

Interreg Sudoe **iNUNDATI**O



European Regional Development Fund

Tecnología predictiva
al servicio de las personas

INUNDATIO

Automatización del modelado de riesgos de inundaciones en cabeceras de cuenca a través de técnicas de inteligencia artificial y Big Data

Proyecto SOE3/P4/E0929

WP4.1 Report

May 2022

Index

1	Changelog and abstract.....	4
2	Introduction	5
3	Bref état de l'art des barrières mobiles de protection contre les inondations	6
3.1	Ouvrages poids.....	6
3.2	Ouvrages "judo" (flap dam)	8
3.3	Ouvrages dièdres.....	10
3.4	Ouvrages mixtes.....	10
4	Références normatives.....	11
5	Systèmes existants sur les bassins tests.....	12
6	Descriptif du système testé.....	13
7	Essais en conditions réelles	14
7.1	Principe d'installation et de positionnement.....	15
7.2	Sollicitations hydrauliques	17
7.3	Résultats.....	18
7.4	Implication sociale, communication	24
8	Bilan des tests, recommandations	25
9	Références.....	26

1 Changelog and abstract

VERSIÓN	FECHA	SOCIO	MODIFICACIONES
V1.0	22/04/2022	Cerema	First draft

Protections of existing stakes may not always be based on permanent defences such as dykes or dams. Civil protection may use temporarily defences, and buildings can temporarily be adapted

As the use of sand bags, several Movable water gates have been imagined to deflect the flow or protect some stakes from a flood.

The test of new design for anti flood barriers aims at characterizing both absolute performances and capacity to be set in the short time provide by the flood anticipation.

Many tests have been made in labs but only a few in real conditions (except for more conventional systems like sand bags or pre-installed barriers).

Real conditions test should aim at confirming performances estimated in labs, but also may determine the reasonable anticipation time need to set-up the defence at the beginning of the crisis. As Inundatio is focused on basin heads, the anticipation time seems critical for the efficiency of the protection.

For Inundatio, we chose to test one of the new design proposed and tested in natural but controlled conditions, with interesting results but also some malfunctions, within Interreg 2 Seas Polder2C. These barriers, build In Vigo (Spain), promoted by Cuirassier, a french Company based within the Sudoe Area, may present the advantage of a simple and easy installation, with only a two-team of operators and no needs to leverage engine. It could so be adapted to cities with only a little number of employees that can be mobilised during the flood, or basin heads where reinforcement should arrive too late.

2 Introduction

La protection des enjeux existants sur un bassin versant soumis au risque inondation ne peut pas systématiquement s'appuyer sur des protections permanentes comme les digues et barrages. La sécurité civile peut ainsi avoir recours à des défenses temporaires, et les bâtiments peuvent recevoir des adaptations le temps de la crue.

Depuis l'usage des traditionnels sacs de sables, de nombreux types de batardeaux et barrières ont été imaginés pour dévier la crue ou protéger des enjeux particuliers.

Les essais en laboratoire de ces systèmes sont nombreux mais les retours d'expérience en situation réelle restent limités (hors sacs de sables et batardeaux fixes).

Les essais en situation réelle doivent permettre de confirmer les performances des systèmes évaluées en laboratoire, mais également de déterminer un temps minimal d'anticipation requis pour la mise en place de la défense au début de la crise.). Le projet Inundatio étant focalisé sur les têtes de bassins versants, aux crues rapides, la capacité d'anticipation apparaît critique pour l'efficacité de la protection.

Dans le projet Inundatio, nous avons choisi de tester et d'évaluer les performances d'un nouveau type de défense, élaboré et fabriqués dans le périmètre Sudoe, ayant déjà fait l'objet d'essais en conditions naturelles contrôlées dans le cadre du projet Interreg Polder2C (sur une configuration ayant évolué depuis). Ces "éléments mobiles de protection contre les inondations", développés par la société Cuirassier à Poitiers (Nouvelle-Aquitaine) et construits à Vigo (Galice), semblent présenter l'avantage d'un déploiement simple et rapide par un nombre d'opérateurs limité et sans besoin d'engins de levage. Il pourrait donc être particulièrement adapté aux communes des têtes de bassins où le nombre d'employés mobilisables serait faible et où les renforts arriveraient potentiellement trop tard.

3 Bref état de l'art des barrières mobiles de protection contre les inondations

Nota : cet état de l'art n'aborde que les systèmes dits mobiles, pouvant opérer sans ancrages préinstallés et n'ayant pas été conçus sur mesure pour un site ou un bâtiment. Les systèmes ancrés sur mesure comme les batardeaux ou murs escamotables ont déjà démontré leur réelle efficacité et leur opportunité dans le cadre de la réduction de la vulnérabilité aux inondations. La catégorisation employée est issue des analyses Cuirassier-Cerema mais est largement similaire à celle retenue par Koppe et Brinckmann [1]. Les qualités et défauts soulevés, issus d'un benchmark général, doivent évidemment être évalués dans le contexte précis où la barrière serait utilisée, comme pour Malerova et al. [2]. En outre, les principales causes de défaillances de ces systèmes sont rappelées mais ne sont pas exhaustives. Malgré le processus de normalisation, aucun système ne peut être réputé infaillible [3].

