecte choisi

Tableau 19 – Caractéristiques principales des bateaux ou robots de collecte

Retours d'expérience (REX), avantages et inconvénients :

- Le robot de collecte Riverwhale est un robot autonome qui placé dans la bonne hydrodynamique du canal ou rivière, va intercepter les flottants. Il est notamment mis en place à Strasbourg par VNF ;
- Le port de Baltimore dispose d'une machine flottante mobile autonome avec un fonctionnement à l'énergie solaire et des roues à aubes. Ces intercepteurs interceptent les flottants avant rejet dans la baie. Les déchets sont envoyés sur des barges flottantes

recupérables par bateau. Le lien suivant propose une vidéo du fonctionnement du dispositif : <https://www.youtube.com/watch?v=v5I7s6wC50g>.

- Compact et facile à mettre en œuvre, le Jellyfishbot collecte les déchets flottants, situés entre les bateaux, sous les pontons et pendilles. Il permet ainsi de nettoyer les zones difficilement accessibles par les opérateurs, en toute sécurité, de façon autonome ou téléopérée. Il peut aussi être associé à un barrage à jupe pour confiner les macro-déchets et fonctionner de façon autonome ou téléopérée, tout en garantissant la sécurité de l'opérateur.
- Les bateaux usines type « Seacleaners » ou « The Ocean Clean Up », ne sont pas développés dans cette étude car ils ne sont pas adaptés à la demande du Maître d'ouvrage (surdimensionnés).

<https://theoceancleanup.com/oceans/>

<https://www.theseacleaners.org/fr/manta-innovation/>

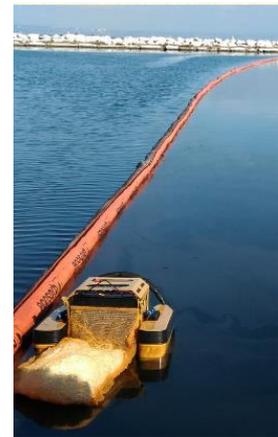


Figure 40 – Intercepteur de Baltimore (gauche), robot Riverwhale (milieu) et robot Jellyfishbot (droite)

Technique	Bateaux et robots de collecte
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Système de collecte permanents ou ponctuel ▪ Dispositif mobile en cas de non-fonctionnement sur un point ; ▪ Dispositif pouvant intervenir sur différents sites ▪ Adaptabilité du système de collecte (robots) en fonction du site.
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Choix du robot devant être dimensionné selon le type de macrodéchets à récupérer (ex : le Jellyfishbot ne récupéra pas de tronc d'arbre) ▪ Système avec apport d'énergie

2.4.4 La barrière de bulles

2.4.4.1 Principe et illustration

Il s'agit de placer un tuyau parsemé de trous au fond de l'eau, à l'intérieur duquel on fait circuler de l'air. Cela crée un rideau de bulles qui bloque le passage des déchets emportés par le courant. En disposant astucieusement deux rideaux en diagonale, le dispositif « The Great Bubble Barrier » empêche les déchets plastiques de s'écouler vers l'aval et donc de se répandre, à terme, dans l'océan. Ils sont alors dirigés vers les berges où ils pourront être facilement collectés à l'aide, par exemple, d'un tapis roulant ou d'un casier disposé latéralement. Cette technologie à l'avantage de maintenir une continuité écologique (passage de la faune aquatique) et de ne pas bloquer le passage des bateaux en surface.

Technique		Filets d'interception
Contraintes d'installation et contraintes hydrauliques	Installation	<ul style="list-style-type: none"> A installer en rivière, dans un lac ou sur un canal.
	Ligne d'eau	Aucun impact. Cette technologie à l'avantage de ne pas bloquer le passage de la faune aquatique, ni des bateaux en surface.
Fonctionnement avec apport d'énergie		Apport d'énergie nécessaire. Compresseur à installer sur une berge afin d'alimenter le système.
Dimensions / emprise		<ul style="list-style-type: none"> Modulables en fonction de la demande. Souvent au mètre linéaire.
Exploitation		<ul style="list-style-type: none"> Vidange : Manuellement ou par levage mécanique (accès camion) ; Fréquence : Remplissage de la zone de collecte à vérifier après chaque pluie ; Maintenance : Oui
Coût		Pour 40ml → environ 300 000€ à 350 000€ (installation, équipements annexes (tuyau, système de récupération, conteneur avec compresseur)

Tableau 20 – Caractéristiques principales de la barrière de bulles

Retours d'expérience (REX), avantages et inconvénients :



A noter

Les entreprises consultées dans le cadre de cette étude sont :

- The Great Bubble Barrier
- CanadianPond

Exemple de mise en œuvre

- Développé par une start-up Néerlandaise, la solution a été testée pendant deux ans sur une rivière des Pays-Bas où elle a empêché le passage vers la Mer de 86% des déchets. Face à ce succès, la solution a été mise en place sur les canaux d'Amsterdam fin 2019.

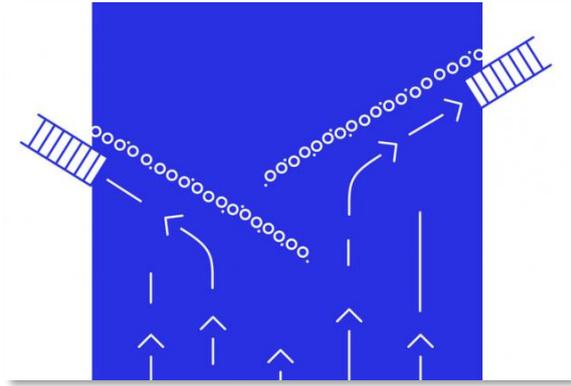


Figure 41 – Photo du dispositif (Amsterdam) et principe de la Bubble Barrier

Technique	Bateaux et robots de collecte
Principaux avantages	<ul style="list-style-type: none">▪ Longueur adaptable ;▪ Dispositif mobile en cas de non-fonctionnement sur un point ;▪ Adaptabilité du système de collecte : paniers, nasses, manuelle...▪ Aucun impact sur la faune marine et les navires en surface
Principaux inconvénients	<ul style="list-style-type: none">▪ Système avec fort apport d'énergie ;▪ Système bruyant (compresseur)

2.5 Les autres solutions



A noter

D'autres solutions existent pour limiter les macrodéchets dans le milieu naturel. Il s'agit principalement d'actions de sensibilisation et d'éducation des populations. Ces solutions peuvent également prendre la forme d'interdiction : interdiction de produit, limitation des accès...

2.5.1 La sensibilisation du grand public

La solution consiste à sensibiliser le grand public sur la quantité de macrodéchets récupérés dans le milieu. Cette sensibilisation peut se faire par la voie artistique : statue réalisée à la suite d'un ramassage de déchets sur les plages, ou du street-art visible sur les zones sensibles et sujettes au jet de déchets.

Exemples de mise en œuvre :

Lacanau réalisation d'une statue dauphin remplie des plastiques ramassés ; Fresque sur les plages de Bondi – Sydney :



Figure 42 – Exemple de sensibilisation à Lacanau et à Sydney

Retours constatés :

L'impact de ce type d'actions est souvent difficile à mesurer.

2.5.2 La sensibilisation du personnel de propreté urbaine

Le cantonnier n'est aujourd'hui pas forcément sensibilisé à la problématique des macrodéchets. Certaines pratiques, bien que devenues interdites, restent d'actualité :

- Utilisation du jet d'eau sans balayage préalable pour nettoyer les rues, les déchets sont directement renvoyés dans les réseaux ;
- Balayage manuel des déchets et utilisation des avaloirs comme de poubelles.

La mise en place d'actions de sensibilisation de ce personnel, confronté à la problématique au quotidien dans ses métiers, est essentielle.

2.5.3 La mise en place d'interdictions structurantes

La solution consiste à être très volontaire et à interdire la vente de plastique à usage unique (par exemple) dans un périmètre pour limiter la production de macrodéchets.

Exemples de mise en œuvre :

Aéroport de San Francisco qui interdit la vente de bouteilles d'eau en plastique dans son périmètre. **Le retour constaté est un impact évident.**



Figure 43 – Extrait d'un article sur l'interdiction du plastique à usage unique sur l'aéroport de San Francisco

2.5.4 Piège à dépôt sauvage

L'abandon de déchets sauvages est strictement interdit sur l'ensemble du territoire. Cependant, la mise en déchetterie implique un effort minimum que certains citoyens ne fournissent pas. Il est donc courant d'observer des dépôts sauvages dans les cours d'eaux, les forêts, les espaces retranchés non visibles de tous. Afin de dissuader ceux qui seraient tentés de confondre espaces naturels et déchetterie, la mise en place de caméras / pièges photographiques et de détecteurs de mouvement est proposée par certains organismes. L'objectif étant également de pouvoir identifier les auteurs des faits et les verbaliser.

