
Projet fil rouge PISTE

Barrière à déchets fluviale

Low-tech & répliquable

Projet porté par Wings of the Ocean



Porteur du projet : Julien Wosnitzza, Margaux Regnier

Encadrant école : Stéphane Guillet



Ancey Amandine, Bigillon Sam, Falletti Guillaume,
Gallier Fabien, Saint Cricq Clara, Schertz Loïc

SOMMAIRE

1. Introduction	3
2. Objectifs du projet	4
2.1 Cahier des charges de Wings of the Ocean	4
2.2 Organisation du projet	5
2.3 Parties prenantes du projet	6
3. Etat de l'art des barrières à déchets	6
4. Phase étude	10
4.1 Outils d'éco-conception	10
4.2 Cahier des charges et fonctions de la barrière	12
4.3 Analyse des risques	14
5. Phase conception	16
5.1 Prototype de la barrière	16
5.1.1 Inspiration	16
5.1.2 Critères de conception	16
5.2 Choix des matériaux et justification	19
5.2.1 Bidons	19
5.2.2 Bambou	20
5.2.4 Grillage	20
6. Phase de réalisation	20
6.1 Etude mécanique de la barrière	20
6.2 Fabrication	24
6.3 Essais en rivière	28
6.3.1 Premiers essais 29/11	28
6.3.1 Deuxièmes essais 17/01	32
6.4 Point de vigilance et d'amélioration	33
7. Etude environnementale	34
7.1 Etude d'impact	34
7.2 Analyse de Cycle de Vie	34
7.3 Impacts des matériaux	38
a) Plastique PVC	39
b) Bambou	39
c) CO2	40
d) Plastique fût de bière	40
e) Corde sisal (brelage)	41
f) Corde (attachée à la berge)	41
7.4 Bilan carbone	

8. Retours utilisateurs	47
8.1 Retours utilisateurs documentation & construction	47
8.1.1 Questionnaire	47
8.1.2 Analyse semi-structurée des résultats	49
8.1.3 Analyse approfondie de l'expérience utilisateur	50
8.2 Retours utilisateurs en rivière & utilisation	50
9. Impacts sociétaux et environnementaux	50
10. Documentation pour Wings of the Ocean	51
10.1 Documentation technique	51
10.2 Guide d'utilisation	51
10.3 Guide réglementaire	52
10.4 Passation	52
11. Conclusion	52

1. Introduction

A l'échelle mondiale, on estime aujourd'hui que la quantité de plastique dans les océans est comprise entre 75 à 200 millions de tonnes¹ (ce qui représente 85% des déchets marins). Comment remédier à ce désastre environnemental ?

C'est le défi que s'est lancé l'association Wings of the Ocean. L'association a pour volonté de mener des actions de sensibilisation et de dépollution autour de la problématique des déchets en milieu aquatique. Jusqu'à présent, les dépollutions sont menées sur les plages des mers et océans, sur les berges des fleuves et rivières ou directement dans la mer avec des bateaux. Le postulat est clair, la grande majorité des déchets dans les mers et océans proviennent des fleuves et des rivières en amont.

L'objectif du projet porté par Wings of the Ocean est de trouver un moyen de stopper les déchets en amont avant que ceux-ci n'atteignent la mer. L'association souhaite renforcer ses actions terrestres en installant des barrières à déchets permettant de collecter les déchets et pouvant être installées sur n'importe quel fleuve ou rivière. Le projet de fabrication d'une barrière à déchets a donc pour objectif de livrer une barrière prête à être utilisée pour la saison 2023 de Wings of the Ocean.

1

<https://www.ecologie.gouv.fr/dechets-marins#:~:text=A%20l'%C3%A9chelle%20mondiale%2C%20on,%C3%A0%20la%20surface%20des%20oc%C3%A9ans.>

2. Objectifs du projet

2.1 Cahier des charges de Wings of the Ocean

L'objectif premier est de stopper les déchets au niveau local dans les cours d'eau afin d'éviter leur cheminement jusque dans les mers et les océans. L'enjeu est de n'avoir aucun impact négatif sur l'environnement tant dans la construction, pose et utilisation de la barrière.

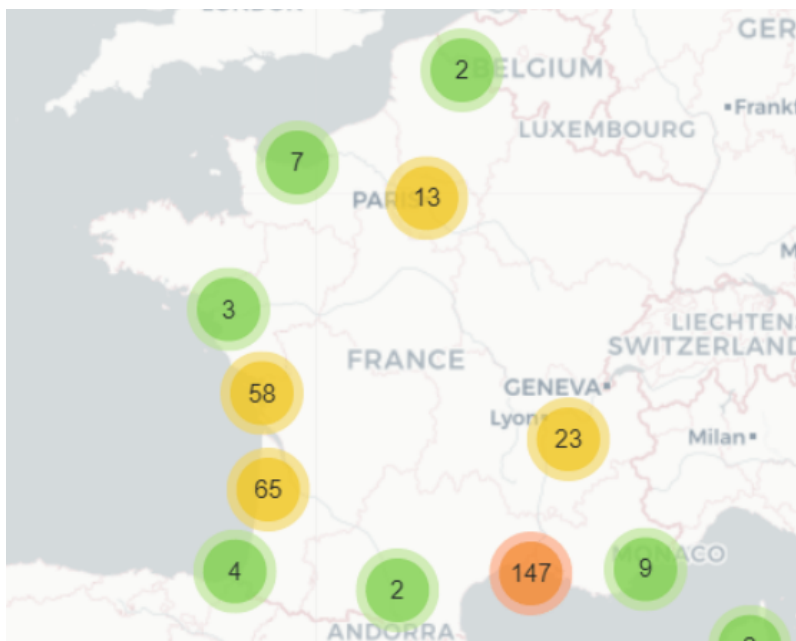


Le second objectif s'intègre dans la démarche de science participative valorisée par l'association ! En effet, la barrière se veut low-tech, c'est-à-dire qu'elle doit être utile, accessible et durable et doit permettre à toute personne intéressée de pouvoir s'approprier facilement la documentation afin de créer sa propre barrière.

Le troisième objectif est d'utiliser la barrière comme un outil de sensibilisation. Elle nous permettra de sensibiliser les populations sur la quantité de déchets se trouvant dans les rivières en espérant pouvoir faire changer les comportements.

Enfin, les déchets stoppés par la barrière seront collectés, caractérisés et valorisés ou recyclés. La phase de caractérisation permettra d'améliorer les connaissances sur les différents types de déchets flottants présents dans les cours d'eau.

Au terme du projet, les bénévoles de l'association Wings of the Ocean disposeront d'une documentation permettant de multiplier cette barrière sur chacun des lieux d'actions. En figure ci-dessous, la base de données développée par l'association montre l'étendue des zones possibles.



Différents pôles Wings of the Ocean en France

2.2 Organisation du projet

La méthodologie utilisée pour la réalisation de ce projet comprend 5 points majeurs :

- **Conception et mise en route du projet** : période durant laquelle nous cadrons nos objectifs et les attentes de l'association, nous faisons un état de l'art des barrières existantes, détaillons le CDC, analyse de risque, analyse multicritère... jusqu'à choisir la technologie nous semblant être la plus appropriée.
- **Prototypage et essais sur la barrière** : fabriquer un premier prototype assez rapidement afin de réaliser des premiers essais.
- **Contrôle qualité** : Analyse des essais pour corriger et améliorer le prototype, en reprenant les différents critères de notre CDC.
- **Amélioration du modèle** en construisant un prototype 2.0 plus robuste et plus efficace que le 1er prototype.
- **Événement et sensibilisation** en collaboration avec l'association.

CALENDRIER DE PROJET

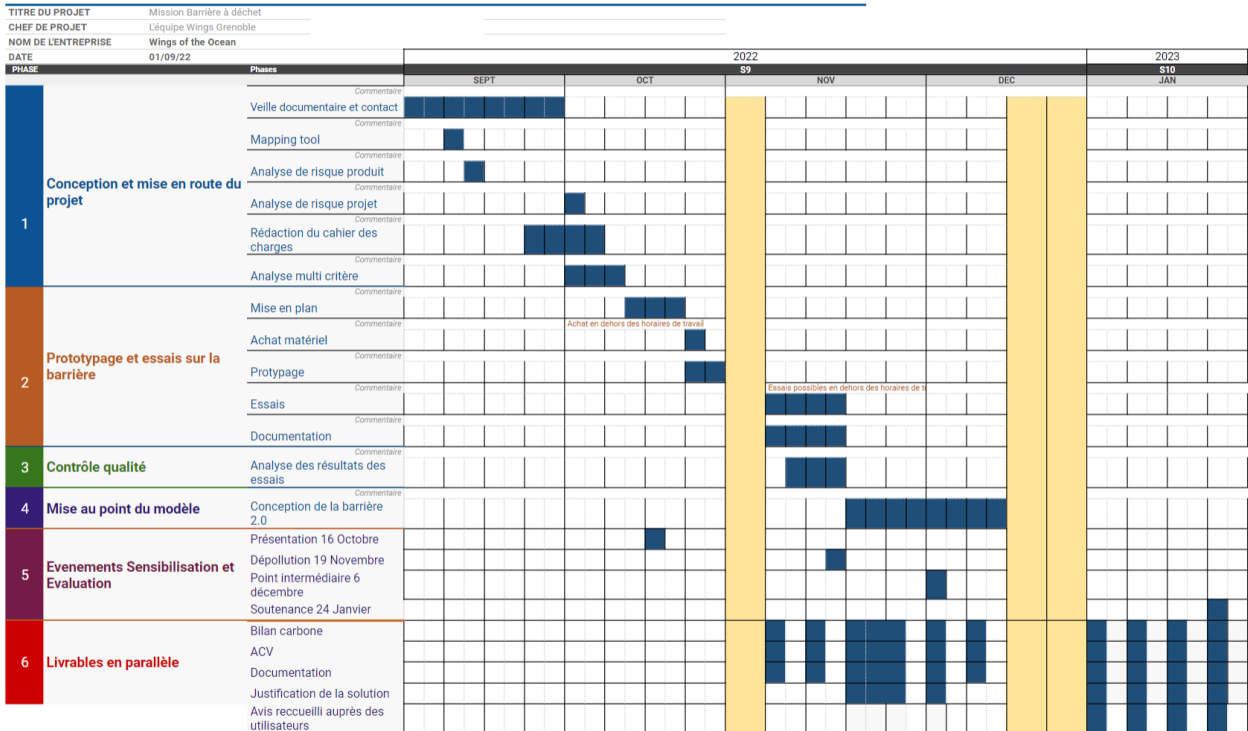


Diagramme organisationnel de Gantt initial

Afin de gérer au mieux le temps de projet, nous avons réalisé un diagramme organisationnel initial. Ce diagramme présente les différentes phases nécessaires à la réalisation du projet ainsi que les jalons associés. Dans ce planning initial, les mois de septembre et octobre sont dédiés à la phase d'étude ; travail préliminaire au choix de la technologie, et à la phase de conception ; choix de la technologie et construction du prototype. Les mois de novembre et décembre sont dédiés aux tests du modèle, les améliorations et aux différentes études environnementales (étude impact, ACV, bilan carbone). Le mois de janvier est dédié à la finalisation des différents documents du projet.

Ce diagramme organisationnel est le diagramme initial, on peut retrouver à la fin du livrable le diagramme mis à jour qui témoigne du déroulement réel du projet. Les jalons difficiles et les difficultés rencontrés sont explicités.

2.3 Parties prenantes du projet

Lorsqu'on parle des objectifs d'un projet, il est primordial de connaître les différents acteurs qui seront voués à participer de près ou de loin au projet. On peut alors citer différents acteurs avec lesquels on aura à interagir lors du projet de la barrière à déchets :

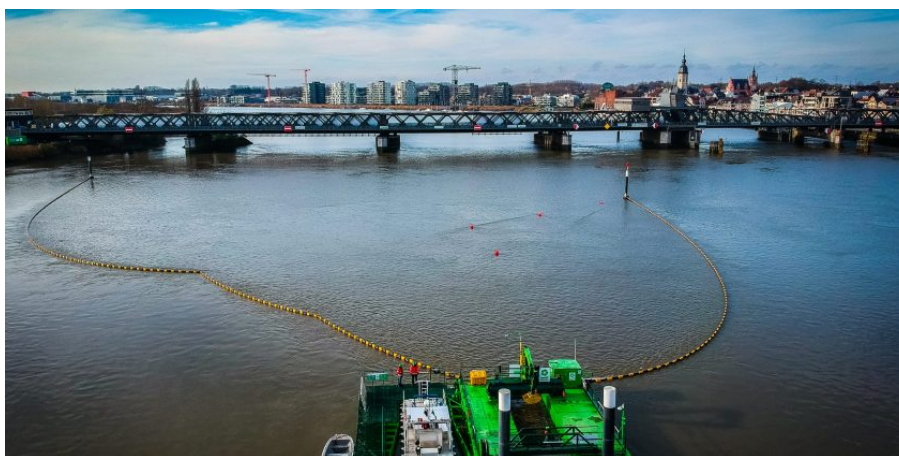
<i>Utilisation barrière</i>	<i>Sensibilisation</i>	<i>Partage de connaissances</i>
Utilisateurs de la barrière	Riverains	Low-tech Lab
Biodiversité	Ecole	Projets similaires
Utilisateurs du cours d'eau	Wings	Barrage EDF

3. Etat de l'art des barrières à déchets

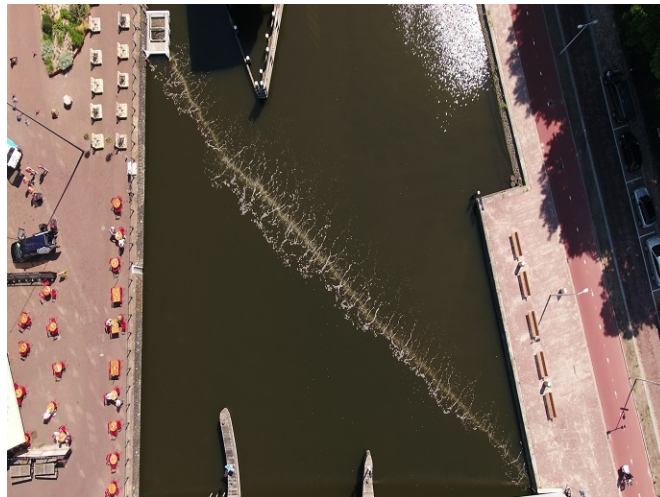
De nombreuses barrières à déchets existent pour collecter les déchets dans les rivières avant qu'ils ne se déversent dans les océans. Ces solutions, qu'elles soient low-tech ou high-tech, ont un même objectif : ramasser au maximum les déchets charriés par la rivière afin de lutter contre la pollution plastique. Ces solutions peuvent être classées suivant différents critères : efficacité, coût, low-tech, impact sur la faune et la flore, acceptabilité, ... Une liste non exhaustive des solutions est présentée ci-dessous :

- L'entreprise **BOLINA** a conçu la plus longue barrière flottante de débris pour éliminer le plastique et autres débris flottants de la rivière à marée. Cette barrière est constituée de boudins flottants en polyuréthane. Un bateau se trouve à l'embranchement des deux bras flottants et vient collecter les déchets. Cette barrière a la particularité de se positionner dans un sens ou dans l'autre en fonction des marées.

Source : <https://www.ecocoast.com/blogs/longest-debris-barrier-in-europe-to-remove-plastic-from-waterways/>



- **The Great Bubble Barrier** est une entreprise néerlandaise qui a pour objectif d'arrêter les déchets plastiques avant qu'ils ne s'écoulent dans l'océan au moyen d'un écran à bulles. La barrière à bulles est créée en pompant l'air à travers un tube percé de petits trous et placé au fond de l'eau. Les bulles d'air créent un courant ascendant qui ramène le plastique à la surface de l'eau. L'écoulement naturel de l'eau et la disposition diagonale des bulles guident le plastique vers un réservoir de collecte au bord de l'eau.



La barrière à bulles n'entrave pas la navigation, est sans danger pour les poissons, et peut être utilisée sur toute la largeur des rivières et des canaux. Sa caractéristique unique est que cette barrière collecte les plastiques sur toute la longueur, la largeur et la profondeur d'un cours d'eau. Son inconvénient est le coût de maintenance du système, notamment lié au colmatage des trous.

Source: <https://cordis.europa.eu/article/id/429816-how-bubble-barriers-are-stopping-plastic-waste-in-their-tracks/fr>

- **The Ocean Cleanup** est une ONG créée par Boyan Slat, qui développe des systèmes de nettoyage afin de récolter le plastique qui pollue les océans. La dernière innovation est connue sous le nom de **"The Interceptor"**. Cette péniche va intercepter et récupérer les déchets plastiques qui flottent sur les rivières. Le bateau utilise des barrières flottantes qui attrapent et guident



les déchets vers une ouverture. Le courant déplace alors les débris sur un tapis roulant qui les extrait de l'eau pour ensuite atterrir dans des bennes. Une fois qu'elles sont pleines, le système informatique embarqué sur l'Interceptor alerte les partenaires locaux pour qu'ils puissent récupérer les déchets et les recycler.

Source : <https://www.oneheart.fr/actualites/the-interceptor-laspirateur-a-dechets-des-fleuves>

- La compagnie **SEADS** (Sea Defense Solutions) a développé un système nommé **Blue Barriers**. L'idée est de positionner sur le fleuve deux barrières flottantes suffisamment éloignées l'une de l'autre et légèrement obliques par rapport au cours d'eau afin de minimiser l'impact sur la vie du fleuve et ne pas gêner la circulation des bateaux. Immergées en partie à seulement un mètre de profondeur, elles permettent aux poissons de passer facilement en dessous tout en déviant les déchets. En entrant en contact avec la première barrière, le flux des déchets plastiques est entraîné grâce aux courants vers la deuxième barrière, puis guidé vers un bassin de collecte.



Les déchets amassés dans ces bassins seront triés et recyclés. Notre contact chez SEADS nous a confirmé l'installation de cette barrière sur la Vidourle, près de Montpellier.