3.1 Ouvrages poids

Ces ouvrages autoportants fondent leur stabilité face aux inondations principalement par la masse propre de la défense. Relativement rustiques, simples de conception, ils nécessitent des ressources importantes pour leur installation.



Fig. défenses par sacs de sable et par big-bag (Harbeck)

Ces solutions peuvent s'adapter à quasi toutes les situations, pour un coût réduit. La mise en place des sacs de sable sollicite de nombreux utilisateurs et/ou est longue, et imposent le transport de fortes masses, avec des moyens adaptés. Ces assemblages sont relativement poreux et souffrent de problèmes de stabilité. Les solutions big-bag améliorent la stabilité et la

porosité mais nécessitent des pelles mécaniques pour le remplissage. Leur délai de mise en place n'est que très peu compatible avec les crues rapides.



Fig. défenses par blocs bétons assemblés (Yewstop) et composite (MRP)

Sur sols plats, ces défenses permettent de bonne performances sur des hauteurs importantes. Leur coût reste moyen à important et les moyens nécessaires à la mise en œuvre importants, dans des délais là encore incompatibles avec les crues rapides. Ils sont largement plus tolérants à la surverse que des sacs de sable.



Fig. barrières par boudins remplis (NOAQ, Tigerdam)

Ces systèmes permettent, pour un cout modéré, une mise en œuvre rapide (délais compatibles avec les crues rapides) et avec des moyens restreints de défenses de faibles hauteurs. Les capacités d'ancrages sont limitées, la stabilité peut parfois être problématique. On dispose actuellement d'un nombre relativement conséquent de tests [4] et retours d'expérience sur ces systèmes. Malgré une tolérance accrue, le système reste vulnérable à la surverse.



Fig. structures poids rigides profilées (FloodStop, Aqua-Levee , AquaBarrier)

Des structures optimisant mieux la répartition des masses permettent des défenses de hauteur variables pour un poids et un volume à transporter plus réduit. Le coût et la durée installation de ces éléments reste important, et généralement incompatible avec les crues rapides.

3.2 Ouvrages "judo" (flap dam)

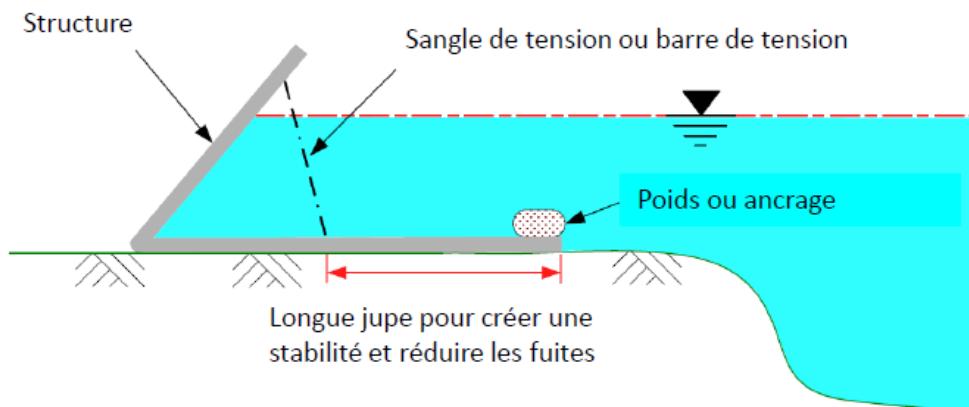


Fig. principe de fonctionnement d'un ouvrage "judo" (source : Cuirassier)

Les ouvrages judo, ainsi dénommés car se basant sur la masse d'eau à retenir pour déployer et stabiliser. Trop légers pour être autostables, la stabilité doit être assurée pendant les premiers débordements par un poids ou un ancrage appliqué côté rivière.

Ce type de défense a un temps de déploiement parmi les plus courts pour des protections mobiles, pour un nombre d'opérateurs généralement limité. Il est ainsi particulièrement adapté au contexte de crues rapides et têtes de bassins étudié par Inundatio.



Fig. structures rigides de faible hauteur (NOAQ, mairie de Cannes)

Ces éléments nécessitent très peu de manipulation, leur coût est relativement réduit, les contraintes à reprendre doivent rester faibles et le support très favorable.



Fig. structures souples (Alteau, Watergate, Rapidam)

Très rapidement déployées, par un nombre d'opérateur restreint et pour un coût réduit. Une vigilance et un accompagnement doivent être accordés durant la crue pour assurer une bonne mise en charge de la barrière, un suivi des fuites et du niveau (pas de tolérance à la surverse). Des éléments rigides sont parfois intercalés pour faciliter la mise en charge. Ces systèmes sont en cours d'adoption par de nombreuses collectivité et entreprises.

