

REGION LANGUEDOC ROUSSILLON



PORT-LA NOUVELLE

MISSION DE MAITRISE D'ŒUVRE POUR L'AGRANDISSEMENT DU PORT

MISSION MOD (MODELES PHYSIQUES)

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULE DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES – RAPPORT D'ESSAIS

RAPPORT°8713239-MOD-R003 – VERSION 2



DATE : JANVIER 2015 REF : 8713239

N°8 713239-MOD-R003, Mission de maîtrise d'œuvre pour l'agrandissement du port de Port-La Nouvelle Modèle physique en cuve à Houle des parties terminales des digues – rapport d'essais					
Version	Description	Rédaction	Vérfié	Approuvé	Date
02	Pour approbation	L. Guisier	O. Meurant	O. Meurant	08/01/2015
01	Pour commentaires	L. Guisier	O. Meurant	O. Meurant	16/12/2014

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
1.1. CONTEXTE	3
1.2. OBJET DU PRESENT RAPPORT	4
2. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS	5
3. DESCRIPTION DU MODELE 3D	9
3.1. DESCRIPTION DE LA CUVE A HOULE	9
3.2. ECHELLE	10
3.3. CONSTRUCTION DU MODELE	10
3.3.1. DEFINITION DE LA ZONE A TESTER	10
3.3.2. LES FONDS MARINS	11
3.3.3. MODELISATION DE FONDS MARINS ABAISSES	11
3.3.4. L'OUVRAGE	11
3.3.4.1. Modélisation des couches d'enrochements non soumises à l'action directe de la houle	11
3.3.4.2. Modélisation des éléments soumis à l'action de la houle	11
3.4. INSTRUMENTATION	14
3.4.1. MESURE DU NIVEAU D'EAU AU REPOS	14
3.4.2. MESURE DES VAGUES	14
3.4.3. MESURE DE FRANCHISSEMENTS	14
3.4.4. PRISE D'IMAGES ET DE VIDEOS	15
4. METHODOLOGIE DES ESSAIS	16
4.1. PROGRAMME D'ESSAIS	16
4.2. GENERATION DE LA HOULE CIBLE ET CALIBRATION	17
4.3. CRITERES DE STABILITE DE L'OUVRAGE	18
4.3.1. LA CARAPACE EN BLOCS ARTIFICIELS	18
4.3.2. LES ENROCHEMENTS DE LA BUTEE	18
4.3.3. LES ENROCHEMENTS DES BERMES DES MUSOIRS	18
4.3.4. LES ENROCHEMENTS DE LA CARAPACE	19
4.3.5. LES ENROCHEMENTS DE LA PROTECTION ANTI-AFFOUILLEMENT	19
4.4. LES FRANCHISSEMENTS	19
5. LES RESULTATS	21
5.1. DEROULEMENT DES ESSAIS – PRINCIPALES ETAPES	21
5.2. LES CONDITIONS DE HOULE	22
5.3. STABILITE DES DIFFERENTS ELEMENTS	28

5.3.1. LA CARAPACE EN BLOCS ACCROPODES™ II POUR LA DIGUE NORD	28
5.3.2. LA CARAPACE EN BLOCS ACCROPODES™ II POUR LA DIGUE SUD	31
5.3.3. LE TALUS ARRIERE EN ENROCHEMENTS POUR LA DIGUE NORD	33
5.3.4. LE TALUS ARRIERE EN ENROCHEMENTS POUR LA DIGUE SUD	34
5.3.5. LA BERME DU MUSOIR DE LA DIGUE NORD	36
5.3.6. LA BERME DU MUSOIR DE LA DIGUE SUD	38
5.3.7. LA BUTEE DE PIED DE LA DIGUE NORD EN SECTION COURANTE	40
5.3.8. LA BUTEE DE PIED DE LA DIGUE NORD AU MUSOIR	41
5.3.9. LA BUTEE DE PIED DE LA DIGUE SUD	43
5.3.10. PROTECTION ANTI-AFFOUILLEMENT	44
5.4. LES FRANCHISSEMENTS	45
5.5. RESUME DES MODIFICATIONS EFFECTUEES SUR LES OUVRAGES	46
5.5.1. DIGUE NORD	46
5.5.2. DIGUE SUD	46
6. REFERENCES	47
FIGURES	48
ANNEXES	49

1. INTRODUCTION

1.1. CONTEXTE

La Région Languedoc-Roussillon (le Maître d'ouvrage – MOA) est devenue propriétaire des ports de Sète et de Port-La Nouvelle en janvier 2007, suite à la loi « Libertés et responsabilités locales » du 13 août 2004. Elle s'est engagée depuis dans une politique volontariste de développement des trafics et de recherche de nouveaux opérateurs économiques permettant l'accroissement des activités portuaires de ses ports régionaux.

Le projet d'agrandissement du port de Port-La Nouvelle dans lequel s'engage la Région consiste donc à répondre aux attentes des futurs opérateurs portuaires et à construire de nouvelles installations, à terre comme en mer, répondant aux standards actuels des ports modernes.

Cet agrandissement passe par la création d'un nouvel avant-port au Nord de la passe d'entrée actuelle, nécessaire au développement de l'activité portuaire de Port-La Nouvelle.

Dans ce cadre, la région a lancé une consultation ayant pour objet de désigner un maître d'œuvre dont les missions sont de réaliser les études préliminaires, de concevoir l'avant-projet, d'élaborer le ou les dossier(s) de consultation des entreprises, d'analyser les offres, de viser les études d'exécution, de réaliser la direction de l'exécution des travaux en ordonnant, pilotant et coordonnant les divers prestataires et d'apporter l'assistance au maître d'ouvrage lors des opérations de réception et pendant la garantie de parfait achèvement des travaux.

Le maître d'œuvre (MOE) a également en charge, en missions complémentaires :

- Les études environnementales (ENV), pour déterminer l'impact de tels travaux sur le milieu naturel (étude d'impact, d'incidence au titre de NATURA 2000 ou au titre de la loi sur l'eau et l'évaluation des impacts socio-économiques du projet)
- L'établissement des dossiers réglementaires (REG) d'instructions préalables aux autorisations administratives des travaux (dossiers d'enquête publique, d'instruction au titre du code des ports maritimes, de mise en compatibilité des PLU,....)
- La réalisation d'études de modélisations numériques hydro sédimentaires (HYDRO)
- Si nécessaire, l'établissement du dossier de demande de dérogation à la destruction d'espèces protégées (CNP)
- La réalisation de modélisations physiques en canal à houle et cuve à houle sur la solution d'aménagement retenue suite aux études préliminaires (MOD).

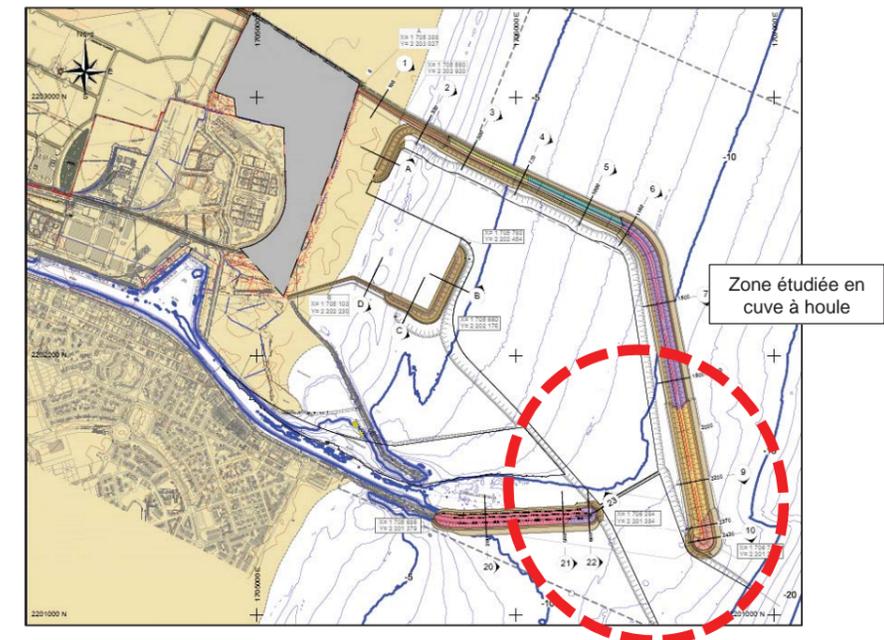
Le groupement ARTELIA, CREOCEAN et Cabinet GAXIEU, dont ARTELIA est le mandataire, est titulaire de ce marché de maîtrise d'œuvre pour l'agrandissement du port de Port-La Nouvelle (PLN 2015).

1.2. OBJET DU PRESENT RAPPORT

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre de la mission « MOD » qui concerne la réalisation de modèles physiques en canal et cuves à houles des digues de protection de l'extension portuaire à créer.

Cette mission MOD prévoit la réalisation des modèles physiques suivants :

- ✓ Une modélisation bidimensionnelle en canal à houle, afin d'étudier une section de la digue Nord entre le coude et le musoir, soumise à une houle frontale
- ✓ Deux modèles tridimensionnelles en cuve à houle, qui portent sur :
 - D'une part l'enracinement de la digue Nord,
 - D'autre part les parties terminales des digues Nord et Sud (voir figure ci-dessous) y compris les deux musoirs (objet du présent rapport)



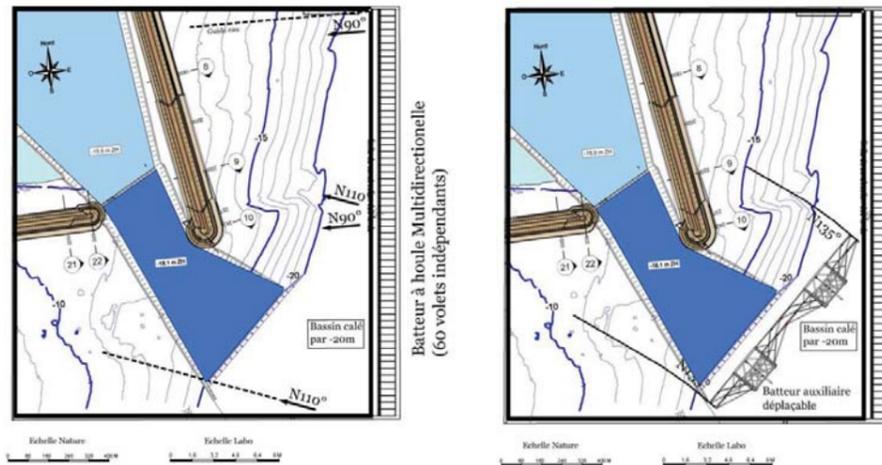
Le présent rapport présente les résultats des essais en cuve à houle sur les parties terminales des digues, essais qui se sont déroulés au sein du laboratoire d'hydraulique d'ARTELIA en novembre et décembre 2014.

Les objectifs de ces essais sont :

- (a) De vérifier la stabilité hydraulique des différentes parties de l'ouvrage (carapace, butée de pied, talus arrière soumis aux franchissements), ce pour des conditions de houles de dimensionnement centennale.
- (b) D'évaluer les franchissements, ce pour des conditions de houles annuelles et pour des conditions centennales.

2. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

Les essais en cuve à houle ont permis de tester les parties terminales des digues Nord et Sud exposées à des houles de secteur Est (N90 et N110) ainsi qu'à des houles plus faibles de secteur Sud-Est (N135).



Modèle exposé aux houles de secteur Est

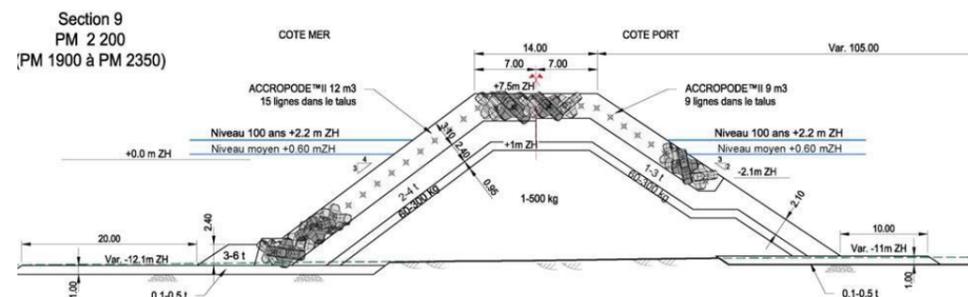
Modèle exposé aux houles de secteur Sud-Est

Les principales conclusions pouvant être tirées de ces essais sont exposées ci-dessous :

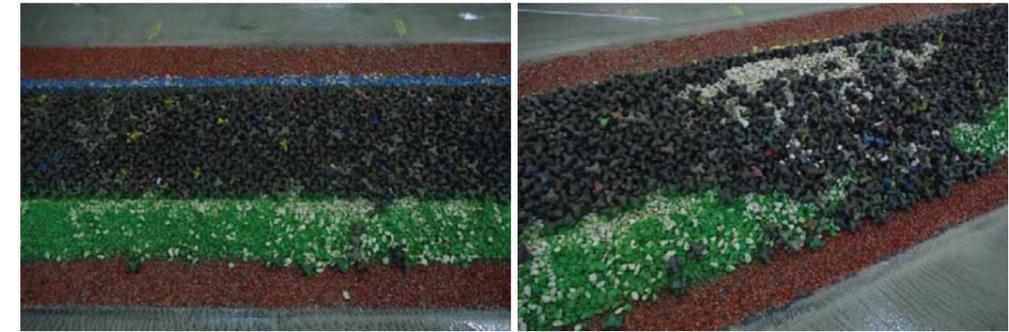
Stabilité de l'ouvrage

Les carapaces

La digue Nord a initialement été construite sur la base de la section suivante dont le talus intérieur est constitué d'enrochements sur sa partie basse :

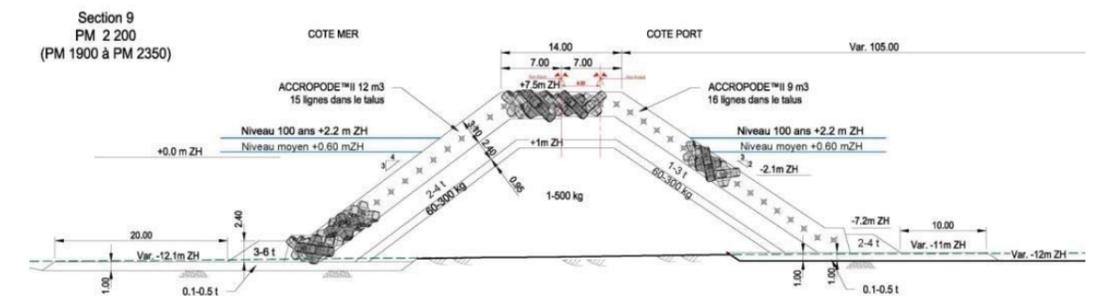


Pour cette configuration initiale, le talus intérieur de la digue Nord s'est révélé instable. En effet, en conditions de houles centennales, les importants franchissements ont généré de nombreux déplacements des enrochements qui constituaient la partie basse du talus. Une fois ces enrochements déstabilisés par les franchissements, ils ne pouvaient plus assurer leur rôle d'assise pour les blocs ACCROPODES™ II de 9 m3. Ainsi, il a été observé des chutes de blocs, puis une ruine de l'ouvrage localement.



Talus arrière de la digue Nord après des conditions de houles centennales de période maximale pour un niveau haut (test 8)

La digue Nord a donc été modifiée afin que le talus arrière puisse supporter les franchissements observés. La solution a consisté à disposer des blocs Accropodes™ II jusqu'en pied de talus arrière.



Configuration alternative testée et validée pour le talus arrière

Localement au musoir de la digue Sud, la configuration du talus arrière a également été modifiée afin de prévenir l'apparition de tels dommages sur la digue Sud également.

Les carapaces des digues Nord et Sud ainsi modifiées se sont révélées stables lors des essais suivants. En effet, lors de ces essais, les carapaces en blocs artificiels de type Accropodes™ II (de 6m³, 9m³, 12m³ et 18m³) n'ont subi que quelques oscillations et aérations ponctuelles qui sont jugées acceptables. Aucune chute de blocs n'a été observée, ce même pour des conditions dépassant les conditions de houle centennale. La présence de ces oscillations montrent qu'il est toutefois difficilement envisageable de réduire d'une taille les blocs ACCROPODE™ II.

Les butées de pied

Pour ce qui concerne les butées de pied des digues, globalement elles ont montré une stabilité satisfaisante pour les différentes sections des ouvrages, même si localement quelques dommages ont été observés.

Les butées ont ainsi répondu aux critères fixés, excepté dans une zone très ponctuelle située en arrière du musoir de la digue Nord. En effet, dans cette zone, les dommages ont dépassé le critère fixé pour des essais relatifs à des houles de directions N110 et N135. Néanmoins, même si localement le critère de stabilité a été dépassé, la stabilité de cette butée en enrochements a été jugée acceptable car les dommages n'ont pas affecté la stabilité de la carapace en Accropodes™ II, et ce malgré le nombre important de tempêtes centennales qui ont été imposées à l'ouvrage (entre 5 et 10).

Pour cette zone de la butée en partie arrière du musoir, la recommandation du Maître d'Oeuvre est de prévoir après chaque forte tempête (c'est-à-dire une tempête ayant produit des houles dont la période de retour excède 10 ans), une inspection par plongeur de cette partie d'ouvrage. Selon les observations qui seront alors faites, il pourra être envisagé de recharger ponctuellement en enrochements cette zone.