Exemple de mise en œuvre :

L'ONF a par exemple décidé de mettre en place des pièges photographiques dans les forêts des environs de Nancy (forêt de Haye).

2.6 Synthèse des solutions adaptées au périmètre d'étude

La bibliographie réalisée dans les paragraphes précédents a permis de recenser les solutions existantes et d'identifier les solutions susceptibles d'être adaptées au périmètre d'étude. Cette synthèse peut être lue comme un arbre de décisions, pour faire ressortir directement les technologies particulièrement adaptées aux sites candidats par la suite.

Pour rappel les critères de sélection des solutions techniques de réduction du transfert des macrodéchets retenus par le Maître d'ouvrage sont les suivants :

- Respect de la continuité écologique ;
- Pas d'encombrement des réseaux pluviaux ;
- Solutions simples d'exploitation ;
- Solutions visibles et compréhensibles par le grand public.

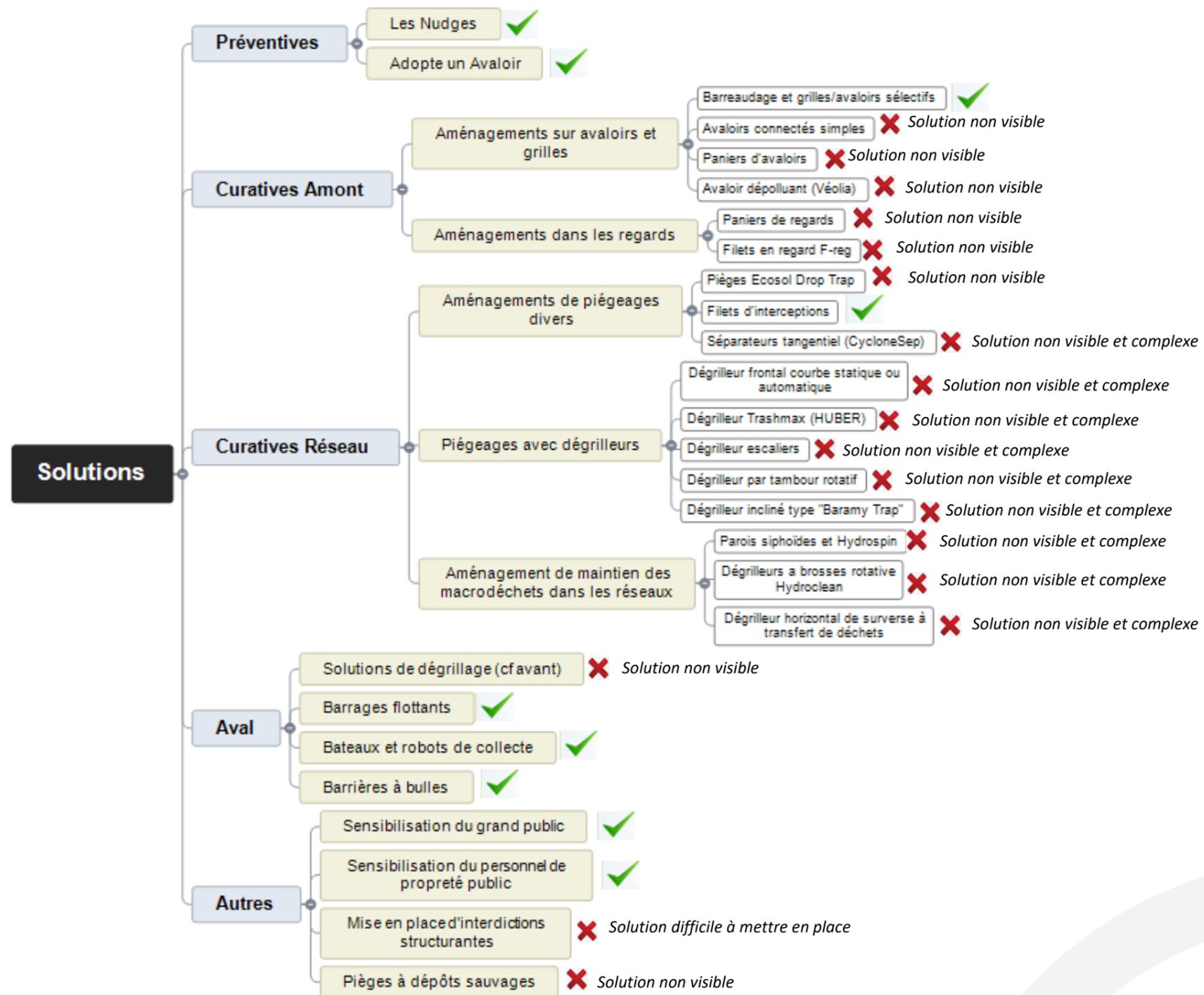


Figure 44 – Synthèse des solutions adaptées au périmètre d'étude

3. PROPOSITION DE SOLUTIONS TECHNIQUES ET PROTOCOLES DE MISE EN PLACE ADAPTES A CHAQUE SITE

3.1 Les sites retenus



A noter

Rappel : Lors de la réunion de restitution de la Phase I, le Maître d'ouvrage a précisé sa demande pour les 5 opérations de réduction à mettre en place en Phase II et a revu à cet effet les postulats initialement définis dans le cadre de la mission et axés sur la sensibilisation à la pollution par les macrodéchets. Il s'agit désormais de cibler uniquement des opérations mettant en œuvre un dispositif de ramassage des déchets mécanique automatique ou innovant. Sont rappelés toutefois les échanges tenus au cours de la réunion de lancement : « La CACEM souhaite qu'au moins une opération de réduction des transferts sensibilise et sollicite la participation du grand public et notamment des scolaires ». Il a ainsi été convenu que la sensibilisation sera faite à partir des dispositifs mécaniques mis en place mais ne fera pas l'objet à part entière d'une des 5 opérations.

Tenant compte des éléments détaillés au chapitre 1.4, les sites retenus pour la Phase II sont les suivants :

- Pointe Simon
- Pont de Chaînes
- Rivière Salée 1
- Ravine Bouillé
- Ravine Citron.

. Les sites sont répartis sur tout le territoire de la CACEM et du Contrat de la Grande Baie. Ces sites sont localisés sur la carte ci-dessous.

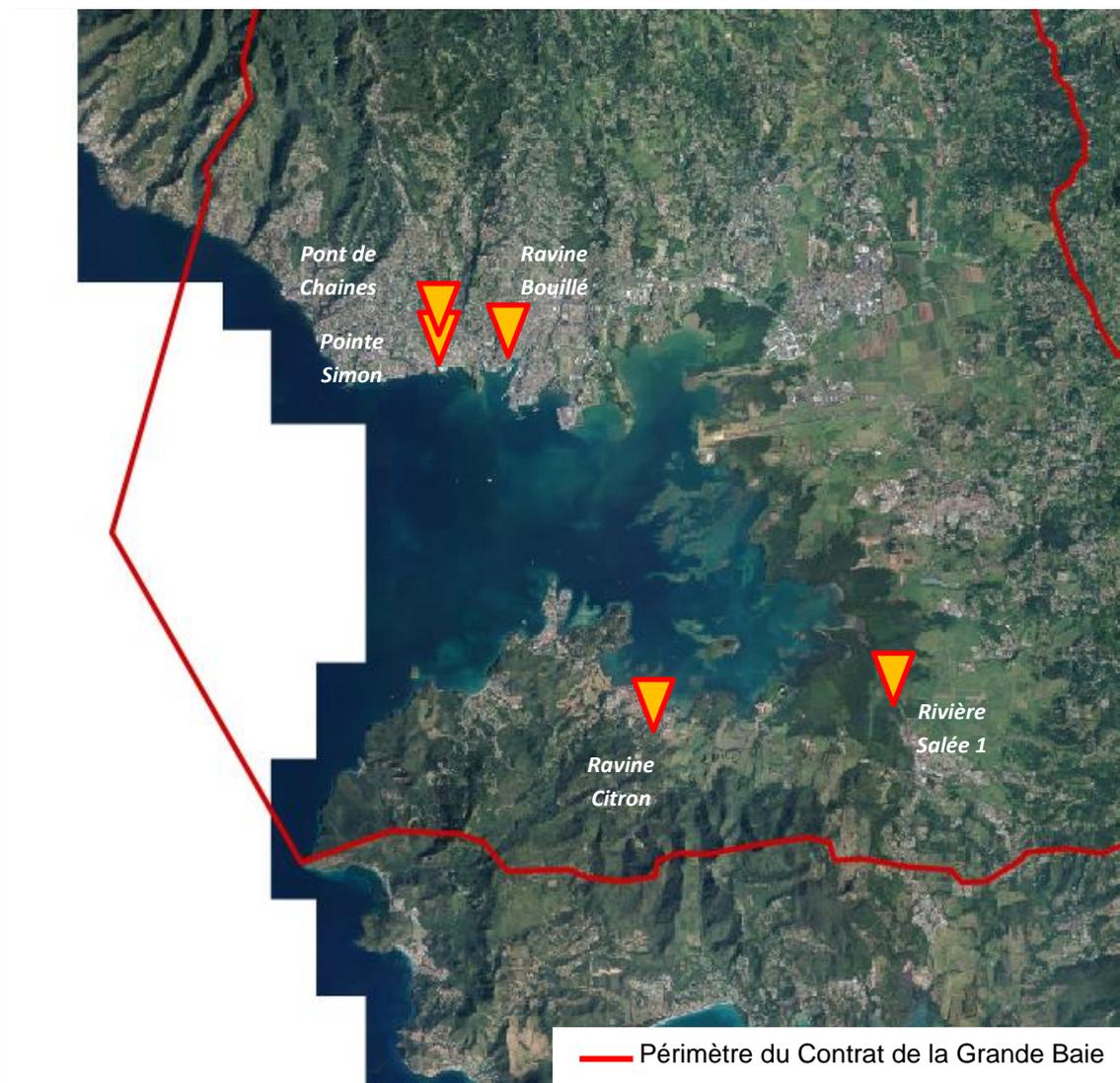


Figure 45 : localisation des sites retenus (source : SUEZ CONSULTING)