3.3 Ouvrages dièdres

Poids pour créer une résistance au vent

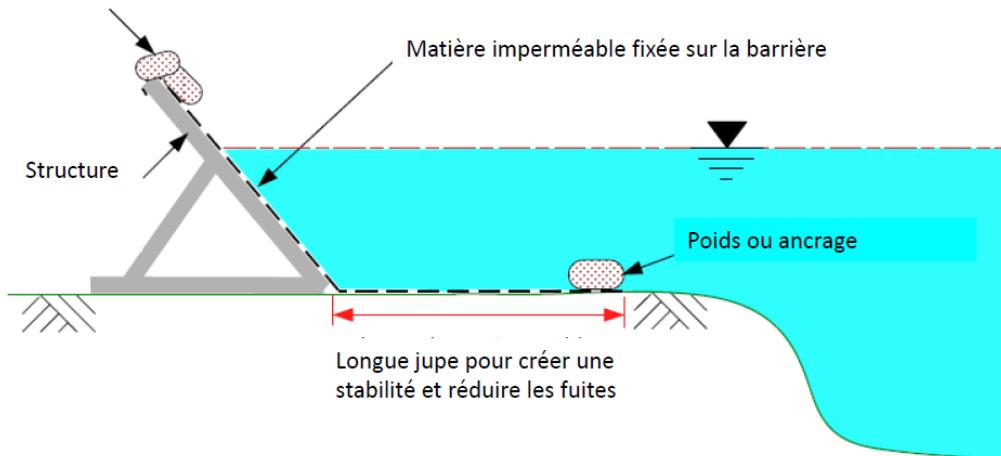


Fig. principe de fonctionnement d'un ouvrage dièdre (source : Cuirassier), exemples de défenses mobiles (Portadam, Geodesign)

La stabilité de ces ouvrages mobiles repose sur une structure avec poutrelles triangulaires ou jambes de force pour résister aux crues sans devoir déplacer une masse excessive. De temps de déploiement variable (parfois incompatible avec les crues rapides), et d'un coût moyen à conséquent, ils peuvent en théorie permettre d'atteindre de bonnes performances sur des hauteurs importantes.

3.4 Ouvrages mixtes

Des combinaisons de ces différents principes peuvent être mises en œuvre pour assurer la défense contre les inondations. L'élément mobile Cuirassier utilise ainsi à la fois le principe du dièdre et des barrières judo.

4 Références normatives

Au moins deux normes existent pour évaluer les performances des barrières mobiles :

- la norme US FM Approval 2510 [5] à laquelle on fait ici référence,
- la norme équivalente anglaise BS 851188-2:2019.

La norme US évalue et certifie les barrières mobiles sur 3 critères :

- la résistance et le taux de fuite face à une charge hydrostatique maintenue constante et en l'absence d'agitation,
- la résistance à des vagues de faible amplitude à 80% de la hauteur du système,
- la résistance aux chocs mécaniques causés par les corps flottants.

La performance réelle est uniquement exprimée en taux de fuite. Toute défaillance mécanique du système aboutissant automatiquement à des valeurs de fuites rédhibitoires, ce critère suffit à assurer une performance sur l'ensemble des critères.

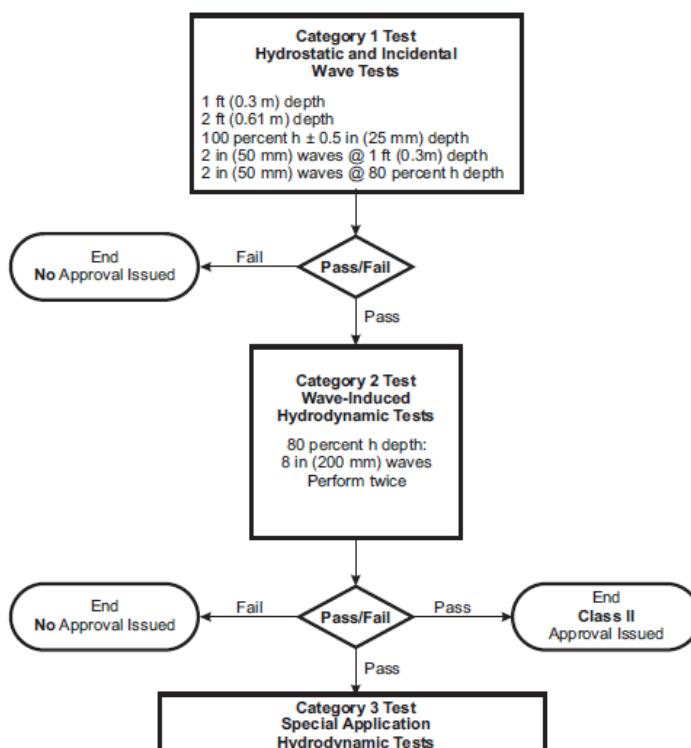


Fig. extrait du FM approval 2510 standard

A titre indicatif, dans les conditions idéales rencontrées, les taux de fuites cibles sont inférieurs à 100l/h par mètres de défenses, soit un apport d'eau négligeable dans la zone protégée. En situation réelle, les seules fuites acceptables pour les systèmes brevetés doivent donc provenir des défauts de sols.