Butée du musoir côté port après plusieurs tempêtes centennales de secteur Est

Les bermes des musoirs

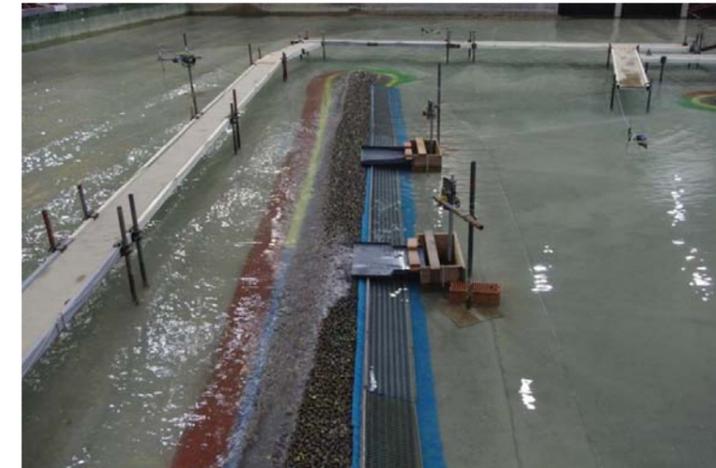
La berme du musoir Nord a subi des dommages significatifs au cours des essais, mais ces dommages restent acceptables au regard du critère de stabilité. Les enrochements positionnés au niveau de la berme du musoir de la digue Nord sont donc considérés stables.

Il est utile de noter également que le chenal de navigation, délimité à ses bords par les bermes des musoirs au niveau de la passe n'a pas été atteint pas les enrochements extraits des bermes. Les enrochements sont restés sur la berme ou bien en pied de berme, en bordure du chenal.

La berme du musoir de la digue Sud a subi des dommages limités au cours des essais, et ces dommages restent acceptables au regard du critère de stabilité. Les enrochements positionnés au niveau de la berme du musoir de la digue Sud sont donc considérés stables également.

Franchissements

En conditions annuelles, les franchissements mesurés restent modérés (0.59L/ml/s au maximum) et respectent le critère fixé (<1L/ml/s).



Conditions annuelles – période maximale (test 4)

Des franchissements importants ont été observés lors des essais relatifs aux houles de secteur Est et de période de retour centennale. Les volumes collectés sont très proches du critère défini pour des conditions centennales (débit de 96L/ml/s pour un critère fixé à 100L/ml/s) pour la période nominale de la houle en niveau haut. Ce critère est cependant dépassé pour la valeur maximale de la période de la houle (15s), où le débit observé atteint 140L /ml/s.

Néanmoins, ces franchissements sont jugés acceptables car le critère ne traduit que le risque de voir apparaître des dommages en crête et sur le talus arrière s'il est dépassé. Or les essais ont montré que le talus arrière (dans sa configuration modifiée) ne subissait pas de dommages



Conditions 100 ans niveau haut (2.2m) – période maximale (15s)

3. DESCRIPTION DU MODELE 3D

3.1. DESCRIPTION DE LA CUVE A HOULE

Les essais ont été réalisés dans la cuve à houle appelé « Laboratoire d'Hydraulique de France (LHF) » dont est équipé le laboratoire d'hydraulique d'ARTELIA, basé à Pont-de Claix (agglomération grenobloise).

Les dimensions du bassin sont :

- Longueur : 30 m ;
- Largeur : 30 m ;

Le bassin est équipé d'un générateur de houle composé de 60 volets batteurs de 0.50m. Ce générateur permet de générer les houles de secteur Est (N90 et N110).



Ce batteur est complété d'un batteur auxiliaire déplaçable de 16m pour satisfaire la représentation sur le modèle des houles de secteur Sud-Est (direction N135).

Ces batteurs sont des batteurs à houle à débattement plan, actionnés par vérins hydrauliques, et permettant de générer des houles régulières ou irrégulières selon un spectre prédéfini.

Le bassin est équipé du système intégré GEDAP (Generalized Experiment Control and Data Acquisition Package), développé par le CHC-NRC (Canadian Hydraulics Centre – National Research Council). Le système GEDAP permet à la fois le pilotage du batteur à houle, l'acquisition de l'ensemble des mesures et le traitement des données dans les domaines temporel et fréquentiel.

Des plages amortisseuses sont placées sur les bords du bassin, dans le but de minimiser la réflexion des vagues générées aux frontières du modèle.

Le bassin ainsi que l'implantation du modèle sont décrits sur la [Figure 1.2](#).

3.2. ECHELLE

Compte tenu des phénomènes en jeu, le modèle est conçu en similitude dite de Froude, basée sur l'invariance du nombre de Froude qui caractérise l'importance des forces de gravité et d'inertie.

Les rapports de réduction des principales grandeurs (longueurs, surfaces, volumes, temps, vitesses, débits...) se déduisent de la relation d'invariance du nombre de Froude.

En particulier les longueurs entre la nature et le modèle réduit sont en rapport 1/E (1/E désignant ainsi l'échelle de réduction géométrique) et les temps sont en rapport $1/E^{1/2}$.

L'échelle E est choisie de manière à satisfaire au mieux les différentes contraintes de réalisation du modèle. Ce choix tient compte en particulier :

- Des dimensions utiles de la cuve à houle ;
- Des caractéristiques des ouvrages à représenter ;
- De la capacité de génération des batteurs à houle ;
- De la disponibilité des maquettes représentant les différents blocs artificiels de carapace
- Des houles et niveaux à modéliser
- De la nécessité d'avoir une échelle suffisamment grande afin de rester dans des gammes de nombre de Reynolds permettant une bonne observation de la stabilité des enrochements

Compte tenu de ces contraintes, l'échelle de réduction retenue pour le modèle est 1/54ème.

3.3. CONSTRUCTION DU MODELE

3.3.1. Définition de la zone à tester

Sur la [Figure 1.1](#), le plan de masse des digues Nord et Sud est rappelé.

La zone étudiée et modélisée comprend les parties terminales des digues (du PM1650 au musoir pour la digue Nord et du PM 350 au musoir pour la digue Sud), le chenal d'accès à la passe d'entrée et une partie du bassin intérieur. Cette zone est détaillée sur la [Figure 1.2](#).

Les sections de la digue sur ce linéaire sont présentés sur les [Figures 1.4 à 1.8](#), qui sont composés d'extraits des plans suivants :

- PLAN-AVP-BKW-002-D
- PLAN-AVP-BKW-002-E
- PLAN-AVP-BKW-003-A
- PLAN-AVP-BKW-003-B

Les implantations présentées sur la [Figure 1.2](#) correspondent à des directions de houles en provenance du secteur Est (N90 et N110°) ainsi que du secteur Sud-Est (N135). Ces deux secteurs sont les secteurs prédominants de provenance des houles. Le rapport relatif aux conditions océano-météorologiques indique en outre que les houles les plus fortes sont en provenance du secteur Est, mais que des houles peuvent être également fréquemment rencontrées en provenance du Sud-Est. Il a donc été choisi d'étudier ces deux secteurs.

Le pré-dimensionnement de la digue Nord est présenté dans le rapport de phase AVP dédié (ref [3]).

3.3.2. Les fonds marins

Les fonds marins sont modélisés en dur (fonds fixes non-érodables) à l'aide de chapes en béton qui suivent les isobathes du site. Les fonds marins sont représentés jusqu'à la profondeur de -20mZH, profondeur où ils sont raccordés avec le fond du bassin.

3.3.3. Modélisation de fonds marins abaissés

Sur un linéaire d'environ 400m, le long de la partie terminale de la digue Nord, la stabilité des ouvrages est testée, pour certains essais, en présence de fonds abaissés. L'emprise de la surface des fonds abaissés est montrée sur la *figure 5.1*

Cet abaissement représente ce que pourraient être potentiellement les fonds suite à une érosion et à de l'affouillement induits par les nouveaux ouvrages.

Cet abaissement des fonds est considéré uniforme sur la surface concernée: sa valeur est de 2m en référence à la bathymétrie initiale du modèle.

Une réservation a donc été prévue lors de la construction pour passer d'une configuration nominale (bathymétrie initiale) à une configuration avec fonds abaissés lors de la réalisation du programme d'essais.

3.3.4. L'ouvrage

Les dimensions de l'ouvrage (à l'échelle nature et à l'échelle modèle) ainsi que son implantation dans le bassin sont présentées en *Figures 1.2*

La modélisation des différents constituants (enrochements, blocs artificiels) est présentée dans les sections suivantes :

3.3.4.1. Modélisation des couches d'enrochements non soumises à l'action directe de la houle

Les éléments du noyau et des couches intermédiaires sont modélisés en considérant la loi de similitude de Froude et en retirant la fraction de grains la plus fine de manière à éviter un comportement cohésif de ces matériaux sur le modèle.

3.3.4.2. Modélisation des éléments soumis à l'action de la houle

Les blocs artificiels de carapace, les enrochements formant le talus arrière ou ceux formant la butée de pied, ainsi que les enrochements formant la protection anti-affouillement, soumis à l'action directe de la houle, sont modélisés selon les principes de la similitude de Froude, en tenant compte des différences éventuelles de densité de l'eau, des enrochements et du béton entre le modèle et la réalité.

Le tableau suivant récapitule les densités des différents constituants à l'échelle nature et à l'échelle modèle

	nature	modèle
Béton pour bloc artificiel	2 400 kg/m ³	2 392 kg/m ³ pour les 6m ³ 2 409 kg/m ³ pour les 9m ³

		2 439 kg/m ³ pour les 12m ³ 2 340 kg/m ³ pour les 18m ³
Enrochements	2 650 kg/m ³	2 650 kg/m ³
Eau de mer	1 025 kg/m ³	1 000 kg/m ³

3.3.4.2.1. Les blocs artificiels

Sur la base de la méthode décrite précédemment, les blocs de carapace ACCROPODE™ II de 6m³, 9m³, 12m³ et 18m³ échelle nature sont modélisés par des maquettes en béton ayant les caractéristiques suivantes :

Volume du bloc nature	Modèle			
	Volume	Hauteur caractéristique	Poids (saturé)	Masse volumique
m ³	cm ³	mm	g	g/cm ³
6	31.77	47	75.98	2.392
9	47.11	54	113.49	2.409
12	63.47	60	154.79	2.439
18	118.3	74	276.78	2.340

Les maquettes ont été posées à la main une à une par un technicien expérimenté et selon la méthodologie de pose en vigueur. Un conseiller technique de CLI, réalisant régulièrement de l'assistance technique sur les chantiers de pose d'Accropode™ II a validé la pose des maquettes.

La maille de pose considérée pour les maquettes en laboratoire a les caractéristiques suivantes :

Volume du bloc nature	D _H	D _U	Φ
m ³	cm	cm	
6	5.62	2.81	0.635
9	6.41	3.20	0.635
12	7.08	3.54	0.635
18	8.71	4.36	0.635

Avec

- D_H (cm) Distance horizontale entre deux centres de gravité de blocs de la même ligne ;
- D_U (cm) Distance dans le talus entre deux lignes consécutives ;

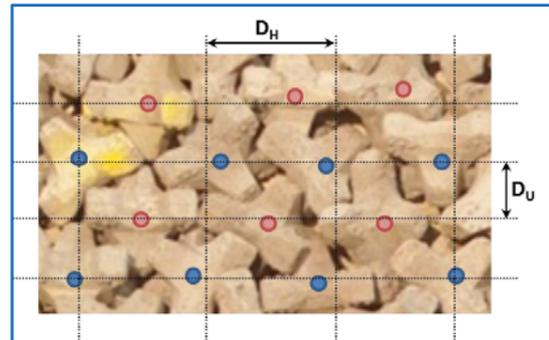


Illustration de la maille théorique de pose sur la photo d'une carapace

- F: Densité de pose, paramètre adimensionnel ;
- $\Phi = \frac{N}{V_m^{\frac{2}{3}}}$
- $N = \frac{1}{D_H \times D_U}$
- N (u/m²) : Nombre de blocs par unité de surface ;
- Vm (m³) : Volume de la maquette.

3.3.4.2.2. Les enrochements

Les enrochements de butée de pied, de carapace et de la protection anti-affouillement sont modélisés sur la base de la méthodologie décrite au §3.4.3.2 ci-dessus.

La courbe granulométrique des enrochements exposés à la houle utilisés dans le modèle est présentée sur les *Figures 4.1 à 4.4*.

3.3.4.2.3. Support béton du feu de navigation et cheminement piéton

Au musoir de chaque digue, le cheminement piéton qui sert également de support pour le feu de navigation est modélisé en béton. Toutefois, ces éléments à chaque musoir ne sont pas représentés en similitude de Froude car la stabilité de ces éléments n'est pas étudiée. Leur modélisation permet uniquement une bonne représentation des phénomènes hydrauliques en jeu.

3.4. INSTRUMENTATION

3.4.1. Mesure du niveau d'eau au repos

Les niveaux d'eau dans le bassin sont mesurés et calés à l'aide d'un limnimètre à pointe et d'une règle graduée (voir *Figure 3.2*).

3.4.2. Mesure des vagues

Une sonde multi-directionnelle est implantée dans le bassin à la profondeur où la houle « cible » de consigne doit être vérifiée. Cette sonde est donc utilisée comme sonde de « référence » pour caler la houle « cible » de consigne.

Ce type de sonde consiste à coupler un courantomètre électromagnétique à une sonde capacitive, ce qui permet de séparer les houles incidentes et les houles réfléchies à partir de la houle totale.

Pour les deux implantations des sondes (correspondant aux deux secteurs de provenance des houles), la position de la sonde de référence est précisée sur les *Figures 3.4 et 3.5*.

En outre, quatre ou cinq (selon les essais) sondes supplémentaires (de type sonde capacitive) sont placées en différents points du modèle afin d'évaluer les conditions d'agitation en ces points (au droit de la digue Sud et dans la passe d'entrée).

Les *Figures 3.4 et 3.5* détaillent les positions de chaque sonde pour chaque secteur de provenance de houle étudié (Est et Sud-Est).

Les mesures sont réalisées simultanément pour l'ensemble des sondes et pour toute la durée des essais. Les séries temporelles mesurées de déplacement de la surface libre sont stockées et analysées à l'aide du système GEDAP. Une analyse des signaux dans le domaine temporel (analyse statistique) et dans le domaine fréquentiel (analyse spectrale) est réalisée pour déterminer les principaux paramètres utiles que sont en particulier la hauteur significative de la houle (Hm0) et la période de pic (Tp).

3.4.3. Mesure de franchissements

Les débits moyens de franchissements sont mesurés, lors d'un certain nombre d'essais spécifiques, à l'aide d'un bac collecteur et d'une goulotte en PVC posée derrière la crête de l'ouvrage. Le volume d'eau dans le bac après l'essai est évalué par la mesure du niveau d'eau dans le bac à l'aide d'un limnimètre (la mesure du niveau d'eau dans le bac en début d'essai ayant été réalisée préalablement), et le débit moyen de franchissements est calculé en rapportant ce volume à la durée de la mesure.

La *Figure 3.1* permet de visualiser le dispositif.

Cette approche quantitative est complétée d'une approche qualitative basée sur l'observation pendant les essais du comportement des lames franchissantes et de leur effet sur l'ouvrage.

Pour les essais spécifiquement dédiés à la mesure des franchissements, le dispositif de mesure (goulotte, bac, etc) a été mis en place dans les zones ayant été identifiées lors des premiers essais comme les plus exposées aux franchissements.

3.4.4. Prise d'images et de vidéos

En complément des mesures décrites ci-dessus et des observations menées directement au cours des essais, des photos numériques sont prises avant, pendant et après les essais pour illustrer les principaux phénomènes observés (notamment, les franchissements de l'ouvrage par la houle) et en support des analyses réalisées (notamment sur l'évolution des dommages).

De même, des séquences vidéo (1 minute par essai environ) sont réalisées, permettant de visualiser l'attaque de la houle sur les ouvrages.

4. METHODOLOGIE DES ESSAIS

4.1. PROGRAMME D'ESSAIS

Les essais sont conduits en houle irrégulière, par paliers de hauteurs de houle croissante, depuis des houles dites « de tassement » jusqu'à des conditions de houles dépassant les conditions centennales.

La durée des essais est de 3h ou 6h nature (correspondant à 25 et 50 minutes respectivement au laboratoire).

Les différents essais ont été définis au préalable, dans l'objectif de tester les conditions de houle et de niveaux permettant de vérifier les critères de dimensionnement des digues présentés dans la note dédiée (ref [2]).

Le programme des essais est présenté dans le tableau ci-dessous pour les 2 secteurs de houles testés.