3.2 Site Pointe Simon

3.2.1 Description du site

Ce site est situé à Fort de France, sur l'embouchure du canal Levassor.

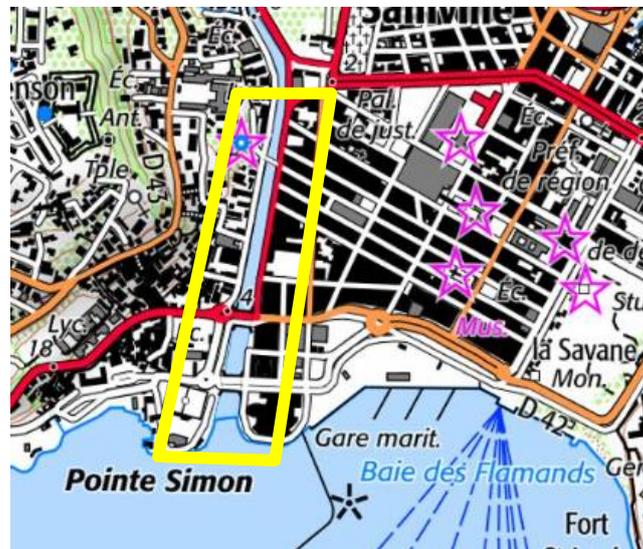


Figure 46 : site de la Pointe Simon (source : Géoportail)

A la demande du COPIL, il a été étudié la mise en place plusieurs opérations de réduction de transfert :

- 1 opération sur réseau pluvial : il est question d'étudier la mise en place de filet de piégeage sur les exutoires de réseaux pluviaux.

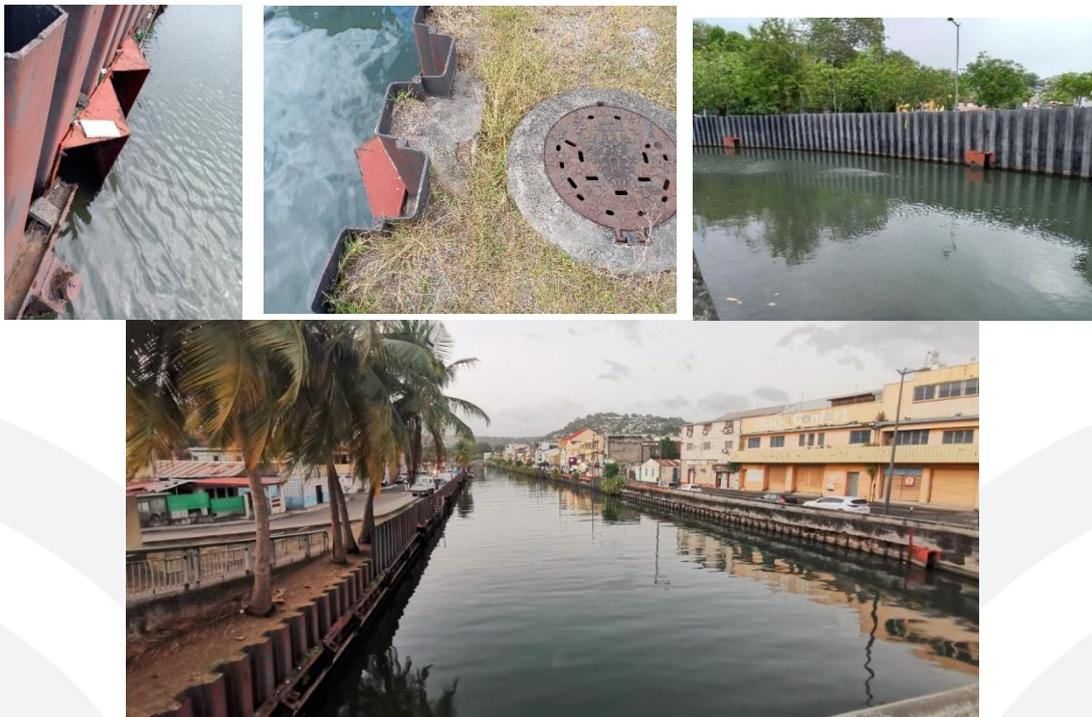


Figure 47 : Canal Levassor et exutoires (source : Suez Consulting, Avril/Mai 2022)

- 1 opération type barrage au niveau du canal Levassor (proche de l'embouchure).



Figure 48 : photos embouchure Pointe Simon (source : Suez Consulting, avril 2022)

La mise en place d'un dispositif de type barrage devra tenir compte du fait que le canal est situé en zone inondable de classe B au sens réglementaire et de la nécessité de compatibilité avec l'activité des pêcheurs remontant le canal Levassor.

3.2.2 Les solutions proposées

Les solutions proposées pour le site de la Pointe Simon sont donc les suivantes :

- Filets de piégeage de macro-déchets sur 6 exutoires d'eaux pluviales sur le canal Levassor
- Barrière à bulles au niveau de l'embouchure de la Pointe Simon.



Figure 49 : proposition d'aménagements pour le site de la Pointe Simon (source : Suez Consulting)

○ Filets d'interceptions¹ :

Le long du Canal Levassor, **6 exutoires d'eaux pluviales** seront équipés avec **des filets d'interceptions de macrodéchets**. Les filets seront adaptés à la taille des exutoires (sur mesure). Les exutoires devront être aménagés au préalable afin de pouvoir recevoir les filets. Ils permettront de retenir les macro-déchets avant leur arrivée dans le canal Levassor. Les

¹ Cf. Chapitre 2.3.2.2

filets seront équipés d'un « fusible » mécanique afin de pouvoir être décrochés en cas de trop gros remplissage, évitant d'obstruer et de mettre en charge le réseau. Un ancrage est donc à prévoir sur le mur (palplanches) afin de garder le filet à portée lorsqu'il se décroche (surcharge). Un capteur de remplissage sera installé sur chaque exutoire équipé d'un filet afin d'avertir en temps réel le gestionnaire.

Un camion grue permettra de lever les filets afin d'évacuer les déchets piégés. Les déchets seront évacués en centre de tri. Il est nécessaire de noter que plus on récupère des déchets de petite taille, plus le risque de colmatage est important et plus le nettoyage associé est important. De plus, une maintenance régulière des filets est nécessaire (attention aux nuisibles (types rats) qui peuvent ronger les filets, aux frottements sur les supports...).

Remarque : dans un premier temps, l'aménagement se fera uniquement sur 6 exutoires définis afin d'étudier leur efficacité. Par la suite d'autres exutoires pourront être équipés de filets.