5 Systèmes existants sur les bassins tests

A COMPLETER

Au moins un système mobile de défense contre les inondations est actuellement employé sur les bassins tests français. Confronté à des inondations fréquentes de la grotte de Massabielle (grotte de l'apparition), l'autorité des Sanctuaires de Lourdes a équipé l'entrée d'un dispositif mobile sur mesure basé sur des boudins gonflables. Les bâtiments plus « classiques » sont-eux équipés de batardeaux et murs amovibles. Les conditions de mises en œuvre particulières, avec appui sur les côtés, permettent un empilement sur une forte hauteur. L'installation a été soumise en 2018 à une crue et a permis de nettement atténuer les dommages causés au sanctuaire.



Fig. assemblage de boudins anti-inondation à l'entrée de la Grotte de Massabielle (Crédit photo : Sanctuaire de Lourdes/Vincent)

6 Descriptif du système testé

Le module testé est une barrière temporaire de protection contre les inondations en milieu aménagé, développé par la société Cuirassier. Il peut être installé, avec une fixation au support ou non, sur des sols imperméables comme l'asphalte, les surfaces pavées ou le béton. Il doit permettre d'agir en urgence lors d'inondations, rapides ou lentes, en zone à sol imperméable, sans nécessiter de moyens importants.

Chaque élément se présente sous la forme d'une valise transportable à deux agents (42kg pour les prototypes, poids cible légèrement inférieur sur les séries). Ils sont empilables sur des europalettes standards (mais excèdent légèrement leur largeur).

Le module repose sur une combinaison du fonctionnement des systèmes dièdres et judo : le système lors du remplissage trouve sa résistance mécanique dans la rigidité des matériaux et une reprise des efforts par deux jambes de force. Au fil de la montée de l'eau, les cylindres se remplissent et apportent une masse supplémentaire pour contrepoids, compression du joint de sol et stabilité de la ligne de défense, apportée directement par l'inondation.

Le principe retenu pour les liaisons permet des angles aigus importants côté inondation (les angles côté protégés sont limités par la structure et les contrepoids). Le système peut donc s'adapter à des situations variées sans raccords spécifiques. Les raccords des prototypes sont aujourd'hui assurés par visserie classique. Cet élément doit être aménagé pour les séries, avec des systèmes.

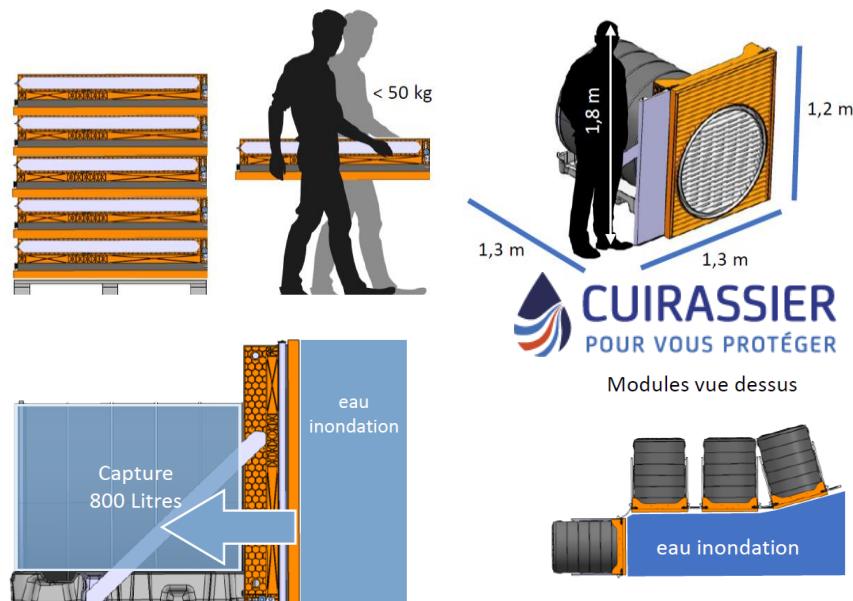
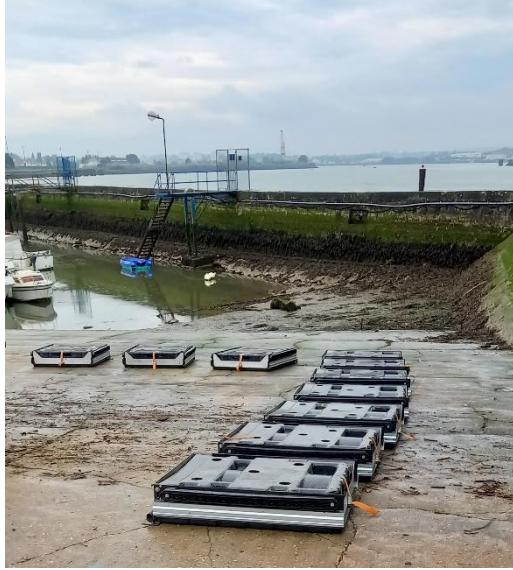


Fig. schéma de principe des barrières mobiles anti-inondations Cuirassier

7 Essais en conditions réelles

Fig. acheminement des 25m de barrière



Cuirassier, pré-positionnement et déploiement, mise en place des raccords souples et des butées (Inundatio – Cerema - Cuirassier)

7.1 Principe d'installation et de positionnement

Les difficultés de la prévision hydrologique à long terme, la nécessité de ne pas générer de surrisque sur les enjeux et la durée du projet Inundatio ayant rendu aléatoire l'essai de la barrière sur des crues ou débordements de la Nive, il a été choisi de tester « en situation réelle » le barrage sur un phénomène hydrologique prévisible et facilement déterminable, à savoir l'onde de marée dans une partie à l'abri de la houle et du clapot de l'estuaire de l'Adour.