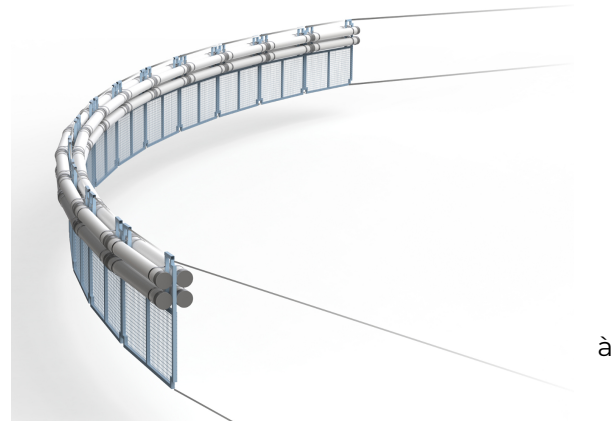
Source : <https://www.seadefencesolutions.com/project/blue-barriers-technology/>

- Le **Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne** (SIAAP) a installé 26 barrages flottants sur la Seine et la Marne. Ce dispositif posé à la surface de l'eau, d'une vingtaine de mètres d'envergure, est constitué de deux grilles superposées. Ancrés grâce à un pylône enfoncé au fond du fleuve, ils possèdent un filet qui rassemble tous ces déchets, permettant ensuite une extraction facile. Une fois par semaine, des bateaux nettoyeurs viennent les vider.



Source : <https://www.siaap.fr/equipements/equipements-en-seine/>

- L'entreprise allemande **Plastic Fischer** a inventé une barrière flottante facilement constructible avec des matériaux de récupération. Cette barrière au nom de **"TrashBoom"** est constituée de plusieurs éléments qui forment une solution modulaire pour des rivières de tailles différentes. Chaque module est enfilé sur des fils d'acier et peut collecter le plastique jusqu'à 50 centimètres de profondeur. Une barrière se compose d'un cadre en acier, d'un treillis métallique, de tuyaux et bouchons en PVC qui font office de flotteurs... Concrètement, il suffit de matériaux disponibles sur place (barrière, grillage, etc.) pour fabriquer une barrière TrashBoom. Les bénévoles participant la dépollution enfilent leur waders et entrent dans l'eau pour extraire les déchets.



Source : <https://plasticfischer.com/>

- **Sungai Watch** est une organisation communautaire établie en Indonésie qui lutte contre la pollution plastique. Elle a développé deux types de barrières qui sont simples à fabriquer, à utiliser et qui sont adaptées aux besoins des populations locales.

- **The floater:** un module est constitué d'un tuyau en PVC et une grille est positionnée dessous. Chaque module est attaché à l'aide de deux câbles métalliques épais qui s'enroulent autour d'un ancrage de chaque côté de la rivière. Jusqu'à 24 éléments d'un flotteur peuvent être attachés les uns aux autres pour s'adapter et protéger une rivière de 20 mètres de large.

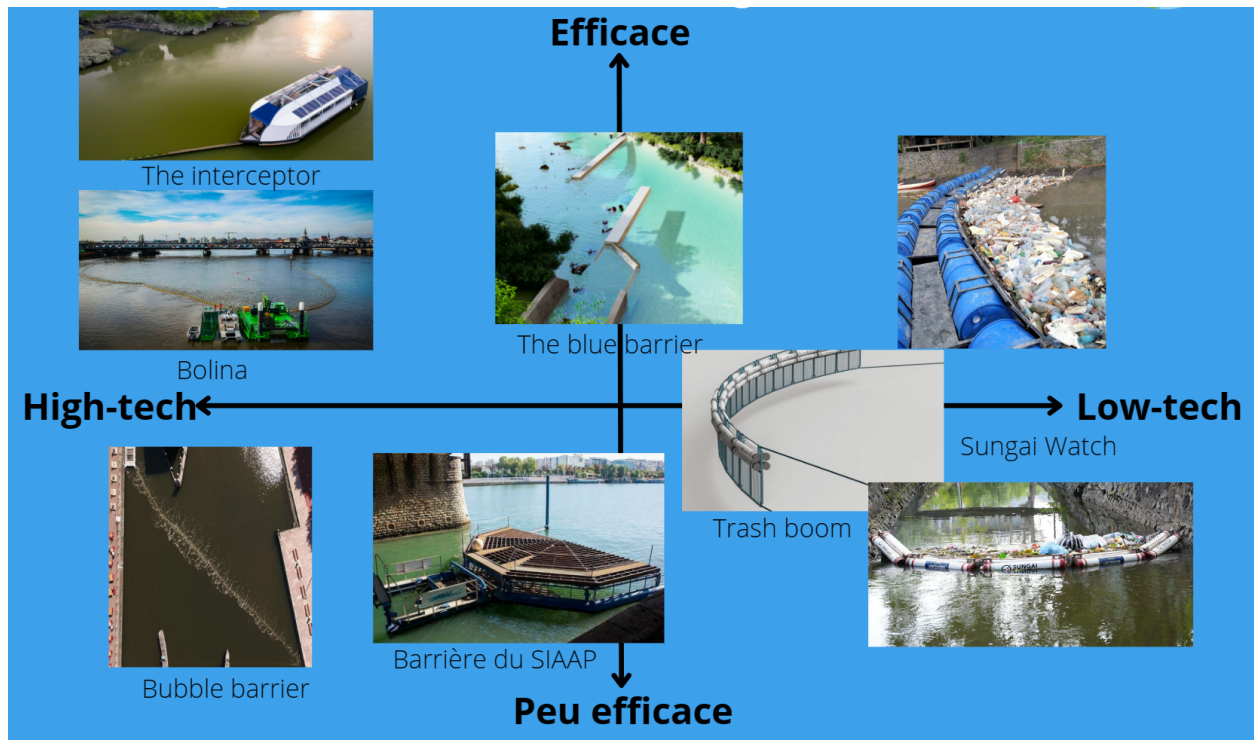


- **Les marcheurs :** Ils sont composés de plusieurs "floater" fixés sur des bidons bleus créant des plateformes pour récupérer plus facilement les déchets. Leurs grilles sont inclinées, comme des peignes venant remonter les déchets à la surface.



Source : <https://sungai.watch/>

En reprenant toutes les technologies recensées dans l'état de l'art nous avons pu dresser un diagramme comparatif en fonction du degré de technologie (low-tech vs high tech) et de l'efficacité des barrières existantes.



Comparaison des technologies de l'état de l'art

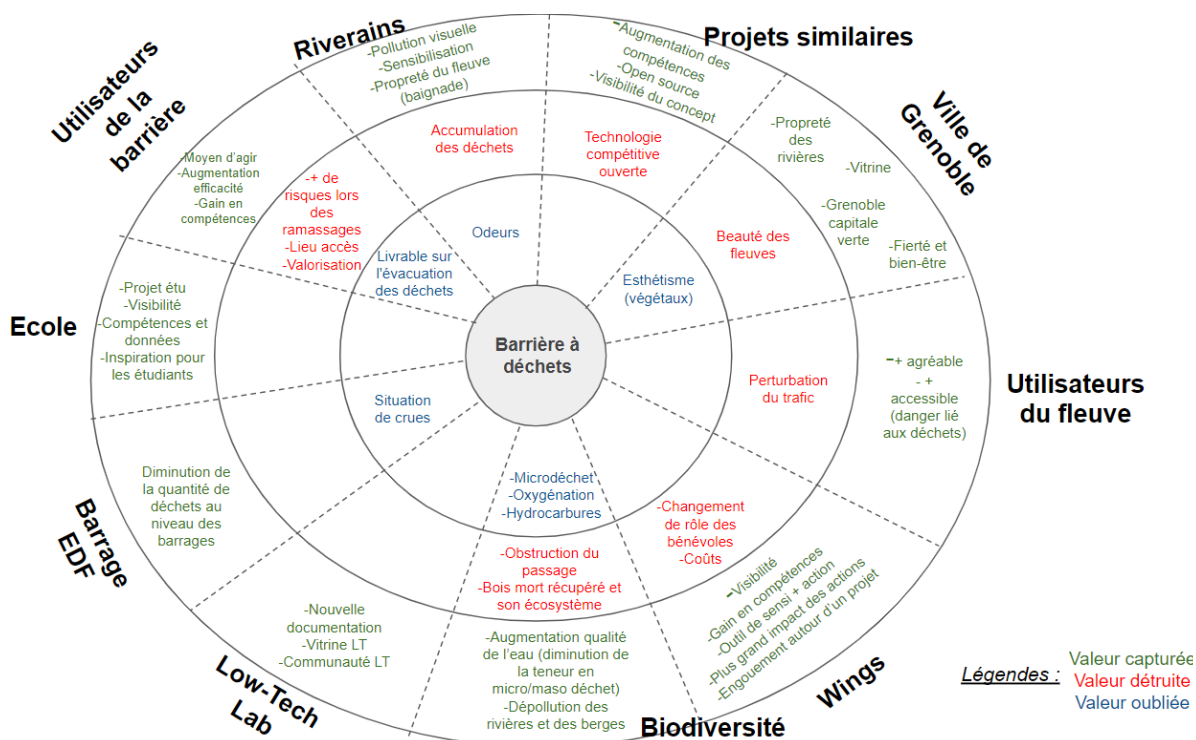
Finalement après comparaison des technologies déjà existantes, nous avons fait le choix de s'orienter vers une technologie du type PlasticFisher avec une barrière flottante et une grille immergée. Ce choix nous paraît être le plus pertinent car il répond à nos critères low-tech. À nous de concevoir la barrière flottante pour qu'elle soit répliquable et déployable facilement.

4. Phase étude

4.1 Outils d'éco-conception

Dans cette phase d'étude qui est la phase préliminaire à la phase conception, nous avons utilisé différents outils d'éco-conception comme le "Value Mapping Tool" et le "Diagramme Pieuvre".

Le projet de la barrière à déchets a pour objectif de créer de la valeur pour les différents acteurs ou parties prenantes ; directs ou indirects. La prise en compte de ces acteurs est essentielle pour le développement d'un projet éco-innovant, à forte ambition environnementale. Cet outil permet d'identifier la valeur créée par la barrière et d'associer cette création de valeur à chacune des parties prenantes impliquées. On catégorise la valeur en trois catégories : valeur capturée, valeur détruite, valeur oubliée.



Value Mapping Tool

Zoom sur l'acteur "Biodiversité"

Valeur capturée	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation qualité de l'eau (diminution de la teneur en micro/macro déchet) - Dépollution des rivières et des berges
Valeur détruite	<ul style="list-style-type: none"> - Obstruction du passage - Bois mort récupéré et son écosystème
Valeur oubliée	<ul style="list-style-type: none"> - Microdéchet - Oxygénation possible de l'eau - Hydrocarbures possiblement capturés

Le diagramme pieuvre fait partie de l'analyse fonctionnelle du projet. Il s'agit principalement d'un schéma permettant de mettre en avant les différentes relations entre un produit et son environnement. L'un des principaux objectifs de l'élaboration d'un diagramme pieuvre est de pouvoir améliorer le produit, en identifiant toutes ses caractéristiques d'une manière optimale ainsi que ces points faibles et ses points forts. L'établissement des relations entre la barrière et son environnement extérieur permet de mieux calibrer le produit afin de comprendre les besoins.

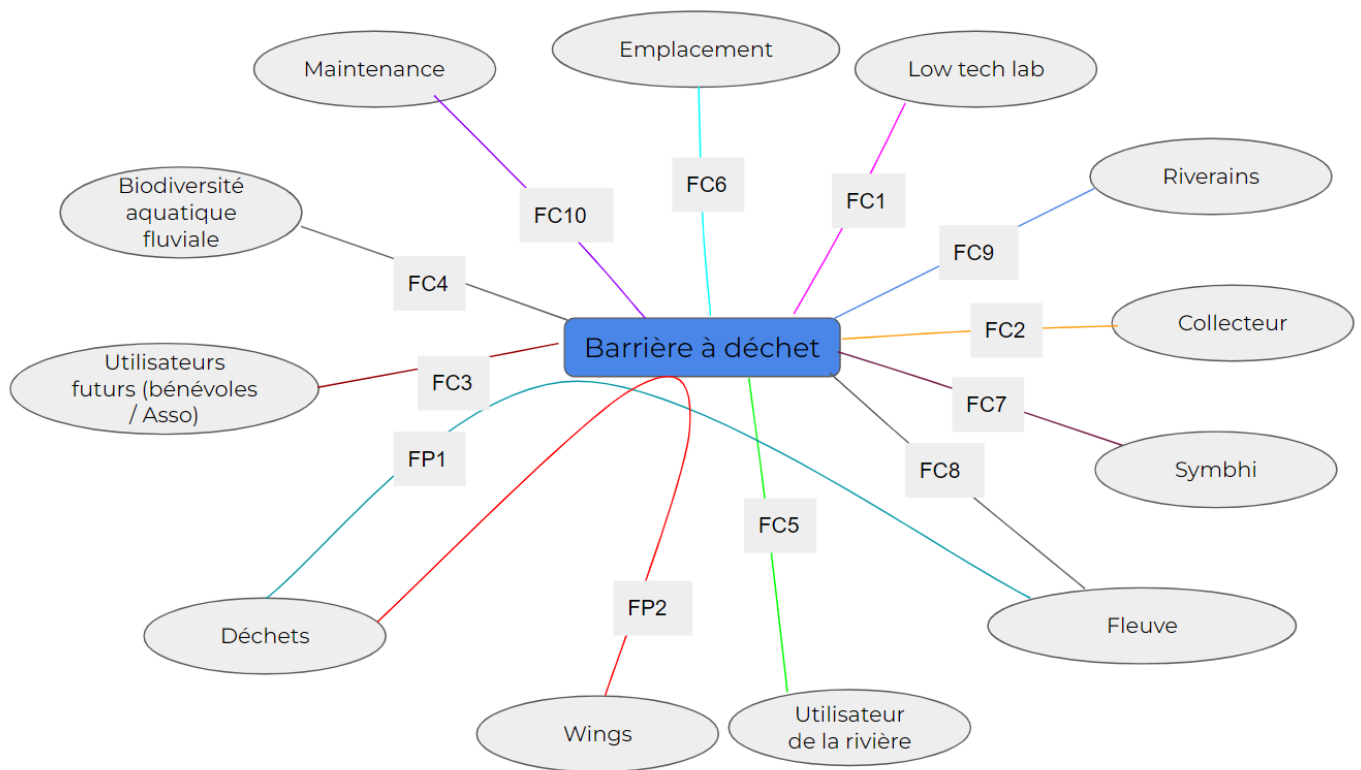


Diagramme pieuvre

A travers ce diagramme on peut visualiser tous les acteurs qui sont visés directement ou indirectement par le projet de la barrière à déchets. Les différents acteurs sont liés entre eux via la barrière à déchets par des fonctions principales "FP" ou liés directement avec la barrière à déchets par des fonctions contraintes "FC".

4.2 Cahier des charges et fonctions de la barrière

Fonctions	Description	Critère	Niveaux	Flexibilité
FP1	Dépolluer le cours d'eau des macro-déchets	Dimension déchet Profondeur de capture Quantité	> 1cm Déchets à la surface jusqu'à 1m de profondeur 100% des déchets attrapé	1 cm à 5 cm Minimum 40 cm de profondeur 20% de pertes
FP2	Sensibiliser sur la thématique des déchets	Réaction des passants Affiches de sensibilisation	Forte acceptabilité de la part des riverains Intérêt d'informer et de sensibiliser Retours positifs lors des interventions en mairie	Critère inquantifiable donc on accumulera des témoignages
FC1		Coût Temps	< 25€/module (1 module ≈ 1m30) < 4 / 5 heures de travail à 2 personnes par	+ 10€/module +/-2h

	Permettre que la barrière soit low-tech et répliquable	Difficulté Durabilité Documentation open-source	module Fabricable localement avec des outils simple d'utilisation 1 saison de Wings of the ocean = 7 mois Documentation sur le wiki du low-tech lab et celui de WINGS	Aucune +/- 2 mois Aucune
FC2	Stocker les déchets	Volumes et surface de déchets collectés au maximum par module. Pertes pendant la collecte	Un module pourra stocker des déchets sur 1m30 de long (10 cm de large et 10 cm de profondeur), soit un volume de déchet maximal de 13 litres Pas de pertes des déchets < 5cm	20 litres 10% de pertes
FC3	Extraire les déchets du point de stockage	Praticité Temps	Le bénévole n'a pas besoin d'aller dans l'eau Moins de 2h (temps d'une dépollution)	Peut aller dans l'eau si il est équipé Max 4h
FC4	Préserver la vie aquatique fluviale	Impact sur la faune Hauteur max barrière	Aucun impact sur la faune et la flore aquatique (animaux marins et oiseaux) 40cm immergée	Aucune Entre 40 cm et 100 cm
FC5	Permettre le trafic fluvial	Installation conforme à la navigation des fleuves	Aucunes gênes pour la navigation fluviale ou les activités récréatives	Aucune
FC6	Choisir un lieu accessible	Accessibilité Temps de transport du parking au site. Autorisation	Site accessible aux piétons, aux vélos, aux voitures, etc <10min Autorisation obtenue	Accessible qu'aux piétons si temps de transport faible <30min Aucune
FC7	Choisir un lieu ayant une dynamique fluviale adaptée	Morphologie du cours d'eau Fleuve pollué	1m50 de fond, écoulement laminaire (pas de rapide), vitesse < 1m/s Déchets présents dans l'eau	Aucune Aucune
FC8	S'adapter à la section du cours d'eau	Largeur cours d'eau Morphologie du lit	Se placer dans une zone stratégique comme dans un virage notamment	Aucune
FC9	"Rendre la barrière acceptable" auprès des riverains	Esthétisme Gestion des déchets stagnants	On reconnaît que c'est une barrière en la regardant. Ramassage régulier : tous les mois	7 personnes sur 10 reconnaissent Dépend du fleuve
FC10		Pièces faciles à	Sourçable dans la grande ville la plus	Sourçable dans la ville

	Permettre une réparation aisée de la barrière	trouver, interchangeables. Construction simple	proche Peu d'outils (tournevis, scie)	+ campagne alentour Rajout de quelques outils possible
FC11	Rendre la barrière résiliente aux chocs et intempéries	Résistance Taille d'un déchet Mauvaises conditions météorologiques	La barrière ne doit pas casser La barrière résiste à la pluie mais pas aux crues	La barrière peut se retourner si il y a une force trop importante

4.3 Analyse des risques

En parallèle du cahier des charges, nous avons réalisé une analyse des risques produit qui ont permis de répondre à certains niveaux de critères des fonctions du cahier des charges. Pour ce faire nous avons créé une matrice de risques définie par : les risques, ses causes et conséquences, sa criticité et les actions de réduction. Cette matrice permet d'avoir une vision assez globale des risques associés à la barrière ainsi que leur dangerosité.