Objectif visé par la solution	Piéger les macro-déchets en sortie d'exutoires des eaux pluviales avant leur arrivée dans le canal Levassor et la Baie de Fort-de-France.
Moyens matériels à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement des exutoires ○ Fourniture et mise en place des filets de piégeages + capteur de remplissage ○ Camion grue pour la récupération des filets pleins
Moyens humains à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Personnel pour la mise en place de la solution (aménagement des exutoires et mise en place des filets et capteur de remplissage) ○ Personnel pour l'évacuation des macro-déchets (extraction et remise en place des filets et évacuation des macro-déchets) ○ Personnel pour la maintenance des filets
Période de réalisation	Toute l'année. Fréquence d'évacuation à planifier en fonction de la vitesse de remplissage des filets (capteur de remplissage).
Méthodologie à suivre	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement des exutoires ○ Mise en place des filets et des capteurs de remplissage ○ Suivi en temps réel du remplissage des filets (visites périodiques par l'exploitant et suivi des données du capteur de remplissage) ○ Evacuation par camion grue des macro-déchets lorsque les filets sont pleins ○ Maintenance à planifier
Filières de collecte disponibles sur le territoire	Evacuations des macro-déchets au centre de tri du SMTVD (Trompeuse)

<p>Estimation des coûts</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement des exutoires : non connu, dépend de l'état de ceux-ci ○ Fourniture et mise en place des filets : environ 3 000€ par filet (soit 18 000€) ○ Fourniture et mise en place des capteurs de remplissage : 500€ (soit 3 000€) ○ Mise en place des filets : non connu, dépend du système d'accroche retenu ○ Evacuation des macro-déchets : environ 1 000€ la journée de location d'un camion grue (avec chauffeur) ○ Maintenance : estimé à 20% du prix du dispositif (soit 5 000€ tous les deux ans)
<p>Porteurs de projets potentiels</p>	<p>Ville de Fort de France / CACEM</p>
<p>Emplacement et impact visuel sur la population</p>	<p>Les filets seront visibles depuis la berge du canal Levassor en plein centre-ville de Fort de France. Des supports de sensibilisation (panneaux d'affichages) pourront être ajoutés au niveau des filets afin de sensibiliser les passants.</p>

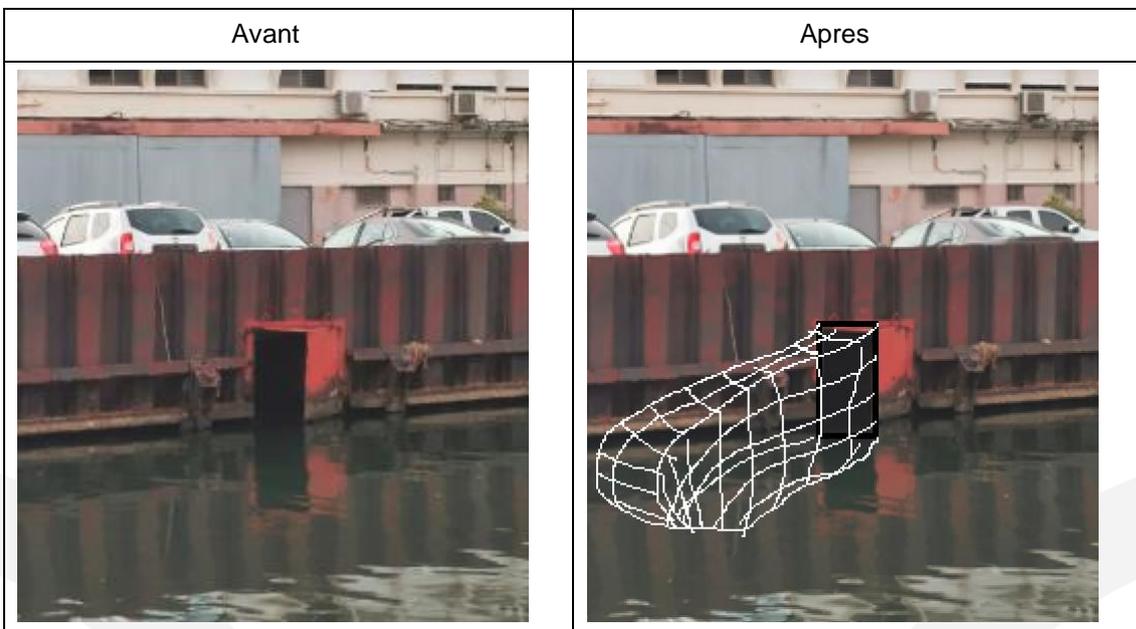


Figure 50 : proposition de filets de piégeage de macrodéchets sur exutoires d'eaux pluviales (source : Suez Consulting)

○ **Barrière à bulles²:**

Peu avant l'embouchure de la rivière Madame, une barrière à bulles sera mise en place.

Le conteneur contenant le compresseur sera aménagé sur la berge, non loin de la station du TCSP. La zone n'est pas très résidentielle, de ce fait le bruit ne sera pas gênant. La barrière à bulles sera mise de biais, de façon à ramener les macro-déchets en un point précis (panier, nasse, zone de collecte) et faciliter leur collecte et leur évacuation.

La barrière à bulles ne sera pas un obstacle à la navigation.

Objectif visé par la solution	Diriger les macrodéchets vers un point de collecte et d'évacuation, avant leur arrivée la Baie de Fort-de-France
Moyens matériels à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement de la zone de collecte ○ Fourniture et mise en place de la barrière à bulles, du compresseur et du panier de collecte ○ Fourniture et mise en place d'un capteur de remplissage : 500€ ○ Camion grue pour la récupération des paniers pleins
Moyens humains à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Personnel pour la mise en place de la solution (aménagement des berges et mise en place de la barrière à bulles) ○ Personnel pour l'évacuation des macro-déchets (extraction et remise en place des paniers et évacuation des macro-déchets) ○ Personnel pour la maintenance de la barrière à bulles
Période de réalisation	Toute l'année. Fréquence d'évacuation à planifier en fonction de la vitesse de remplissage des paniers.
Méthodologie à suivre	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement des berges ○ Mise en place du compresseur, de la barrière à bulles et des paniers de collecte et du capteur de remplissage ○ Suivi en temps réel du remplissage des paniers (visites périodiques par l'exploitant et capteur de remplissage) ○ Evacuation des macro-déchets lorsque les paniers sont pleins ○ Maintenance à planifier
Filières de collecte disponibles sur le territoire	Evacuations des macro-déchets au centre de tri du SMTVD (Trompeuse)
Estimation des coûts	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement de la berge : /

² Cf. Chapitre 2.4.4

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fourniture et mise en place du système (barrière à bulles, système de récupération, conteneur avec compresseur): environ 350 000€ ○ Frais de transport : estimé à 5% du prix du dispositif soit 17 500€ ○ Frais OPEX (Operational Cost (électricité ...)) : / ○ Evacuation des macro-déchets : environ 1 000€ la journée de location d'un camion grue (avec chauffeur) ○ Maintenance : estimé à 20% du prix du dispositif (soit 70 000€ tous les cinq ans)
<p>Porteurs de projets potentiels</p>	<p>Ville de Fort-de-France / CACEM</p>
<p>Emplacement et impact visuel sur la population</p>	<p>Le site est situé proche de l'arrêt du TCSP, en plein centre-ville de Fort de France. Il permettra une visibilité par les habitants de la ville et par les utilisateurs du TCSP. Des supports de sensibilisation (panneaux d'affichage) pourront être ajoutés au niveau de la barrière à bulles afin de sensibiliser les passants.</p>