- Pour le secteur « Est »

	n° d'essai	Houles au point P7			niveau (mZH)	période de retour	Direction	cas étudié - objectif du test	durée de l'essai (échelle prototype)
		Hm0 (m)	Tp (s)	gamma					
Houles de secteur Est	1	1.2m	5s	1,5	0,6	10% du temps environ	N90	houle de tassement	3h
	2	2.6m	7s	1,5	0,6	2% du temps environ	N90	houle de tassement	3h
	3	4,9	8s	1,5	1,8	1 an	N90	franchissements en conditions annuelles - mesures de franchissement	3h
	3_1	4,9	8s	1,5	1,8	1 an	N110	conditions annuelles - observations visuelles - sensibilité sur la direction	3h
	4	4,9	10s	1,5	1,8	1 an	N90	franchissements en conditions annuelles - mesures de franchissement - sensibilité sur la période	3h
	5	6,5	11s	1,5	2	10ans	N90	houle extrême intermédiaire	3h
	6	8,4	13s	1,5	2,2	100 ans	N90	stabilité en conditions extrêmes 100 ans -niveau haut - observations visuelles	3h
	7	8,4	13s	1,5	2,2	100 ans	N110	stabilité en conditions extrêmes 100 ans -niveau haut - observations visuelles - sensibilité sur la direction	3h
	7_1	8,4	15s	1,5	2,2	100 ans	N110	stabilité en conditions extrêmes 100 ans -niveau haut - observations visuelles - sensibilité sur la direction et sur la période	3h
	7_2	8,4	13s	1,5	1	100 ans	N110	stabilité en conditions extrêmes 100 ans -niveau bas - observations visuelles - sensibilité sur la direction	3h
8	8,4	15s	1,5	2,2	100 ans	N90	stabilité en conditions extrêmes 100 ans - niveau haut - sensibilité sur la période	3h	
9	8,4	13s	1,5	0	100 ans	N90	stabilité en conditions extrêmes 100 ans -niveau bas (test sur la butée)	2 x 3h	
10	10.1m (si réalisable)	13s	1,5	2,2	supérieure à 100 ans	N90	120% de le houle centennale (sous réserve que la houle ne soit pas limitée par les fonds) -niveau haut - pour évaluer la réserve de stabilité des Accropodes	2 x 3h	

- Pour les houles de secteur Sud-Est

	n° d'essai	Houles au point P15			niveau (mZH)	période de retour	Direction	cas étudié - objectif du test	durée de l'essai (échelle prototype)
		Hm0 (m)	Tp (s)	gamma					
Houles de secteur Sud-Est	11	2.9m	8s	1,5	1,8	1 an	N135	franchissements en conditions annuelles - mesures de franchissements	3h
	12	2.9m	10s	1,5	1,8	1 an	N135	franchissements en conditions annuelles - mesures de franchissements - sensibilité sur la période	3h
	13	4.2m	11s	1,5	2	10ans	N135	houle extrême intermédiaire	3h
	14	5,9	13s	1,5	2,2	100 ans	N135	stabilité en conditions extrêmes 100 ans -niveau haut - observations visuelles	3h
	15	5,9	15s	1,5	2,2	100 ans	N135	stabilité en conditions extrêmes 100 ans - niveau haut - sensibilité sur la période	3h
	16	5,9	13s	1,5	0	100 ans	N135	stabilité en conditions extrêmes 100 ans -niveau bas (test sur la butée)	2 x 3h
	17	7.1m (si réalisable)	13s	1,5	2,2	supérieure à 100 ans	N135	120% de la houle centennale (sous réserve que la houle ne soit pas limitée par les fonds) -niveau haut - pour évaluer la réserve de stabilité des Accropodes	2 x 3h

Les conditions de houles données ci-dessus (valeurs de Hm0 et Tp respectives) sont issues du rapport en référence Ref. [1] (Rapport 8713239-EP-R1-V4 – mission EP - rapport relatif aux conditions océano-météorologiques du site).

Ces valeurs ont été obtenues à partir d'un modèle de propagation numérique (SWAN) depuis le large vers la côte. Elles correspondent pour les houles de secteur Est aux valeurs obtenues au large immédiat de la digue Nord, par environ -16mZH de profondeur, en un point référencé P7 (voir ref. [1]) et pour les houles de secteur Sud-Est, aux valeurs obtenues au large par -20mZH de profondeur au point P15 de la note relative aux conditions météo-océaniques.

Note : Les essais n°9 et n°10 de 6h de durée ont été scindés en deux parties afin de pouvoir réaliser des observations au bout de 3h si nécessaire.

4.2. GENERATION DE LA HOULE CIBLE ET CALIBRATION

La conduite d'un essai type est la suivante (par exemple pour les houles de secteur Est):

- Essai court (essai permettant de calibrer la houle, d'une durée de 1h)

Par une profondeur de -16mZH (correspondant au point P7 du modèle de propagation numérique) : mesure du spectre de houle total, à l'aide de la sonde S1 placée sur l'isobathe -16mZH. L'analyse de ces mesures comprend :

- Détermination de la hauteur de houle significative (Hm0) totale et de la période de pic (Tp);
- Détermination du coefficient de réflexion de l'ouvrage (Cr);
- Calcul de la hauteur de houle significative (Hm0) incidente, donnée par la relation $Hm0_{incident} = Hm0_{totale} / (1+Cr^2)^{1/2}$

La valeur de la houle incidente ainsi déduite est comparée à la valeur cible.

- Essai long (essai de stabilité d'une durée de 3h nature)

Procédure similaire à l'essai court. L'essai long est lancé en ayant éventuellement corrigé la consigne au batteur sur la base de la hauteur de houle Hm0 mesurée lors de l'essai court et de l'écart observé par rapport à la consigne,

4.3. CRITERES DE STABILITE DE L'OUVRAGE

4.3.1. La carapace en blocs artificiels

Pour les essais, l'appréciation de la stabilité des blocs AccropodesTM Il est faite sur la base des critères suivants, en conditions de houle centennale:

- pas d'extraction (chute),
- tassements limités,
- oscillations limitées.

En condition de houle représentant 120% de la houle centennale :

- Pas d'extraction (chute) de blocs

L'ampleur des tassements de la carapace est appréciée visuellement. Un ordre de grandeur du nombre d'oscillations sur le modèle est estimé en comptabilisant l'ensemble des mouvements répétitifs observés lors des essais. Les extractions quant à elles sont comptabilisées à partir du moment où un bloc est extrait de la couche composant la carapace.

4.3.2. Les enrochements de la butée

Le critère suivant est considéré pour les enrochements de la butée de pied :

$$N_{od} \leq 1,0 \text{ pour des conditions centennales}$$

avec :

- Nod : Correspond à un paramètre de dommage qui représente le nombre d'enrochements déplacés dans une bande de largeur D_{n50} ;
- D_{n50} (m) : Diamètre nominal médian : $D_{n50} = \sqrt[3]{\frac{M_{50}}{\rho_s}}$;
- M_{50} (kg) : Masse médiane d'une catégorie d'enrochement ;
- ρ_s (kg/m³) : Masse volumique de la roche.

Un décompte des enrochements déplacés (d'un diamètre nominal médian ou plus) après chaque essai a été réalisé afin de permettre d'évaluer le critère sur les dommages présentés ci-dessus.

4.3.3. Les enrochements des bermes des musoirs

Le critère suivant est considéré pour les enrochements des bermes des musoirs :

$$N_{od} \leq 2 \text{ pour des conditions centennales}$$

avec :

- Nod : Correspond à un paramètre de dommage qui représente le nombre d'enrochements déplacés dans une bande de largeur D_{n50} ;
- D_{n50} (m) : Diamètre nominal médian : $D_{n50} = \sqrt[3]{\frac{M_{50}}{\rho_s}}$;
- M_{50} (kg) : Masse médiane d'une catégorie d'enrochement ;
- ρ_s (kg/m³) : Masse volumique de la roche.

Un décompte des enrochements déplacés (d'un diamètre nominal médian ou plus) après chaque essai a été réalisé afin de permettre d'évaluer le critère sur les dommages présenté ci-dessus.

4.3.4. Les enrochements de la carapace

Le critère pour les enrochements de carapace (y compris talus arrière) est le suivant :

Moins de 5% d'enrochements déplacés en conditions centennales;

Un décompte des enrochements déplacés (d'un diamètre nominal médian ou plus) après chaque essai a été réalisé afin de permettre d'évaluer le critère sur les dommages présenté ci-dessus.

4.3.5. Les enrochements de la protection anti-affouillement

Aucun critère quantitatif n'est vérifié pour les enrochements de protection anti-affouillement représentés sur le modèle côté mer. En effet, ces enrochements sont modélisés sous forme de gravette dont les petits constituants sont difficilement dénombrables. L'appréciation de la tenue du tapis anti-affouillement est donc basée sur une approche qualitative des dommages afin de s'assurer que le tapis d'enrochements continue de jouer son rôle de protection.

4.4. LES FRANCHISSEMENTS

En référence à la note d'hypothèses relative au dimensionnement des digues de la mission AVP (ref [2]), pour la zone étudiée qui ne comporte pas de voie circulaire, les critères suivants ont été évalués lors des essais :

Tronçons de digue concernés	Période de retour	Débit moyen (l/s/mètre de linéaire)	Débit maximal (l/mètre de linéaire)	Description des conséquences
Digue non accessible	Annuelle	1.0	---	Limitation de l'agitation induite
	centennale	100.0 (*)	---	Pas de dégâts sur crête et arrière bien protégés

Ces critères ont été évalués sur la base des volumes d'eau récupérés après chaque essai selon la méthodologie décrite au paragraphe §3.4.3.

(*) : le vrai critère en conditions centennales est de ne pas obtenir de dégâts en crête ou en talus arrière. Ainsi, le débit de 100L/ml/s (qui est une valeur typique) peut être dépassé si la crête et le talus arrière restent stables et que les dégâts sont acceptables.

5. LES RESULTATS

5.1. DEROULEMENT DES ESSAIS – PRINCIPALES ETAPES

Les essais se sont déroulés du 04 novembre au 10 décembre 2014 suivant les grandes étapes décrites ci-dessous :

- Semaine 45 (du 04 au 7 novembre): réalisation des essais relatifs aux houles de secteur Est (direction N90). **Ces essais ont été interrompus lors de l'essai n°8 suite à des dommages importants observés sur les ACCROPODES™ II du talus arrière de la digue Nord** (voir détails sur ces dommages au paragraphe 5.3.3)
- Semaine 46 (du 10 au 14 novembre) : protection du talus arrière de la digue Nord afin de réaliser le programme d'essais permettant de tester les autres parties des ouvrages (avant de la carapace, butée, digue Sud) – réalisation des tests restant de secteur Est (N90 et N110)
- Semaine 47 (du lundi 17 au vendredi 21 novembre) :
 - Mise en place du batteur à houle auxiliaire pour l'étude de la direction N135 et des guideaux
 - Retrait d'une partie de la chape béton permettant de découvrir les fonds pour une mise en configuration « fonds abaissés » de la bathymétrie. Ces fonds sont en place pour tous les essais restants.
 - Modification de la position des sondes
 - Réalisation des essais relatifs à la houle de Sud-Est (N135)
- Semaine 48 (du lundi 24 au 28 novembre) :
 - **modification du talus arrière de la digue Nord du PM 1800 jusqu'au musoir** (figures 1.10 et 1.11). Pour les essais restants, du PM 1650 au PM1800, le linéaire de digue Nord modélisé n'est plus représentatif.
 - **Modification de la partie arrière du musoir de la digue Sud**
 - Les butées des digues et bermes (aux musoirs) sont retapées pour les essais suivants
- Semaine 49 (du lundi 1er au 5 décembre) : Reprise de certains essais relatifs à la houle de Sud-Est, afin de valider les modifications mises en œuvre sur les ouvrages
- Semaine 50 (du lundi 8 au mercredi 10 décembre) :
 - Retrait du batteur auxiliaire et des guideaux
 - Modification de la position des sondes
 - Reprise des essais relatifs à la houle de secteur Est (N90 et N110), y compris la houle dite « 120% » afin de valider les modifications mises en œuvre sur les ouvrages

5.2. LES CONDITIONS DE HOULE

Les tableaux en pages suivantes présentent les conditions de houle mesurées lors des différents essais, validées au regard des conditions « cibles » attendues. Cette comparaison et cette validation sont menées au regard de la méthodologie exposée au paragraphe §4.2.

Les tableaux permettent de s'assurer que les houles définies dans le programme (par -16mZH et par -20mZH) ont toutes pu être générées sauf pour les conditions centennales de houle avec un niveau bas (essais n°9 et 7_2).

En effet, malgré plusieurs essais mettant en œuvre différents paramètres de génération au batteur, les houles observées ont été un peu inférieures à la houle cible ($H_{m0}=8.4m$ / $T_p=13s$) par -16m ou -17m d'eau (niveau de 0mZH ou de 1mZH) pour ces essais spécifiques (essais n°9 et 7_2)

Pour ces essais, il a été en effet observé un nombre important de vagues qui déferlaient bien en amont de la sonde S1 placée par -16mZH, ce qui indique une limitation des houles par les fonds.

De même, pour la direction N90, les conditions de houle « 120% » n'ont pu être obtenues, à cause de la limitation par les fonds.

date	n° d'essai	DIRECTION de la houle	Houles de consigne (à respecter en S1)			Houles à la sonde S1 Ref				Houles à la sonde S2		Houles à la sonde S3		Houles à la sonde S4		Houles à la sonde S5		niveau (mZH)	cas étudié - objectif du test	durée de l'essai (échelle prototype) - en heures	durée de l'essai (échelle modèle) en minutes
			Hm0_inc (m)	Tp (s)	gamma	Hm0_tot (m)	Hm0_inc (m)	Tp (s)	Cr	Hm0_tot (m)	Tp (s)										
mardi 04 novembre	1	N90	1,20	5,00	1,50	1,42	1,31	5,37	40,90	1,28	5,46	1,22	5,62	0,69	5,41	0,19	5,68	0,60	tassement (environ 10% du temps)	3	25
mardi 04 novembre	2	N90	2,60	7,00	1,50	2,86	2,67	7,05	38,30	2,57	6,59	2,66	7,37	1,59	7,08	0,41	7,32	0,60	tassement 2% du temps environ	3	25
mardi 04 novembre	3	N90	4,90	8,00	1,50	5,10	4,77	8,11	37,60	4,44	8,03	4,63	8,24	3,12	8,05	0,75	8,61	1,80	annuel	3	25
mercredi 05 novembre	4	N90	4,90	10,00	1,50	5,35	5,01	10,26	37,50	4,98	10,42	4,85	10,14	2,78	9,83	0,89	10,67	1,80	annuel - période longue	3	25
mercredi 05 novembre	5	N90	6,50	11,00	1,50	6,82	6,38	10,44	38,00	6,81	10,96	5,99	12,45	4,16	11,68	1,16	10,96	2,00	10ans	3,00	25
mercredi 05 novembre	6-court	N90	8,40	13,00	1,50	7,85	7,35	13,46	37,40	7,66	13,02	6,92	14,27	5,00	14,39	1,76	20,60		100ans - essai court	1,00	8,3
jeudi 06 novembre	6-long	N90	8,40	13,00	1,50	8,55	7,97	13,35	39,00	8,34	13,97	7,71	13,90	5,63	13,10	1,80		2,20	100ans - période nominale (13s)	3,00	25
jeudi 06 novembre	9-1ère partie 3h	N90	8,40	13,00	1,50	8,26	7,67	13,50	40,00	9,30	13,30	7,60	13,40	5,30	13,90	1,52		0,00	centennale niveau bas	3h	
jeudi 06 novembre	9-2ème partie 3h	N90	8,40	13,00	1,50	8,34	7,74	13,00	40,00	9,28	13,22	7,63	13,50	5,35	14,10	1,52		0,00	centennale niveau bas	3h	
vendredi 07 novembre 2014	8	N90	8,40	15,00	1,50	8,55	7,97	17,28	38,70	9,12	15,88	8,41	18,60	5,78	16,64	1,98		2,2	centennale niveau haut 15s (période longue)	2h	16

Notes:

- Dans le rapport relatif aux conditions océano-météorologiques, les Hm0 sont des hauteurs de houle incidente (issues des modélisations SWAN)
- L'annexe 3 présente pour certains essais le spectre des houles générées en superposition du spectre théorique de consigne

Essais réalisés avec le talus arrière de la digue Nord protégé

date	n° d'essai	DIRECTION de la houle	Houles de consigne (à respecter en S1)			Houles à la sonde S1 Ref				Houles à la sonde S2		Houles à la sonde S3		Houles à la sonde S4		Houles à la sonde S5		niveau (mZH)	cas étudié - objectif du test	durée de l'essai (échelle prototype) - en heures
			Hm0_inc (m)	Tp (s)	gamma	Hm0_tot (m)	Hm0_inc (m)	Tp (s)	Cr	Hm0_tot (m)	Tp (s)									
jeudi 13 novembre	4	N90	4,90	10,00	1,50	5,23	5,23	9,99		5,30	10,51	5,59	10,19	3,41	10,78	0,89	10,88	1,80	mesures de franchissements 1an-10s	3h
jeudi 13 novembre	8	N90	8,40	15,00	1,50	8,85	8,18	15,83	41,20	8,90	15,74	8,84	17,54	6,07	16,71	1,82		2,20	mesures de franchissements 100ans - période maximale	3h
vendredi 14 novembre	6	N90	8,40	13,00	1,50	8,72	8,14	13,54	38,30	8,77	13,43	8,14	12,87	5,83	12,91	1,75		2,20	mesures de franchissements 100ans - période nominale	1,33h (suffisant pour remplir les bacs)
vendredi 14 novembre	7	N110	8,40	13,00	1,50	8,36	7,93	14,07	33,20	8,46	13,48	8,56	14,57	6,72		2,11		2,20	mesures de franchissements - 100ans - DIR110°N - période nominale	3h
vendredi 14 novembre	7_1	N110	8,40	15,00	1,50	8,91	8,48	16,32	32,20	8,47	15,17	8,70	16,44	6,89	16,26	2,23		2,20	100ans - DIR110°N - période maximale	3h