N°	Risques	Conséquences	Causes	Criticité			Actions de réduction
				P Probabilité (%)	I Impact (%)	C Criticité	
Technologie de la barrière							
1	Décolage	Surpollution des cours d'eau	Déchet lourd / fort débit / mauvais dimensionnement des enclaves	2	3	6	Attaches adaptés Barrière robuste
2	Emprisonnement des poissons / oiseaux	Destruction de la biodiversité	Filet ou grille mal adapté	2	4	8	/
3	Obstruction du trafic poissons	Destruction de la biodiversité	Mauvais positionnement de la barrière	2	4	8	Barrière peu profonde
4	Obstruction du trafic fluvial	Gènes importantes	Mauvais positionnement de la barrière	3	2	6	Barrière n'obstruant pas tout le passage
Collecteur							
6	Rejet involontaire des déchets dans l'environnement lors de la collecte	Pollution de l'environnement	Pertes involontaires de déchets lors de la collecte	3	2	6	Précaution lors de l'utilisation
7	Rupture du collecteur	Stop de l'activité, accumulation de déchets	Déchets lourds, problèmes techniques	1	4	4	Double amarrage de la barrière
Fléuve							
8	Crue	Montée du niveau de l'eau, débordement du lit mineur, débits forts	Changement climatique, fortes pluies, fonte des glaces	1	4	4	Enlever la barrière lors des épisodes de crue
9	Chasse barrage	Montée du niveau de l'eau, débits forts	Lacher d'eau des barrages	1	4	4	Enlever la barrière lors de chasse
10	Assèchement du fleuve	Risque de casse	Période d'étiage, sécheresse	1	4	4	Enlever la barrière lors des épisodes de sécheresse
Biodiversité fluviale							
11	Castors / rats / oiseaux	Destruction de la barrière	Manger, monter dessus, accrochage	1	4	4	/
Utilisateurs de la barrière							
12	Accessibilité difficile	Noyade	Berges instables	2	4	8	Berges adaptés
13	Fort débit	Noyade	Crues / chasses	2	4	8	Précaution d'usage
14	Déchets dangereux	Coupeure, toxicité	Rejets de déchets accidentels ou volontaires	3	3	9	Manipulation avec des EPI
15	Déchets lourds	Chute, blessure	Rejets de déchets accidentels ou volontaires	4	2	8	Règles de sécurité
16	Impossibilité de déplacer la barrière	Chute, blessure	Poids, problèmes des pieux d'ancrage, accessibilité	2	3	6	Praticité de la barrière
Utilisateurs du fleuve							
17	Gêne dans le trafic fluvial	Accident	Barrière elle-même, accumulation de déchets	1	4	4	Barrière laissant le trafic fluvial
18	Gêne visuelle	Colère	Accumulation de déchets	3	2	6	Ramassage régulier
Riverains							
19	Gêne visuelle	Mécontentement	Accumulation de déchets	3	2	6	Ramassage régulier
20	Incompréhension / indignation	Provoquer des réactions envers les services publics	Fleuves sales	1	3	3	Ramassage régulier
Low-tech Lab							
21	Fermeture du low tech lab	Pas de renseignement et partage de techno	Manque de liquidité / bénévoles	2	1	2	/
22	Conflits d'intérêts	Le partage de la documentation entre Wings et Low tech lab	Manque de communication	2	2	4	Discussion amont
Déchets							
23	Dégradation de la barrière	Barrière abîmée	Diversité des déchets	2	4	8	Robustesse de la barrière
Maintenance							
24	Incapacité de réparer la barrière	Fin d'utilisation	Forte dégradation	2	3	6	/
Réglementation							
25	Interdiction d'installer la barrière à déchet	Pas d'utilisation	Loi de la VNF / décret communal	2	4	8	Autorisation nécessaire
Barrage							
26	Chasse	Forts débits destructeurs	Evacuation d'eau / sédiments	1	4	4	Prévision des chasses et crues
27	Zone réservée	Pas d'utilisation	Loi exploitation barrage	2	2	4	/
28	Conflit d'intérêt - déchet déjà ramassé	Notre barrière est inutile	Les gérants du barrage gère déjà l'arrivée des déchets	3	1	3	Communication pour trouver un intérêt commun
Matière première							
29	Risque de pollution par la matière première	Surpollution de l'environnement	Matériaux non adaptés à l'eau, rouille, peinture	2	2	4	Matériaux non polluants
WINGS							
30	Non utilisation de la barrière	Démantèlement de la barrière	Non adaptabilité	3	2	6	Communication
31	Fermeture de l'association	Pas d'utilisation de la barrière	Manque de liquidité / bénévoles	1	3	3	Zut

Analyse de risques produit

Après avoir déterminé les différents risques liés à la barrière, on a pu les répertorier en trois catégories :

- les risques liés à l'impact de la barrière sur l'environnement
- les risques impactant la barrière (crue, détérioration volontaire...)
- les risques annexes au projet (arrêt d'activité des associations...)

Dans le cadre du cours d'analyse de risque, nous avons utilisé d'autres outils pour analyser des risques très précis qui pourraient survenir. Nous avons appliqué l'outil « diagramme papillon » sur le risque de « décrochage de la barrière ».

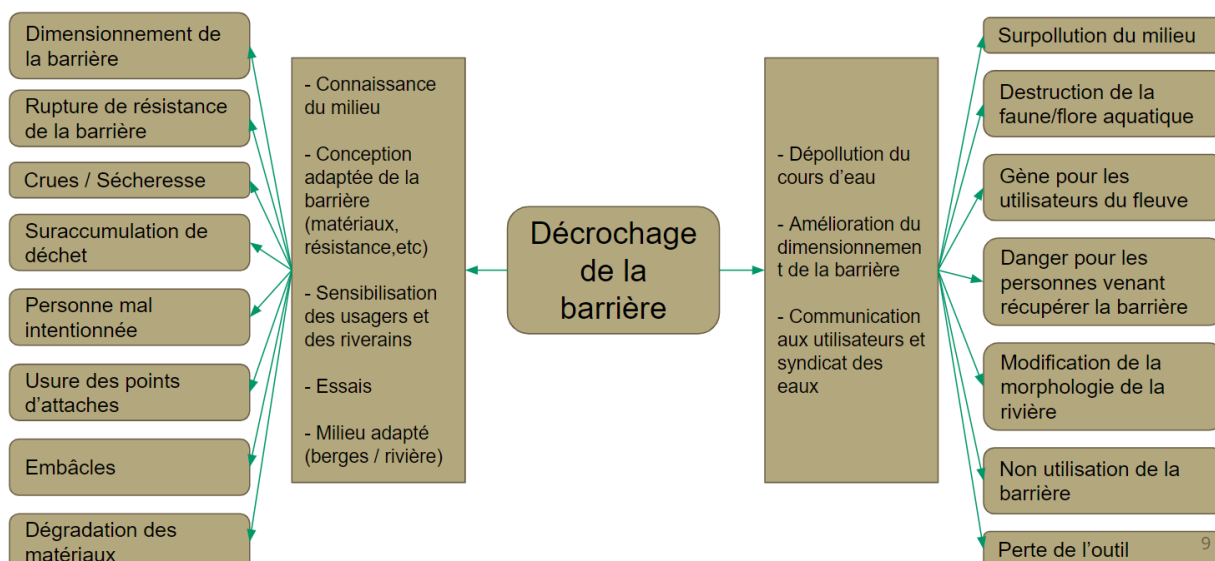
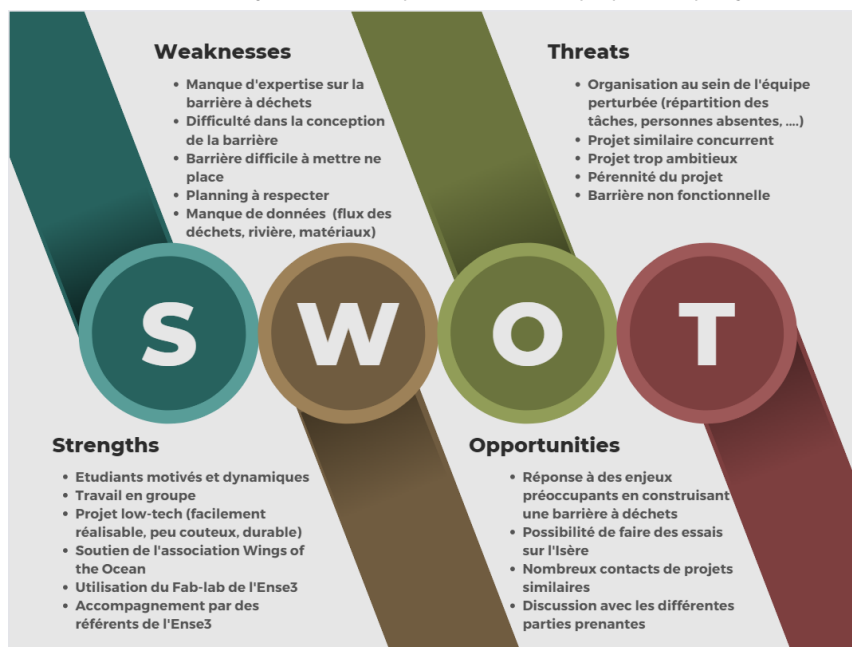


Diagramme papillon

Le diagramme papillon associé au risque du décrochage de la barrière permet de visualiser les potentielles causes et conséquences ainsi que les mesures proactives (avant l'événement) et réactives (après l'événement). Cet outil permet d'avoir une vue globale des risques associés à un événement dangereux et de prendre en compte les mesure proactives et réactives dans l'installation et l'utilisation réelle de la barrière.

Nous avons aussi réalisé une analyse des risques liée à l'équipe de projet via l'outil "SWOT".



Analyse de risques projet

L'analyse de l'outil SWOT permet de connaître les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces de l'équipe de projet dans le but d'une meilleure gestion des problèmes et de la performance.

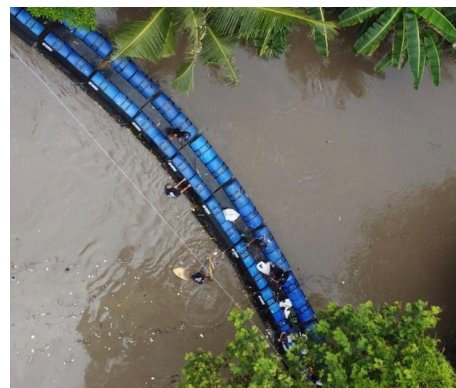
5. Phase conception

5.1 Prototype de la barrière

5.1.1 Inspiration

La technologie Plastic Fisher nous a inspiré sur deux critères aujourd'hui fondamentaux dans la conception de la barrière. Le premier critère répond à la FC3² concernant la praticité d'utilisation de la barrière. Pour l'installation, le transport, et la réparabilité de la barrière, nous avons choisi de proposer une barrière en plusieurs modules.

Chaque module fonctionnera indépendamment des autres dans l'eau et renforcera la résilience aux chocs (FC11).

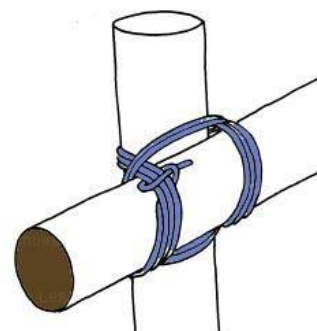


La deuxième solution technique inspirée par la barrière Plastic Fisher répond à la FC2 concernant le stockage des déchets en surface. Lorsque les déchets entrèrent en contact avec les grilles, il est nécessaire que ceux-ci se concentrent en surface et proche de la berge. Ainsi, nous avons choisi d'incliner notre grille afin de remonter les déchets en surface. Cette solution permet ainsi de faciliter le ramassage, et d'éviter qu'un bénévole soit contraint à aller dans l'eau.

Ces solutions requièrent un système de flottaison suffisamment stable pour encaisser les chocs (gros déchets, troncs, crues...) sans rompre. Les bidons récupérés pour maintenir la barrière sur l'eau sont ainsi positionnés en s'inspirant des catamarans. Les flotteurs sont reliés entre eux par un axe permettant d'augmenter la résistance aux efforts orthogonaux (dans le cas d'un catamaran, ce sera la vent. Dans notre cas, ce sera le débit du fleuve + les chocs ponctuels)



Finalement, les solutions d'assemblages utilisées doivent s'inscrire dans la contrainte FC10 et FC1 concernant le sourcing des matériaux et la réparabilité de la barrière. Ainsi, pour limiter l'utilisation d'outils complexes nous sommes partis sur des techniques de nouage inspirées du matelotage. Les techniques de marins, tels que le brelage, permettent un assemblage solide, démontable et accessible.



5.1.2 Critères de conception

Nous avons tout d'abord plusieurs critères directeurs afin d'élaborer notre premier prototype :

Critère n°1 : Fixation de la barrière sur **une seule berge**, juste après un virage relativement serré de la rivière. De cette manière, les déchets sont déviés par force centrifuge à l'extérieur du virage, c'est-à-dire où est placée notre barrière. Cela nous permet également de ne pas

² Voir cahier des charges

bloquer l'ensemble de la rivière, permettant ainsi le maintien du trafic fluvial et du trafic des poissons.

Critère n°2 : Barrière subdivisée en **plusieurs modules identiques**, attachés solidement entre eux. L'utilisation de modules permet de simplifier le processus de fabrication, mais également de réparation et maintenance de la barrière. On peut également adapter facilement la longueur de la barrière en ajoutant/supprimant des modules.

Critère n°3 : Relier les modules à un **point de fixation directement sur la berge**. Pour cela, nous utiliserons des câbles/cordes dans le but de rigidifier l'ensemble de notre barrière, et répartir les contraintes s'appliquant sur la barrière. Notre barrière doit rester suffisamment rigide pour ne pas se courber, et rendre ainsi plus compliquée la récupération des déchets (car ceux-ci ne seront plus en bord de rive).

Critère n°4 : Chaque module est composé de 4 flotteurs, **2 à l'avant et 2 à l'arrière**, et d'une grille, fixée aux flotteurs avant. Nous avons pensé à des fûts de bière en plastique pour faire office de flotteurs. Nous avons fait le choix d'utiliser 4 fûts par module afin d'agrandir la taille d'un module, et ainsi de réduire la quantité de modules à fabriquer. Les flotteurs arrière seront suffisamment distancés des flotteurs avant afin d'assurer la stabilité de la barrière. Les flotteurs avant et arrière sont reliés entre eux par un cadre en bambou, très robuste, fixé à l'aide de plusieurs brelages (technique d'assemblage de morceaux de bois à l'aide de cordes). La grille est elle aussi fixée sur des bambous inclinés.

Critère n°5 : Présence d'un point d'ancrage sur la berge, afin de fixer le "premier" module de la barrière. Un arbre déjà présent peut être utilisé, ou dans le cas contraire, un pieu enfoncé dans le sol. Un système de haubanage est envisageable pour renforcer le maintien du pieu.

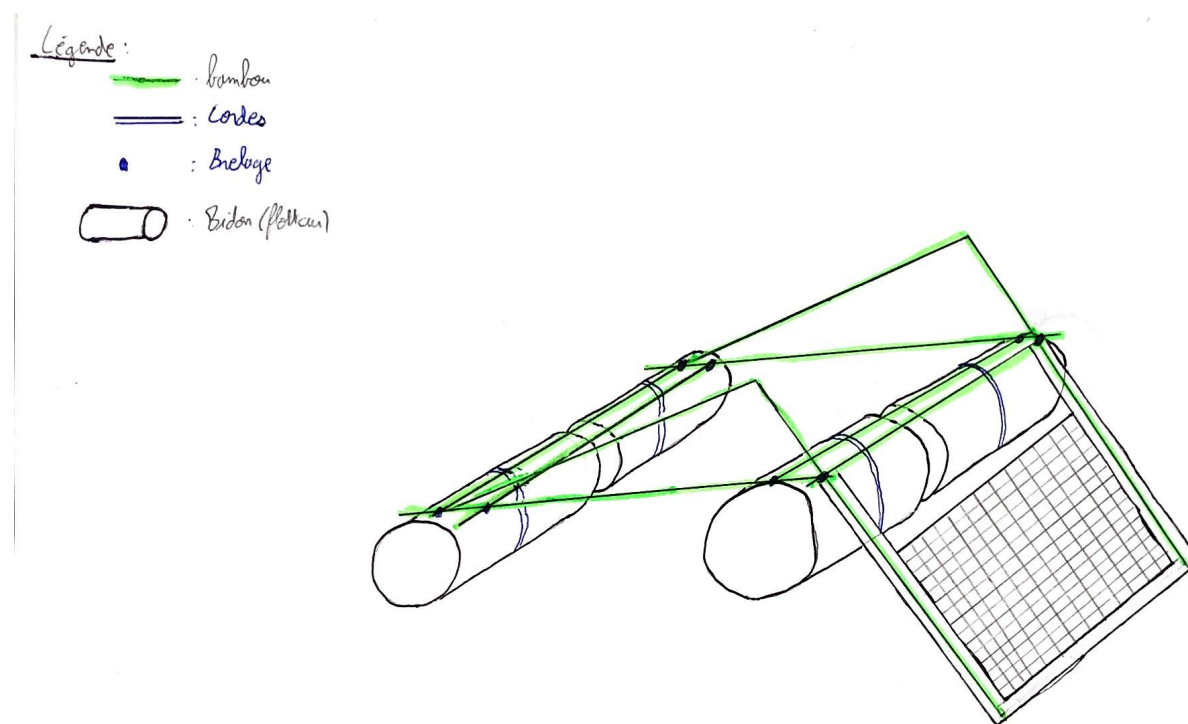


Schéma d'un module de barrière à déchets

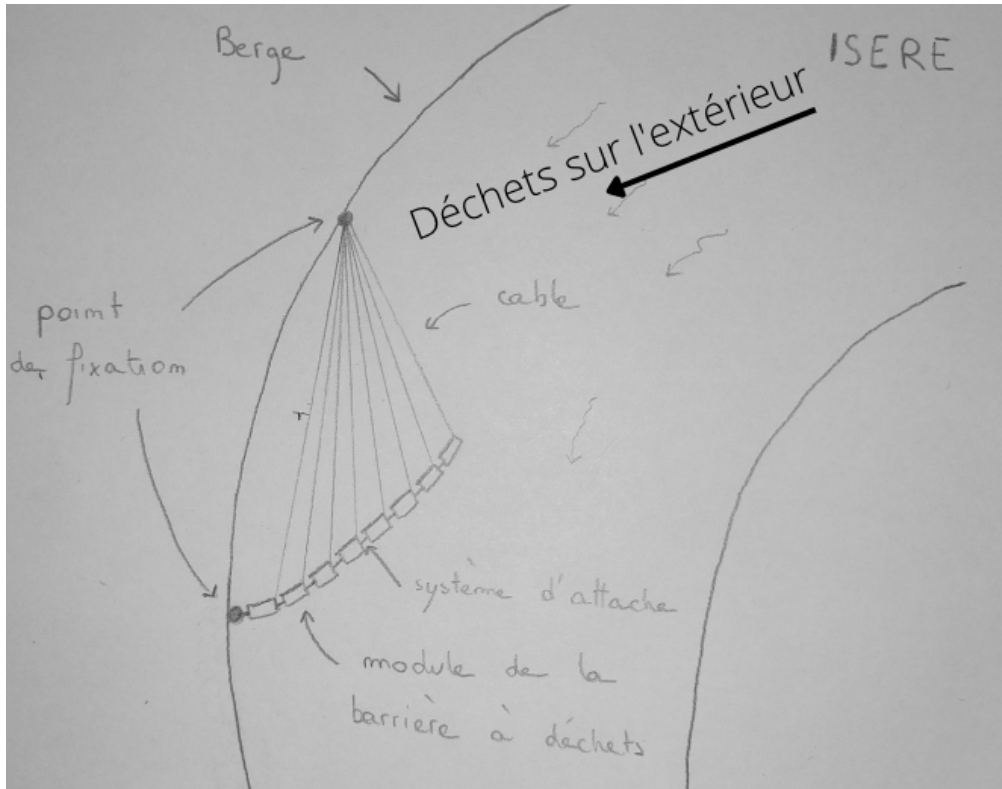


Schéma de la mise en place de la barrière sur la berge.