Les essais ont été menés sur la cale du Boucau, accès terrestre au bassin d'un port de plaisance et de service (navette des pilotes du port) géré par le port de Bayonne (région Nouvelle-Aquitaine) et gracieusement mise à disposition pour ces trois jours de tests via une autorisation temporaire d'occupation.

Cette cale, relativement large, est à pente douce variable (1:10 à 1:9), bétonnée, présentant de nombreuses fissures et partiellement couverte sur une faible épaisseur d'algues, débris et limons glissants.



Fig. Configuration du site de test et positionnement de principe sur image satellite Google Earth (Cuirassier)

Le positionnement précis de la barrière mobile a été ajusté à chaque marée pour répondre à plusieurs contraintes :

- le niveau maximal atteint par l'eau en tête de barrage, limité pour les premiers essais et maximisé par la suite,
- une remontée suffisante de la barrière sur la cale pour éviter tout contournement de la défense, qui mettrait en danger sa stabilité, remontée contrainte par l'angle maximal admissible pour chaque module et par la longueur totale (25m).

Le positionnement de la partie basse de la défense a été initialement calculé à partir des prévisions de marée océanique et sur les altimétries de référence du SHOM pour la station de Bayonne Boucau (au large direct du site d'essai), ajustée des prévisions de surcote atmosphérique effectuées la veille. En l'absence de vents et de houle marqués ou de crues, les phénomènes d'agitation, de déformation par l'estuaire, de wave set-up et le débit de l'Adour ont été négligés dans cette approche prévisionnelle. Ces données ont été comparées à une carte issue de Lidar à précision horizontale 1m et verticale 20cm (en réalité, compte tenu de revêtement, la précision verticale est certainement meilleure).



Fig. site de test de la cale de Boucau

Le premier essai a montré un décalage vertical d'environ 15cm entre prévision et réalité, sans doute lié à une mesure imprécise de la pente, aux valeurs négligées et aux tolérances du MNT. Les niveaux ont été ajustés en conséquence pour les marées suivantes, sur la base de mesure au mètre ruban et d'une approximation de pente à 1:10, avec une erreur verticale atteinte dans les prévisions de 0 à 10cm seulement et deux essais aux limites du contournement (marge horizontale de 10cm hors protections supplémentaires apportées, soit une marge verticale de l'ordre du cm). Un pompage assure la compensation des fuites et leur estimation.

7.2 Sollicitations hydrauliques

Les sollicitations hydrauliques rencontrées lors des essais sont les suivantes (les valeurs indiquées sont les maximales rencontrées par les éléments les plus bas sur la digue, la cale étant en pente et la défense en U, seuls 25 à 30% des éléments subissent pleinement ces contraintes) :

- Une charge statique liée à l'onde de marée + surcotes, variant de 0 à un maximum de 0.5m à 0.95m selon les essais, de longue durée (1h environ autour du maximum de charge, 4h en eau environ),
- Une charge dynamique de courte durée (30s toute les 30min environ), liée au batillage de la navette fluviale Boucau Bayonne, présentant les caractéristiques d'onde estimées (sur vidéo) suivantes ($H_s = 0.15m \pm 0.05m$, $T=1s$),
- Une charge dynamique de fréquence et d'intensité variable liée au trafic portuaire en journée, non évaluable.

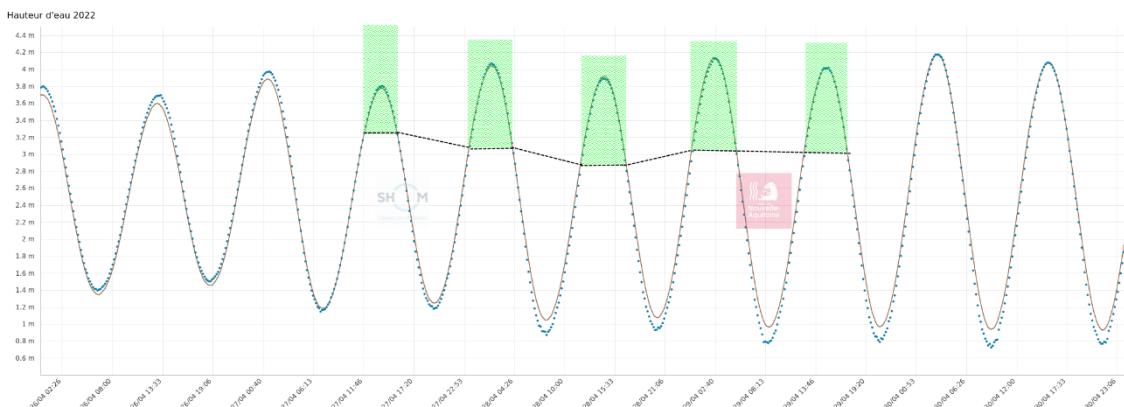


Fig. niveaux prévus (marron), observés (bleu) positionnement des défenses retenu sur la base des prévisions (vert, point bas sur pointillé noir) SHOM, Région Nouvelle-Aquitaine, Cerema