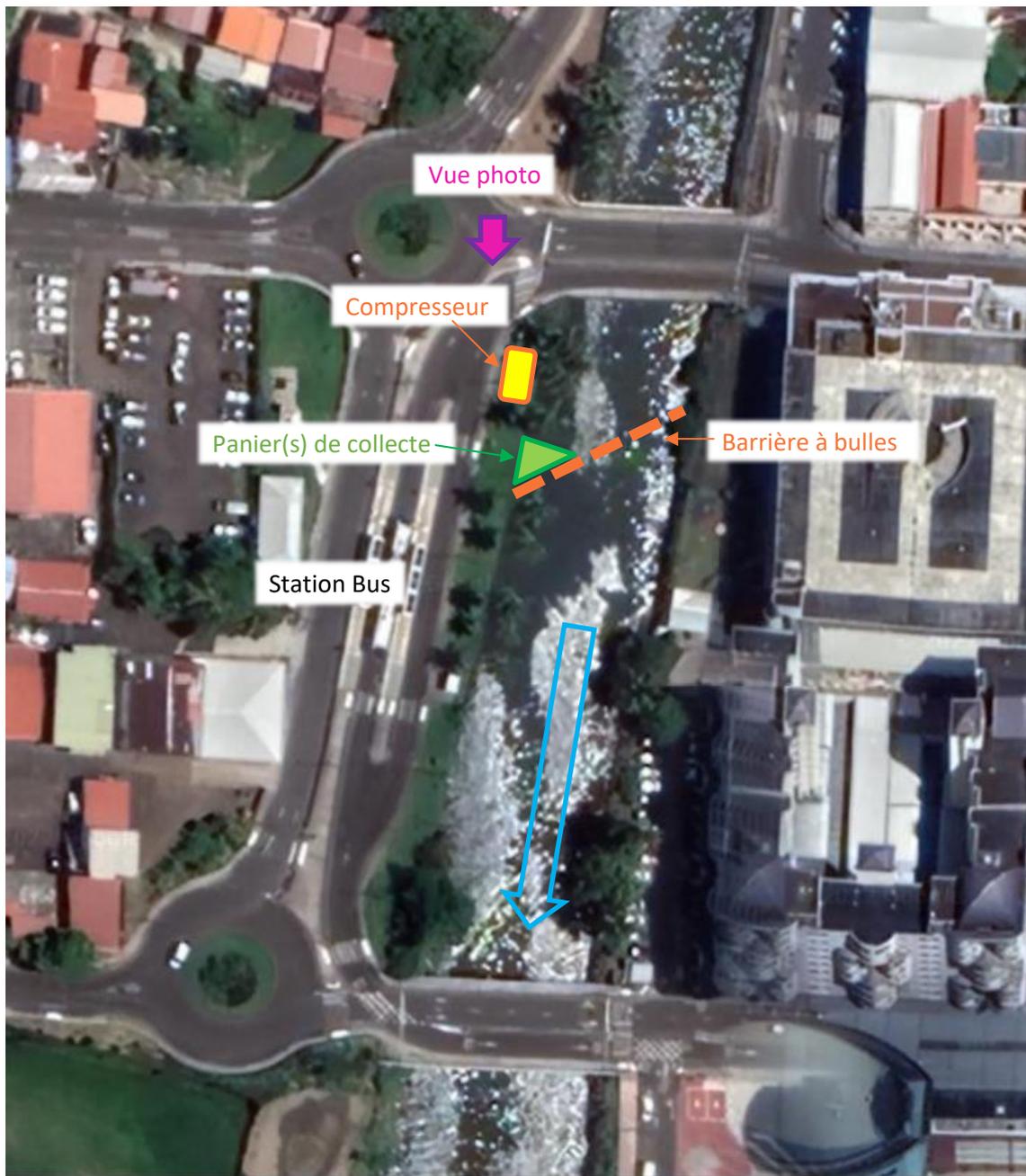


Figure 51 : proposition de mise en place de barrière à bulles (source : Suez Consulting)



Figure 52 : vue de la station du TCSP et de l'emplacement du compresseur de la barrière à bulle (source : Suez Consulting, Mai 2022)

3.3 Site Pont de Chaînes

3.3.1 Description du site

Ce site est situé à Fort de France, sur la rivière Madame, au niveau du Quartier Trenelle.

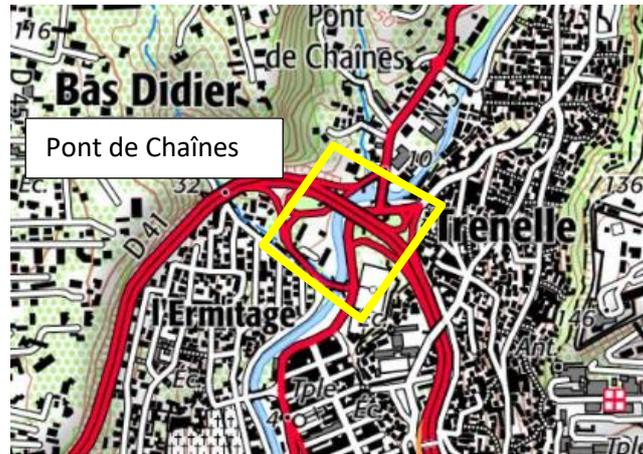


Figure 53 : site de la Pointe Simon (source : Géoportail)

- Au cours de la visite de site du 21/04/2022, ce secteur est identifié au niveau du pont de Chaînes.



Figure 54 : Ouvrage sous le Pont de Chaînes (source : Suez Consulting, avril/mai 2022)

3.3.2 Les solutions proposées

La solution proposée pour le site de Pont de Chaînes est la suivante :

○ Filet/grille de piégeage et panier de collecte

Une grille de piégeage et un panier de collecte seront installés dans l'ouvrage. Le panier de collecte sera évacué par camion grue.

Cette solution innovante devra faire l'objet d'une étude plus approfondie, afin de calculer notamment l'angle optimal de pente de la grille et la /les maille(s) de la grille et du panier afin que les déchets ne restent pas coincés (glissement et colmatage).





Figure 55 : proposition de solution pour le site de Pont de Chaines (option 1 ou 2)
(source : Suez Consulting)

Objectif visé par la solution	Piéger les macro-déchets au niveau de l'ouvrage du Pont de Chaines
Moyens matériels à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement de l'ouvrage (fourniture et mise en place des grilles et du panier et d'un capteur de remplissage) ○ Camion grue pour la récupération du panier plein
Moyens humains à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Personnel pour la mise en place de la solution ○ Personnel pour l'évacuation des macro-déchets (extraction et remise en place du panier et évacuation des macro-déchets) ○ Personnel pour la maintenance du système
Période de réalisation	Toute l'année. Fréquence d'évacuation à planifier en fonction de la vitesse de remplissage du panier
Méthodologie à suivre	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement du site ○ Suivi en temps réel du remplissage du panier (visites périodiques par l'exploitant)

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Evacuation des macro-déchets lorsque le panier est plein ○ Maintenance à planifier
Filières de collecte disponibles sur le territoire	Evacuations des macro-déchets au centre de tri du SMTVD (Trompeuse)
Estimation des coûts	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement du site : dépendant de l'option retenue ○ Fourniture et mise en place d'un capteur de remplissage : 500€ ○ Evacuation des macro-déchets : environ 1 000€ la journée de location d'un camion grue (avec chauffeur) ○ Maintenance : estimé 20% du prix du dispositif
Porteurs de projets potentiels	Ville de Fort de France / CACEM
Emplacement et impact visuel sur la population	Aménagement situé au niveau de l'échangeur du quartier de Trenelle, itinéraire routier de la Route de la Trace (en direction du Nord de l'île) et sortie vers Schoelcher (Nord Caraïbe). Des supports de sensibilisation (panneaux d'affichage) pourront être ajoutés au niveau de l'aménagement afin de sensibiliser les passants. Cet aménagement pourra faire l'objet d'un support de sensibilisation dans le cadre d'un parcours découverte « Protection de l'environnement et gestion des déchets », qui intégrerait les deux autres sites pilotes de la Pointe Simon, précédemment évoqués.

3.4 Rivière Salée 1

3.4.1 Description du site

Le site est situé vers une des entrées du bourg de Rivière Salée :

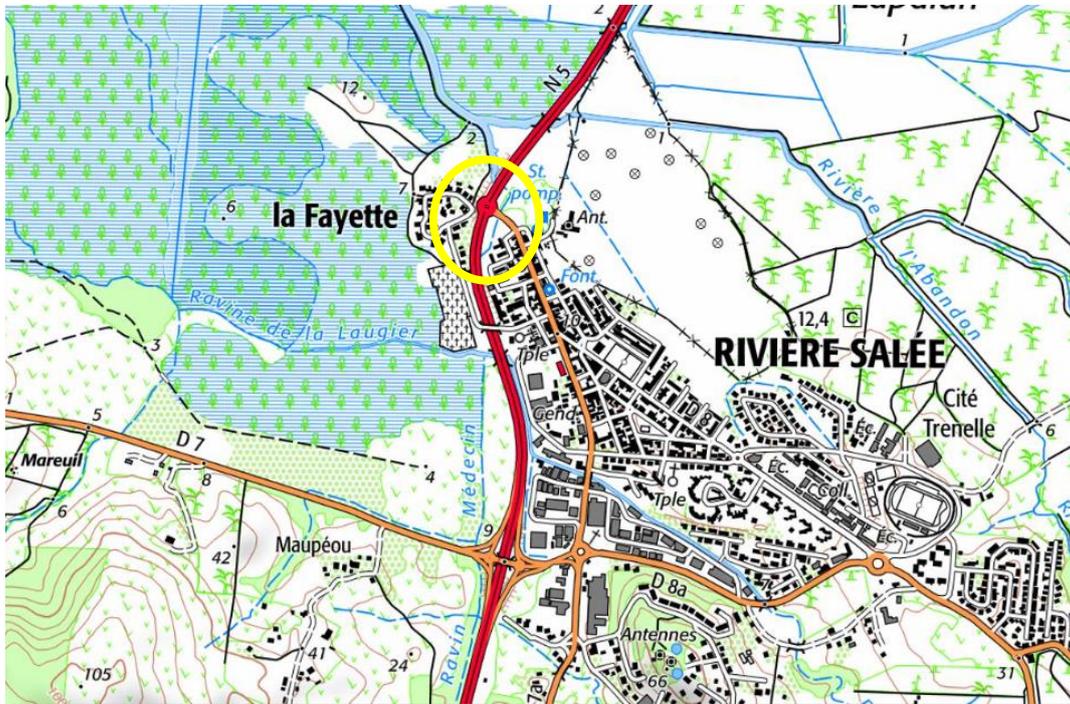


Figure 56 : site de Rivière Salée 1 (source : Géoportail)



Figure 57 : photo des canaux de Rivière Salée 1 (source : Suez Consulting, avril 2022)

3.4.2 Les solutions proposées

La solution proposée pour le site de Rivière Salée 1 est la suivante :

○ **Barrages de surface et collecte de macro-déchets**

Deux barrages de surface de déviation des macro-déchets vers un site de collecte seront installés. Les barrages auront des jupes d'au moins 1m. Les barrages seront complétés de caméras afin de vérifier la présence de macro-déchets à évacuer.