Photos du début de fabrication du 1er module prototype



Photos des premiers modules terminés

5.2 Choix des matériaux et justification

5.2.1 Bidons

Les bidons que nous avons récupérés à la brasserie sont pleins de CO₂. Nous avons décidé de ne pas les vider afin de maximiser la flottabilité du prototype. De plus, l'étanchéité aussi est maximisée car la valve n'est pas percée. Nous devons nous assurer que les bidons n'explodent pas suite à une trop grosse exposition au soleil. Pour cela, nous devons calculer la pression présente dans le bidon une fois la bière vidée :

Etape 1 : Trouver le volume de l'enceinte plastique des bidons

Les bidons contiennent 20 L et 30 L de bière mais étant stockés dans une poche à l'intérieur de l'enceinte plastique, cela n'équivaut pas au volume de cette même enceinte plastique. Grâce à un calcul de volume, on trouve que les deux bidons ont des volumes réels de 25 et 35 L. Ainsi pour le plus gros des deux bidons, une fois la poche de bière vidée de ses 30 L, le volume dans lequel évolue le CO₂ passe de 5 à 35 L.

Le risque identifié est l'augmentation de la pression dans le bidon suite à la dilatation thermique du gaz, la barrière et les bidons étant exposés au soleil.

Il faut ainsi vérifier que la pression du gaz dans le bidon vide, exposée à une température de 50°C ne soit pas supérieure à la pression initiale avec la poche pleine de bière.

Etape 2 : Trouver la pression dans l'enceinte plastique une fois la poche de bière vidée

Grâce à la loi affirmant qu'à une température constante et pour une quantité de gaz donnée, le produit de la pression par le volume est constant et comme nous connaissons la pression dans le bidon rempli de bière, nous trouvons que la pression dans le bidon vide est de 0.85 bar.

La pression dans le bidon quand le bidon est plein est de 6 bar. On a l'équation suivante:

$$P\alpha V\alpha = P\beta V\beta \equiv P\beta = \frac{600 \cdot 5}{35} = 0.85 \text{ bar}$$

Etape 3 : Trouver la pression dans l'enceinte plastique à une température de 50°C

Le CO₂ étant considéré comme un gaz parfait, et grâce à la loi des gazs parfait on prouve aussi qu'à une température de 40°C, la pression dans le bidon vaut 0.89 bar.

$$\text{Bidon plein et température de } 20^{\circ}\text{C} : PV = nRT \equiv n = \frac{5.9 \times 5}{8.314 \times 293.15} = 0.012 \text{ moles}$$

$$\text{Bidon vide et température de } 40^{\circ}\text{C} : PV = nRT \equiv P = \frac{0.012 \times 8.314 \times 313.5}{35} = 0.89 \text{ bar} < 6 \text{ bar}$$

Les bidons ne risquent donc pas d'exploser suite à la dilatation thermique du CO₂ présent à l'intérieur, car la pression à 40°C est inférieure à la pression de celui-ci lorsqu'il est plein (6 bar).

5.2.2 Bambou

Le bambou est le matériau que nous avons le plus utilisé pour la réalisation de notre prototype. En effet, nous l'avons utilisé dans la fabrication du cadre qui repose sur les bidons, du cadre de notre grille et du support sur lequel repose la grille. Le bambou possède des caractéristiques extrêmement intéressantes : léger et facile à transporter, robuste, résistant à la flexion et résistant à l'eau. De plus, il est très facilement sourçable et découpable (scie à bois), cochant ainsi le critère d'accessibilité de notre barrière.

5.2.3 Cordages

On utilise une corde en sisal, celle-ci est légère et résiste à 30 kg de traction ce qui est suffisant pour notre utilisation. De plus cette corde est biodégradable et n'aura pas d'impact sur la biodiversité du fleuve. Ce matériau est peu onéreux et facilement sourçable. Cette corde nous permet de réaliser les liaisons entre les bambous.

On utilise également une deuxième corde plus solide et plus longue qui va faire le lien entre les modules et la berge. Il s'agit d'une corde d'escalade qui a une grande résistance à la traction tout en restant légère. Celle-ci est légèrement plus chère mais reste abordable.

5.2.4 Grillage

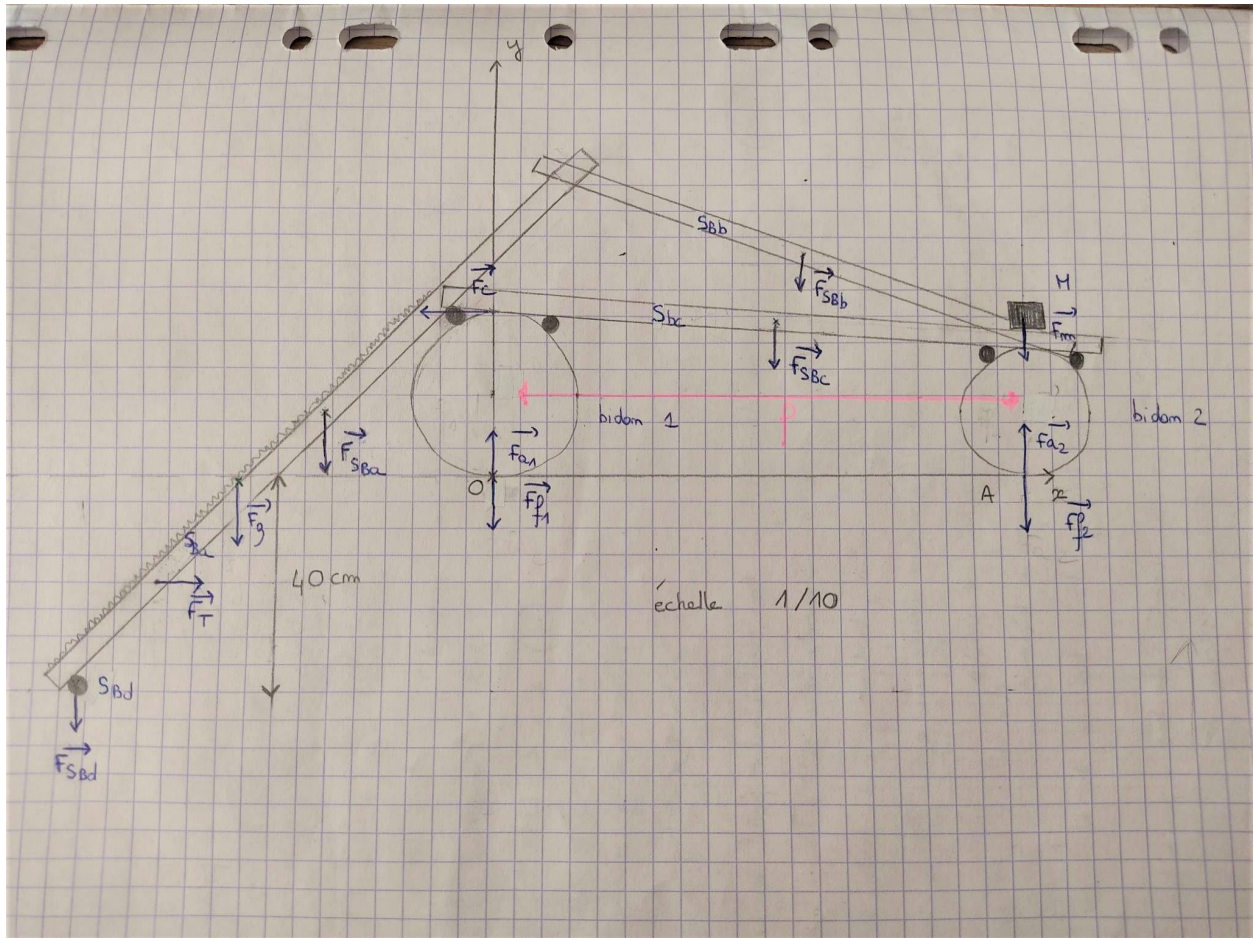
Le grillage utilisé est un grillage souple de jardin classique avec une maille de 5 cm. Celui-ci est facilement sourçable et peu onéreux. On pourrait aussi imaginer utiliser d'autres types de grillage.

6. Phase de réalisation

6.1 Etude mécanique de la barrière

L'étude mécanique de la barrière à déchet est nécessaire pour lister les forces qui s'appliquent sur un module de la barrière et qui interagissent avec le module et qui permettent ainsi la stabilité de la barrière.

Schéma général de la barrière avec répertoriatioin des forces:



Notations utilisées pour le plan puis pour l'étude mécanique (PFD et bilan des moments) :

On note "l" la longueur entre le centre des bidons avant et arrière (distance OA sur le schéma).

L'ensemble de la structure est subdivisée en 4 groupes de bambous :

- Le sous-ensemble A (S_{Ba}) correspond aux bambous servant de support à la grille.
- Le sous-ensemble B (S_{Bb}) correspond aux 2 bambous inclinés, permettant la liaison entre les flotteurs arrière (flotteurs 2) et S_{Ba} .
- Le sous-ensemble C (S_{Bc}) est composé de 6 bambous : les 2 bambous permettant la liaison entre les flotteurs avant et arrière, et les 4 bambous placés le long des flotteurs.
- Le sous-ensemble D (S_{Bd}) correspond au bambou placé en bas de la grille, qui sert de liaison entre les bambous du sous ensemble S_{Ba} .

Pour chaque sous-ensemble, la seule force s'appliquant est le poids, que l'on place au centre de gravité de chaque sous-ensemble. Afin de simplifier l'étude, on émet l'hypothèse que les centres de gravité de S_{Bb} et S_{Bc} soient placés de manière à avoir un bras de levier du poids de $l/2$.

On note l la longueur entre le centre des flotteurs avant et arrière (distance OA sur le schéma)

Sous-ensemble	Nombre de bambous (n)	Diamètre (d) [cm]	Masse linéaire (mL) [kg/m]	Poids [N] P=m*g
S_{Ba}	2	4	0,75	21
S_{Bb}	2	3	0,5	10,5
S_{Bc}	6	3	0,5	36,15
S_{Bd}	1	3	0,5	6,25

D'autres sous ensembles sont également à considérer :

- La grille qui est composée du cadre fait avec les bambous et le grillage
- Le flotteur 1 qui correspond au bidon avant
- Le flotteur 2 qui correspond au bidon arrière
- La masse fixée sur le flotteur 2 et qui permet de stabiliser le module

Liste des forces appliquées sur la barrière à déchets :

Différentes forces s'appliquent sur la barrière à déchets. Des forces qui sont liées au poids des bambous et des bidons définies par $P = m \cdot g$, des forces liées à la poussée d'Archimède, une force de traînée définie de la façon suivante $T = \frac{C_x \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S}{2}$ et la force exercée par la corde qu'on considère égale à la force de traînée.

Le calcul de la force de traînée est déterminant pour la longueur entre les deux bidons. C'est pourquoi, nous nous sommes placés dans le cas limite où la grille est totalement obstruée. C'est dans ce cas que la force de traînée est maximale.

Les différents paramètres sont donnés dans le tableau Excel associé à l'étude mécanique.

Notation force	Force	Valeur	Unité	Sens
Ff1	Poids du flotteur n°1	35,84	N	-ez
Ff2	Poids du flotteur n°2	23,12	N	-ez
FSBa	Poids de l'ensemble SBa	21	N	-ez
FSBb	Poids de l'ensemble SBb	10,5	N	-ez
FSBc	Poids de l'ensemble SBC	36,15	N	-ez
FSBd	Poids de l'ensemble SBD	6,25	N	-ez
Fg	Poids grille	12,5	N	-ez

Fa1	Poussée d'Archimède flotteur 1	Non calculée	N	+ez
Fa2	Poussée d'Archimède flotteur 2	Non calculée	N	+ez
Fm	Poids masse sur flotteur 2	145	N	-ez
Ft	Force de traînée	252	N	+ez
Fc	Force de résistance de la corde	252	N	+ez

Démarche suivie pour dimensionner la longueur entre les deux bidons :

Afin de s'assurer de la stabilité de la barrière, la longueur entre les deux bidons doit être suffisamment grande pour éviter le basculement de la barrière vers l'avant. Dans le cas contraire, une masse fixée sur le bidon arrière du module pourra compenser ce déséquilibre.

Nous avons tout d'abord effectué un bilan des forces s'appliquant à notre module. On considère que la corde est tendue à l'horizontale, et que la force de traînée est maximale, c'est-à-dire que la grille est complètement obstruée.

Le système est à l'équilibre et isolé, on obtient le bilan de forces suivant :

$$\text{selon } x: \Sigma Fx = Ft - Fc = 0 \Rightarrow Ft = Fc$$

De plus, la barrière à déchets est en équilibre à l'interface bidon avant / eau. La somme des moments des forces par rapport à un centre de rotation est nulle. On obtient l'équation suivante au point O:

$$\Sigma Mo = Mo(Ff1) - Mo(Ff2) + Mo(FS_{Ba}) - Mo(FS_{Bb}) - Mo(FS_{Bc}) + Mo(FS_{Bd}) + Mo(Fg) + Mo(Fa1) + Mo(Fa2) - Mo(Fm) + Mo(Ft) + Mo(Fc)$$

$$\Sigma Mo = - Ff2 * l + FS_{Ba} * lS_{Ba} - FS_{Bb} * lS_{Bb} - FS_{Bc} * lS_{Bc} + FS_{Bd} * lS_{Bd} + Fg * lg + Fa2 * l - Fm * l + Fc * lc + Ft * lt$$

Les longueurs considérées dans le calcul correspondent aux bras de leviers.

En considérant que $\Sigma Mo = 0$, que $lS_{Bb} = lS_{Bc} = \frac{l}{2}$ soit la moitié de la longueur entre le flotteur avant et arrière, et que $Ft = Fc$, on obtient :

$$Fa2 = - \frac{lb1*Fb1+lb8*Fb8+lg*Fg+(lc+lt)*Ft}{l} + Ff2 + \frac{Fb2}{2} + \frac{Fb3}{2} + Fm$$

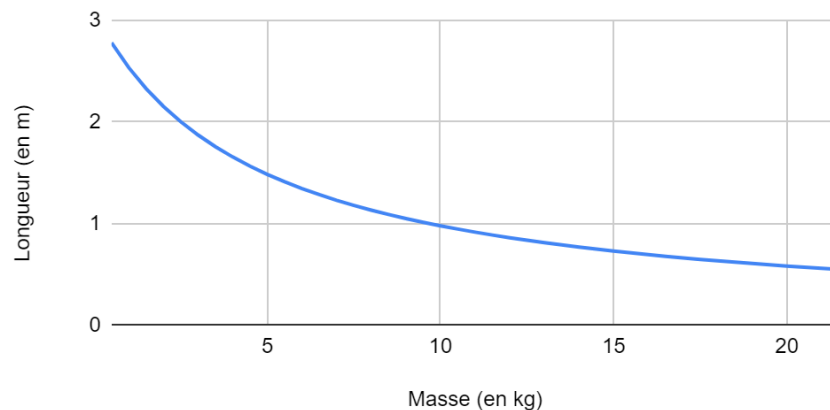
$$\text{Application numérique : } Fa2 = - \frac{143,1}{l} + 46,5 + Fm$$

Le système reste à l'équilibre si la poussée d'archimède $Fa2 > 0$, en effet il faut que la poussée d'archimède soit non nulle, sinon le bidon arrière se décolle de l'eau.

$$\text{On obtient donc l'équation suivante : } l > \frac{143,1}{46,5+Fm}$$

A partir de ces données, nous avons pu tester différentes longueur l entre les deux bidons en fonction de la masse à fixer sur le bidon arrière pour garder le système à l'équilibre. On s'aperçoit que plus la longueur est importante, plus la masse fixée sur le bidon arrière sera faible.

Courbe de la longueur l limite en fonction de la masse pour avoir $Fa_2 > 0$



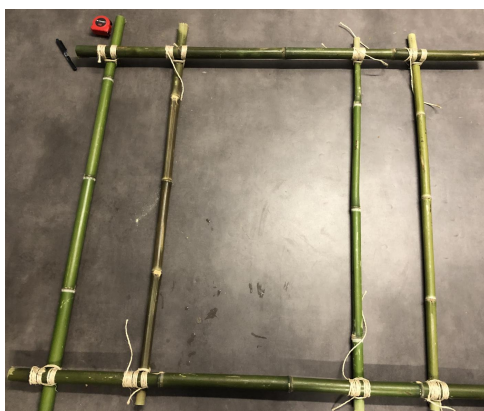
Ce graphique nous montre qu'un optimum peut être trouvé entre la masse et la longueur. Pour des raisons de transportabilité de notre module, nous avons sélectionné une longueur de 75cm entre les deux bidons. La masse à mettre sur le bidon qui se trouve à l'arrière du module doit donc être d'au moins 14,5 kg.

6.2 Fabrication

Lors de la conception on doit réaliser les plans et les assemblages, c'est aussi le moment où l'on choisit quelle technologie on utilise, il s'agit de faire des choix techniques et de définir ce qui fonctionne le mieux en répondant le mieux au besoin. On distingue alors 4 parties : l'assemblage du cadre et des flotteurs, les supports de la grille, la pose de la grille, l'assemblage entre module et l'attache à la berge.

- Assemblage du cadre et des flotteurs :

Les bidons (flotteurs) s'assemblent simplement avec 4 serres-flex. Cette solution simple et suffisamment robuste permet de créer un plus grand flotteur à partir de deux bidons. Cela servira de base à notre module.