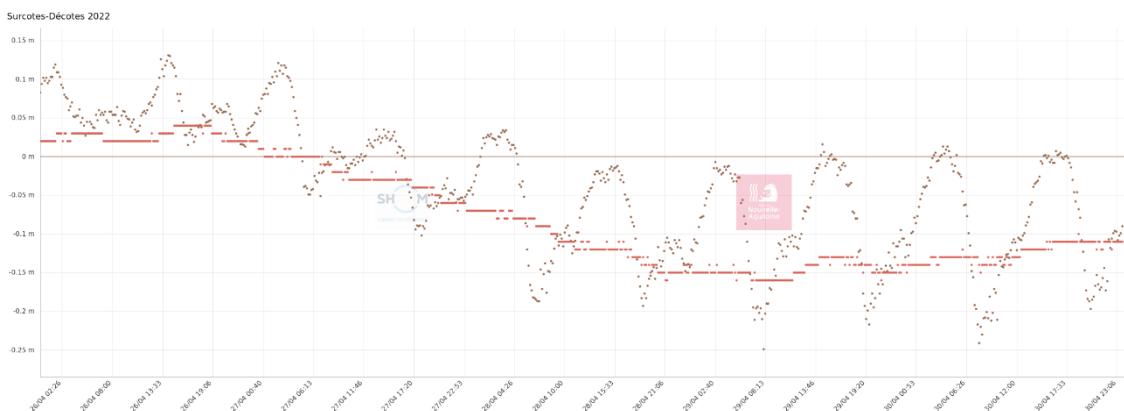


Fig. surcote prévue (rouge) et observée (marron) SHOM, Région Nouvelle-Aquitaine

7.3 Résultats

Déroulé des essais, observations qualitatives

5 marées, du 27 avril 2022 après-midi au 29 avril 2022 après-midi, ont été mises à contribution pour évaluer le comportement des défenses. Le marnage moyen, d'environ 3m sur ces coefficients de marées, a laissé une fenêtre spatiale et temporelle largement suffisante pour une mise en place à sec des éléments.

Pleine mer (heure légale)	coefficient	hauteur Cote Marine	dénomination
27/04/22 15h43	71	3.78m	J1
28/04/22 03h56	76	4.04m	J2nuit
28/04/22 16h22	80	3.92m	J2
29/04/22 04h36	84	4.14m	J3nuit
29/04/22 16h57	86	4.02m	J3

Pour J1 et J2nuit, le pompage est assuré par une pompe A de capacité 20m³/h plus une pompe B de 30m³/h. A partir de J2 (autour de la pleine mer), une troisième pompe C de 30m³/h est apportée en renfort.

Une échelle limnimétrique permet le suivi des niveaux extérieur et intérieur du barrage. Les niveaux d'eau testés permettent un accès en tout point par l'usage de Waders. Dans les fait, à partir de 40cm de marée incidente, les intervenants n'ont cheminé que par l'intérieur de la défense pour mesurer les hauteurs et repositionner les pompes.



Fig. configuration générale retenue pour les tests, courbe maximale avec 2 éléments en tête

La pente (douce) et le volume réduit de l'espace protégé sont considérés comme des handicaps pour le bon fonctionnement des modules Cuirassier : le système de contrepoids par remplissage est moins efficace, la montée rapide des eaux dans le faible volume dégrade également significativement ce contrepoids. En outre le joint de sol est moins comprimé que dans une situation horizontale avec étalement des volumes débordants.

Pour J1, la sollicitation des éléments a été relativement modérée avec un niveau amont n'excédant pas les 50cm. Aucun déplacement d'élément n'a été constaté. Les pompes A et B suffisent à compenser la majorité des volumes entrants. Ce premier essai a permis d'ajuster les niveaux, de confirmer la possibilité et l'opportunité de soumettre la défense à de plus fortes charges amont. Le principe de contrepoids par remplissage des sacs a été éprouvé.

Des sources de fuites ont également été identifiées :

- des fuites inévitables, liées aux fissures et à la porosité de la cale,
- des fuites propres à la conception et à l'assemblage de la barrière, avec des problèmes de superposition de joints créant des bâillements et des joints creux faisant office de conduit. Des améliorations de design sont attendues sur ce point.

L'essai J2nuit a été l'occasion de tester une charge beaucoup plus importante et a enregistré les premières défaillances temporaires. La charge amont est environ doublée par rapport à J1. Les pompes A et B ne suffisant pas à compenser les volumes entrants, le niveau intérieur a progressivement augmenté jusqu'à 50cm (niveau extérieur 85cm). A ce stade, les contrepoids ont perdu plus de 60% de leur efficacité. Une sollicitation dynamique, d'origine peu claire, a subitement déplacé un module et soulevé temporairement la défense. 10cm supplémentaires ont été ajoutés en quelques secondes à l'intérieur de la défense. L'usage des pompes a alors permis de stabiliser le phénomène jusqu'au reflux, sous le suivi des opérateurs.