Un filet d'interception sera également installé au niveau du drain proche de l'arrêt de bus. Il sera de même type que ceux proposés pour le canal Levassor. Le filet d'interception sera complété d'un capteur de remplissage afin de vérifier la présence de macro-déchets à évacuer.

Les macro-déchets seront évacués par une pelle de chantier, puis par camion vers les filières de traitement.

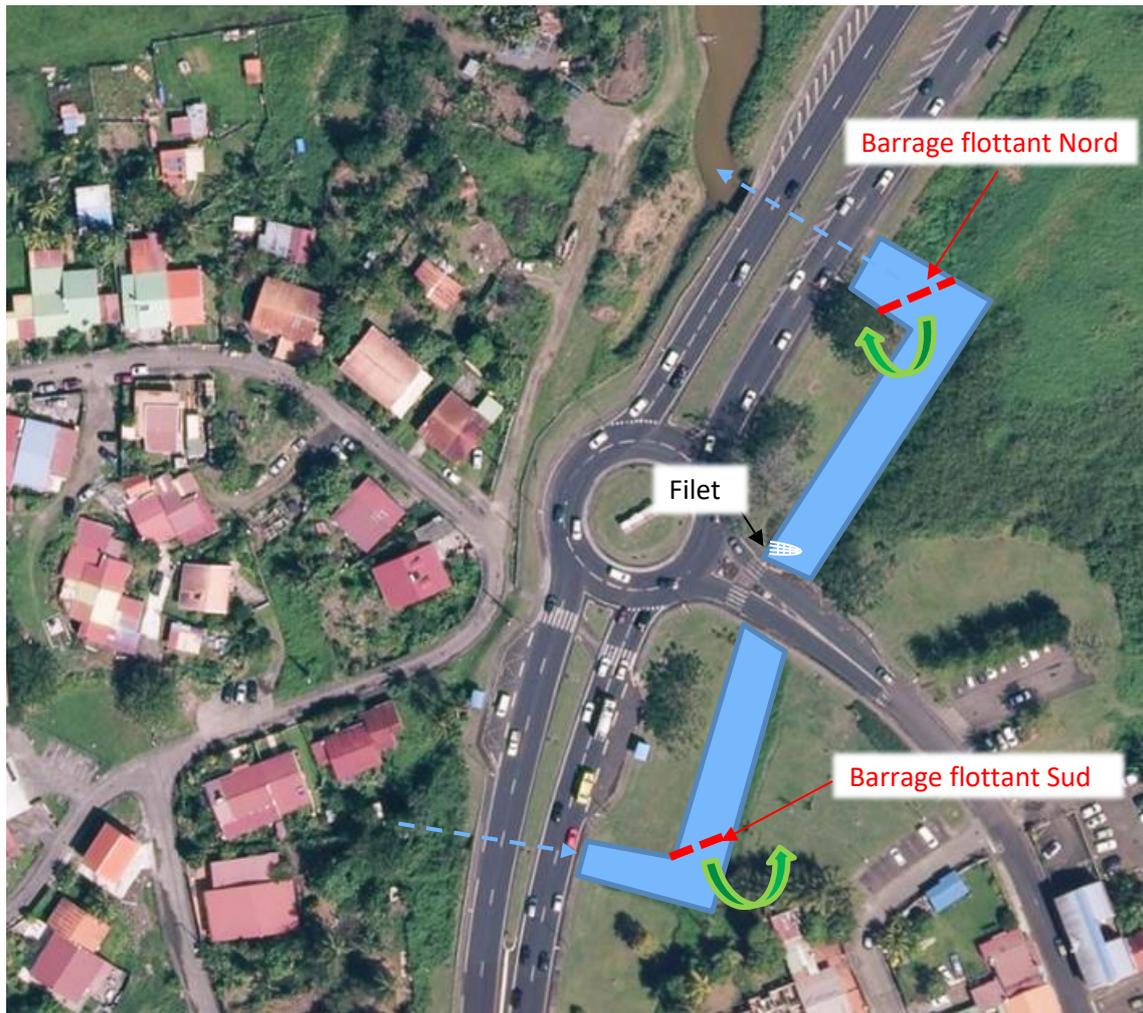


Figure 58 : proposition de solutions pour le site de Rivière Salée 1 (source : Suez Consulting)

Objectif visé par la solution	Piéger les macro-déchets avant leur dérive vers la zone de mangrove de Rivière Salée
Moyens matériels à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Barrages flottants (jupe de 1m) (+ caméras) ○ Filet d'interception sur drain (+ capteur de remplissage) ○ Pelle et camion pour la récupération des macro-déchets et leur évacuation
Moyens humains à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Personnel pour la mise en place des barrages flottants (+ caméras) et du filet d'interception (+ capteur de remplissage) ○ Personnel pour l'évacuation des macro-déchets (extraction (pelle) et évacuation (camion) des macro-déchets) ○ Personnel pour la maintenance du système
Période de réalisation	Toute l'année. Fréquence d'évacuation à planifier en fonction de la vitesse de remplissage des zones de collecte.
Méthodologie à suivre	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement du site ○ Suivi en temps réel du remplissage des zones de collecte (visites périodiques par l'exploitant + caméras + capteur de remplissage) ○ Evacuation des macro-déchets ○ Maintenance à planifier
Filières de collecte disponibles sur le territoire	Evacuations des macro-déchets au centre de tri du SMTVD (Trompeuse)
Estimation des coûts	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement du site (barrage + caméra): environ 10 000€ ○ Aménagement du site (filet d'interception + capteur de remplissage): environ 4 000€ ○ Evacuation des macro-déchets : environ 2 000€ la journée de location d'un camion grue (avec chauffeur) et d'une pelle ○ Maintenance : estimé à 20% du dispositif (soit environ 2 800€) tous les deux ans
Porteurs de projets potentiels	Ville de Rivière Salée / CAESM avec accompagnement possible de la CACEM
Emplacement et impact visuel sur la population	Proche de la route principale de l'itinéraire routier en direction du sud de l'île. Visible depuis la route. Des supports de sensibilisation (panneaux d'affichage) pourront être ajoutés au niveau des aménagements afin de sensibiliser les passants.

3.5 Site Ravine Bouillé

3.5.1 Description du site

Ce site est situé à Fort de France, à proximité du siège de la CACEM.

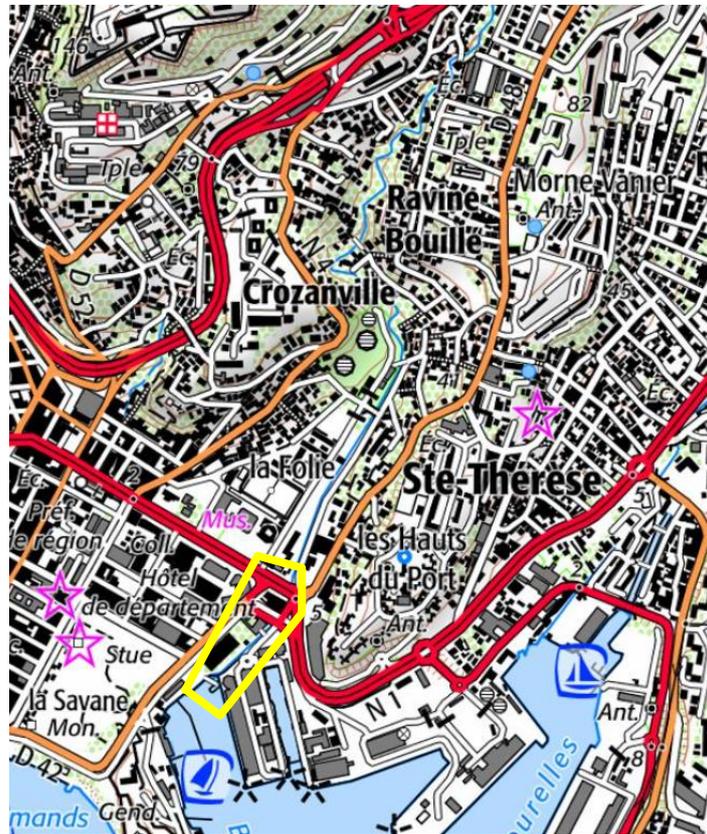


Figure 59 : site de Ravine Bouillé (source : Géoportail)



Figure 60 : photos amont du site (source : Suez Consulting, Avril/Mai 2022)