Cadre assemblé



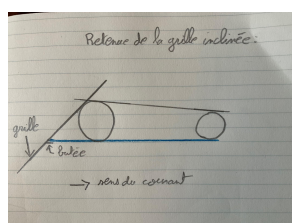
Flotteur

Pour la suite, on utilise les cordages en sisal pour assembler le cadre. En effet, à l'aide d'une corde on peut attacher solidement deux cylindres entre eux perpendiculairement. On vient nouer les deux cylindres en effectuant un brelage. Pour le cadre on fera un brelage à chaque croisement de bambous. On aura 8 brelages à faire. Une fois le cadre réalisé on vient attacher les flotteurs à celui-ci. Les flotteurs étant eux aussi cylindrique on peut de nouveau utiliser des brelages, on en refait donc 4 entre les flotteurs et le cadre. Le brelage est une solution accessible (ne nécessite pas d'outils et est simple à apprendre), il répond tout à fait au besoin de lier deux cylindres. Bien serré, le brelage ne perd pas en tension et représente une attache fiable.

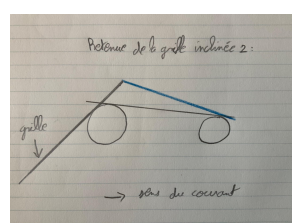
- Les supports de la grille :

Ici il nous faut trouver comment attacher la grille au module. Le cahier des charges impose que la grille soit inclinée de 45° par rapport à la verticale. On essaye de trouver une technique pour minimiser les efforts en flexion sur les bambous.

Dans un premier temps on pense à réaliser une butée qui viendrait se fixer sous les bidons et retenir la grille qui est poussée par le courant. Une deuxième solution émerge du groupe, retenir la grille par traction cette fois ci en imaginant un système de bras de levier.



1ère idée



2ème idée

C'est cette deuxième solution qui est retenue. Ce sont donc deux triangles que nous allons devoir réaliser, ils doivent permettre à la grille de reposer sur le module en étant inclinée de 45°. L'avantage de ces supports triangles est que l'angle de la grille est facilement réglable, de plus l'effort du courant sur la grille est bien réparti. On doit fixer ces supports à notre cadre.

Plusieurs choix s'offrent à nous : refaire des brelages, utiliser un système de vis écrou, utiliser des colliers de serrage. Nous optons pour la dernière solution qui est plus facilement implémentable sur notre prototype et qui ne détériore pas les bambous. Ainsi en emboitant deux colliers de serrage entre eux, on peut créer une liaison entre deux cylindres. Cette liaison n'a pas un angle strict, nous allons donc créer un triangle avec trois liaisons de ce type. Le support est maintenant bien installé. Il faut le stabiliser, il y a pour l'instant du jeu horizontal. Pour limiter le jeu, nous allons tendre deux cordes pour faire un système de haubanage qui viendra stabiliser le support. Puis lorsqu'on viendra rajouter la grille il n'y aura plus de jeu possible.



Gabarit du triangle à réaliser pour l'angle à donner au support de grille



Module avec grille montée

- Pose de la grille :

Il reste maintenant à poser la grille sur le support. Pour ce faire nous fabriquons un cadre à la grille. Alors avec 4 nœuds simples nous fixons le cadre de la grille à son support. Le cadre de grille est réalisé avec 4 bambous fixés entre eux par des brelages. Il est dimensionné afin que le cadre s'emboîte sur le support. À ce cadre, on vient fixer le grillage à l'aide de serre-flex. Puis une fois emboîté on attache le cadre et le support par des nœuds.

- Assemblage entre module et attache à la berge.

Pour relier deux modules entre eux plusieurs possibilités s'offrent à nous. Il faut répondre à plusieurs contraintes : la liaison ne doit pas être trop rigide, elle ne doit pas non plus permettre un angle trop grand entre les deux modules. Cette liaison doit autoriser plusieurs mouvements (vertical, horizontal, pivot). La liaison doit être rapide à mettre en place pour faciliter l'installation de la rivière dans l'eau.

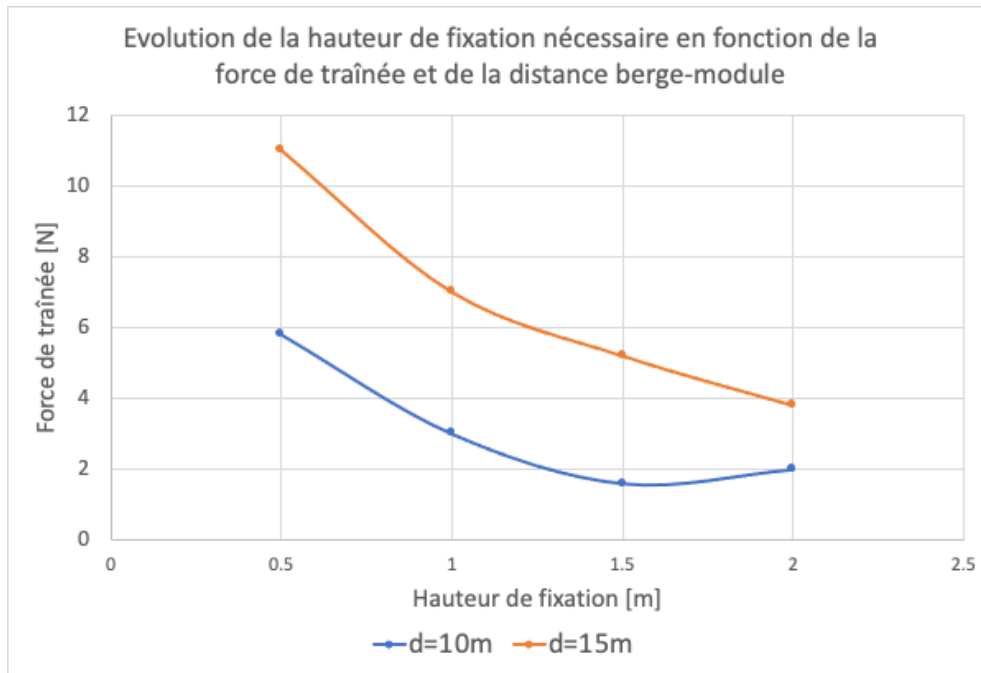


Plusieurs technologies sont envisagées : liaison mousqueton, liaison par latching (cordage), liaison par un cordage unique, liaison par manchons...

Après réflexion nous choisissons de rapprocher les modules entre eux grâce à une corde puis de mettre un manchon qui fait la liaison entre chaque bambou. Ce manchon est en fait un plus gros bambou dans lequel les bambous avant de chaque module viennent s'y glisser. Les manchons ne sont pas fixés, ils tiennent juste par la pression exercée par la corde qui rapproche les modules entre eux. Le diamètre supérieur du manchon permet un petit jeu entre les modules, mais empêche que deux modules se chevauchent.

La barrière est reliée à un côté de la berge par des cordes. À l'extérieur de chaque module (à gauche du module si la berge est à droite comme sur l'image) on fixe une corde qui relie le module à un pieu situé sur la berge. Pour une distance module-berge de 10m puis de 15m, on obtient le graphique suivant :





Ce graphique traduit l'évolution de la hauteur de fixation nécessaire sur le pieu afin que la corde soit au minimum 10cm au-dessus de l'eau, en fonction de la force de traînée qui s'applique sur le module. Cela nous permettra de nous assurer que même dans le cas d'un débit très faible, la corde sera suffisamment tendue pour ne pas traîner dans l'eau, et ainsi éviter le risque que certains déchets soient déviés par la corde. À partir de ce graphique, nous pouvons faire le constat suivant : plus la force de traînée est faible (c'est-à-dire plus la vitesse d'écoulement du fleuve est faible), plus la hauteur de fixation doit être élevée pour assurer un écart minimum de 10cm entre la corde et l'eau. Lors de la fixation des cordes, nous nous assurerons alors de les fixer le plus haut possible afin d'éviter le risque qu'une ou plusieurs cordes ne trempent dans l'eau. Ces tests ont été réalisés avec une corde de masse linéique 11g/m, mais le constat que nous en tirons s'appliquera pour toute autre corde. Cependant, plus une corde aura une masse linéique importante, plus son poids aura tendance à l'attirer vers l'eau et donc plus la hauteur de fixation devra être grande. On privilégiera ainsi les cordes les plus légères.

- **Ecartement entre la berge et le module :**

Si la berge est une plage en pente, on peut installer un grand bambou qui viendra écarter les modules du bord de la berge. Cela permet d'éviter que la grille touche le sable. Une autre possibilité est de découper la grille du premier module en fonction de l'angle d'inclinaison de la pente de la plage.

- **Installation du lest :**

Après essai et calculs mécaniques on a constaté la nécessité d'ajouter un poids à l'arrière du module pour éviter tout risque de basculement (cf Etude Mécanique). Il faut donc réfléchir à comment ajouter facilement ce poids. L'idée d'utiliser de l'eau pour faire du poids nous permet d'utiliser directement l'eau du fleuve et de ne pas avoir à sourcer un nouveau matériau. En ajoutant 15kg le module devient alors lourd et peu pratique à déplacer, ainsi on a souhaité que le poids puisse être ajouté et enlevé facilement. Une solution qui émerge est

d'utiliser les bidons arrière comme contenant. En les remplissant chacun de 7,5 litres d'eau, on obtient un poids équilibré sur l'arrière du module. Il faut donc dégazer les deux bidons arrière (cela n'importe peu puisque ce ne sont pas les bidons responsables de la flottabilité du système). Une fois dégazé on fait une entrée sur le haut des deux bidons, cette entrée doit pouvoir être bouchée. Nous utilisons un bouchon de bouteille de vin. Ainsi à chaque installation il suffit de remplir les modules arrière avec 7,5 litres d'eau de la rivière et notre barrière sera équilibrée. En sortant la barrière de l'eau, on réouvre les bouchons et on vide l'eau de chaque bidon.



6.3 Essais en rivière

6.3.1 Premiers essais 29/11

Nous sommes allés tester notre premier prototype de barrière à déchets sur l'Isère. C'est donc sous un temps pluvieux que nous nous sommes rendus au ponton du club d'aviron le mardi 29/11. Les objectifs de ces premiers essais étaient les suivants :

- Tester l'ergonomie de la barrière (transport, maniement) et sa praticité
- Tester la flottabilité de la barrière
- Faire des tests de résistance - valider les modèles mécaniques
- Tester le retournement de la barrière
- Réfléchir à l'installation de la barrière
- Améliorer le premier prototype en conséquence.

Conditions :

La journée où nous avons fait les tests était relativement ventée. Le vent allant dans la direction opposée au courant, nous avons eu des inquiétudes sur le comportement de la barrière dans ces conditions. L'Isère avait un débit de l'ordre de 0,35m/s.



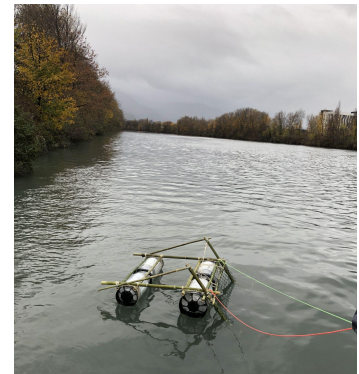
Les tests et les conclusions tirées :

Test de transportabilité : Le premier test consistait à transporter les deux modules de l'Ense3 au ponton du club de l'aviron, à côté du pont d'oxford. Nous avons pré-monté les modules, et il fallait simplement les transporter. Les modules sont assez légers et se portent très

facilement de façon verticale ou horizontale à deux. L'encombrement d'un module étant assez grand, il faut toutefois faire attention à ne pas s'accrocher quelque part ou buter contre quelque chose, ce qui viendrait abîmer la structure.

Test de flottaison : Le deuxième test consistait à valider la flottabilité du système. Nous avons donc pris un module attaché avec deux cordes et validé la flottabilité du module. Le module a très bien réagi malgré le vent. Le module flotte très bien et les fûts de bière ne se sont pas remplis.

Nous avons noté qu'il faudrait tester la barrière avec un débit plus important afin qu'elle se positionne mieux sur la rivière. Il était intéressant de pouvoir tester la barrière avec des conditions non optimales (faible débit + vent) puisque la barrière pourra faire face à des conditions similaires lors de futures installations.



Test de retournement: Le troisième test consistait à tester la résistance du module à la force de traînée et sa capacité à se retourner. La conclusion a été rapide, le module se retourne très facilement et la force de traînée est vraiment importante. Avec une vitesse de l'eau de 0,35m/s, et en tirant la barrière à contre-courant à une vitesse de marche de 0,32m/s, le retournement a lieu et la force mesurée avec un dynamomètre sur les cordes qui retiennent le module est d'environ 50 N. En additionnant la vitesse de l'eau et la vitesse de marche, nous en déduisons que la barrière se retourne lorsque la vitesse d'écoulement atteint 0,67m/s. Il est donc nécessaire de mettre une masse sur les flotteurs arrière et de trouver une solution pour les fixer. Théoriquement, nous avons calculé que pour une grille totalement obstruée et un écartement entre les deux bidons de 75 cm, il fallait une masse de 14,5 kg à l'arrière de la barrière pour empêcher le retournement.

Lorsqu'on calcule de façon théorique la force de traînée de notre module dans les conditions expérimentales ($l=75\text{cm}$, $m=0\text{kg}$), on obtient une force de traînée = 63N, soit un écart de 26% par rapport à notre valeur expérimentale (50N). Cependant, la prise de mesure expérimentale est assez imprécise puisque la valeur de force varie très rapidement sur le dynamomètre. Nous estimons alors que notre modèle théorique est cohérent avec les résultats de notre test.



Lors de ce test, un collier de serrage a cassé ! Il faudra veiller à bien serrer les colliers de serrage ou à en trouver de meilleure qualité ? La force de reprise à l'arrière du module (là où le collier a cassé) est donc importante.

Test d'assemblage de 2 modules : Assemblage de deux modules. Nous avons assemblé les deux modules sur ponton. Pour mettre l'assemblage dans l'eau, nous avons fait glisser en premier le module le plus loin de la berge puis le suivant (celui le plus proche de la berge). Le manchon reliant les deux modules a bien tenu étant donné que les modules étaient bien en compression. On a toutefois noté que l'écart entre les deux grilles est de quelques cm (entre 5 à 10) et que cela peut poser problème : fuite de déchets, complexité du ramassage de déchets s'ils ne sont plus dans l'angle formé par la berge et le 1er module.



Test de la traction sur les cordes:

Force exercée sur les systèmes de fixation. Nous avons voulu mesurer la force exercée sur les cordes qui retiennent la barrière. Ces cordes seront normalement fixées sur la berge avec un système d'attache (pieu, mousqueton, etc). Pour réaliser cette mesure, nous avons mis les deux cordes reliées à chaque module dans le crochet du dynamomètre, on mesure une force de 37N. On constate que tous les efforts ramènent les modules vers la berge. De plus, ce test nous a permis de vérifier que la corde est suffisamment tendue et qu'elle ne touche pas l'eau et donc ne perturbe pas la trajectoire des déchets si elle est fixée assez haut. Lors des prochains essais, il faudra réfléchir à la zone de

fixation des modules.

Futurs essais :

Lors de futurs essais, nous pourrions tester :

- La barrière avec plus de module
- La barrière dans un débit d'eau plus important
- La charge à l'arrière du module et refaire les mesure (en N) de la force nécessaire pour retourner la barrière

Croisement des résultats des essais et du cahier des charges :

Fonctions	Description	Conclusions tirées des essais
FP1	Dépolluer le fleuve de ses macro-déchets	Les essais sont concluants, les déchets (feuilles, brindilles et déchets plastique) sont bien stoppés. Le maillage des grilles est de 5 cm. Les déchets sont récupérés jusqu'à 40 cm de profondeur. Les déchets qui ne sont pas récupérés par cette barrière, le seront par d'autres barrières en aval. Attention à l'écart entre deux modules qui peut entraîner une fuite des déchets capturés.
FP2	Sensibiliser sur la thématique des déchets	Question sur la barrière lors du transport des modules jusqu'au ponton du club d'aviron. La barrière a l'air d'intéresser les passants.
FC1	Permettre que la barrière soit low-tech et répliquable	Ce prototype est très peu coûteux : moins de 20 euros par module, la corde et les colliers de serrage ont été achetés. Prototype construit à 6 et documenté en parallèle. Test de durabilité à faire ? Mais utilisation de matériaux qui résistent bien dans le temps.
FC2	Stocker les déchets	/
FC3	Extraire les déchets du point de stockage	Réfléchir à cela ! D'autres essais sont à prévoir pour tester nos solutions !
FC4	Préserver la vie aquatique fluviale	Aucun impact à signaler pendant les essais.
FC5	Permettre le trafic fluvial ⇒ barrière modulable	Aucune gêne
FC6	Choisir un lieu accessible	Les pontons du club d'aviron sont très praticables. Réfléchir à une solution lorsque les berges seront moins accessibles -> Premier module avec une grille coupée en diagonale.
FC7	Choisir un lieu ayant une dynamique fluviale adaptée	Lors des essais, le débit était très faible. Choisir un lieu différent pour les prochains essais.
FC8	S'adapter à la section du cours d'eau	Zone rectiligne. Pour les prochains essais, trouver un "virage"
FC9	"Rendre la barrière acceptable" auprès des riverains	/
FC10	Permettre une réparation aisée de la barrière	Les pièces sont toutes remplaçables. Pendant les essais, un collier de serrage s'est cassé, il peut être réparé facilement.

FC11	Rendre la barrière résiliente aux chocs et intempéries	Test de retournement de la barrière concluant. En effet, la barrière se retourne facilement si on augmente la force de traînée. Lors des essais, on a noté l'importance de fixer une masse à l'arrière du module. Il peut être intéressant de tester le retournement de la barrière avec un objet lourd.
------	--	--

6.3.1 Deuxièmes essais 17/01

Objectifs de la journée :

1. Tester la tenue et la forme de la barrière avec trois modules.
2. Mettre en place le système d'ancrage avec le pieu.
3. Mettre en place le système d'écartement de la berge.
4. Tester le lestage des bidons
5. Tester le rabattement de la barrière pour être en configuration ramassage.
6. Tester le retournement d'un module



Résultat de cette deuxième phase de test :

1. La barrière prend **une forme en U** qui permet de collecter les déchets. Elle est stable. Le débit d'eau est plus fort qu'à la dernière expérimentation.
2. Le pieu est tenu par **trois sardines** et les cordes reliées aux modules sont attachées tout en haut du pieu pour qu'elles ne trempent pas dans l'eau.
3. On a testé sur le module proche de la berge **une grille inclinée** pour éviter que la grille ne touche le sable. De plus pour écarter la barrière de la berge nous utilisons un grand bambou qui enfoncé dans le sol permet de maintenir une distance suffisante entre la berge et la barrière. Ce fonctionnement permet à la barrière d'être installée sur une berge à pente douce de type plage.
4. Le lestage est aisé (il faut prévoir plusieurs bouteilles pour remplir les bidons). Nous avons testé avec un **lestage maximum de 15kg par module**, on note qu'il n'est pas nécessaire de lester autant en fonction de la force de courant (du type de fleuve). Cependant nous avons ainsi validé la flottabilité des modules avec un lestage maximum.
5. Une fois rabattu, la barrière est suffisamment **proche de la berge** pour que les bénévoles puissent récupérer les déchets qu'elle contient à l'aide d'un filet de récupération.
6. Pour vérifier que le module peut se retourner sans se casser, nous avons réalisé un **crash test** de retournement. Le module se retourne sans se briser.