L'essai J2 reproduit J2nuit dans des conditions plus maîtrisées. Un déplacement/soulèvement lié au batillage de la navette fluviale intervient autour de 80cm amont et introduit là encore une dizaine de cm d'eau dans la défense. La situation se stabilise sans intervention extérieure introduction de lest. La pompe C, disponible tardivement et raccordée à la suite de ce déplacement, permet alors d'abaisser le niveau et de retrouver les taux de fuite avant déplacement. L'intégrité de la défense n'a ainsi pas été compromise par le déplacement, et la possibilité de raccorder les parties mobiles à des angles supérieurs au positionnement optimal sans dégradation significatives des performances a été souligné.

Pour l'essai J3nuit, le niveau amont est porté à son maximum (autour de 1m), matérialisé par un début de contournement (bloqué et maîtrisé) de la défense. Le comportement et les performances sont très similaires à celles de J2.



Fig. Essai J2, T+1h environ (mi-remplissage montant)

L'essai J3 est assez différent. Le niveau amont y est plus limité (autour de 65cm). Cet essai a servi à évaluer la part de fuite liée aux questions de conceptions identifiées sur les joints et leur raccordement. Les éléments de barrière sont ici amputés d'une partie significative de ces joints.

L'essai J3 abouti à des performances là encore similaires, malgré la réduction du volume et de l'emprise des joints. Ces résultats confirment leur rôle dans les fuites (les joints n'apportent pas de manière satisfaisante l'étanchéité au niveau du sol pour laquelle ils sont conçus) et soulignent les potentiels d'améliorations imaginés lors des premiers essais.



Fig. Essais J2 : atteinte de 85cm de charge amont et déplacement suite au batillage, fuite non compensée par 2 pompes, effet de la 3^e pompe

Estimation du taux de fuite moyen du système

Des relevés réguliers des niveaux amont et aval ont permis une estimation du taux de fuite en fonction du linéaire immergé. La charge hydraulique s'exprime par le théorème de Bernoulli :

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \Delta h$$

En l'absence de dynamique v et à pression de surface (libre) constante, on fait ici pour l'interpolation et l'extrapolation des valeurs l'hypothèse d'une charge et de fuites proportionnelles à la perte de charge, soit la différence de hauteur amont – aval.

Cette condition est brutalement rompue lorsque la défense est soumise aux vagues de batillage. Des termes de charge s'ajoutent, ainsi que des efforts horizontaux. Le calcul des fuites est alors largement plus complexe.

Les charges amont et aval sont pondérée pour les portions de barrière remontant sur la cale (assimilé à une charge répartie selon un triangle). Le résultat est ensuite rapporté à une fuite moyenne linéaire en fonction de la charge, correspondant à une situation statique.

Le taux de fuite est-lui déduit de l'évolution du plan d'eau intérieur suite à la mobilisation d'une ou plusieurs pompes. Seules quelques débits de fuite d'équilibre sont donc considérés, correspondant aux combinaison des puissances des pompes utilisées : 20m³/h, 30 m³/h, 50m³/h, 80m³/h.

S'agissant de capacité nominale des pompes, le taux de fuite est probablement surestimé. On juge toutefois que l'ordre de grandeur reste respecté.

Les mesures montrent une grande homogénéité des performances et des fuites observées sur les différents tests. Le déplacement des barrières ou l'effet du batillage n'ont que des conséquences temporaires sur les fuites constatées (apport soudain d'une grande masse d'eau puis retour à la normale. En conséquence, de nombreux points de mesure se retrouvent confondus sur le graphique.

**évaluation du taux de fuite des défenses Cuirassier
(non ancrées, cale béton dégradé inclinée)**

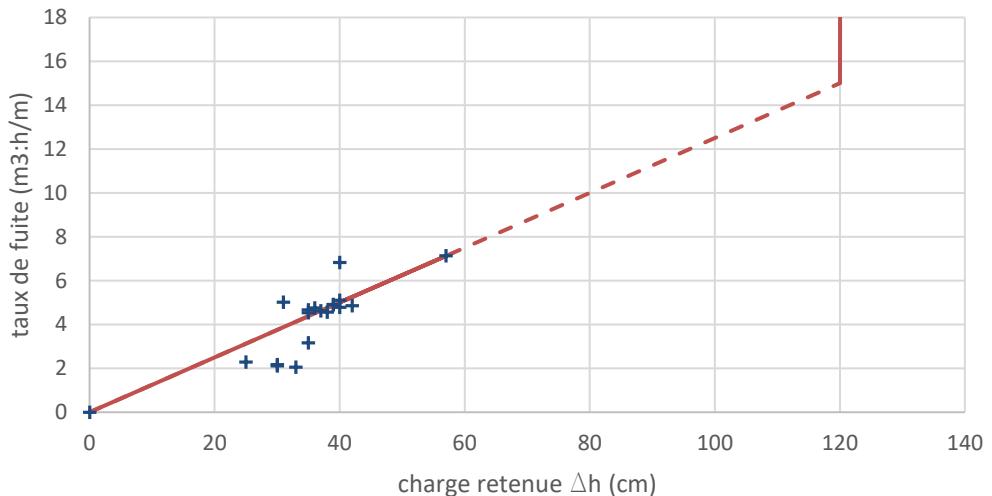


Fig. relevés et estimations du taux de fuite linéaire dans les conditions d'essais à Boucau