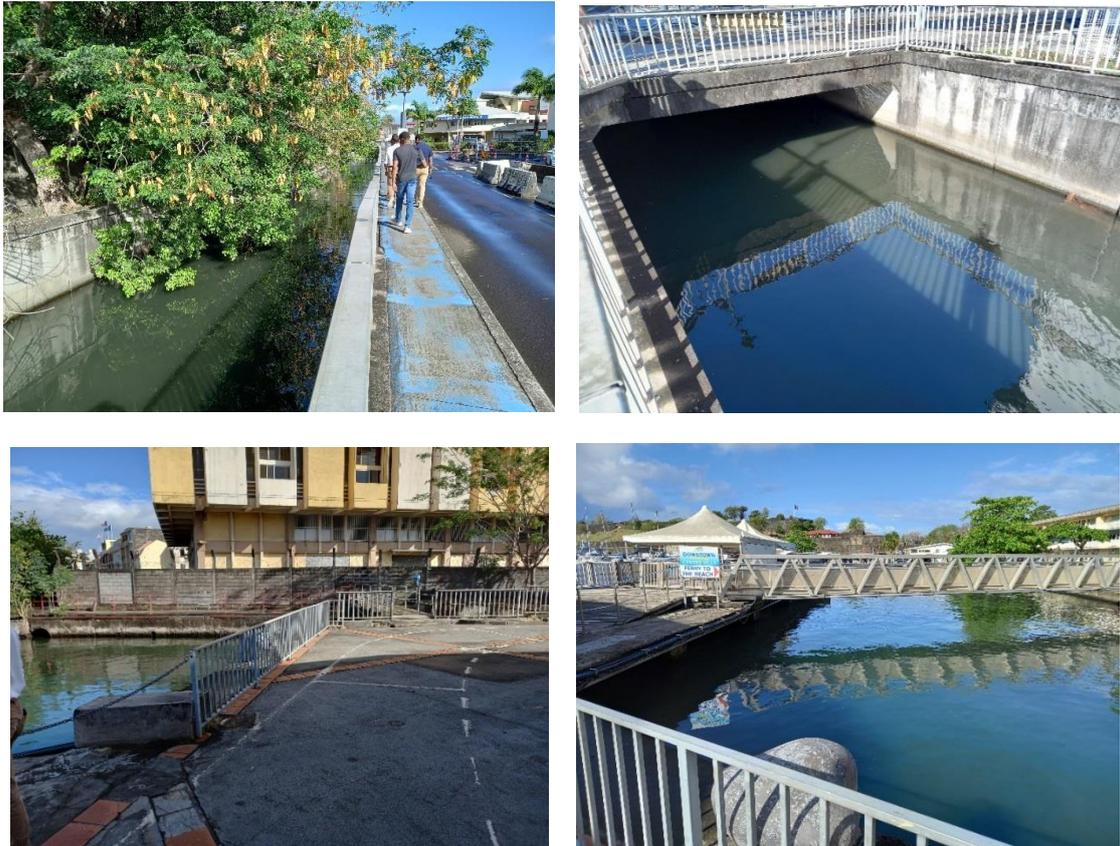


Figure 61 : photos aval du site (départ navettes maritimes) (source : Suez Consulting, Avril/Mai 2022)

3.5.2 Les solutions proposées

Les solutions proposées pour le site de Ravine Bouillé sont les suivantes :

- Barrages type entonnoir avec nasses en amont du site ;
- Barrage flottant et robot de collecte en aval du site.

○ **Barrages type entonnoir avec nasses en amont du site**

Un système de barrages type entonnoir avec nasses pour piéger les macro-déchets, sera installé en amont du site de la ravine Bouillé. La nasse sera évacuée par camion grue.

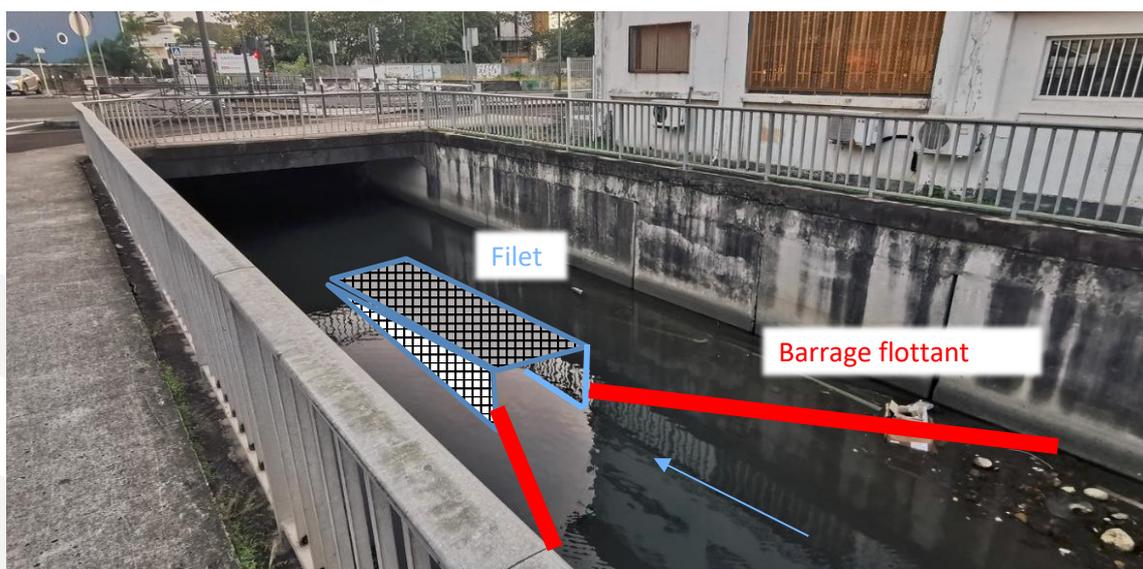


Figure 62 : proposition d'aménagement pour le site amont de la Ravine Bouillé (source : Suez Consulting)

Objectif visé par la solution	Piéger les macro-déchets avant leur arrivée dans la zone portuaire
Moyens matériels à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement de l'ouvrage (fourniture et mise en place des barrages flottants et de la nasse et d'un capteur de remplissage) ○ Camion grue pour la récupération de la nasse
Moyens humains à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Personnel pour la mise en place de la solution ○ Personnel pour l'évacuation des macro-déchets (extraction et remise en place de la nasse et évacuation des macro-déchets) ○ Personnel pour la maintenance du système
Période de réalisation	Toute l'année. Fréquence d'évacuation à planifier en fonction de la vitesse de remplissage de la nasse.
Méthodologie à suivre	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement du site ○ Suivi en temps réel du remplissage de la nasse (visites périodiques par l'exploitant + capteur de remplissage) ○ Evacuation des macro-déchets lors que la nasse est pleine ○ Maintenance à planifier
Filières de collecte disponibles sur le territoire	Evacuations des macro-déchets au centre de tri du SMTVD (Trompeuse)
Estimation des couts	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement du site (capteur inclus) : environ 10 500€ ○ Evacuation des macro-déchets : : environ 1 000€ la journée de location d'un camion grue (avec chauffeur) ○ Maintenance : estimé à 20% du dispositif (soit environ 2 100€)
Porteurs de projets potentiels	Ville de Fort-de-France / CACEM
Emplacement et impact visuel sur la population	Site situé proche de l'arrêt du TCSP, en plein centre-ville de Fort-de-France. Des supports de sensibilisation (panneaux d'affichage) pourront être ajoutés au niveau de l'aménagement afin de sensibiliser les passants.

○ **Barrage flottant et robot de collecte en aval du site**³

³ Cf. Chapitre 2.4.2 et 2.4.3

Un barrage flottant sera positionné afin de piéger les macrodéchets en provenance de la ravine, qui n'ont pu être évacués au niveau du piège amont. Un robot de collecte sera associé au barrage afin de collecter les macro-déchets piégés. Le robot de collecte pourra également être utilisé en dehors du canal, en aval du barrage.