Les essais de cette journée aboutissent à une barrière fonctionnelle. L'expérimentation de l'installation nous aura permis de compléter notre guide d'utilisation.

6.4 Point de vigilance et d'amélioration

On remarque que certains bambous ont mal vieilli, en effet au bout de 3 mois quelques bambous étaient partiellement fendus. Ainsi il est recommandé d'être précis lors de la découpe et de choisir les bambous qui ont l'air les plus solides.

Aussi au bout d'un mois les premier brelages se sont desserrés. En effet les demi-clés (nœuds de fin du brelage) ont tendance à se desserrer. Pour pallier cela il faut sceller la fin du brelage pour qu'il ne puisse plus se relâcher. Une technique proposée est d'utiliser du scotch chatterton pour recouvrir la fin du nœud.

Les colliers de serrage utilisés pour notre prototype n'étaient pas tous de la même qualité. Il faut préférer les colliers de meilleure qualité, plus larges et résistants.

7. Etude environnementale

7.1 Etude d'impact

L'étude d'impact est réalisée pour tout projet et recense les impacts pour les différentes phases du projet (phase travaux, phase d'exploitation). L'étude commence par réaliser l'état initial de la zone d'étude, puis repérer les zones à enjeux et enfin quantifier les impacts sur le milieu de la zone d'étude.

Le document présentant l'étude d'impact est un document à part entière ci-joint.

7.2 Analyse de Cycle de Vie

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une méthode d'évaluation multi-étapes (production des matières premières, transport, fabrication du produit, distribution, utilisation et fin de vie) et multicritères (impacts sur les écosystèmes, les ressources et la santé). Utilisée comme outil d'éco-conception, elle permet d'identifier les éventuels transferts de pollution d'une phase du cycle de vie à une autre et/ou d'un indicateur environnemental à un autre lorsque diverses solutions sont envisagées.

Notre objectif est de comparer l'ACV de notre barrière à déchets sans prendre en compte les matériaux de récupération (nous considérons en réalité uniquement leur fin de vie), avec l'ACV de notre barrière à déchets en considérant l'ensemble des étapes de la vie de chacun des matériaux, y compris ceux de récupération. En plus d'observer les impacts de la production de notre barrière, cela nous permettra de valoriser les bienfaits de l'utilisation des matériaux de récupération.

Afin de réaliser une ACV, il est nécessaire d'étudier plusieurs étapes :

- Choix de la technologie à étudier et des objectifs et champs de l'étude :

Notre objectif est de faire l'ACV d'un module de la barrière à déchets low-tech construite avec des matériaux de récupération. Grâce à cette ACV, nous pourrions évaluer l'impact environnemental d'un module de la barrière et identifier les principaux facteurs et points chauds de son cycle de vie. Le but étant aussi d'évaluer la pertinence de la construction de la barrière à déchets, nous pourrions analyser sur quels points la barrière a un impact environnemental fort et analyser en parallèle quels impacts sur l'environnement elle peut aussi empêcher pour une utilisation sur un temps défini. Nous pouvons en effet imaginer plusieurs types d'impacts causés par la présence de déchets dans les rivières et fleuves (impact visuel, ingestion de déchets par les animaux, transport d'espèces invasives via les déchets, présence de microplastique, ingestion par l'homme via l'eau et son alimentation, toxicité...). Tous ces éléments seront à mettre en parallèle avec le résultat de l'analyse de cycle de vie et d'impact de notre barrière. De plus, nous avons utilisé beaucoup de matériaux de récupération lors de la construction de la barrière à déchets. En effet, les bidons, le grillage, les bambous ont été récupérés. Lors de notre ACV, nous comparerons les impacts de notre barrière en considérant la récupération des matériaux mais aussi sans la considérer.

- Unité fonctionnelle

L'unité fonctionnelle que nous avons choisie pour l'ACV de notre barrière est *l'utilisation quotidienne d'une barrière à déchets pendant une saison (7 mois). Aucune défaillance des pièces n'est supposée pour le scénario d'ACV.*

- Frontières de l'étude

Energie : Nous nous arrêterons à la phase de production et à la phase d'utilisation de la barrière

Transport : Pour le transport de la barrière nous prendrons en compte la phase de transport des matériaux, de leur extraction et utilisation jusqu'à leur lieu de production.

Fin de vie : Nous considérons aussi la fin de vie des matériaux, leur recyclage ou leur incinération par exemple.

Réutilisation : Hypothèses de l'étude

Plusieurs hypothèses ont été réalisées lors de la réalisation de l'ACV, nous les détaillons ci-dessous.

Nous voulions, à la base, utiliser le logiciel Simapro et la base de données Ecoinvent. Seulement, suite au non fonctionnement du logiciel, nous avons réalisé l'ACV grâce à une base de données simplifiée sur Excel. L'utilisation de cette base de données nous a demandé à plusieurs reprises de faire de larges hypothèses sur les matériaux utilisés, l'excel n'étant pas complet sur tous les matériaux et procédés utilisés par la barrière.

Afin de réaliser l'ACV, il faut multiplier l'impact de l'unité du matériau utilisé par la quantité présente dans la barrière ainsi que son poids. Pour cela, nous avons réalisé une liste des matériaux.

Type de matériau	Quantité	Poids	Etat du produit
Structure			
Bambou	L116 Ø3 (x3) L130 Ø3 (x3) L140 Ø3,5 (x2) L110 Ø3 (x2)	12,38m de bambou ⇒ 5,7kg	Récupération
Fût de bière	L57cm Ø30cm (x2) L57cm Ø24cm (x2)	5,5kg	Récupération
Serflex	4	2,13g	Neuf
Collier de serrage	12	0,12kg	Neuf
Corde en sisal	40m	0,3g	Neuf
Grille			
Plastic PVC (Grillage)	1m x 1m25	1kg par m ²	Récupération
Serflex	12	6,4g	Neuf
Bambou	L125 (x2) L100 (x2)	4,5m de bambou ⇒ 2,07kg	Récupération
Corde en toile de jute	6m	0,04g	Neuf
Attache			
Corde escalade	20m avec une corde de 11g/m	220g	Neuf

Manchon (négligé)	1		Récupération
-------------------	---	--	--------------

Les étapes suivies afin de réaliser l'ACV sont les suivantes :

- 1) Récupérer pour chaque matériau sa composition et sa provenance. Par exemple, pour le grillage nous avons pris en compte qu'il est composé à 80% d'acier galvanisé et à 20% de PVC. Ainsi en répertoriant, les matériaux utilisés, la base de donnée prend en compte les impacts sur l'environnement causés par la phase de production
- 2) La deuxième étape est de prendre en compte des éventuels procédés de transformation appliqués sur les matériaux afin de les transformer en produits finis. Par exemple, pour le grillage nous prendrons en compte le procédé d'extrusion du PVC afin de glisser le fil en acier galvanisé à l'intérieur.
- 3) La troisième étape consiste en la considération du transport des matériaux (routier ou maritime), du lieu de production jusqu'au lieu de vente.
- 4) La dernière étape consiste à prendre en compte les impacts liés à la fin de vie des matériaux.

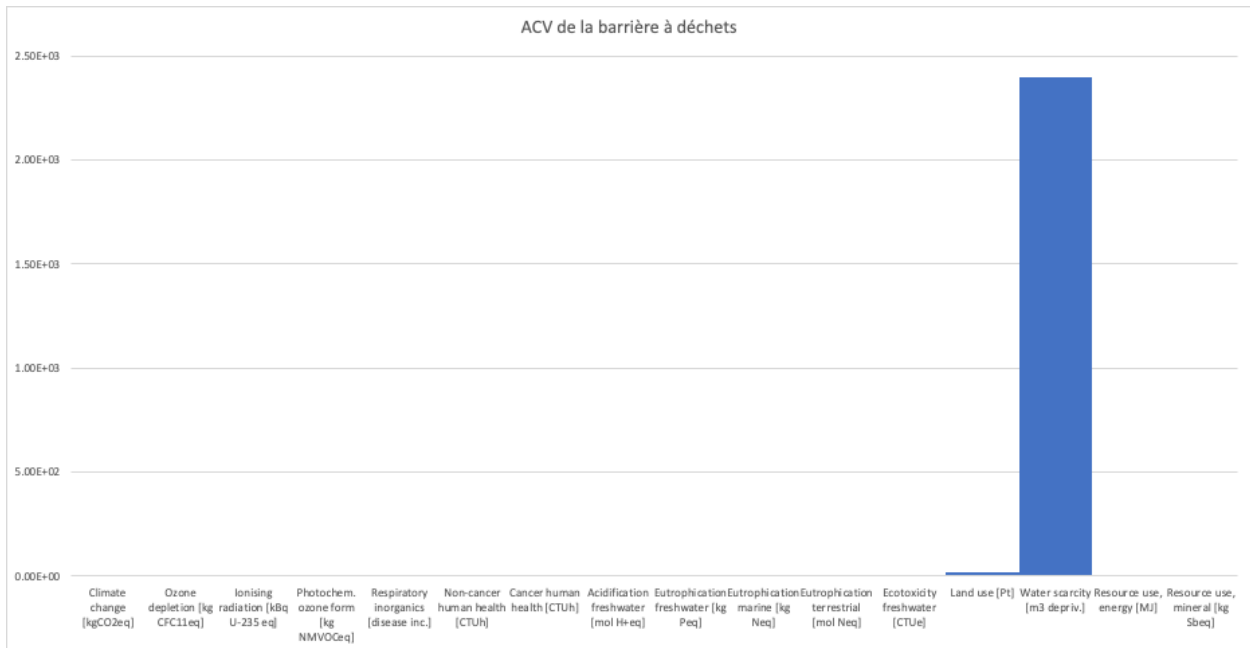
Lors de ces 4 étapes, tous les impacts ont été pris en compte, c'est à dire que nous reportions les données d'impacts comme le changement climatique, amincissement de la couche d'ozone, les rayonnements ionisants, les maladies respiratoires liées aux fibres inorganiques, les effets non cancéreux et cancéreux sur la santé humaine en unité comparative de toxicité pour l'humain, l'acidification de l'eau douce, l'eutrophisation de l'eau douce, de l'eau de mer et terrestre, l'écotoxicité de l'eau douce, l'utilisation des terres, le stress hydrique, les utilisations des ressources : minéraux et d'énergie.

Hypothèses

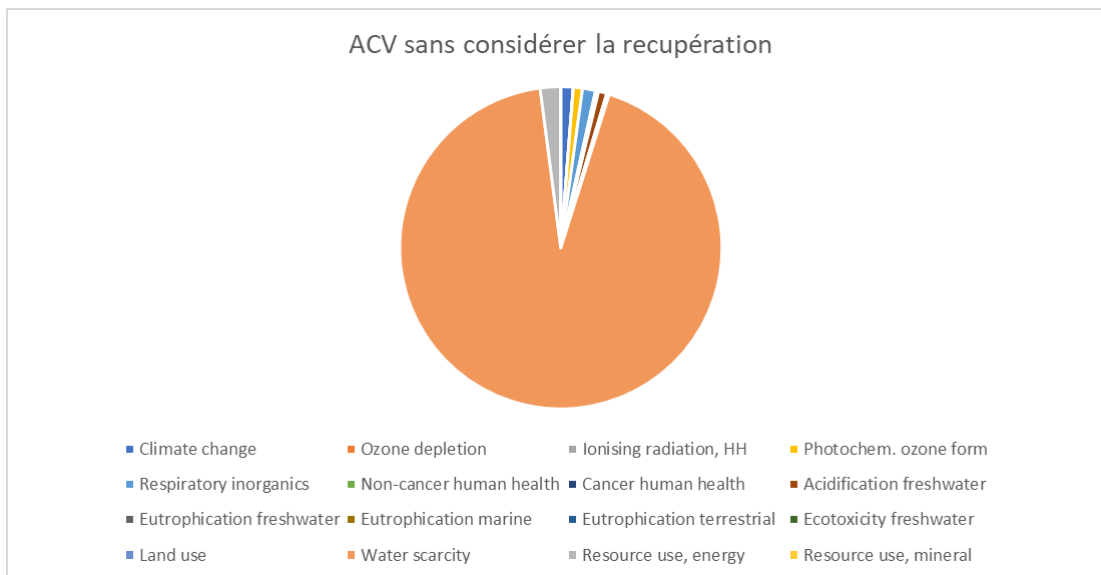
Lors de chaque étape, plusieurs hypothèses ont été émises. Les bambous et les serflex sont considérés incinérés dans une station municipale. Pour les colliers de serrage, nous considérons qu'ils sont composés d'acier galvanisé et nous ajoutons un processus de découpe afin d'obtenir le produit fini. Le collier de serrage est recyclé dans un centre spécial pour la fin de vie de l'acier. Pour les fûts de bière nous considérons que le PET est en partie recyclé. En revanche, nous n'avons pas trouvé le matériau sisal dans la base de données simplifiée avec laquelle nous avons réalisé l'ACV. Nous remplaçons donc le matériau sisal par le kéna, une autre fibre végétale. Le sisal est majoritairement produit au Brésil, nous avons donc fait l'hypothèse que le sisal que nous avons utilisé provient du Brésil également. Pour le transport, nous suggérons que la partie Brésil-Marseille est réalisée en cargo puis en transport routier de Marseille à Grenoble. Pour la fin de vie du produit, nous faisons l'hypothèse que la corde sisal est incinérée dans une station d'incinération municipale. Pour l'élément grillage de jardin, nous considérons que 20% du poids provient du PVC et 80% de l'acier galvanisé. Nous considérons aussi que le poids au mètre carré est de 1kg. Nous considérons aussi le procédé extrusion du PVC et qu'il a été fabriqué en France

Une fois toutes ces étapes réalisées et tous les impacts additionnés, il faudra pondérer les valeurs obtenues par des facteurs correspondant à l'impact sur les limites planétaires afin de réajuster les unités entre elles selon leur gravité.

Résultats



Afin de comparer et quantifier les impacts de la barrière à déchets sur l'environnement, nous avons réalisé l'ACV et obtenu les résultats suivants : Ces résultats ont été calculés avec des matériaux neufs et non de réemploi.



Quantification des différents impacts en considérant que tous les produits sont neufs

Comme évoqué précédemment et étant donné que le but de la fabrication de notre barrière est d'utiliser des matériaux en réemploi, nous avons aussi réalisé une ACV en ôtant de notre analyse les phases de production et de transport pour les matériaux fûts de bière, grillage et bambous. En revanche, nous avons gardé la phase de fin de vie.

Comparaison des impacts en considérant ou non l'utilisation de matériaux de réemploi

Nous avons donc aussi calculé la somme des impacts venant de toutes les étapes et de tous les matériaux puis nous les avons comparés avec celles calculées prenant en compte tous les

matériaux sans distinction de récupération ou non. La variation d'impact pour la pénurie d'eau est de -95%.

Interprétation des résultats

À partir du graphique ci-dessus, nous constatons que les limites planétaires ne sont globalement que peu impactées par la fabrication de notre barrière. L'une d'entre elles est cependant à prendre en considération : la pénurie d'eau. En effet, pour une barrière où nous prenons en compte l'ensemble des impacts (donc même ceux des matériaux de récupération), la quantité d'eau utilisée est de 2400m³, ce qui n'est pas négligeable. L'eau est principalement utilisée lors de la production de certains matériaux, comme le plastique qui prend une place importante dans notre ACV (les fûts de bière sont en PET, qui requiert beaucoup d'eau pour être produit (111m³ par kg d'après notre base de données)).

Cependant, il est bon de prendre en compte également l'impact positif de notre barrière sur les ressources en eau. En effet, les déchets qui vont être récupérés par notre barrière seront principalement du plastique.

Les déchets plastiques que nous allons récupérer seront en partie recyclés (26% selon les chiffres de PAPREC). Ainsi, en récupérant du plastique dans les fleuves et rivières, celui-ci permettra la fabrication de nouveaux produits en plastique, qui consommeront donc moins d'eau à la fabrication puisque une partie du plastique aura déjà été produite. On peut alors estimer le nombre de kg de plastique à récupérer dans le fleuve pour « compenser » les ressources en eau que nous avons utilisées pour fabriquer notre barrière.

En effet, pour produire 1kg de PET (plastique utilisé pour la fabrication des bouteilles en plastique), l'industrie moyenne utilise 111m³ d'eau (*source : base de données EF System for PEF pour le PET*).

Ainsi l'utilisation de 2400m³ d'eau équivaut à la production de 21,6kg de PET. Pour avoir un impact neutre sur les ressources en eau, il faut donc que nous récupérions assez de déchets pour les recycler et ainsi être capable de produire 21,6kg de PET à partir de déchets recyclés. Étant donné que seulement 26% du plastique est recyclé, il faudra que nous récupérions au moins 83,2kg de PET en 7 mois. Cela revient à 400g de déchets plastiques récupérés par jour, ce qui est totalement réalisable.

7.3 Impacts des matériaux

Notre barrière est conçue de manière low-tech, c'est-à-dire avec une technologie simple et en utilisant des matériaux en général recyclés. L'enjeu est de savoir comment les matériaux utilisés (flotteur, grille, cadre...) se comportent dans l'eau afin de prévoir l'impact sur le milieu.

Liste des matériaux principaux utilisés et fonctions :

Objets	Fonctions	Matériaux
Bidons de bière vides	Flotteur	Plastique contenant du CO ₂ sous pression
Grillage de jardin	Grille	Plastique PVC + métal
Bambou	Cadre	Bambou

Corde (brelage)	Assemblage	Corde sisal
Corde (fixe à la berge)	Tension de la barrière	Corde fine montagne
Collier de serrage	Assemblage	Métal

Nous allons étudier pour chaque type de matériaux son comportement à moyen-long terme dans l'eau afin de prédire un potentiel impact négatif sur l'environnement. Si le matériau a un impact négatif sur l'environnement, l'idée est de le remplacer par un autre qui répond aux conditions de la barrière low-tech mais qui ne pollue pas le milieu.

a) Plastique PVC

Il y a deux points sur lesquels nous devons être vigilants :

- une pollution de l'eau par casse du matériau à cause des conditions climatiques.