Essais réalisés avec le talus arrière de la digue Nord protégé (pour la direction N135)

date	n° d'essai	DIRECTION de la houle	Houles de consigne (à respecter en S1)			Houles à la sonde S1 Ref				Houles à la sonde S2		Houles à la sonde S3		Houles à la sonde S4		Houles à la sonde S5		niveau (mZH)	cas étudié - objectif du test	durée de l'essai (échelle prototype) - en heures
			Hm0_inc (m)	Tp (s)	gamma	Hm0_tot (m)	Hm0_inc (m)	Tp (s)	Cr	Hm0_tot (m)	Tp (s)									
mercredi 19 novembre	11	N135	2,90	8,00	1,50	3,16	2,99	7,94	34,10	3,24	7,94	3,16	8,05	2,49	7,63	1,32	7,70	1,80	annuelle direction N135	3h
mercredi 19 novembre	12	N135	2,90	10,00	1,50	2,96	2,82	9,85	32,50	3,39	9,73	2,99	10,34	2,52	11,02	1,50	11,14	1,80	annuelle direction N135 période longue (10s)	3h
mercredi 19 novembre	13	N135	4,20	11,00	1,50	4,20	4,02	10,99	30,10	4,91	10,68	4,00	10,51	3,34	11,17	2,25	11,96	2,00	décennale	3h
mercredi 19 novembre	14	N135	5,90	13,00	1,50	6,40	6,18	12,62	26,80	7,17	13,60	6,18	13,44	4,72	13,07	3,71	12,99	2,20	100ans N135 période nominale	3h
jeudi 20 novembre	15	N135	5,90	15,00	1,50	6,25	6,05	15,38	25,70	6,89	14,84	5,76	14,39	4,41	15,03	3,59	15,18	2,20	100ans N135 période maximale	3h
jeudi 20 novembre	16	N135	5,90	13,00	1,50	6,58	6,34	12,32	27,90	6,96	13,65	6,24	12,77	4,27	13,52	4,02	13,51	0,00	100ans N135 période nominale NIVEAU BAS	3h
			5,90	13,00	1,50	6,19	5,97	12,23	27,60	6,77	13,62	5,93	12,68	4,12	13,49	3,70	13,54	0,00		3h
vendredi 21 novembre	15	N135	5,90	15,00	1,50	6,33	6,14	15,38	25,10	6,76	14,85	5,85	14,89	4,58	15,04	3,64	15,24	2,20	MESURES DE FRANCHISSEMENTS - 100ans N135 période maximale	3h
vendredi 21 novembre	17	N135	7,10	13,00	1,50	7,40	7,14	12,74	27,00	7,97	14,01	7,21	13,44	5,55	13,43	4,26	13,60	2,20	houles 120% de secteur N135	3h
			7,10	13,00	1,50	7,40	7,15	12,73	26,90	7,94	14,04	7,26	13,45	5,45	13,42	4,25	13,69	2,20		3h

Essais réalisés après modifications des digues – direction N135

date	n° d'essai	DIRECTION de la houle	Houles de consigne (à respecter en S1)			Houles à la sonde S1 Ref				Houles à la sonde S2		Houles à la sonde S3		Houles à la sonde S4		Houles à la sonde S5		Houles à la sonde S6		niveau (mZH)	cas étudié - objectif du test	durée de l'essai (échelle prototype) - en heures
			Hm0_inc (m)	Tp (s)	gamma	Hm0_tot (m)	Hm0_inc (m)	Tp (s)	Cr	Hm0_tot (m)	Tp (s)											
lundi 1er décembre 11h00	12	N135	2,90	10,00	1,50	3,06	2,91	9,86	32,10	3,22	9,88	3,19	10,33	2,44	10,29	1,50	10,13	2,42	9,54	1,80	annuelle direction N135 période longue (10s)	3h
lundi 1er décembre 13h00	13	N135	4,20	11,00	1,50	4,20	4,04	11,02	28,60	4,95	10,66	4,20	10,49	3,28	11,52	2,24	11,49	3,20	10,78	2,00	décennale	3h
lundi 1er décembre 14h00	14	N135	5,90	13,00	1,50	6,27	6,06	12,73	26,30	7,16	13,78	6,19	13,48	4,97	14,04	3,47	13,89	4,83	13,25	2,20	100ans N135 période nominale	3h
lundi 1er décembre 16h00	15	N135	5,90	15,00	1,50	6,08	5,91	15,31	24,20	6,93	14,83	5,76	14,34	4,77	14,61	3,48	15,08	4,35	14,62	2,20	100ans N135 période maximale	3h
mardi 2 décembre 10h00	16	N135	5,90	13,00	1,50	6,43	6,21	12,22	27,00	6,73	13,60	5,99	12,78	4,19	13,83	3,67	13,55	4,74	13,57	0,00	100ans N135 période nominale NIVEAU BAS	3h
			5,90	13,00	1,50	6,33	6,10	12,18	27,40	6,67	13,62	6,03	12,77	4,20	13,85	3,67	13,54	4,69	13,60	0,00		3h
mardi 2 décembre 14h00	17	N135	7,10	13,00	1,50	7,36	7,13	12,70	25,80	8,01	13,98	7,21	13,45	5,56	13,77	4,09	13,91	5,47	13,41	2,20	houles 120% de secteur N135	3h
			7,10	13,00	1,50	7,35	7,11	12,80	26,40	8,06	13,89	7,21	13,44	5,51	13,73	4,09	13,91	5,53	13,42	2,20		3h

Essais réalisés après modifications des digues et retrait du batteur auxiliaire – direction N90 & N110

date	n° d'essai	DIRECTION de la houle	Houles de consigne (à respecter en S1)			Houles à la sonde S1 Ref				Houles à la sonde S2		Houles à la sonde S3		Houles à la sonde S4		Houles à la sonde S5		Houles à la sonde S6		niveau (mZH)	cas étudié - objectif du test	durée de l'essai (échelle prototype) - en heures
			Hm0_inc (m)	Tp (s)	gamma	Hm0_tot (m)	Hm0_inc (m)	Tp (s)	Cr	Hm0_tot (m)	Tp (s)											
lundi 8 décembre 2014 -	4-005	N90	4,90	10,00	1,50	5,75	5,40	9,92	36,80	5,52	10,71	5,59	10,24	3,36	9,99	0,82	10,47	1,03	10,51	1,8	annuelle - période longue	3h
lundi 8 décembre 2014 -	3_1	N110	4,90	8,00	1,50	5,05	4,73	8,24	37,60	6,10	8,29	5,35	8,17	4,87	8,34	1,05	7,70	1,58	7,83	1,8	annuelle -	3h
lundi 8 décembre 2014 -	5	N90	6,50	11,00	1,50	7,08	6,59	11,43	39,20	6,91	11,20	7,13	12,80	4,34	11,95	1,01	10,59	1,24	10,90	2,00	décennale	3h
mardi 9 décembre 2014 -	6	N90	8,40	13,00	1,50	8,79	8,13	12,96	41,20	9,05	13,91	8,57	12,96	6,05	13,27	1,80		2,02		2,20	centennal	3h
mardi 9 décembre 2014 -	7	N110	8,40	13,00	1,50	8,53	8,07	14,04	34,40	8,68	13,72	8,91	15,51	6,97	13,30	1,97	16,49	2,87	15,09	2,20	Centennal – période nominale	3h
mardi 9 décembre 2014 -	7_1	N110	8,40	15,00	1,50	9,18	8,69	16,08	34,00	8,60	15,14	9,28	16,54	7,07	16,28	2,29	16,80	3,14	17,44	2,20	Centennal – période maximale	3h
mardi 9 décembre 2014 -	7_2 long	N110	8,40	13,00	1,50	7,94	7,47	14,32	36,00	8,42	13,95	8,44	15,54	6,30	13,57	2,03	25,78	2,81	19,74	1,00	centennal niveau bas	3h
mercredi 10 décembre 2014 -	8-004	N90	8,40	15,00	1,50	9,03	8,34	17,38	41,60	9,00	15,62	8,97	17,66	6,35	16,59	2,02	57,33	2,30	55,05	2,20	centennal période maximale	3h
mercredi 10 décembre 2014 -	9	N90	8,40	13,00	1,50	8,78	8,11	13,39	41,60	8,71	13,89	7,92	13,38	5,46	14,26	1,50	59,84	1,84	57,83	0,00	centennal niveau bas	3h
			8,40	13,00	1,50	8,81	8,13	13,38	41,90	8,65	13,82	7,92	13,40	5,51	13,59	1,49	55,73	1,84	57,79	0,00		3h
mercredi 10 décembre 2014 -	10	N90	10,10	13,00	1,50	9,62	8,92	13,12	40,50	9,63	14,00	8,95	13,02	6,50	14,09	2,08	60,00	2,27	55,00	2,20	houles 120%	3h
			10,10	13,00	1,50	9,71	8,99	13,11	40,90	9,98	13,95	9,12	13,04	6,58	14,23	2,16	60,00	2,39	55,00	2,20		3h

5.3. STABILITE DES DIFFERENTS ELEMENTS

5.3.1. La carapace en blocs Accropodes™ II pour la digue Nord

Le tableau suivant rassemble pour les différentes sections de la digue qui sont étudiées les observations concernant la carapace en blocs Accropodes™ II réalisées lors des différents essais :

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDEE	Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Mauv M1 (côté mer)		Mauv M2 (partie centrale)		Mauv M3 (côté port)	
				Blocs de 9m ³ côté mer	Blocs de 9m ³ en crête	Blocs de 9m ³ en crête	Blocs de 9m ³ en crête	Blocs de 12m ³ côté mer	Blocs de 12m ³ en crête	Blocs de 9m ³ en crête	Blocs de 9m ³ côté port	Blocs de 18m ³											
1	mardi 04 novembre	lessivement (environ 10% du temps)	N90																				
2	mardi 04 novembre	lessivement 2% du temps	N90																				
3	mardi 04 novembre	annuel	N90																				
4	mercredi 05 novembre	annuelle - période longue	N90																				
5	mercredi 05 novembre	10ans	N90																				
6-court	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90																				
6-long	jeudi 06 novembre	100ans - période longue	N90																				
9-première partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90																				
9-seconde partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90																				
8	vendredi 07 novembre 2014	centennale niveau haut 15a (période longue)	N90																				

Ces premiers essais ont permis de mettre en évidence l'instabilité du talus arrière. En effet, dès l'essai court de calibration des conditions centennales, 4 blocs artificiels ont été extraits de la dernière rangée (la plus basse) de la carapace du talus arrière. Ces extractions ont été générées par l'instabilité du talus arrière en encochements (voir paragraphe 5.3.3 suivant) sur lequel la dernière rangée d'Accropodes™ II était disposée. Lors des essais suivants, les dommages se sont accentués, jusqu'à ce que la ruine de l'ouvrage soit observée vers le PM2200, nécessitant un arrêt de l'essai (au bout de 2 heures nature) afin de préserver le reste de l'ouvrage.

Des photos des dommages sont fournies en Annexe 1.

A la suite de ces essais le talus arrière a donc été protégé dans l'attente d'être modifié courant semaine 48

REGION LANGUEDOC ROUSSILLON
MISSION DE MAITRISE D'ŒUVRE POUR L'AGRANDISSEMENT DU PORT DE PORT-LA NOUVELLE
 MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULE DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES – RAPPORT D'ESSAIS

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDEE	Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Mauoir M1 (côté mer)		Mauoir M2 (partie centrale)		Mauoir M3 (côté port)	
				Blocs de 9m ³ côté mer	Blocs de 9m ³ en crête	Blocs de 9m ³ côté port	Blocs de 12m ³ côté mer	Blocs de 12m ³ en crête	Blocs de 9m ³ en crête	Blocs de 9m ³ côté port	Blocs de 18m ³	Blocs de 18m ³	Blocs de 18m ³	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions
4	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 1an-10s	N90																				
8	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 100ans-15s	N90																				
6	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements 100ans-15s	N90																				
7	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements - 100ans DR1107N - 15s	N110																				
7.1	vendredi 14 novembre	100ans - DR1107N - 15s	N110																				
11	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135																				
12	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135 période longue (10s)	N135																				
13	mercredi 19 novembre	décennale	N135																				
14	mercredi 19 novembre	100ans N135 période nominale	N135																				
15	jeudi 20 novembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135																				
16	jeudi 20 novembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135																				
17	vendredi 21 novembre	houles 120% de secteur N135	N135																				

A la fin de ces essais, le talus arrière de la digue nord est modifié (tel que présenté sur les figures 1.10 et 1.11)

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDEE	Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Mauoir M1 (côté mer)		Mauoir M2 (partie centrale)		Mauoir M3 (côté port)	
				Blocs de 9m ³ côté mer	Blocs de 9m ³ en crête	Blocs de 9m ³ côté port	Blocs de 12m ³ côté mer	Blocs de 12m ³ en crête	Blocs de 9m ³ en crête	Blocs de 9m ³ côté port	Blocs de 18m ³	Blocs de 18m ³	Blocs de 18m ³	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions
12	lundi 1er décembre	annuelle direction N135 période longue (10s)	N135																				
13	lundi 1er décembre	décennale	N135																				
14	lundi 1er décembre	100ans N135 période nominale	N135																				
15	lundi 1er décembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135																				
16	mardi 2 décembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135																				
17	mardi 2 décembre	120% de la centennale	N135																				

REGION LANGUEDOC ROUSSILLON
MISSION DE MAITRISE D'ŒUVRE POUR L'AGRANDISSEMENT DU PORT DE PORT-LA NOUVELLE
 MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULE DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES – RAPPORT D'ESSAIS

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDEE	Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 8 (PM1650 à 1900)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Section 9 (PM1900 à 2400)		Mauoir M1 (côté mer)		Mauoir M2 (partie centrale)		Mauoir M3 (côté port)	
				Blocs de 9m ³ côté mer	Blocs de 9m ³ en crête	Blocs de 9m ³ côté port	Blocs de 12m ³ côté mer	Blocs de 12m ³ en crête	Blocs de 9m ³ en crête	Blocs de 9m ³ côté port	Blocs de 18m ³	Blocs de 18m ³	Blocs de 18m ³	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions
4	lundi 8 décembre 2014	annuelle - période longue	N90																						
3.1	lundi 8 décembre 2014	annuelle -	N110																						
5	lundi 8 décembre 2014	décennale	N90																						
6	mardi 9 décembre 2014	centennale	N90																						
7	mardi 9 décembre 2014	centennale	N110																						
7.1	mardi 9 décembre 2014	centennale période maxi	N110																						
7.2	mardi 9 décembre 2014	centennale niveau bas	N110																						
8	mercredi 10 décembre 2014	centennale période maxi	N90																						
9	mercredi 10 décembre 2014	centennale niveau bas	N90																						
10	mercredi 10 décembre 2014	houles 120%	N90																						

Lors des essais qui ont suivi la modification, des tassements de la carapace, des aérations et des oscillations de blocs se sont produits mais ces phénomènes sont restés acceptables.

Aucune extraction de blocs de carapace ne s'est produite pendant ces essais.

Les résultats montrent que la bonne stabilité des blocs ACCROPODE™ II de 9, 12 et 18 m³ est obtenue pour le linéaire de digue testé. Les tassements et les oscillations en conditions de projet sont limités. La présence de ces oscillations montrent qu'il est toutefois difficilement envisageable de réduire d'une taille les blocs ACCROPODE™ II.

Lors des essais en conditions de houle extrême « supérieure à la centennale », la carapace est restée en bon état et la ruine n'a pas été atteinte.

L'[annexe 1](#) (avant modifications du talus arrière) et l'[annexe 2](#) (après modifications) présentent des photographies de la carapace côté mer et côté port pour les différents essais réalisés.