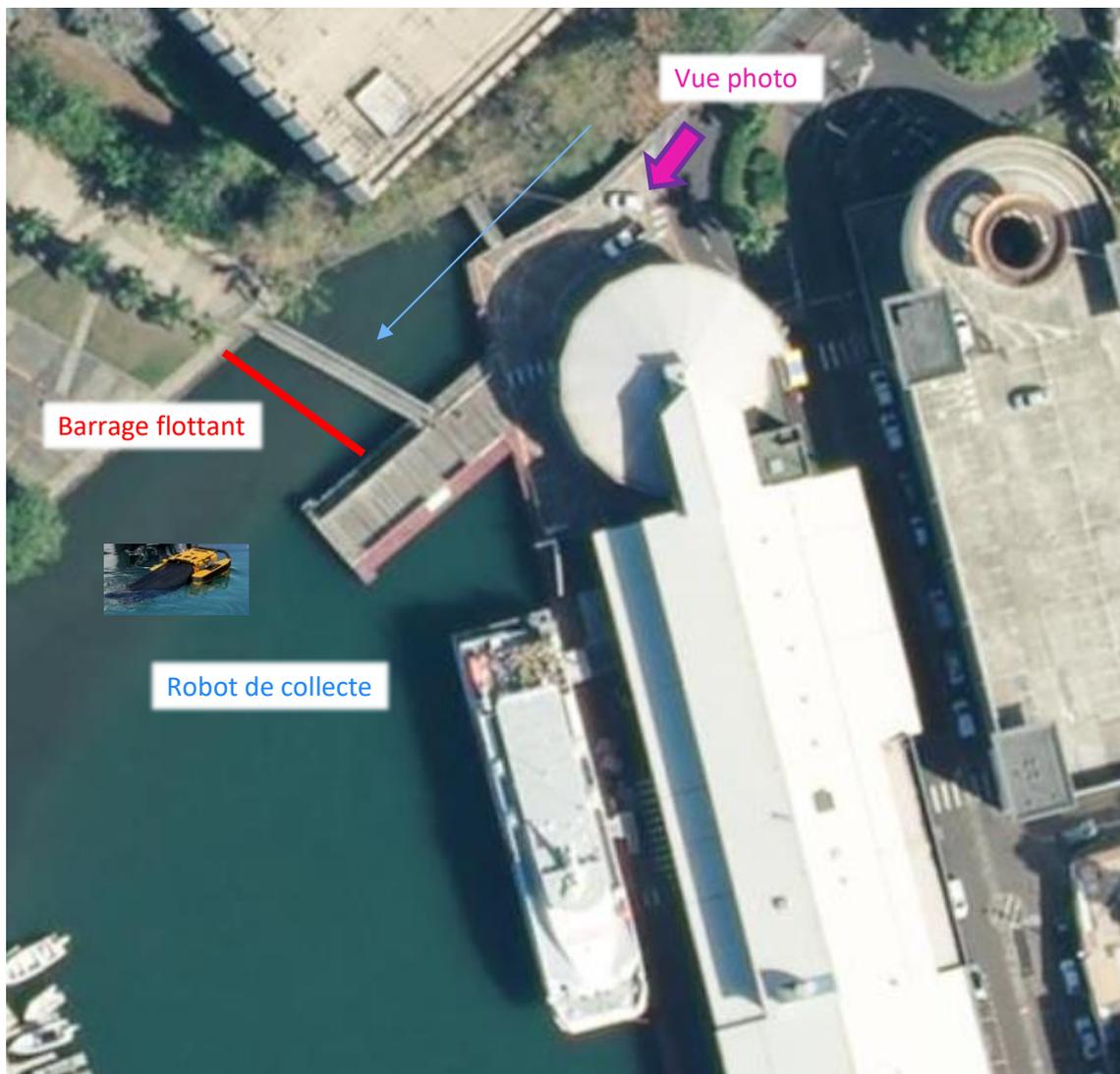




Figure 63 : proposition d'aménagement pour le site aval de la Ravine Bouillé (terminal passager)
(source : Suez Consulting)

Objectif visé par la solution	Piéger les macro-déchets avant leur arrivée dans la zone portuaire
Moyens matériels à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mise en place du barrage flottant ○ Fourniture du robot de collecte
Moyens humains à déployer	<ul style="list-style-type: none"> ○ Personnel pour la mise en place du barrage ○ Pilote de robot de collecte (ou option autonome) et évacuation des macro-déchets ○ Personnel pour la maintenance du système
Période de réalisation	Toute l'année. Fréquence d'évacuation à planifier en fonction de la vitesse de remplissage du barrage flottant
Méthodologie à suivre	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement du site ○ Suivi en temps réel du remplissage de barrage flottant (visites périodiques par l'exploitant) ○ Evacuation des macro-déchets lors que le barrage flottant est plein ○ Maintenance à planifier
Filières de collecte disponible sur le territoire	Evacuations des macro-déchets au centre de tri du SMTVD (Trompeuse)
Estimation des couts	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement du site : barrage environ 5 000€ ○ Robot : entre 20 000€ et 100 000€ suivant le choix retenu

	<ul style="list-style-type: none">○ Evacuation des macro-déchets : environ 1 000€ la journée de location d'un camion grue (avec chauffeur)○ Maintenance : estimé à 20% du dispositif
Porteurs de projets potentiels	Ville de Fort-de-France / CACEM
Emplacement et impact visuel sur la population	Site situé au niveau du terminal passagers des navettes maritimes. Site visible par les passagers. Des supports de sensibilisation (panneaux d'affichage) pourront être ajoutés au niveau de l'aménagement afin de sensibiliser les passants.

3.6 Ravine Citron

3.6.1 Description du site

Ce site est situé à l'entrée du bourg des Trois-Îlets, au niveau de l'embouchure de la rivière Citron.



Figure 64 : site de Rivière Citron (source : Géoportail)



Figure 65 : photos du site (sources : Suez Consulting, avril/mai 2022)

3.6.2 Les solutions proposées

La solution proposée pour le site de Ravine Citron est la suivante :

○ Filets de piégeage de macrodéchets

Trois filets de piégeages seront mis en place en quinconce, afin de piéger les macro-déchets sans impacter la continuité écologique du cours d'eau. Les macro-déchets seront ensuite évacués par camion.





Figure 66 : proposition d'aménagement pour le site de Ravine Citron (source : Suez Consulting)

Objectif visé par la solution	Piéger les macro-déchets sans impacter la continuité écologique du cours d'eau
Moyens matériels à mettre en place	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mise en place des filets (+caméra) ○ Camion d'évacuation des macro-déchets
Moyens humains à mettre en place	<ul style="list-style-type: none"> ○ Personnel pour la mise en place des filets et de la caméra ○ Personnel pour l'évacuation des macro-déchets (extraction (pelle) et évacuation (camion) des macro-déchets) ○ Personnel pour la maintenance du système
Période de réalisation	Toute l'année. Fréquence d'évacuation à planifier en fonction de la vitesse de remplissage de la zone de collecte
Méthodologie à suivre	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement du site ○ Suivi en temps réel du remplissage de la zone de collecte (visites périodiques par l'exploitant et caméra) ○ Evacuation des macro-déchets lors que le la zone de collecte est pleine ○ Maintenance à planifier
Filières de collecte disponibles sur le territoire	Evacuations des macro-déchets au centre de tri du SMTVD (Trompeuse)
Estimation des couts	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménagement du site : 2 500€ par filet + caméra (soit 7 500€)

	<ul style="list-style-type: none">○ Evacuation des macro-déchets : environ 2 000€ la journée de location d'un camion grue (avec chauffeur) et d'une pelle○ Maintenance : estimé à 20% du dispositif (soit environ 1 500€) tous les deux ans
Porteurs de projets potentiels	Ville des Trois-Ilets / CAESM avec accompagnement possible de la CACEM
Emplacement et impact visuel sur la population	Site situé à l'entrée des Trois Ilets, proche d'un arrêt de bus et visible depuis la route. Des supports de sensibilisation (panneaux d'affichage) pourront être ajoutés au niveau de l'aménagement afin de sensibiliser les passants.

4. CONCLUSION

Dans la continuité de la restitution du présent rapport, une réunion de présentation des 5 opérations proposées de la Phase II est prévue auprès du Maître d'ouvrage.

Par la suite, la tenue d'un comité de pilotage permettra ensuite de valider ces 5 opérations concrètes de réduction de transfert des déchets afin de continuer à les approfondir dans l'optique d'une mise en application proche future.

Pour rappel, le Maître d'ouvrage a émis le souhait d'orienter la Phase II sur des opérations de réduction de transfert mettant en œuvre des dispositifs mécaniques innovants susceptibles de servir de support à la sensibilisation du public.

En effet, les 5 opérations proposées, par leurs emplacements stratégiques impliquant une visibilité forte (centre-ville, axes routiers et maritimes, positions stratégiques à fréquentation touristique, proximité des stations de TCSP). Ces opérations une fois déployées pourront toucher différents publics (touristes, habitants, travailleurs utilisant les transports en communs...) et pourront, en plus de l'objectif strictement technique de réduction de transfert de déchets, avoir un effet significatif en matière de sensibilisation et de vulgarisation de l'information.

Afin d'accentuer cette sensibilisation, les sites pourront faire l'objet de créations de Nudges⁴.

En effet, en vue de sensibiliser jeune public aux problématiques des déchets, ces Nudges pourront, par exemple, faire l'objet d'un concours visant le design et impliquant la participation des scolaires. Dans la continuité, la mise en place effective de ces Nudges sur les sites candidats pourra faire l'objet d'une campagne de terrain à vocation ludique organisée pour les scolaires.

⁴ Cf. Chapitre 2.2.1

CONSULTING

Agence Antilles-Guyane
1 Zone Artisanale de Manhity
Immeuble Grémeau
97232 LE LAMENTIN
Tel. : + 596 596 30 06 80

www.suez.com/fr/consulting-conseil-et-ingenierie