Le PVC se dilate fortement sous l'effet de la chaleur et devient cassant par température négative. En outre, le PVC est sensible à la grêle.

- une pollution de l'eau par décomposition du matériau

Dans cette partie nous nous sommes inspirés des études faites pour les conduites en PVC acheminant l'eau potable. L'enjeu est de savoir si l'eau a pu être polluée dans une conduite PVC si elle a eu un temps de séjour relativement long dans la conduite.

Le principal polluant lié au PVC est le monomère de chlorure de vinyle (CVM). Habituellement, le CVM est entièrement polymérisé dans le PVC et seule une très faible teneur en monomère résiduel peut migrer de la conduite dans l'eau potable. Le chlorure de vinyle dans l'eau s'évapore habituellement rapidement lorsqu'il se trouve près d'une surface, et a une faible solubilité dans l'eau. Cependant, le CVM dans un état inchangé (non altéré) est une substance cancérigène pour l'homme et est réglementé dans l'eau potable ainsi que dans les aliments et l'air.

Dans le cas de la barrière, la grille en PVC se situe à $\frac{3}{4}$ dans l'eau et $\frac{1}{4}$ dans l'air. De plus, l'eau est à surface libre donc il y a évaporation rapide du CVM. Enfin dans le cas d'une rivière ou d'un fleuve, l'enjeu de la potabilité de l'eau se pose moins.

<https://www.dhigroup.com/presences/emea/france/news/2018/la-qualite-de-l'eau-est-elle-affectee-par-le-pvc-dans-les-canalisation-en-plastique-.g.-#:~:text=Le%20chlorure%20de%20vinyle%20dans,les%20aliments%20et%20l'air>

b) Bambou

Le bambou présente l'avantage d'avoir une très bonne résistance à la flexion et c'est un matériau naturel. Sa solidité est exceptionnelle car la fibre de bambou est jusqu'à 8 fois plus résistante que la fibre de bois et reste légèrement plus résistante que le fer (3kg/mm² de plus). C'est la raison pour laquelle le bambou est énormément utilisé en Asie pour la construction de maisons et de ponts.

Le bambou peut vivre dans des zones très humides, et peut être en partie immergé, mais seulement pendant une courte durée. Si on immerge le bambou ou la tige de bambou pendant une trop longue durée, le Bambou pourri de l'intérieur mais ça ne se voit pas ! Le problème est que la pourriture provoque une hausse des taux de nitrites, mortel pour la biodiversité aquatique. Cette information est tirée d'expérience en aquarium, où le bambou était dans une surface fermée avec l'eau.

Pour avoir un avis certain sur les bambous, nous avons demandé l'avis d'Agnès Boyer, professeur de traitement de l'eau à Grenoble INP. Le bambou étant un matériau naturel, il ne posera pas de problèmes de pollution de l'eau s'il vient à se décomposer dans la rivière.

<https://www.greenly.earth/blog-fr/le-bambou-est-il-vraiment-ecologique>

<https://poissons42.forums-actifs.com/t3835-attention-le-bambou-ne-tiens-pas-dans-l-eau>

http://www.ville-ab2s.fr/public/Medias/rubriques/laville/la_bamboueraie_plaquette_12p_21x21cm_web.pdf

c) CO₂

Les bidons de bière, qui servent de flotteurs, sont remplis de CO₂ sous une pression de 4.1 bar. Le CO₂ est totalement isolé donc il n'y a pas de danger d'explosion. Le seul risque est celui d'une brusque décompression lors d'une mauvaise manipulation. L'étanchéité des bidons sera testée en amont de l'installation de la barrière mais dans le cas où une fuite surviendrait une quantité de CO₂ serait rejetée dans l'eau. Le rapport du GIEC est très clair face aux émissions de CO₂ : l'absorption du CO₂ dans l'eau entraîne une modification chimique des masses d'eau. Il en résulte : une augmentation des ions hydrogènes, responsable de l'acidification de l'océan et une diminution des carbonates de calcium. Les quantités de CO₂ émises en cas de fuites seront minimales et n'auront probablement pas d'impact significatif sur le milieu mais il faut être conscient des conséquences.

<https://surfrider.eu/locean-et-le-climat-partie-2-locean-puits-de-carbone-et-fournisseur-doxygene/#:~:text=L'absorption%20de%20CO2%20ce,diminution%20des%20carbonates%20de%20calcium>

d) Plastique fût de bière

Le bidon est constitué de deux enveloppes distinctes:

- L'enveloppe extérieure, en PET, assure la solidité de l'ensemble et résiste à la pression. Elle est souvent complétée par un fond renforcé et des poignées facilitant le transport.
- Une poche souple interne qui contient la bière.

L'antimoine (Sb) est un élément métalloïde utilisé comme catalyseur sous la forme de composés tels que le trioxyde d'antimoine (Sb₂O₃) ou le triacétate d'antimoine dans la réaction de polymérisation pour la production de PET. Après la fabrication, une quantité détectable d'antimoine peut être trouvée à la surface du produit. Ce résidu peut être enlevé par lavage, mais l'antimoine reste dans le matériau lui-même.

L'OMS a publié une évaluation des risques liés à l'antimoine dans l'eau de boisson. La limite maximale admissible d'antimoine pour l'eau potable a été fixée par l'OMS à vingt parties par milliard (OMS, 2003) et la limite pour l'eau potable aux États-Unis est quatre fois inférieure (de six parties par milliard).

L'Office fédéral de la santé publique suisse a étudié l'importance de la migration de l'antimoine en comparant les eaux embouteillées en PET et en verre : les concentrations d'antimoine dans les bouteilles en PET étaient plus élevées, tout en restant nettement inférieures à la concentration maximale autorisée en Suisse. L'Office a conclu que de petites quantités d'antimoine migraient du PET vers de l'eau en bouteille, mais que le risque pour la santé des faibles concentrations en résultant est négligeable (1 % de la « dose journalière tolérable » telle que fixée par l'OMS). Trois ans plus tard, une autre étude (2006), plus largement médiatisée, a confirmé des quantités similaires d'antimoine dans l'eau des bouteilles en PET au Canada et en Europe.

Après discussion avec Agnès Boyer, le temps de décomposition du plastique est de l'ordre de l'année ou plus. Or la barrière à déchets a pour objectif de fonctionner une saison de WINGS c'est à dire 7 mois.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Poly%C3%A9r%C3%A9phtalate_d%27%C3%A9thyl%C3%A8ne

<https://www.beertime.fr/le-saviez-vous/le-service-d-une-biere/fute-le-fut-de-biere>

http://projet.amertume.free.fr/documents/AP_191001_1.pdf

e) Corde sisal (brelage)

Les cordes de sisal sont très durables. Ils se caractérisent par une résistance élevée aux produits chimiques, à l'humidité et à l'abrasion. Ils sont difficiles à déchirer, ils sont donc utilisés dans la voile et l'industrie lourde. Sous l'influence de l'humidité, les cordes deviennent rigides et dures.

Les cordes de sisal sont fabriquées à partir de fibres d'agave sisal cultivées sous des climats tropicaux. Leurs propriétés uniques ont été connues dès le XVIIIe siècle, à l'époque du développement du transport maritime et des découvertes géographiques. Le sisal n'est pas élastique, mais sensible aux étirements et en même temps solide et durable. Même l'eau salée ne lui fera pas de mal.

<https://www.stanke-cordes.fr/cordes/corde-de-sisal/>

<https://presqu-ile-de-crozon.com/environnement/cordage-marin-001.php#:~:text=640.000%20tonnes%20de%20filets%2C%20lignes,Le%20progr%C3%A8s%20est%20souvent%20trompeur.>

f) Corde (attachée à la berge)

Certaines cordes d'attache à la berge seront immergées (ou une partie au moins). D'expérience en escalade, les cordes mouillées ont deux inconvénients : elles sont beaucoup plus lourdes et leur résistance peut être affectée. Nous n'avons pas trouvé plus d'informations sur leur dégradation potentielle dans l'eau.

7.4 Bilan carbone

La nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) a été implémentée dans l'article 75 de la loi Grenelle II en juillet 2010 dans le domaine de l'environnement. En termes d'énergie et climat, l'objectif central était de réduire de 20% les émissions de GES en 2020. En août 2015, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) est votée afin de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et à la préservation de l'environnement. La LTECV introduit notamment la Stratégie Nationale Bas Carbone qui a pour but d'orienter tous les secteurs d'activité pour mettre en œuvre une transition vers une économie bas-carbone, circulaire et durable. Elle a deux ambitions : atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 et réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français.

Pour réussir à quantifier les émissions de GES (CO₂, méthane, protoxyde d'azote...) d'une entreprise ou d'un individu, il existe un outil appelé Bilan Carbone. Il a été créé par l'ADEME, puis repris par l'Association Bilan Carbone, afin de quantifier les émissions directes et indirectes de GES de tout produit, service ou entité humaine. La méthode est publique et reconnue nationalement. Elle consiste à caractériser les activités en 3 scopes :

- Scope 1 émissions directes : installations, équipements et véhicules de l'entreprise
- Scope 2 émissions indirectes : achats d'électricité, chauffage et refroidissement

- Scope 3 émissions indirectes : tout le reste de l'activité (fabrications des biens et services achetés, trajets des collaborateurs, transport et distribution) Cf. annexe 4

Après cette première analyse, il est possible de déterminer les postes les plus émetteurs et de mettre en place des stratégies de réduction et des actions concrètes et durables au sein de la structure.

Comme tout projet de transition, il est nécessaire de réaliser le bilan carbone du projet de la barrière à déchets. Nous avons pris en compte 5 pôles différents.

- Énergie utilisée : chauffage des locaux, scie radiale - Scope 2
- Déplacements : voiture, tram et vélo - Scope 3
- Matériaux neufs : colliers de serrage, serflex, corde sisal et escalade - Scope 3
- Fret des matériaux neufs - Scope 3
- Matériaux de récupération : fûts de bière, bambous et grillage - Scope 3

1. Énergie utilisée

- Chauffage des locaux et électricité du bâtiment

Pour déterminer notre consommation d'électricité et de gaz (pour le chauffage), nous avons utilisé les données récupérées lors de notre TP de Bilan Carbone, qui correspondent aux consommations de l'école :

- Électricité : 22 kWh/m².an
- Gaz naturel : 112 kWh/m².an (en kWh PCS)

Nous avons alors multiplié ces valeurs par la surface que nous avons utilisé (20m²) et divisé par le temps de projet (2j/5 pendant 6 mois ⇒ 0,2 an)

$$G = 20 \cdot 112 \cdot 2/5/2 = 448 \text{ kWh}$$

$$E = 22 \cdot 20 \cdot 2/5/2 = 88 \text{ kWh}$$

- Utilisation de la scie radiale

Afin de couper les bambous, nous avons utilisé la scie radiale du Fablab de l'ENSE3. Nous avons fait l'hypothèse qu'on l'utilisait pendant 1 min au total pour construire un module.

Puissance = 1000W

$$E = 1000 \cdot 1/60 = 50 \text{ Wh}$$

- Utilisation des ordinateurs

Nous avons utilisé nos 6 ordinateurs 6h par jour pendant 34 jours (nombre de séances de projet). N'ayant pas l'information de la puissance pour tous nos ordinateurs, nous utilisons les 2 valeurs de puissance que nous connaissons (150W pour l'ordinateur de Fabien et 135W pour celui d'Amandine) pour déterminer une moyenne que nous appliquerons à nos 6 appareils. Au total, on obtient l'énergie consommée suivante :

$$E = 6 \cdot 142,5 \cdot 34 \cdot 6/1000 = 174 \text{ kWh}$$

2. Déplacements

- Domicile - Travail

Sam a réalisé le même trajet (3 km) en tram 20 fois (10 allers-retours), soit au total 60 km de tram. Clara a également pris le tram 68 fois (34 allers-retours) pour réaliser un trajet de 1,6 km, soit un trajet total de 108,8 km.

Les autres ont utilisé exclusivement le vélo comme moyen de transport.

- Déplacements professionnels

Nous avons utilisé la voiture pour récupérer des bambous chez un particulier à Meylan, du grillage chez un autre particulier à Claix et pour nous rendre à L'entrepôt du bricolage. Au total, nous avons parcouru 50 km et consommé 3L de gasoil.

3. Matériaux neufs et fret des matériaux neufs

Pour chacun des matériaux neufs, nous nous sommes renseignés sur leur lieu de production principal, puis nous avons estimé la distance de trajet entre le lieu de production et Grenoble. Pour les matériaux provenant de Chine et du Brésil, nous avons supposé un fret maritime jusqu'à Marseille, avant un fret routier de Marseille à Grenoble.

Afin de déterminer les distances fluviales parcourues par les conteneurs, nous avons utilisé le site suivant : [Lien](#)

Concernant le fret routier, nous avons considéré l'utilisation de camions porte-conteneurs >21 tonnes.

Pour le fret maritime, nous avons considéré l'utilisation de pousseurs > 880 kW.

Après discussion avec un consultant bilan carbone, il s'est avéré que ces deux moyens de transport sont les plus utilisés pour le fret de nos matériaux.

Pour déterminer l'impact carbone de chacun des transports, nous entrons dans le tableur le poids du matériau que nous utilisons multiplié par la distance parcourue en km.

Matériau	Poids	Provenance - Fret
<p>Collier de serrage en acier Ref : Collier de serrage</p> <p>Description collier de serrage x15</p> <p>Caractéristiques détaillées Garantie légale de conformité Garantie commerciale Poids (kg) Réf. ANPF Réf. fabricant</p>	<p>Quantité : 12 colliers par module</p> <p>Poids collier = $0.14/15 = 9.33$ g</p> <p>Poids total = $12 \times 9.33 = 111.96$ g</p>	<p>Chine premier producteur d'acier (très largement)</p> <p>Fret fluvial Qinhuangdao-Marseille : 20000km</p> <p>Fret routier Marseille-Grenoble : 300km</p>
<p>Ficelle en sisal Ref : Corde en sisal</p>	<p>Quantité : pour un module</p> <ul style="list-style-type: none"> - 8 x 2,50 m de corde entre les bambous de la base - 4 x 7,25m de corde 	<p>Nous n'avons pas trouvé la provenance du sisal mais les deux origines principales sont la Tanzanie et le Brésil.</p>

<p>Caractéristiques détaillées</p> <p>Marque Longueur (m) Produit phytosanitaire Type de corde Diamètre (mm) Charge utile maximum (kg) Famille de couleur Garantie légale de conformité Garantie commerciale Poids (kg) Réf. ANPF Réf. fabricant</p>	<p>entre les bambous et les bidons</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 x 1,5 m de corde pour fixer la grille à son support - 2x 1,5m de corde pour réaliser les haubans de fixation des triangles de soutien de la grille <p>Longueur totale utilisée = 58 m Poids corde = 1.05/180 = 5.83 g/m</p> <p>Poids total = 5.83*58 = 338.14 g</p> <p>Emission : 270 kgCO2eq/t Emission Sisal</p>	<p>Brazil : 270 kg CO2 eq Tanzanie : 694 kg CO2 eq</p> <p>On fait l'hypothèse que notre ficelle provient du Brésil.</p> <p>Fret fluvial Conceicaozinha Terminal (Brésil)-Marseille : 11500km</p> <p>Fret routier Marseille Gre : 300km</p>
<p>Serflex en Nylon Ref : serflex</p> <hr/> <p>Poids du produit nu (en kg)</p> <hr/>	<p>Quantité : pour un module</p> <ul style="list-style-type: none"> - x12 pour fixer la grille - x4 pour accrocher les bidons <p>Poids 30 serflex = 16g Poids 1 serflex = 16/30 = 0,53g</p> <p>Poids total = 0,53*16 = 8,53 g</p>	<p>Chine</p>  <p>Fret fluvial Qinhuangdao - Marseille : environ 20000km</p> <p>Fret routier Marseille-Grenoble : 300km</p>
<p>Corde d'escalade en nylon Ref : corde escalade</p> <p>Poids au mètre : 11g</p>	<p>Quantité : pour la barrière</p> <p>15m * 5 module (pour être accroché à la berge)</p> <p>1.5m*5 (corde entre les modules)</p> <p>Pour avoir une borne supérieure on prend une longueur totale de 100m</p> <p>Poids corde = 11g/m Longueur = 100m</p> <p>Poids total = 11*100= 1100g</p>	<p>France (Marque BEAL)</p> <p>Notre usine historique est installée à Vienne, dans le département de l'Isère. Sur trois niveaux, nous produisons 50% des cordes que nous vendons dans le monde. Parmi ces produits <i>made in France</i>, la grande</p> <p>Fret routier Vienne-Grenoble : 100 km</p>

4. Matériaux de récupération

- **Bidons** : En guise de flotteur nous utilisons des fûts de bière vides Keykeg à usage unique. Dans un schéma d'utilisation classique, les fûts sont recyclés à 60 % après leur utilisation. Dans notre cas, nous réutilisons ces fûts pendant encore quelques années donc cela allonge considérablement leur durée de vie et donc diminue leur impact sur l'environnement. On estime que les émissions de GES liées aux bidons sont déjà prises en compte dans le périmètre de la brasserie. Si on les prend en compte dans notre BC, cela constituerait à comptabiliser deux fois les mêmes émissions. Le recyclage des bidons après usage pour la barrière sera réalisé de la même manière que prévu initialement par la brasserie.
- **Bambou** : seulement le trajet pour les récupérer est pris en compte. Récupération chez un particulier qui a coupé sa forêt de bambous.

5. Intrants informatiques

Concernant les intrants informatiques, les 6 étudiants du projet utilisent leur ordinateur personnel. Nous avons fait le choix de ne pas les prendre en compte car nous utilisons nos PC à d'autres usages qu'au projet donc le périmètre est trop large. En revanche, nous avons bien pris en compte l'énergie utilisée par les ordinateurs au cours du projet.