5.3.2. La carapace en blocs Accropodes™ II pour la digue Sud

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	Section 21 et 22 (PM400 à 600)		Section 21 et 22 (PM400 à 600)		Section 21 et 22 (PM400 à 600)		Musoir M1 (coté mer)		Musoir M2 (partie centrale)		Musoir M3 (coté port)	
				Blocs de 6m ³ coté mer	Blocs de 6m ³ coté mer	Blocs de 6m ³ crête	Blocs de 6m ³ crête	Blocs de 6m ³ coté port	Blocs de 6m ³ coté port	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions
1	mardi 04 novembre	tassement (environ 10% du temps)	N90												
2	mardi 04 novembre	tassement 2% du temps environ	N90												
3	mardi 04 novembre	annuel	N90												
4	mercredi 05 novembre	annuelle - période longue	N90												
5	mercredi 05 novembre	10ans	N90												
6-court	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90												
6-long	jeudi 06 novembre	100ans - période longue	N90												
9-première partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90												
9-seconde partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90												
8	vendredi 07 novembre 2014	centennale niveau haut 15s (période longue)	N90												
4	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 1an - 10s	N90												
8	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 100ans - 15s	N90												
6	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements 100ans - 13s	N90												
7	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements - 100ans - DIR110°N - 13s	N110												
7_1	vendredi 14 novembre	100ans - DIR110°N - 15s	N110												
11	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135												
12	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135 période longue (10s)	N135												
13	mercredi 19 novembre	décennale	N135												
14	mercredi 19 novembre	100ans N135 période nominale	N135												
15	jeudi 20 novembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135												
16	jeudi 20 novembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135												
17	vendredi 21 novembre	houles 120% de secteur N135	N135											1 sur la crête	

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	Section 21 et 22 (PM400 à 600)		Section 21 et 22 (PM400 à 600)		Section 21 et 22 (PM400 à 600)		Musoir M1 (coté mer)		Musoir M2 (partie centrale)		Musoir M3 (coté port)	
				Blocs de 6m ³ coté mer	Blocs de 6m ³ coté mer	Blocs de 6m ³ crête	Blocs de 6m ³ crête	Blocs de 6m ³ coté port	Blocs de 6m ³ coté port	oscillations	extractions	oscillations	extractions	oscillations	extractions
12	lundi 1er décembre	annuelle direction N135 période longue (10s)	N135												
13	lundi 1er décembre	décennale	N135												
14	lundi 1er décembre	100ans N135 période nominale	N135												
15	lundi 1er décembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135											1 sur la crête PM 450	
16	mardi 2 décembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135												
17	mardi 2 décembre	120% de la centennale	N135											1 sur la crête PM 450	
4	lundi 8 décembre 2014	annuelle - période longue	N90												
3_1	lundi 8 décembre 2014	annuelle -	N110												
5	lundi 8 décembre 2014	décennale	N90												
6	mardi 9 décembre 2014	centennal	N90												
7	mardi 9 décembre 2014	centennal	N110											1 sur la crête PM 450	
7_1	mardi 9 décembre 2014	centennal période maxi	N110											1 sur la crête PM 450	
7_2	mardi 9 décembre 2014	centennal niveau bas	N110												
8	mercredi 10 décembre 2014	centennale période maxi	N90											1 sur la crête PM 450	
9	mercredi 10 décembre 2014	centennale niveau bas	N90												
10	mercredi 10 décembre 2014	houles 120%	N90												

Lors des essais, des tassements de la carapace, des aérations et des oscillations de blocs se sont produits mais ces phénomènes sont restés acceptables.

Aucune extraction de blocs de carapace ne s'est produite pendant ces essais.

Les résultats montrent que la bonne stabilité des blocs ACCROPODE™ II de 6 et 9 m3 est obtenue pour le linéaire de digue testé. Les tassements et les oscillations en conditions de projet sont limités. La présence de ces oscillations montrent qu'il est toutefois difficilement envisageable de réduire d'une taille les blocs ACCROPODE™II.

Lors des essais en conditions de houle extrême « supérieure à la centennale », la carapace est restée en bon état et la ruine n'a pas été atteinte.

5.3.3. Le talus arrière en enrochements pour la digue Nord

Le tableau suivant rassemble pour les différentes sections de la digue qui sont étudiées les observations concernant les enrochements constituant le talus arrière de la digue Nord réalisées lors des différents essais :

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	S8 (PM 1650 -PM 1700)			S8 (PM 1700 -PM 1800)			S8 (PM 1800 -PM 1900)		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère
1	mardi 04 novembre	tassement (environ 10% du temps)	N90	0	0,00	<5%	0	0,00	<5%	0	0,00	<5%
2	mardi 04 novembre	tassement 2% du temps environ	N90	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%
3	mardi 04 novembre	annuel	N90	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%
4	mercredi 05 novembre	annuelle - période longue	N90	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%
5	mercredi 05 novembre	10ans	N90	1,00	0,04	<5%	1,00	0,04	<5%	1,00	0,04	<5%
6-court	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90	44,00	1,70	<5%	44,00	1,70	<5%	16,00	0,62	<5%
6-long	jeudi 06 novembre	100ans - période longue	N90	120,00	4,85	<5%	120,00	4,85	<5%	40,00	1,55	<5%
9-première partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	120,00	4,85	<5%	120,00	4,85	<5%	40,00	1,55	<5%
9-seconde partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	120,00	4,85	<5%	120,00	4,85	<5%	40,00	1,55	<5%
8	vendredi 07 novembre 2014	centennale niveau haut 15s (période longue)	N90	300,00	23,24	<5%	300,00	11,62	<5%	300,00	11,62	<5%

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	S9 (PM 1900 -PM2000)			S9 (PM 2000 -PM 2100)			S9 (PM2100 -PM2200)			S9 (PM 2200 -PM 2300)			S9 (PM 2300 -PM 2400)		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère
1	mardi 04 novembre	tassement (environ 10% du temps)	N90	0	0,00	<5%	0	0,00	<5%	0	0,00	<5%	0	0,00	<5%	0	0,00	<5%
2	mardi 04 novembre	tassement 2% du temps environ	N90	0,00	0,00	<5%	1	0,03	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%
3	mardi 04 novembre	annuel	N90	0,00	0,00	<5%	2,00	0,07	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%
4	mercredi 05 novembre	annuelle - période longue	N90	0,00	0,00	<5%	3,00	0,10	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%
5	mercredi 05 novembre	10ans	N90	0,00	0,00	<5%	3,00	0,10	<5%	9,00	0,31	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%
6-court	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90	12,00	0,41	<5%	27,00	0,92	<5%	55,00	1,87	<5%	14,00	0,48	<5%	6,00	0,20	<5%
6-long	jeudi 06 novembre	100ans - période longue	N90	30,00	1,02	<5%	60,00	2,04	<5%	130,00	4,42	<5%	35,00	1,19	<5%	30,00	1,02	<5%
9-première partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	30,00	1,02	<5%	70,00	2,38	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%
9-seconde partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	30,00	1,02	<5%	70,00	2,38	<5%	130,00	4,42	<5%	100,00	3,40	<5%	47,00	1,60	<5%
8	vendredi 07 novembre 2014	centennale niveau haut 15s (période longue)	N90	300,00	10,20	<5%	300,00	10,20	<5%	300,00	10,20	<5%	300,00	10,20	<5%	300,00	10,20	<5%

Ces résultats (ainsi que les photos présentées en [Annexe 1](#)) montrent que la partie en enrochements du talus arrière de la digue Nord n'est pas du tout stable dès que la digue est fortement franchie (ce qui est le cas pour des conditions centennales). L'instabilité de ces enrochements causée par les forts volumes franchissants a amené des dommages importants sur la carapace en Accropodes™ II du talus arrière. Il a donc été nécessaire de modifier la configuration de la section telle que présentée dans les [figures 1.10 et 1.11](#) afin que dans la nouvelle configuration aucun enrochements ne puissent être déstabilisés par les forts volumes d'eau franchissants.

5.3.4. Le talus arrière en enrochements pour la digue Sud

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	S21 (PM 400 -PM 500)			S21-(PM 500 -PM 600)		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère
1	mardi 04 novembre	tassement (environ 10% du temps)	N90		0,00	<5%		0,00	<5%
2	mardi 04 novembre	tassement 2% du temps environ	N90		0,00	<5%		0,00	<5%
3	mardi 04 novembre	annuel	N90		0,00	<5%		0,00	<5%
4	mercredi 05 novembre	annuelle - période longue	N90		0,00	<5%		0,00	<5%
5	mercredi 05 novembre	10ans	N90		0,00	<5%		0,00	<5%
6-court	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%
6-long	jeudi 06 novembre	100ans - période longue	N90	0,00	0,00	<5%	0,00	0,00	<5%
9-première partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90		0,00	<5%		0,00	<5%
9-seconde partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90		0,00	<5%		0,00	<5%
8	vendredi 07 novembre 2014	centennale niveau haut 15s (période longue)	N90		0,00	<5%	1,00	0,04	<5%
4	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 1an -10s	N90		0,00	<5%		0,00	<5%
8	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 100ans - 15s	N90		0,00	<5%		0,00	<5%
6	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements 100ans - 13s	N90		0,00	<5%	3,00	0,11	<5%
7	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements - 100ans - DIR110°N - 13s	N110		0,00	<5%	5,00	0,19	<5%
7 1	vendredi 14 novembre	100ans - DIR110°N - 15s	N110		0,00	<5%	5,00	0,19	<5%
11	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135		0,00	<5%		0,00	<5%
12	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135 période longue (10s)	N135		0,00	<5%		0,00	<5%
13	mercredi 19 novembre	décennale	N135		0,00	<5%		0,00	<5%
14	mercredi 19 novembre	100ans N135 période nominale	N135		0,00	<5%		0,00	<5%
15	jeudi 20 novembre	100ans N135 période max (15s)	N135		0,00	<5%	10	0,38	<5%
16	jeudi 20 novembre	100ans N135 niveau bas période nominale (13s)	N135		0,00	<5%		0,00	<5%
17	vendredi 21 novembre	houles 120% de secteur N135	N135	3,00	0,00	<5%	14,00	0,53	<5%

La digue Sud est un ouvrage assez peu franchi (comme montré au paragraphe 5.4). Ainsi, le talus arrière n'a subi que peu de dégâts. Les plus gros dommages ont été observés à la limite du talus en section courante et du musoir. Ces dommages ont motivé une modification de la configuration du musoir (côté intérieur, comme montré en [Figure 1.12](#)) afin de prévenir d'éventuels dommages plus importants pouvant affecter la carapace en Accropodes™ II.

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	S21 (PM 400 -PM 500)			S21-(PM 500 -PM 600)		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	pourcentage d'enrochements déplacés	Critère
14	lundi 1er décembre	100ans N135 période nominale	N135	0	0,00	<5%	0	0,00	<5%
15	lundi 1er décembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135	0	0,00	<5%	0	0,00	<5%
16	mardi 2 décembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%
17	mardi 2 décembre	houles 120% de secteur N135	N135	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%
4	lundi 8 décembre 2014	annuelle - période longue	N90	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%
3_1	lundi 8 décembre 2014	annuelle -	N110	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%
5	lundi 8 décembre 2014	décennale	N90	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%
6	mardi 9 décembre 2014	centennale période nominale	N90	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%
7_1	mardi 9 décembre 2014	centennale période maxi	N110	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%
7_2	mardi 9 décembre 2014	centennale niveau bas	N110	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%
8	mercredi 10 décembre 2014	centennale période maxi	N90	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%
9	mercredi 10 décembre 2014	centennale niveau bas	N90	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%
10	mercredi 10 décembre 2014	houles 120%	N90	0	0,00	<5%	2	0,08	<5%

Lors des essais qui ont suivi la modification, les dommages observés ont été limités

5.3.5. La berme du musoir de la digue Nord

Les dommages observés sur les bermes des musoirs ont été relevés pour les différents essais dans les tableaux suivants :

Dans le cours des essais, le dénombrement des enrochements (de catégorie [1-3]) déplacés depuis les bermes a été affiné (tel que décrit dans les figures 6.1 et 6.2). Le dénombrement aux musoirs s'est fait en référence à 3 zones dès que les dommages observés ont été conséquents (c'est-à-dire à la fin de la première série d'essais relatifs aux houles d'Est, ces essais s'étant terminés le 14/11/2014).

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	M2 – musoir partie centrale			M3 – musoir côté port		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
1	mardi 04 novembre	tassement (environ 10% du temps)	N90	0,00	Nod<2	0	Nod<2		
2	mardi 04 novembre	tassement 2% du temps environ	N90	0,00	Nod<2	0	Nod<2		
3	mardi 04 novembre	annuel	N90	0,00	Nod<2	0,00	Nod<2		
4	mercredi 05 novembre	annuelle - période longue	N90	0,00	Nod<2	0,00	Nod<2		
5	mercredi 05 novembre	10ans	N90	0,00	Nod<2	0,00	Nod<2		
6-court	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90	0,00	Nod<2	0,00	Nod<2		
6-long	jeudi 06 novembre	100ans - période longue	N90	0,00	Nod<2	0,00	Nod<2		
9-première partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	0,00	Nod<2	0,00	Nod<2		
9-seconde partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	28	0,41	Nod<2	0,00	Nod<2	
8	vendredi 07 novembre 2014	centennale niveau haut 15s (période longue)	N90	36	0,53	Nod<2	0,00	Nod<2	
				0,00	Nod<2	0	Nod<2		
4	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 1an -10s	N90	0,00	Nod<2	0	Nod<2		
8	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 100ans - 15s	N90	0,00	Nod<2	0,00	Nod<2		
6	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements 100ans - 13s	N90	35	0,51	Nod<2	0,00	Nod<2	
7	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements - 100ans - DIR110°N - 13s	N110	80	1,17	Nod<2	0,00	Nod<2	
7_1	vendredi 14 novembre	100ans - DIR110°N - 15s	N110	23	0,34	Nod<2	59	0,55	Nod<2
11	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135						
12	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135 période longue (10s)	N135						
13	mercredi 19 novembre	décennale	N135						
14	mercredi 19 novembre	100ans N135 période nominale	N135	48	0,70	Nod<2	70	0,65	Nod<2
15	jeudi 20 novembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135	50	0,73	Nod<2	70	0,65	Nod<2
16	jeudi 20 novembre	100ans N135 niveau bas période nominale (13s)	N135	80	1,17		70	0,65	
17	vendredi 21 novembre	houles 120% de secteur N135	N135	70	1,03		70	0,65	

Lors de la modification de la digue, la berme des musoirs est retapée (rechargée et repeinte) afin de reprendre un décompte précis des dommages.

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	• M2 – musoir partie centrale			• M3 – musoir côté port		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
14	lundi 1er décembre 14h00	100ans N135 période nominale	N135	16	0,23	Nod<2	5	0,05	Nod<2
15	lundi 1er décembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135	24	0,35	Nod<2	9	0,08	Nod<2
16	mardi 2 décembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135	37	0,54	Nod<2	20	0,19	Nod<2
17	mardi 2 décembre	houles 120% de secteur N135	N135	40	0,59	Nod<2	43	0,40	Nod<2

De même, après le retrait du batteur dédié à l'étude des houles de secteur Sud-Est, la berme de la digue Nord est retapée

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	• M2 – musoir partie centrale			• M3 – musoir côté port		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
4	lundi 8 décembre 2014	annuelle - période longue	N90	1	0,01	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
3_1	lundi 8 décembre 2014	annuelle - décennale	N110	2	0,03	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
5	lundi 8 décembre 2014	annuelle	N90	2	0,03	Nod<2	3	0,03	Nod<2
6	mardi 9 décembre 2014	centennale période nominale	N90	5	0,07	Nod<2	10	0,09	Nod<2
7	mardi 9 décembre 2014	centennale période nominale	N110	14	0,21	Nod<2	40	0,37	Nod<2
7_1	mardi 9 décembre 2014	centennale période maxi	N110	16	0,23	Nod<2	40	0,37	Nod<2
7_2	mardi 9 décembre 2014	centennale niveau bas	N110	16	0,23	Nod<2	50	0,46	Nod<2
8	mercredi 10 décembre 2014	centennale période maxi	N90	20	0,29	Nod<2	50	0,46	Nod<2
9	mercredi 10 décembre 2014	centennale niveau bas	N90	25	0,37	Nod<2	50	0,46	Nod<2
10	mercredi 10 décembre 2014	houles 120%	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2

La berme du musoir Nord a subi des dommages significatifs au cours des essais, mais ces dommages restent acceptables au regard du critère de stabilité. Les enrochements positionnés au niveau de la berme du musoir de la digue Nord sont donc considérés stables.

Il est utile de noter également que le chenal de navigation, délimité à ses bords par les bermes des musoirs au niveau de la passe n'a pas été atteint pas les enrochements extraits des bermes. Les enrochements sont restés sur la berme ou bien en pied de berme, en bordure du chenal.