Les résultats nécessitent une extrapolation à partir de 60cm de charge, la troisième pompe n'ayant été disponible qu'à la fin de J2 et la capacité de pompage étant limitée à 80m³/h. Le point (40 ; 7) se détachant de la droite correspond à la défaillance temporaire survenue durant J2 nuit. Les relevés suivant de J2 nuit retrouvent ensuite progressivement le comportement normal.

Au-delà de 1,20m de niveau amont, il y a surverse de la défense et risque fort de défaillance généralisée (dans les conditions de tests, les pompes ne pouvant rabattre les niveaux intérieurs sous les 10cm, une différence de niveau de 1,10m aboutit très vraisemblablement à cette défaillance). Il n'a ici pas été fait d'hypothèses sur le comportement de la défense face à une surverse. En l'absence d'ancrages (risque de départ des éléments avec le reflux), et avec des longueurs disponibles trop courtes (risque de contournement avant surverse), nous n'avons pas souhaité tester ce comportement. En condition contrôlée en laboratoire, l'absence de défaillance généralisée lors de surverse est évaluée pour une catégorie de norme US.

7.4 Implication sociale, communication

Situés dans un site facilement accessible, bien que moyennement passant, les essais ont suscité la curiosité de la population locale. Les échanges ont principalement porté sur le fonctionnement de la barrière mobile. La population était dans sa très large majorité bien sensibilisée aux enjeux des inondations et assez informée sur les conséquences possibles du changement climatique sur celles-ci. (Le Pays Basque français est fortement exposé et les villes avoisinantes ont connu en 2021 des inondations d'ampleur exceptionnelle – localement supérieures au niveau centennal théorique – ce qui explique pour partie cette forte acculturation de la population au risque inondation).

Sollicitée par le promoteur de la défense testée, la presse locale s'est largement mobilisée avec 2 articles de presse écrite, un reportage de quelques minutes sur l'antenne régionale du service public audiovisuel France 3 et une interview radiophonique à diffusion publique régionale (France Bleu). Des communications ont également été réalisées sur Youtube et Twitter.

Des représentants des services techniques des villes de Boucau, Bayonne et de la communauté d'agglomération Pays Basque ont manifesté un intérêt à ces essais.



Fig. Essais J1 (remplissage à mi-hauteur), intérêt de la presse régionale et des passants

8 Bilan des tests, recommandations

La barrière mobile a montré une résistance intéressante au effets du batillage et aux déplacement qu'il a induit.

Dans un site en pente, sur une cale dégradée et avec un revêtement glissant, une protection notable et une absence de défaillance majeure ont été observées sur tous les essais.

Le taux de fuite calculé (et extrapolé) reste largement au-dessus des objectifs fixés par les normes anglaises et américaines. D'après les observations menées lors des essais, les fuites sont dues, dans des proportions non déterminées, à deux causes :

- Une raison indépendante du système testé, le caractère dégradé, irrégulier et glissant de la cale de test. Les effets de cette cause ont été amplifiés par l'impossibilité d'un ancrage. De l'eau s'est infiltré par des crevasses de la cale, la défense soumise au batillage de la navette maritime de Bayonne a glissé à plusieurs reprises sur la cale. En condition laboratoire, ces fuites seront nulles,
- Des infiltrations liées à un mauvais raccord des parties souples et charnières ont contribué de manière significative aux volumes fuités. Des mauvais chevauchements ont laissé passer l'eau, des joints creux ont joué le rôle de tuyau de faible diamètre. Ces éléments doivent être améliorés. Cuirassier va modifier ses charnières et joints en ce sens.

9 Références

- [1] KOPPE, Baerbel et BRINKMANN, Birgitt. Opportunities and drawbacks of mobile flood protection systems. In : *Proceedings of the International Coastal Engineering Conference (ICCE)*. 2010.
- [2] L Malerova et al 2017 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 92 012039
- [3] L Sayner. Beales Corner Temporary Barrier System Post Incident Review, Final V1. UK Environment Agency. July 2021.
- [4] HEINLEIN, Kai et WAGNER, Rosemarie. Textile membranes for case of emergency flood protection. In : *Textiles composites and inflatable structures V: proceedings of the V International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures, Barcelona, Spain. 5-7 October, 2011*. CIMNE, 2011. p. 293-298.
- [5] KRAVETZ, Frédéric. ANSI/FM Approvals 2510 flood abatement equipment test standard. In : *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, 2016. p. 13005.

Interreg Polder2C's website : <https://polder2cs.eu>



European Regional Development Fund