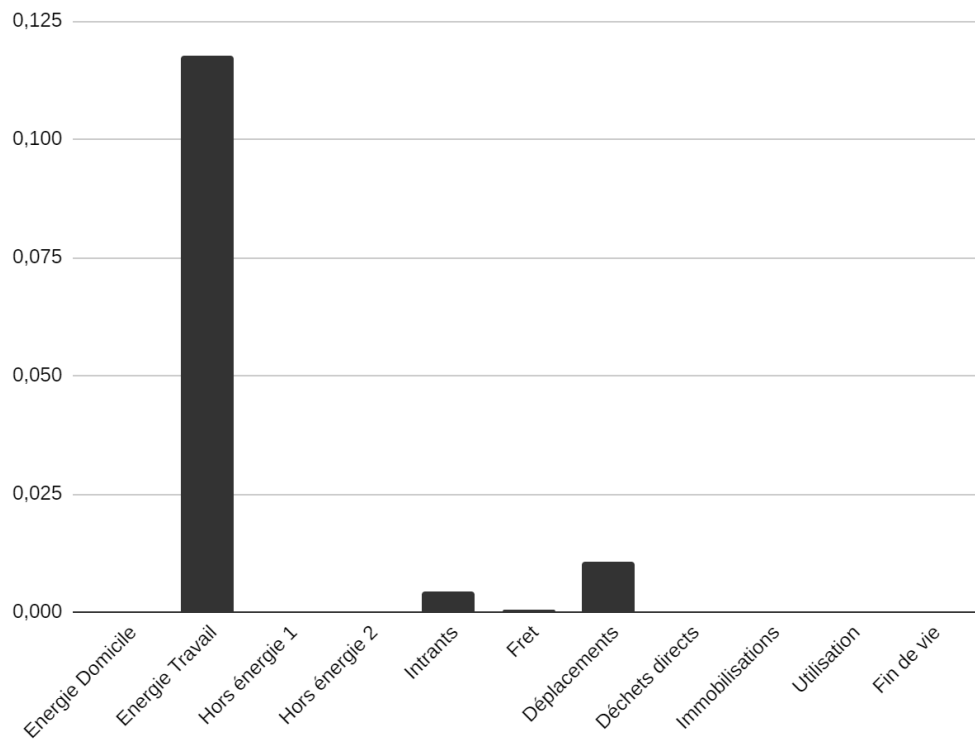
6. Fin de vie

- Recyclage à 60% des fûts de bière qui repartent dans le schéma général de la brasserie.
- Recyclage à 70% des colliers de serrage en acier.
- Réutilisation de bambous pour usage artistique
- Déchets : la corde de sisal (biodégradable), grillage de jardin (pris en compte dans le bilan carbone du particulier)
- Nylon : peut-être recyclé à 100%. Nous considérons un recyclage à 80%.

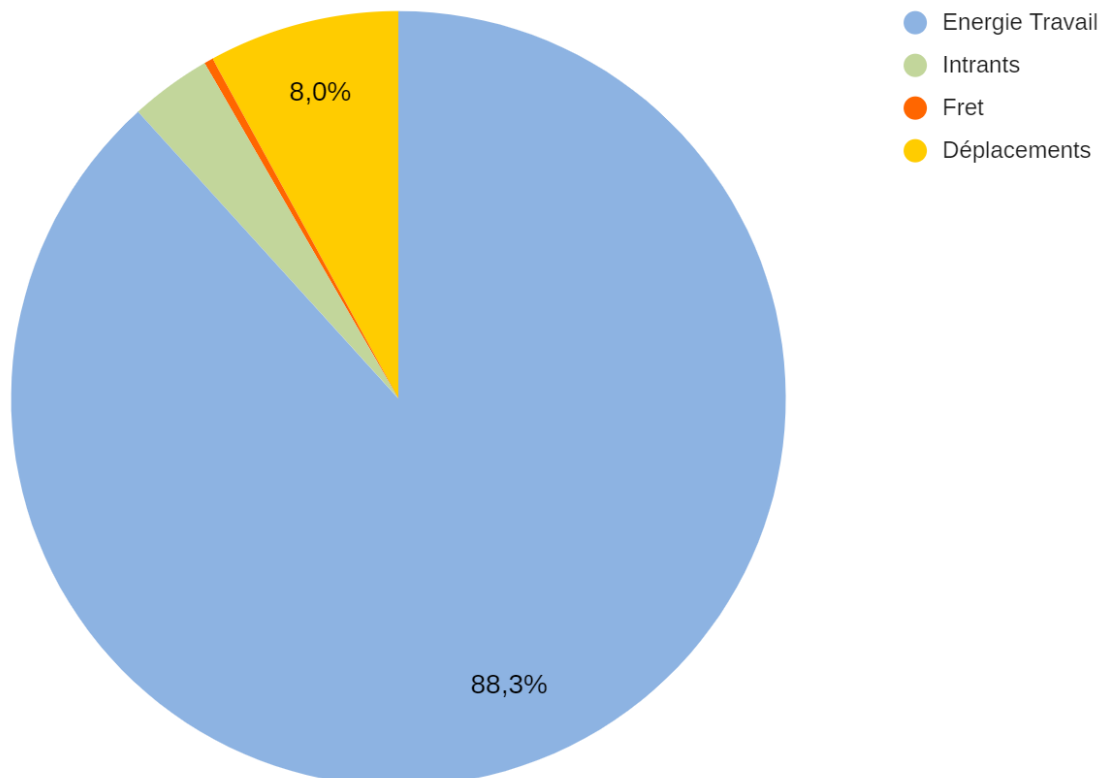
7. Bilan

Finalement, le poste le plus émetteur du projet est « l'énergie travail » de 129 kg CO₂ eq, qui prend en compte le chauffage, l'énergie utilisée pour faire fonctionner les ordinateurs et la scie circulaire. Le deuxième post le plus émissif est les déplacements de 10 kg CO₂ eq comprenant les trajets domicile-travail et les trajets pour les achats.

BILAN CARBONE®
Emissions de GES par catégorie, en tCO2



Bilan Carbone®
Emissions de GES par catégorie, en %



8. Retours utilisateurs

8.1 Retours utilisateurs documentation & construction

Dans le cadre de notre projet "barrière à déchets", nous avons demandé à deux étudiants de l'IAE Grenoble de venir construire un module de la barrière à déchets. Cela nous a permis d'avoir un premier retour des utilisateurs de notre documentation technique. Nous avons analysé les discussions que nous avons eu pendant ce temps d'échange ainsi que leurs réponses au questionnaires qu'ils ont remplis après coup.

De plus, lorsque nous avons fait des tests de la barrière sur l'Isère, nous avons eu des questions des passants :

- A quoi sert la barrière ?
- Dans quel cadre s'inscrit-elle ?

8.1.1 Questionnaire

Dans le cadre de l'amélioration du concept "Barrière à déchets", nous aimerions recueillir votre avis sur l'utilisation de la documentation pour construire un modèle.

- 1) Votre ressenti sur la construction de la barrière (créneau du 7/12) ?

Nous avons bien été guidés par Amandine lors de l'assemblage du module. Il manquait quelques éléments et photos dans la documentation mais Amandine a su nous aiguiller de façon à ce que nous puissions avancer. Lors de ce créneau de 2h, nous avons pu réaliser un module en entier.

- 2) Toutes vos questions ? (il n'y a pas de question bête, elles nous aident même à améliorer notre communication autour du concept et à améliorer le prototype)
 - *Comment ça se passe si une entité souhaite avoir la documentation afin de construire son propre module, faut-il envoyer un mail à l'association pour qu'elle leur envoie la documentation ?*

- 3) Nos questions:

Concernant le concept de la barrière à déchet:

- Connaissez-vous le concept de la barrière à déchets ?

Seul l'un de nous deux avait déjà entendu parler d'un concept similaire.

- Pensez vous que la barrière à déchets soit utile ?

On pense que cette installation est très utile d'autant plus si elle est utilisée dans beaucoup d'endroits différents afin de collecter un maximum de déchets.

- Par qui pensez-vous que ce concept peut-être utilisé ?

On pense que ce projet pourrait être utilisé par les communes, villes, départements disposant d'un cours d'eau et souhaitant nettoyer celui-ci. Cela ne relèverait pas d'une

initiative personnelle de chaque habitant mais d'une initiative des communes et/ou d'associations de protection de l'environnement car les habitants n'ont sans doute pas le droit d'implanter de telles installations sur des fleuves.

- Aimeriez-vous utiliser cette barrière ?

Comme expliqué dans la question précédente, nous ne pensons pas être concernés par l'utilisation de la barrière en tant que simple habitant mais si cela était possible, nous serions intéressés.

- Quel est selon vous l'intérêt de cette barrière ?

Selon nous, la barrière a pour intérêt de :

- *Sensibiliser les populations sur la préservation de l'environnement (but éducatif)*
- *Dépolluer les fleuves*
- *Encourager les gens à ne pas jeter leurs déchets dans la nature ou les cours d'eau car si quelqu'un voit la barrière à déchet ou des affiches dessus, cela peut l'inciter à faire plus attention à la pollution plastique (but incitatif)*

Concernant la construction de la barrière à déchet

- Que pensez-vous de la documentation ? Quels sont les points d'amélioration ?

La documentation était détaillée malgré quelques éléments manquants. Notamment, certaines photos qui devaient aider à la compréhension et quelques côtes pour le positionnement des bambous. Pour la partie sur le triangle de soutien de la grille, nous avons eu besoin d'un patron, on pensait que ce serait bien de le rajouter dans la documentation car cela évite de mesurer à chaque fois les dimensions exactes. Aussi, lors de l'étape de mise en place du cadre au-dessus des bidons, il serait judicieux de préciser le sens où l'on doit placer le cadre (de façon à ce que les bidons s'imbriquent dedans). Mis à part la technique de brelage, le reste est grandement accessible au plus grand nombre sans aucune connaissance technique. Globalement la documentation est claire et facile à suivre.

- Trouvez-vous que la barrière est facilement constructible ?

Avec quelques précisions apportées à la documentation comme précisé dans la question précédente, la documentation pourra suffire à la construction. Au niveau technique, on a bien besoin de la vidéo sur le brelage pour réussir à le réaliser.

- Que pensez-vous de l'ergonomie de la barrière ?

La barrière est simple à transporter, il faut bien préciser qu'être deux est nécessaire afin de ne pas l'endommager.

8.1.2 Analyse semi-structurée des résultats

Interlocuteur	Verbatim	Besoin de la preuve de l'efficacité de la barrière ?	Expression de l'intérêt / du potentiel de la barrière	Limites perçues ?
Riverain	"A quoi sert la barrière ?"	x	x	
Riverain	"Dans quel cadre s'inscrit la barrière à déchets ?"	x		x
IAE	"Comment trouver la documentation ?"		x	x
IAE	"La documentation était détaillée malgré quelques éléments manquants.[...]. Globalement la documentation est claire et facile à suivre."	x		x
IAE	"Lors de ce créneau de 2h, nous avons pu réaliser un module en entier."		x	
IAE	"On pense que cette installation est très utile d'autant plus si elle est utilisée dans beaucoup d'endroits différents afin de collecter un maximum de déchets"		x	
IAE	"On pense que ce projet pourrait être utilisé par les communes, villes, départements disposant d'un cours d'eau et souhaitant nettoyer celui-ci. Cela ne relèverait pas d'une initiative personnelle de chaque habitant [...] qui n'ont sans doute pas le droit d'implanter de telles installations sur des fleuves. "		x	x
IAE	"La barrière est simple à transporter, il faut bien préciser qu'être deux est nécessaire afin de ne pas l'endommager. "		x	x

8.1.3 Analyse approfondie de l'expérience utilisateur

Nous avons réalisé notre expérience utilisateur sur la construction de la barrière à déchets, c'est-à-dire la construction d'un objet. Quand on parle de construction on est au delà d'un concept, c'est du DIY. Dans notre cas, le test utilisateur permet d'avoir des retours sur l'ergonomie de la mise en œuvre du système. En proposant directement une technologie et non un concept, on rencontre une difficulté à faire décoller les utilisateurs dans l'imaginaire. On reste collé à cet objet. L'ergonomie permet de toucher du doigt l'acceptabilité sans l'atteindre réellement. De plus, il faut faire la différence entre l'attitude et le comportement. On va observer des comportements mais pas des attitudes car on a déjà un objet mais pas un prototype qui laisse l'imaginaire.

Ce n'est pas un feedback sur l'utilisation car ce serait expérimenter la pose de la barrière dans un cours d'eau ainsi que sa maintenance et sa fin de vie.

8.2 Retours utilisateurs en rivière & utilisation

Expérience utilisateurs en utilisation en rivière est la prochaine étape que nous n'avons pas eu le temps de faire avant la fin du projet. L'idée serait de transporter les modules de notre barrière jusqu'au pôle WINGS de Marseille, afin de faire des tests utilisateur sur l'utilisation, la maintenance et la fin de vie avant le début de la saison 2023 de l'association qui débute en avril.

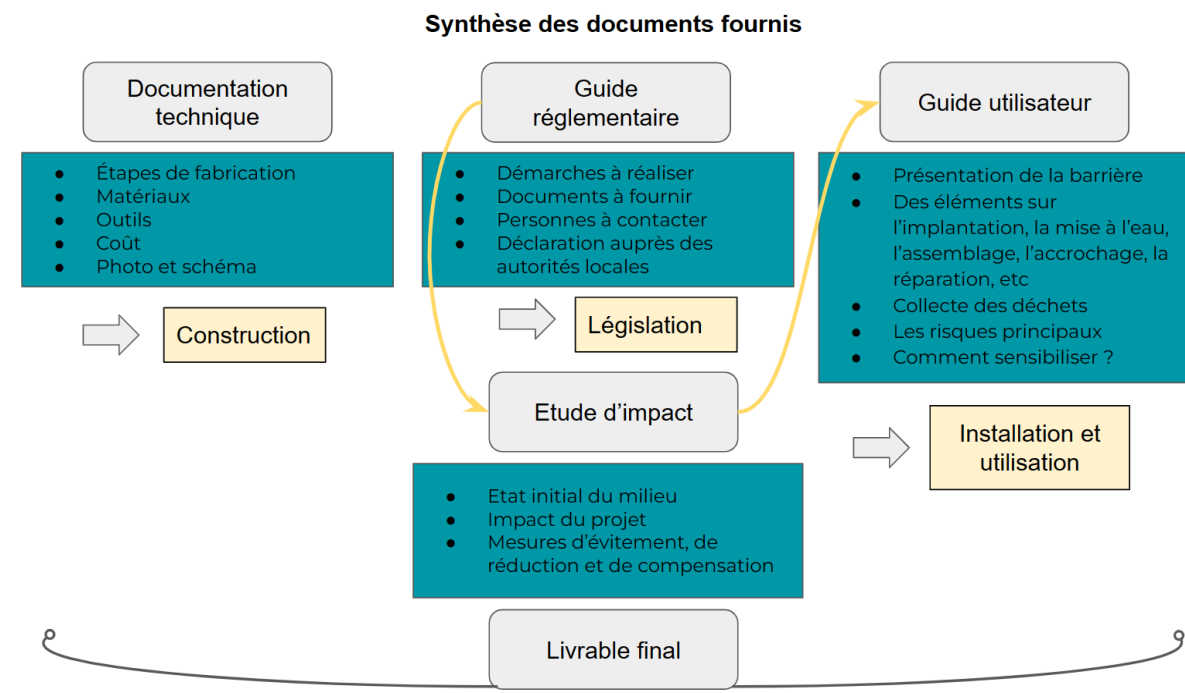
9. Impacts sociétaux et environnementaux

Les deux fonctions principales de la barrière établies dans le cahier des charges sont : dépolluer les cours d'eau et sensibiliser autour des enjeux de la pollution des déchets dans l'eau. La barrière prend soin d'un bien commun en nettoyant le fleuve et en avertissant la population d'une pollution présente sur ce dernier.

Aussi la construction et la mise en place de la barrière constitue une activité manuelle qui se veut agréable. Manipulation d'outils simple, apprentissage de nœuds, l'utilisation de matière végétal (bambou). Réalisé en groupe, la création et l'installation d'une barrière à déchets créer du lien et une motivation autour d'un projet commun. Cela créer un lieu de convivialité.

10. Documentation pour Wings of the Ocean

Afin de transmettre le travail réalisé lors du projet, nous avons préparé différents guides que nous donnons à Wings of the Ocean. Le récapitulatif des documents est donné dans le schéma ci-dessous:



10.1 Documentation technique

La documentation est disponible sur ce lien :

https://pad.lescommuns.org/barri%C3%A8re_%C3%A0_d%C3%A9chet?both

Mode d'emploi permettant de fabriquer la barrière, trouver les matériaux, assembler les pièces. Vidéo, image, texte à faire évoluer. Elle garantit à toute personne voulant construire une barrière à déchet un accès à notre méthode de construction. Les mesures, les cotations, les plans sont disponibles. Une partie est également prévue pour que chaque personne construisant la barrière puisse ajouter les lieux et les adresses où elle a pu récupérer les matériaux utilisés pour la barrière.

10.2 Guide d'utilisation

Dans le guide d'utilisation, nous essayons de donner toutes les informations pratiques concernant l'utilisation de la barrière. Nous abordons les points suivants:

- Les rivières adaptées pour utiliser la barrière
- Une présentation de la barrière et du dispositif complet
- Le schéma d'implantation et de mise en oeuvre de la barrière
- L'assemblage et la mise à l'eau de la barrière
- Accrochage de la barrière à la berge
- Assemblage et mise à l'eau de la barrière
- Extraction des déchets et valorisation
- La réparation de la barrière
- Les risques principaux
- Comment sortir la barrière de l'eau ?
- Comment sensibiliser ?

10.3 Guide réglementaire

Nous prévoyons de fournir un guide réglementaire pour aider les bénévoles de l'association à déclarer leur installation. Le projet étant mené sur l'eau, celui-ci est encadré par les réglementations de la Loi sur l'eau. Ainsi un dossier est à constituer auprès de la préfecture en question pour poser la barrière. Dans ce guide réglementaire, nous accompagnons les bénévoles avec tableau de contact à démarcher, afin qu'il lance les procédures directement chez les bons interlocuteurs. Nous leur précisons également quelles sont les pièces à apporter et les conditions d'acceptation de la déclaration.

10.4 Passation

Le 12 janvier 2023, nous avons organisé une réunion de présentation du projet avec les différents chefs de projet de Wings. Ces derniers s'occupent de mener des projets dans le cadre de l'association lors d'une saison Wings (de avril à octobre). Ils seront responsable de s'approprier au mieux notre projet, en utilisant les différents guides, afin d'utiliser la barrière à déchets comme un réel outil pour lutter contre la pollution plastique dans les fleuves et océans. La mission étang de Berre de l'association paraît assez pertinente pour l'installation de cette barrière et des projections sont faites sur la rivière La Cadière.

Nous continuerons de suivre le développement du projet et nous nous assurerons que la passation du projet se fasse bien. De plus, une proposition de recrutement d'un stagiaire de deuxième année a été évoquée par l'association afin de superviser le lancement du projet. Nous allons creuser cette piste, et voir comment cela pourrait se mettre en place concrètement.

11. Conclusion

Ce livrable présente l'avancement de notre projet "Barrière à déchet". Nous avons utilisé différents outils pour répondre au mieux à la demande de Wings of the Ocean et fabriquer le premier prototype pour la saison 2023 de l'association. Les documentations réalisées sont vouées à assurer un transfert optimal entre notre projet fil rouge et les besoins de l'association.