5.3.6. La berme du musoir de la digue Sud

Comme pour la berme de la digue Nord, le dénombrement des enrochements déplacés pour la berme de la digue Sud ne s'est affiné qu'au cours des essais. Le nombre d'enrochements déplacés est donné dans le tableau ci-dessous :

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	• M2 – musoir partie centrale			• M3 – musoir côté port		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
1	mardi 04 novembre	tassement (environ 10% du temps)	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
2	mardi 04 novembre	tassement 2% du temps environ	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
3	mardi 04 novembre	annuel	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
4	mercredi 05 novembre	annuelle - période longue	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
5	mercredi 05 novembre	10ans	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
6-court	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90	0	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
6-long	jeudi 06 novembre	100ans - période longue	N90	0	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
9-première partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
9-seconde partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
8	vendredi 07 novembre 2014	centennale niveau haut 15s (période longue)	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
				0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
4	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 1an - 10s	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
8	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 100ans - 15s	N90	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
6	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements 100ans - 13s	N90	3	0,05	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
7	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements - 100ans - DIR110°N - 13s	N110	4	0,06	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
7_1	vendredi 14 novembre	100ans - DIR110°N - 15s	N110	5	0,08	Nod<2	2,00	0,03	Nod<2
11	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
12	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135 période longue (10s)	N135	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
13	mercredi 19 novembre	décennale	N135	0,00	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2
14	mercredi 19 novembre	100ans N135 période nominale	N135	11	0,18	Nod<2	2	0,03	Nod<2
15	jeudi 20 novembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135	12	0,19	Nod<2	2	0,03	Nod<2
16	jeudi 20 novembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135	12	0,19	Nod<2	3	0,05	Nod<2
17	vendredi 21 novembre	houles 120% de secteur N135	N135	16	0,26	Nod<2	3	0,05	Nod<2

Comme pour la digue Nord, la berme de la digue Sud a été retapée lors de la modification de la digue Sud afin de reprendre les essais sur la base d'un nouveau décompte

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	M2 – musoir partie centrale			M3 – musoir côté port		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
14	lundi 1er décembre	100ans N135 période nominale	N135	6	0,10	Nod<2	1	0,02	Nod<2
15	lundi 1er décembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135	8	0,13	Nod<2	1	0,02	Nod<2
16	mardi 2 décembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135	10	0,16	Nod<2	1	0,02	Nod<2
17	mardi 2 décembre	houles 120% de secteur N135	N135	11	0,18	Nod<2	1	0,02	Nod<2
4	lundi 8 décembre 2014	annuelle - période longue	N90	11	0,18	Nod<2	0,00		Nod<2
3.1	lundi 8 décembre 2014	annuelle - période longue	N110	11	0,18	Nod<2	1	0,02	Nod<2
5	lundi 8 décembre 2014	décennale	N90	13	0,21	Nod<2	1	0,02	Nod<2
6	mardi 9 décembre 2014	centennale période nominale	N90	13	0,21	Nod<2	1	0,02	Nod<2
7	mardi 9 décembre 2014	centennale période nominale	N110	13	0,21	Nod<2	1	0,02	Nod<2
7.1	mardi 9 décembre 2014	centennale période maxi	N110	13	0,21	Nod<2	2	0,03	Nod<2
7.2	mardi 9 décembre 2014	centennale niveau bas	N110	13	0,21	Nod<2	2	0,03	Nod<2
8	mercredi 10 décembre 2014	centennale période maxi	N90	13	0,21	Nod<2	2	0,03	Nod<2
9	mercredi 10 décembre 2014	centennale niveau bas	N90	13	0,21	Nod<2	2	0,03	Nod<2
10	mercredi 10 décembre 2014	houles 120%	N90	0,00	Nod<2	0,00	0,00	Nod<2	

La berme du musoir de la digue Sud a subi des dommages limités au cours des essais, et ces dommages restent acceptables au regard du critère de stabilité. Les enrochements positionnés au niveau de la berme du musoir de la digue Sud sont donc considérés stables.

5.3.7. La butée de pied de la digue Nord en section courante

La butée du linéaire de digue étudiée est composée d'enrochements de [2-4] ou d'enrochement de [3-6]. Le nombre de déplacements observés lors de chaque essai est donné dans le tableau suivant, accompagné du Nod correspondant :

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	SS (PM 1650 - PM 1700)			SS (PM 1700 - PM 1800)			SS (PM 1800 - PM 1900)			SS (PM 1900 - PM 2000)			SS (PM 2000 - PM 2100)			SS (PM2100 - PM2200)			SS (PM 2200 - PM 2300)			SS (PM 2300 - PM 2400)		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
1	mardi 04 novembre	taissement environ 10% du temps	N90	0	0	Nod<1																					
2	mardi 04 novembre	taissement 2% du temps enfon	N90	0	0	Nod<1																					
3	mardi 04 novembre	annuel	N90	0	0,00	Nod<1	22	0,33	Nod<1	7	0,07	Nod<1	19	0,19	Nod<1	3	0,04	Nod<1	4	0,04	Nod<1	3	0,04	Nod<1	4	0,04	Nod<1
4	mercredi 05 novembre	annuelle - période longue	N90	2	0,04	Nod<1	22	0,33	Nod<1	8	0,08	Nod<1	13	0,13	Nod<1	8	0,08	Nod<1	9	0,09	Nod<1	7	0,07	Nod<1	8	0,08	Nod<1
5	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90	0	0,11	Nod<1	34	0,38	Nod<1	14	0,15	Nod<1	17	0,17	Nod<1	9	0,10	Nod<1	14	0,14	Nod<1	10	0,11	Nod<1	10	0,11	Nod<1
6-court	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90	0	0,11	Nod<1	34	0,38	Nod<1	14	0,15	Nod<1	17	0,17	Nod<1	9	0,10	Nod<1	14	0,14	Nod<1	10	0,11	Nod<1	10	0,11	Nod<1
6-long	jeudi 06 novembre	100ans - période longue	N90	6	0,13	Nod<1	30	0,32	Nod<1	21	0,22	Nod<1	22	0,22	Nod<1	15	0,16	Nod<1	23	0,23	Nod<1	17	0,18	Nod<1	11	0,12	Nod<1
6-secours partie 2h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	0	0,00	Nod<1																					
6-secours partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	6	0,13	Nod<1	0	0,00	Nod<1	25	0,26	Nod<1	23	0,23	Nod<1	17	0,17	Nod<1	25	0,25	Nod<1	19	0,19	Nod<1	23	0,23	Nod<1
8	vendredi 07 novembre 2014	centennale niveau haut 15s (période longue)	N90	0	0,17	Nod<1	0	0,00	Nod<1	25	0,26	Nod<1	23	0,23	Nod<1	17	0,17	Nod<1	25	0,25	Nod<1	19	0,19	Nod<1	23	0,23	Nod<1
4	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements tar - 15s	N90	0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0	
6	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 100ans - 15s	N90	0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0	
6	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements 100ans - 13s	N90	8	0,17		0	0		32	0,34		31	0,38	Nod<1	34	0,41	Nod<1	46	0,41	Nod<1	31	0,41	Nod<1	44	0,41	Nod<1
7	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements - 100ans - DRE107N - 15s	N110	8	0,17		0	0		32	0,34		31	0,38	Nod<1	34	0,41	Nod<1	46	0,41	Nod<1	31	0,41	Nod<1	44	0,41	Nod<1
7.1	vendredi 14 novembre	100ans - DRE107N - 15s	N110	8	0,17		0	0		32	0,34		31	0,38	Nod<1	34	0,41	Nod<1	46	0,41	Nod<1	31	0,41	Nod<1	44	0,41	Nod<1
11	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135	0	0,00	Nod<1																					
12	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135	0	0,00	Nod<1																					
13	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135	0	0,00	Nod<1																					
14	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135	0	0,00	Nod<1																					
15	jeudi 20 novembre	100ans N135 période nominale	N135	0	0,00	Nod<1																					
16	jeudi 20 novembre	100ans N135 période maxi 115s	N135	0	0,00	Nod<1																					
16	jeudi 20 novembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135	0	0,00	Nod<1																					
17	vendredi 21 novembre	houles 120% de secteur N135	N135	0	0,00	Nod<1																					

La butée est retapée à l'issue de ces essais, lors de la modification de la digue Nord

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	SS (PM 1650 - PM 1700)			SS (PM 1700 - PM 1800)			SS (PM 1800 - PM 1900)			SS (PM 1900 - PM 2000)			SS (PM 2000 - PM 2100)			SS (PM2100 - PM2200)			SS (PM 2200 - PM 2300)			SS (PM 2300 - PM 2400)		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
14	lundi 1er décembre	100ans N135 période nominale	N135	0	0,00	Nod<1																					
15	lundi 1er décembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135	0	0,00	Nod<1																					
16	mardi 2 décembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135	0	0,00	Nod<1																					
17	mardi 2 décembre	houles 120% de secteur N135	N135	0	0,00	Nod<1																					
4	lundi 8 décembre 2014	annuelle - période longue	N90	0	0,00	Nod<1																					
3.1	lundi 8 décembre 2014	annuelle - période longue	N110	0	0,00	Nod<1																					
5	lundi 8 décembre 2014	décennale	N90	0	0,00	Nod<1																					
6	mardi 9 décembre 2014	centennale période nominale	N90	0	0,00	Nod<1																					
7	mardi 9 décembre 2014	centennale période nominale	N110	0	0,00	Nod<1																					
7.1	mardi 9 décembre 2014	centennale période maxi	N110	0	0,00	Nod<1																					
7.2	mardi 9 décembre 2014	centennale niveau bas	N110	0	0,00	Nod<1																					
8	mercredi 10 décembre 2014	centennale période maxi	N90	0	0,00	Nod<1	0	0																			

5.3.8. La butée de pied de la digue Nord au musoir

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	M1 – musoir côté mer			M2 – musoir partie centrale			M3 – musoir côté port		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
1	mardi 04 novembre	tassement (environ 10% du temps)	N90		0	Nod<1		0	Nod<1		0	Nod<1
2	mardi 04 novembre	tassement 2% du temps environ	N90		0	Nod<1		0	Nod<1		0	Nod<1
3	mardi 04 novembre	annuel	N90		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
4	mercredi 05 novembre	annuelle - période longue	N90	4	0,07	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
5	mercredi 05 novembre	10ans	N90	7	0,13	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
6-court	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90	8	0,14	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
6-long	jeudi 06 novembre	100ans - période longue	N90	17	0,31	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
9-première partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
9-seconde partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	21	0,38	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
8	vendredi 07 novembre 2014	centennale niveau haut 15s (période longue)	N90	27	0,49	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
					0			0,00			0	
4	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 1an -10s	N90		0	Nod<1		0,00	Nod<1		0	Nod<1
8	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 100ans - 15s	N90		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
6	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements 100ans - 13s	N90	39	0,70	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
7	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements - 100ans - DIR110°N - 13s	N110	50	0,90	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
7_1	vendredi 14 novembre	100ans - DIR110°N - 15s	N110	14	0,25	Nod<1	10	0,20	Nod<1	36	0,45	Nod<1
								0,00			0,00	
11	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135			Nod<1			Nod<1			Nod<1
12	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135 période longue (10s)	N135			Nod<1			Nod<1			Nod<1
13	mercredi 19 novembre	décennale	N135			Nod<1			Nod<1			Nod<1
14	mercredi 19 novembre	100ans N135 période nominale	N135	26	0,47	Nod<1	11	0,22	Nod<1	50	0,62	Nod<1
15	jeudi 20 novembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135	26	0,47	Nod<1	11	0,22	Nod<1	50	0,62	Nod<1
16	jeudi 20 novembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135	26	0,47	Nod<1	13	0,25	Nod<1	50	0,62	Nod<1
17	vendredi 21 novembre	houles 120% de secteur N135	N135	26	0,47	Nod<1	11	0,20	Nod<1	trop nombreux pour être dénombré (sous couche apparente)		Nod<1

La butée a été retapée (rechargée et repeinte) après ces premiers essais lors de la modification de la digue Nord.

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	M1 – musoir côté mer			M2 – musoir partie centrale			M3 – musoir côté port		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
14	lundi 1er décembre	100ans N135 période nominale	N135	2	0,04	Nod<1	2	0,04	Nod<1	25	0,31	Nod<1
15	lundi 1er décembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135	2	0,04	Nod<1	4	0,07	Nod<1	30	0,37	Nod<1
16	mardi 2 décembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135	4	0,07	Nod<1	3	0,05	Nod<1	41	0,51	Nod<1
17	mardi 2 décembre	houles 120% de secteur N135	N135	4	0,07	Nod<1	3	0,05	Nod<1	60	0,74	Nod<1

A l'issue de ces essais, la butée a été de nouveau retapée afin d'évaluer les dommages plus précisément lors des essais à venir.

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	M1 – musoir côté mer			M2 – musoir partie centrale			M3 – musoir côté port		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
4	lundi 8 décembre 2014	annuelle - période longue	N90		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
3_1	lundi 8 décembre 2014	annuelle -	N110		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1
5	lundi 8 décembre 2014	décennale	N90		0,00	Nod<1	1	0,02	Nod<1	4	0,07	Nod<1
6	mardi 9 décembre 2014	centennale période nominale	N90	7	0,13	Nod<1	1	0,02	Nod<1	21	0,38	Nod<1
7	mardi 9 décembre 2014	centennale période nominale	N110	7	0,13	Nod<1	4	0,07	Nod<1	63	1,13	Nod<1
7_1	mardi 9 décembre 2014	centennale période maxi	N110	10	0,18	Nod<1	4	0,07	Nod<1	80	1,44	Nod<1
7_2	mardi 9 décembre 2014	centennale niveau bas	N110	11	0,20	Nod<1	4	0,07	Nod<1	100	1,80	Nod<1
8	mercredi 10 décembre 2014	centennale période maxi	N90	11	0,20	Nod<1	4	0,07	Nod<1	120	2,16	Nod<1
9	mercredi 10 décembre 2014	centennale niveau bas	N90	11	0,20	Nod<1	5	0,09	Nod<1	120	2,16	Nod<1
10	mercredi 10 décembre 2014	houles 120%	N90		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1		0,00	Nod<1

Conclusion sur les résultats :

Le nombre d'enrochements déplacés a localement dépassé le critère fixé (Nod<1) pour la partie du musoir située du côté port. Ces résultats ont été observés pour les houles de direction N135 et N110. Même si localement le critère a été dépassé, la stabilité de cette butée en enrochements a été jugée acceptable pour les raisons suivantes :

- Les AcropodesTM qui bordent cette butée n'ont subi aucun dommage. Donc, la stabilité du musoir n'a pas été affectée par ces dommages
- Sous la butée, la sous-couche n'est apparue franchement que pour les essais en conditions de houle extrême + supérieure à la centennale, l'ouvrage ayant subi un nombre très important (supérieur à 10) de tempêtes de période de retour 100ans

A la suite de ces essais, concernant la butée en partie arrière du musoir, la recommandation du Maître d'œuvre est de prévoir après chaque forte tempête (c'est-à-dire une tempête ayant produit des houles dont la période de retour excède 10 ans), une inspection par plongeur de cette partie d'ouvrage. Selon les observations qui seront alors faites, il pourra être envisagé de recharger ponctuellement en enrochements cette zone.

5.3.10. Protection anti-affouillement

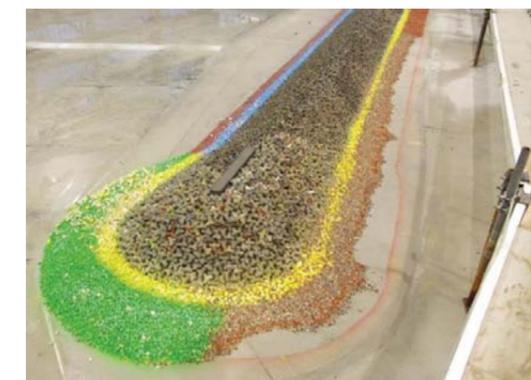
Les quelques mouvements d'enrochements ont débuté pour la condition décennale puis les dommages se sont accentués légèrement au fur et à mesure des essais.

La protection anti-affouillement positionnée en pied d'ouvrage s'est révélée globalement stable lors des différents essais réalisés.

Toutefois, les essais réalisés en présence de fonds abaissés ont montré que la protection anti-affouillement était moins stable en présence de fonds érodés ou affouillés. A l'issue des tests, il a toujours été observé une largeur minimale restante égale à au moins la moitié de la largeur initiale, ce qui indique une bonne stabilité pour cette couche de catégorie [100-500kg].



État du tapis sans abaissement des fonds



État du tapis en présence de fonds abaissés

5.3.9. La butée de pied de la digue Sud

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	S21 (PM 400 - PM 500)			S21 (PM 500 - PM 600)			M1 – muisoir côté mer			M2 – muisoir partie centrale			M3 – muisoir côté port		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
1	mardi 04 novembre	tassement (environ 10% du temps)	N90	0	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1		
2	mardi 04 novembre	tassement 2% du temps environ	N90	0,00	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1		
3	mardi 04 novembre	annuel	N90	0,00	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1		
4	mercredi 05 novembre	annuelle - période longue	N90	0,00	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1		
5	mercredi 05 novembre	10ans	N90	0,00	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1		
6-court	mercredi 05 novembre	100ans - essai court	N90	0	0,00	Nod<1	0	0,00	Nod<1	0	0,00	Nod<1	0	0,00	Nod<1			
6-long	jeudi 06 novembre	100ans - période longue	N90	0	0,00	Nod<1	0	0,00	Nod<1	0	0,00	Nod<1	0	0,00	Nod<1			
9-première partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	0,00	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1		
9-seconde partie 3h	jeudi 06 novembre	centennale niveau bas	N90	0,00	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1		
8	vendredi 07 novembre 2014	centennale rivage haut 15s (période longue)	N90	1	0,01	Nod<1	2	0,02	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1			
4	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 1an - 10s	N90	0,00	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1		
8	jeudi 13 novembre	mesures de franchissements 100ans - 15s	N90	0,00	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1		
6	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements 100ans - 15s	N90	3	0,03	Nod<1	2	0,02	Nod<1	2	0,07	Nod<1	2	0,04	Nod<1			
7	vendredi 14 novembre	mesures de franchissements - 100ans - PART 1074	N110	3	0,03	Nod<1	2	0,02	Nod<1	2	0,07	Nod<1	2	0,04	Nod<1			
7.1	vendredi 14 novembre	100ans - GRI 1074 - 15s	N110	3	0,03	Nod<1	2	0,02	Nod<1	2	0,07	Nod<1	2	0,04	Nod<1			
11	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135	N135			Nod<1			Nod<1			Nod<1			Nod<1			
12	mercredi 19 novembre	annuelle direction N135 période longue (10s)	N135			Nod<1			Nod<1			Nod<1			Nod<1			
13	mercredi 19 novembre	direction nominale	N135			Nod<1			Nod<1			Nod<1			Nod<1			
14	mercredi 19 novembre	100ans N135 période nominale	N135	3	0,03	Nod<1	2	0,02	Nod<1	2	0,07	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
15	jeudi 20 novembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135	3	0,03	Nod<1	2	0,02	Nod<1	2	0,07	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
16	jeudi 20 novembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135	3	0,03	Nod<1	3	0,04	Nod<1	3	0,10	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
17	vendredi 21 novembre	houles 120% de secteur N135	N135	4	0,04	Nod<1	4	0,04	Nod<1	5	0,17	Nod<1	1	0,02	Nod<1			

La butée a été retapée (rechargée et repeinte) après ces premiers essais lors de la modification de la digue Nord.

n° d'essai	date	condition	DIRECTION ETUDIEE	S21 (PM 400 - PM 500)			S21 (PM 500 - PM 600)			M1 – muisoir côté mer			M2 – muisoir partie centrale			M3 – muisoir côté port		
				Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère	Nombre d'enrochements déplacés (cumulés)	Nod	Critère
14	lundi 1er décembre	100ans N135 période nominale	N135			Nod<1	1	0,01	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1	0,00	Nod<1			
15	lundi 1er décembre	100ans N135 période maxi (15s)	N135			Nod<1	2	0,02	Nod<1	1	0,02	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
16	mardi 2 décembre	100ans N135 période nominale (13s) NIVEAU BAS	N135			Nod<1	2	0,02	Nod<1	2	0,07	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
17	mardi 2 décembre	houles 120% de secteur N135	N135	1	0,03	Nod<1	3	0,03	Nod<1	2	0,07	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
4	lundi 8 décembre 2014	annuelle - période longue	N90			Nod<1			Nod<1			Nod<1			Nod<1			
3.1	lundi 8 décembre 2014	annuelle -	N110	1	0,03	Nod<1	3	0,03	Nod<1	2	0,07	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
5	lundi 8 décembre 2014	directionale	N90	1	0,03	Nod<1	3	0,03	Nod<1	2	0,07	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
6	mardi 9 décembre 2014	centennale période nominale	N90	1	0,03	Nod<1	3	0,03	Nod<1	2	0,07	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
7	mardi 9 décembre 2014 - 10h00	centennale période nominale	N110	1	0,03	Nod<1	3	0,03	Nod<1	2	0,07	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
7.1	mardi 9 décembre 2014	centennale période maxi	N110	1	0,03	Nod<1	3	0,03	Nod<1	2	0,07	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
7.2	mardi 9 décembre 2014	centennale niveau bas	N110	1	0,03	Nod<1	4	0,04	Nod<1	3	0,10	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
8	mercredi 10 décembre 2014	centennale période maxi	N90	1	0,03	Nod<1	4	0,04	Nod<1	3	0,10	Nod<1	1	0,02	Nod<1			
9	mercredi 10 décembre 2014	centennale niveau bas	N90			Nod<1			Nod<1			Nod<1			Nod<1			
10	mercredi 10 décembre 2014	houles 120%	N90			Nod<1			Nod<1			Nod<1			Nod<1			

La butée en enrochements a subi quelques dommages mais qui restent acceptables au regard du critère de stabilité. Les enrochements positionnés au niveau de la butée pour le linéaire de digue testé sont donc considérés stables.

5.4. LES FRANCHISSEMENTS

Pour la digue Nord, des franchissements ont été observés dès les conditions de houles annuelles. Ces franchissements sont devenus significatifs pour les conditions décennales et importants pour les conditions centennales, pour lesquelles, dans les conditions les plus défavorables (période maximale, niveau haut), quasiment chaque vague franchissait l'ouvrage.

Pour la digue Sud, les franchissements observés sont plus modérés et vraiment marqués (présence d'un volume d'eau récupéré derrière l'ouvrage) uniquement pour des conditions centennales du secteur Sud-Est.

Le tableau suivant indique, pour les différents essais dédiés à la mesure des franchissements, le débit franchissant quand il a été mesuré.

n° d'essai	niveau (mZH)	durée de l'essai (échelle modèle) en minutes	Franchissements			
			Référence du BAC récupérateur	volume d'eau récolté dans le bac (litres)	largeur goulotte récupératrice (m)	débit (nature) en litre/ml/s
1 an - 90°N - 10s (essai 4)	1,80	24,50	bac PM 1850	1,76	0,80	0,59
	1,80	24,50	bac PM 2050	1,12	0,80	0,38
100 ans - 90°N - 15s (essai 8)	2,20	5,18	bac PM 1850	70,00	0,80	111,72
	2,20	3,60	bac PM 2050	61,00	0,80	140,08
100 ans - 90°N - 13s (essai 6)	2,20	7,50	bac PM 1850	70,70	0,80	77,93
	2,20	5,25	bac PM 2050	61,00	0,80	96,05
100ans - 110°N - 13s (essai 7)	2,20	25,00	bac PM 1850	70,00	0,80	23,15
	2,20	8,00	bac PM 2050	61,00	0,80	63,04
100ans - 135°N - 15s (essai 15)	2,20	24,50	bac PM400 (DIGUE SUD)	1,12	0,80	0,38
	2,20	24,50	bac PM 2050	1,00	0,80	0,34

Le tableau ci-dessus permet d'observer que les franchissements mesurés respectent le critère fixé sauf pour les conditions extrêmes qui maximisent les franchissements (houle presque frontale et période maximale de 15s). En outre, ce critère limite de 100litre/ml/s ne traduit que le risque de voir apparaître des dommages en crête et sur le talus arrière s'il est dépassé. Or les essais ont montré que le talus arrière (dans sa configuration modifiée) ne subissait pas de dommages. Les franchissements sont donc jugés acceptables.

Pour les essais relatifs aux conditions centennales avec un niveau bas, les observations visuelles ont montré que la digue nord a également été franchie, mais les franchissements étaient toutefois moins nombreux que pour les essais relatifs au niveau haut.

L'annexe 1 et 2 présentent des photographies des franchissements observés lors des essais.

5.5. RESUME DES MODIFICATIONS EFFECTUEES SUR LES OUVRAGES

5.5.1. Digue Nord

La configuration de la digue Nord a évolué fortement au cours des essais. Suite à la mise en évidence de l'instabilité du talus arrière (partie basse en enrochements), il a été décidé de modifier la configuration du talus arrière en remplaçant la partie basse en enrochements de [1-3t] par un talus en ACCROPODES™ Il sur toute la hauteur de l'ouvrage. En effet, au regard des dommages très importants observés, une solution consistant seulement à baisser la transition entre le haut de talus en ACCROPODES™ II et le bas de talus en enrochements a été estimée insuffisante pour garantir la stabilité du talus arrière en présence des forts franchissements observés. En outre, une solution alternative basée sur la mise en œuvre d'une berme permettant de stabiliser le talus arrière n'aurait pas permis de gains sur les coûts de construction de l'ouvrage.



5.5.2. Digue Sud

Pour la digue Sud, la modification apportée à la configuration initiale a consisté à remplacer la partie en enrochements du talus arrière du musoir de la digue Sud par des blocs ACCROPODES™. En effet, les essais réalisés sur la configuration initiale ont montré des déplacements d'enrochements pouvant potentiellement induire des dommages comparables à ceux observés sur la digue Nord (Chutes potentielles de blocs ACCROPODES™ générées par l'instabilité de l'assise en enrochements). Il a donc été décidé, pour la partie arrière du musoir de la digue Sud, pour les essais réalisés sur les ouvrages modifiés de tester une configuration comparable à celle du musoir de la digue Nord.



6. REFERENCES

- [1] Rapport 8713239-EP-R1-V4 – mission EP - rapport relatif aux conditions océano-météorologiques du site
- [2] Rapport 871 3239-AVP-BK-R001- mission AVP – digues de protection et talus d'encloture du terre-plein – critères de dimensionnement
- [3] Rapport 871 3239-AVP-BK-R002- mission AVP - digues de protection et talus d'encloture du terre-plein – Note de pré-dimensionnement

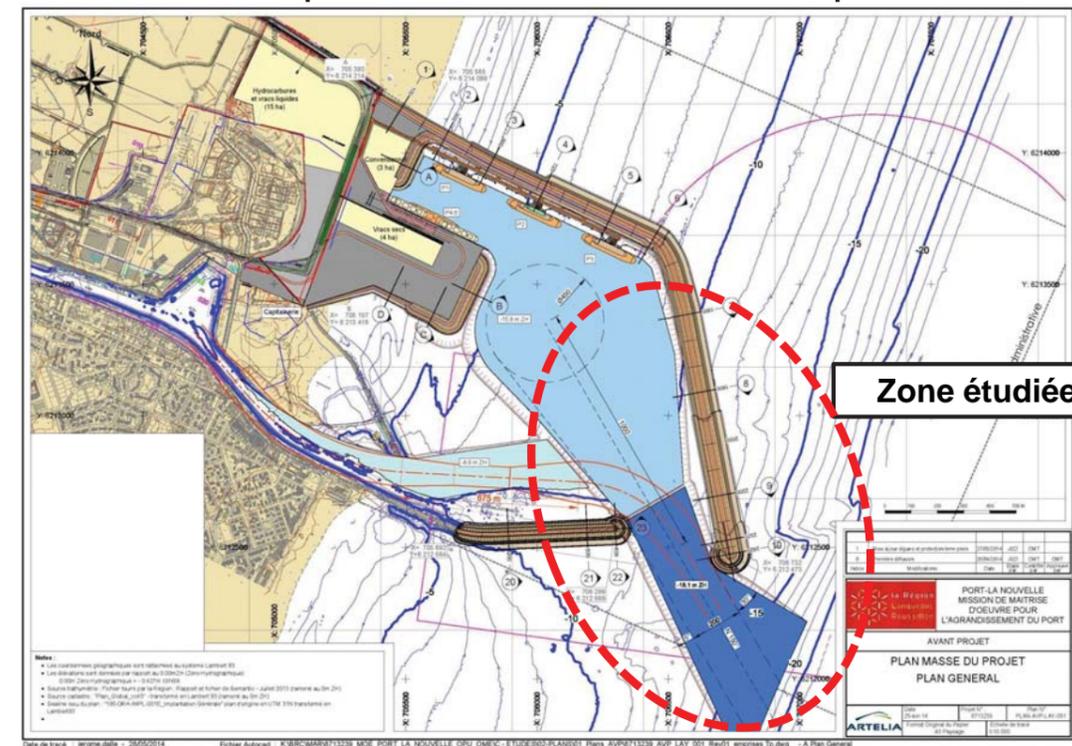
FIGURES

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

SECTIONS MODELISEE & IMPLANTATION DU MODELE

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

PLAN DE MASSE

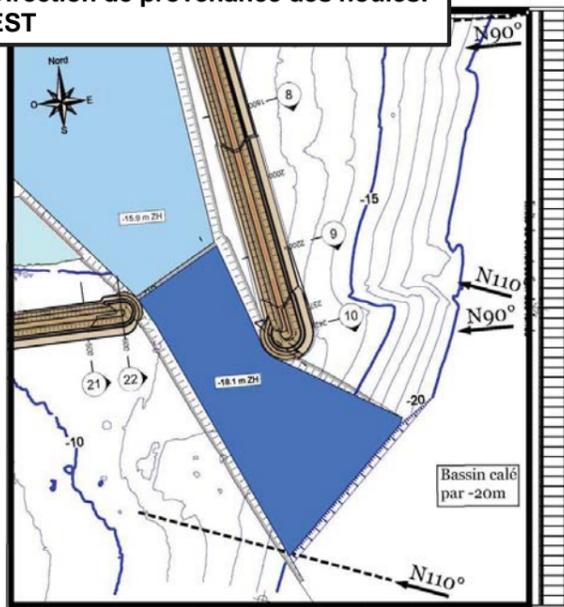


MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

IMPLANTATION DE L'OUVRAGE DANS LA CUVE A HOULE

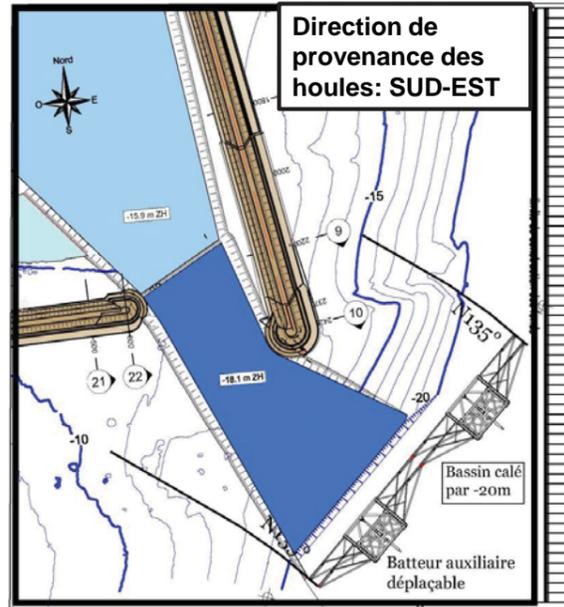
Echelle: 1/54

Direction de provenance des houles: EST



Batteur à houle Multidirectionnelle
(60 volets indépendants)

Direction de provenance des houles: SUD-EST

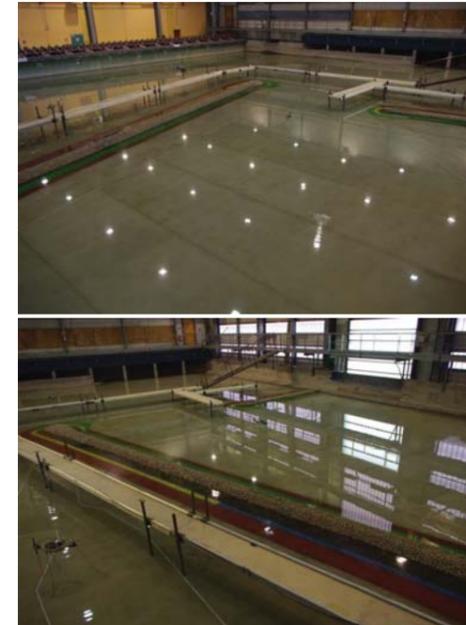


Batteur auxiliaire déplaçable

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

PHOTOS DU MODELE

Direction de provenance des houles: EST



Direction de provenance des houles: SUD-EST

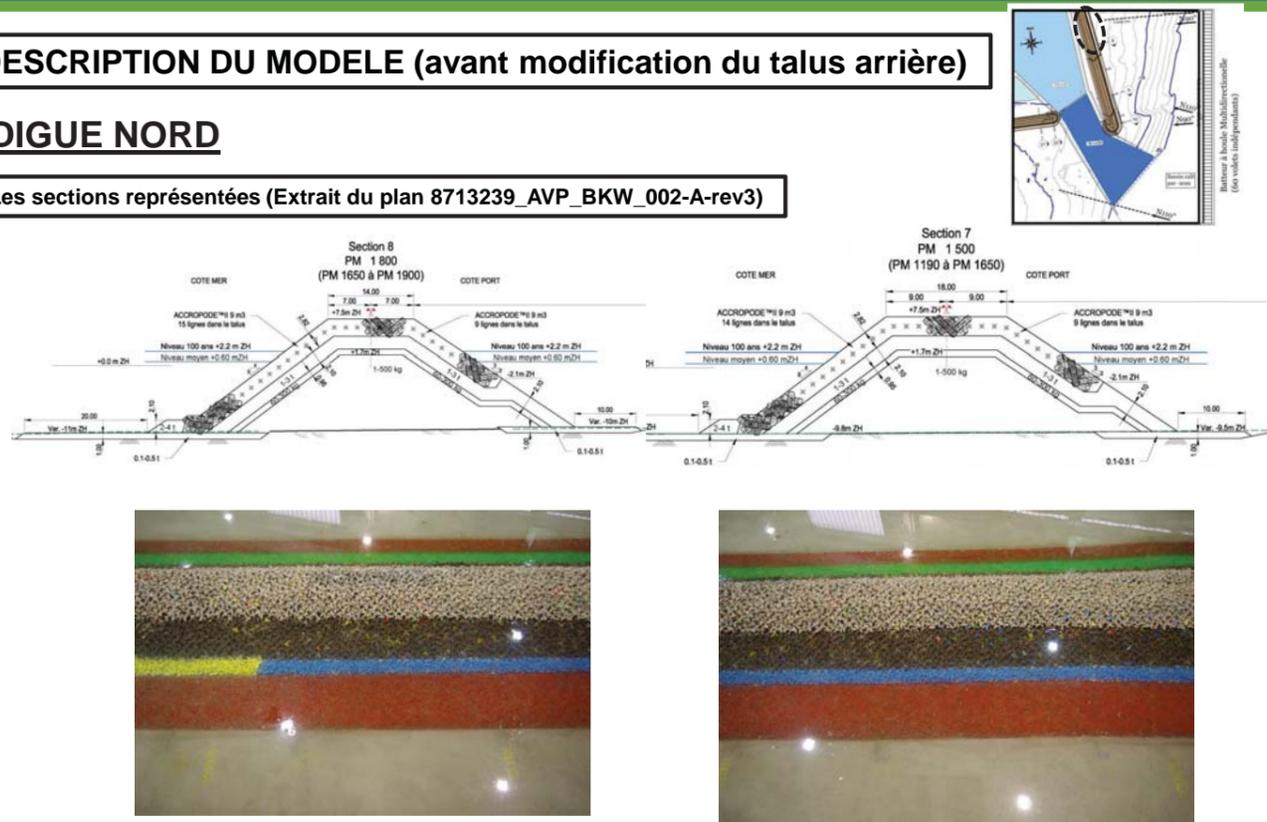


MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

DESCRIPTION DU MODELE (avant modification du talus arrière)

DIGUE NORD

Les sections représentées (Extrait du plan 8713239_AVP_BKW_002-A-rev3)



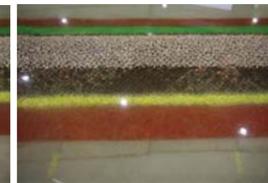
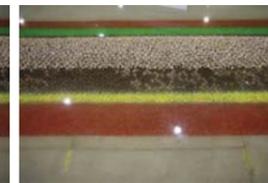
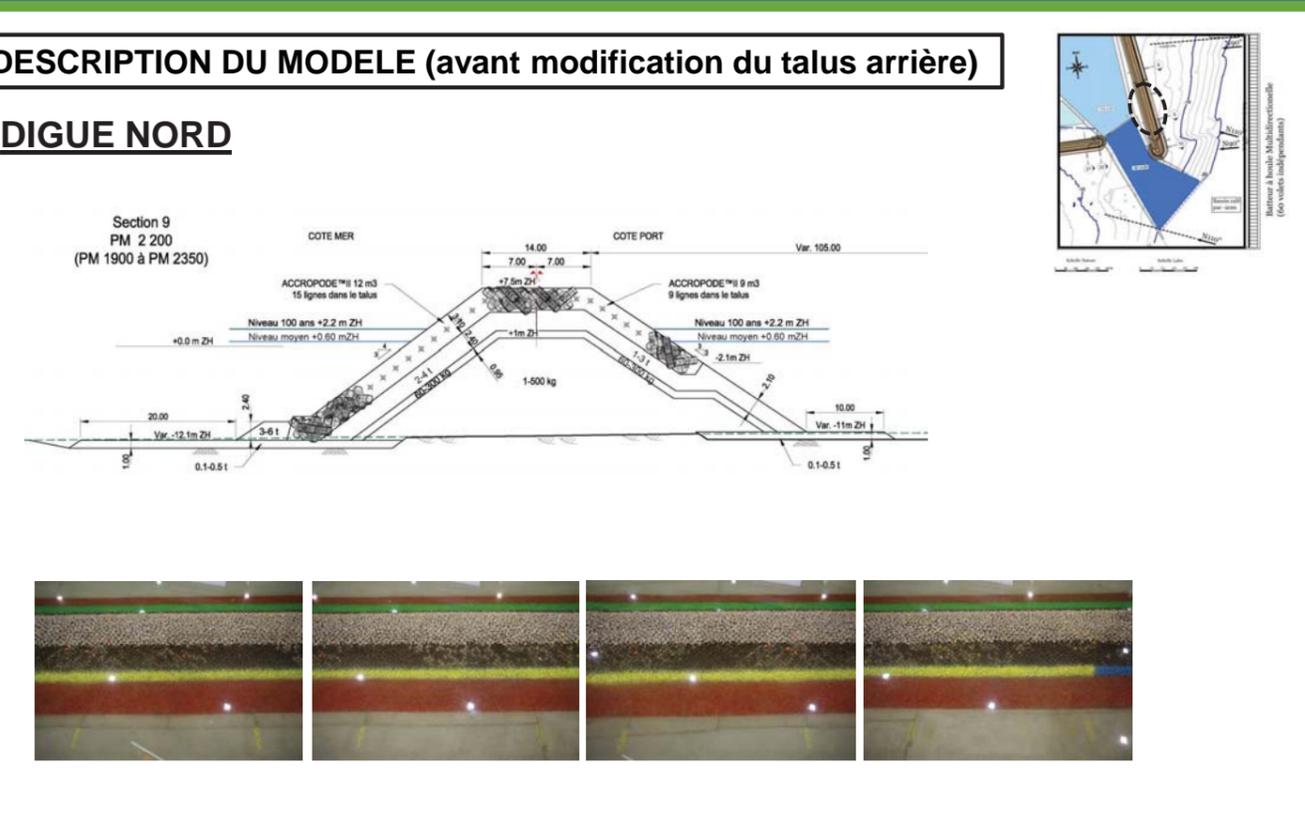
8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues - Décembre 2014

Figure 1.4

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

DESCRIPTION DU MODELE (avant modification du talus arrière)

DIGUE NORD



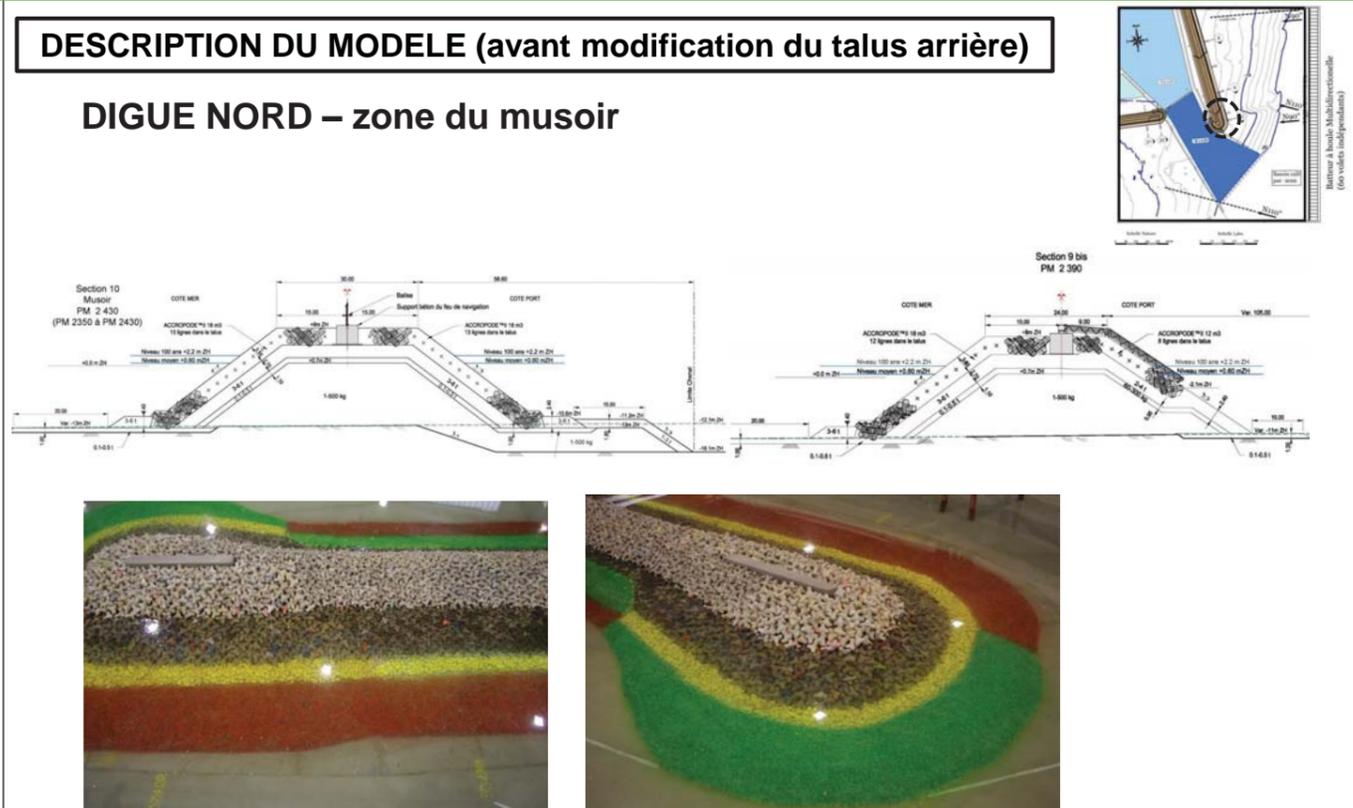
8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues - Décembre 2014

Figure 1.5

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

DESCRIPTION DU MODELE (avant modification du talus arrière)

DIGUE NORD – zone du musoir

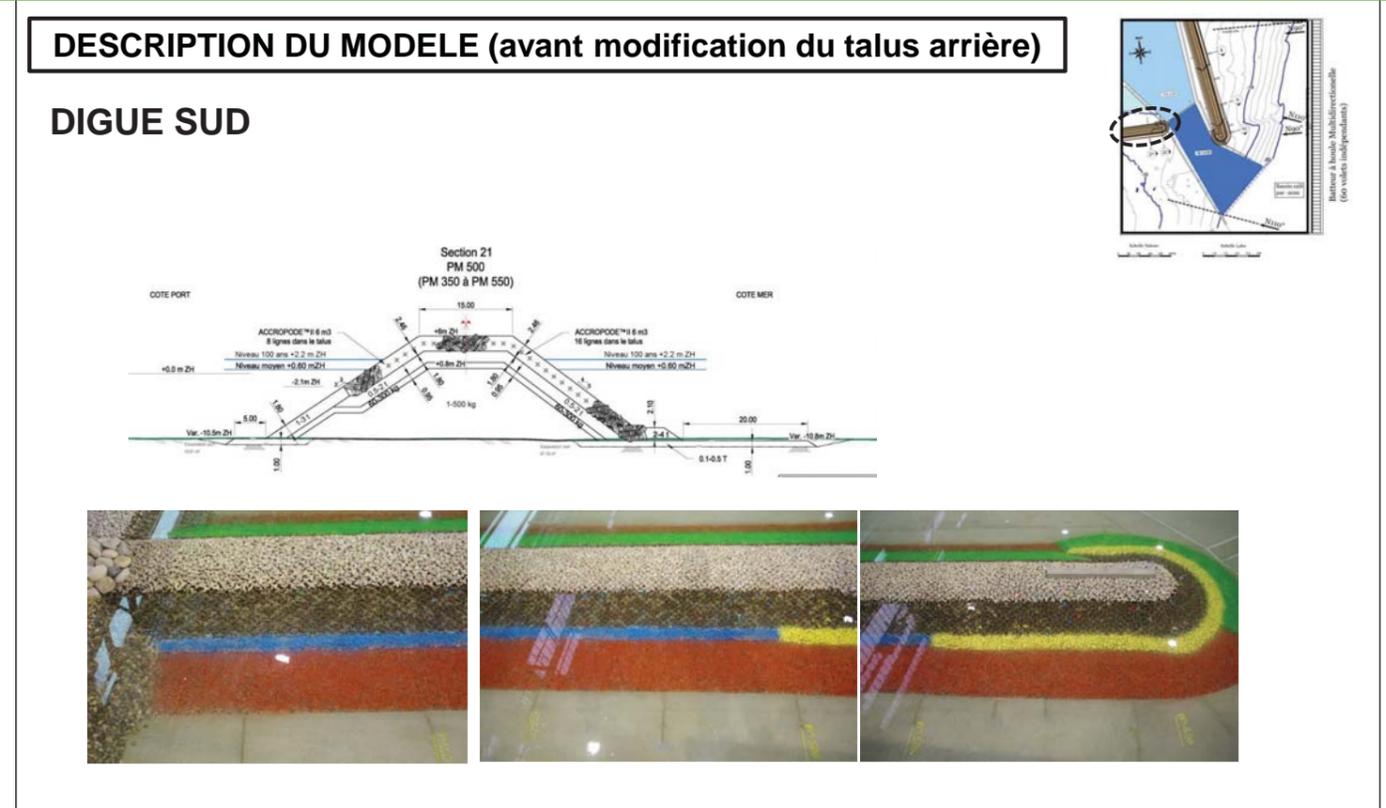


8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues - Décembre 2014 Figure 1.6

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

DESCRIPTION DU MODELE (avant modification du talus arrière)

DIGUE SUD

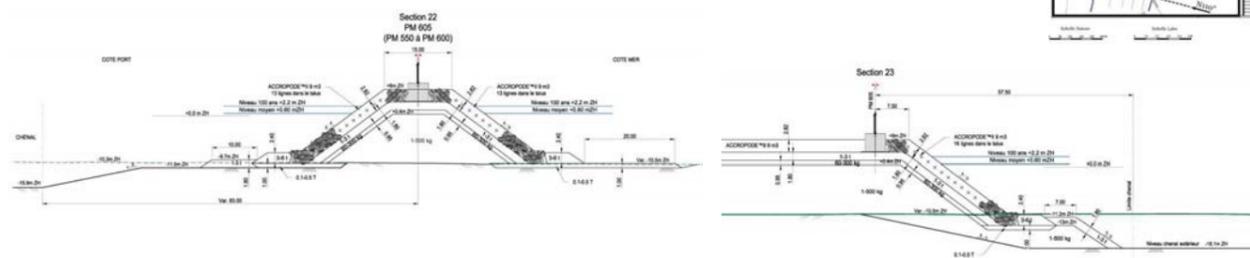
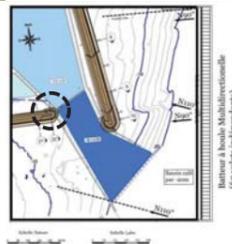


8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues - Décembre 2014 Figure 1.7

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

DESCRIPTION DU MODELE (avant modification du talus arrière)

DIGUE SUD – zone des musoirs



8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues - Décembre 2014 Figure 1.8

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

SECTIONS MODELISEE S APRES MODIFICATION DU TALUS ARRIERE DES DIGUES

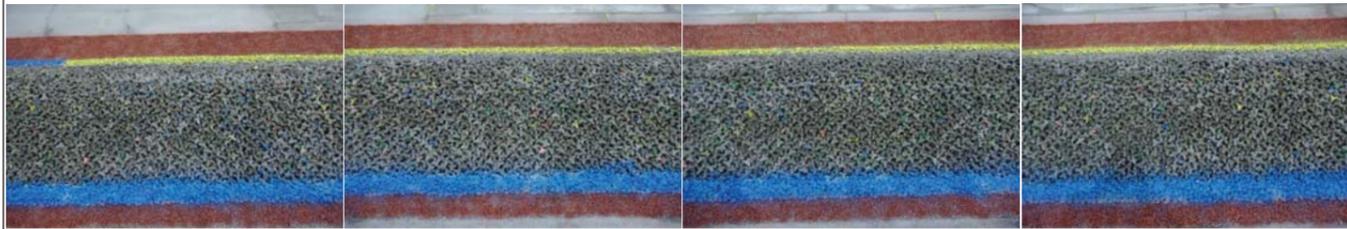
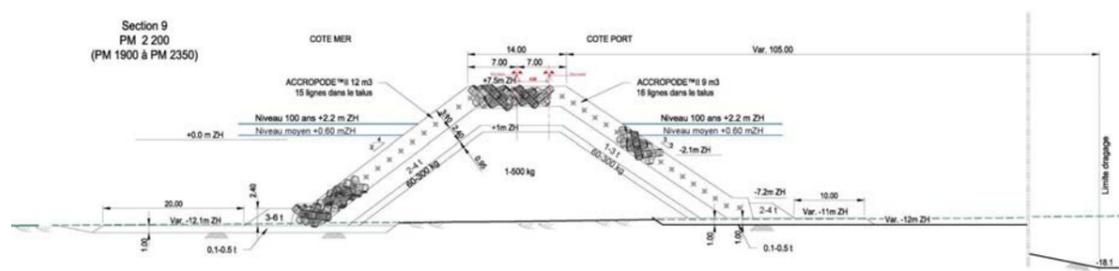
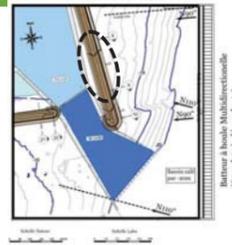
8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues - Décembre 2014 Figure 1.9

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

DESCRIPTION DU MODELE (après modification du talus arrière)

DIGUE NORD

Les sections représentées (Extrait du plan 8713239_AVP_BKW_002-E-rev4)

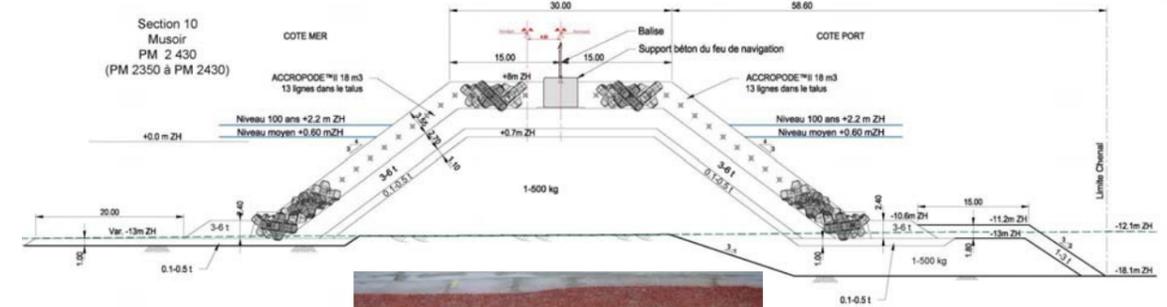
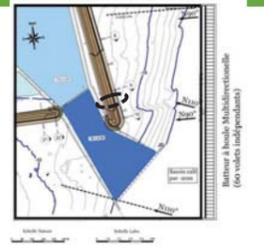


MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

DESCRIPTION DU MODELE (après modification du talus arrière)

DIGUE NORD

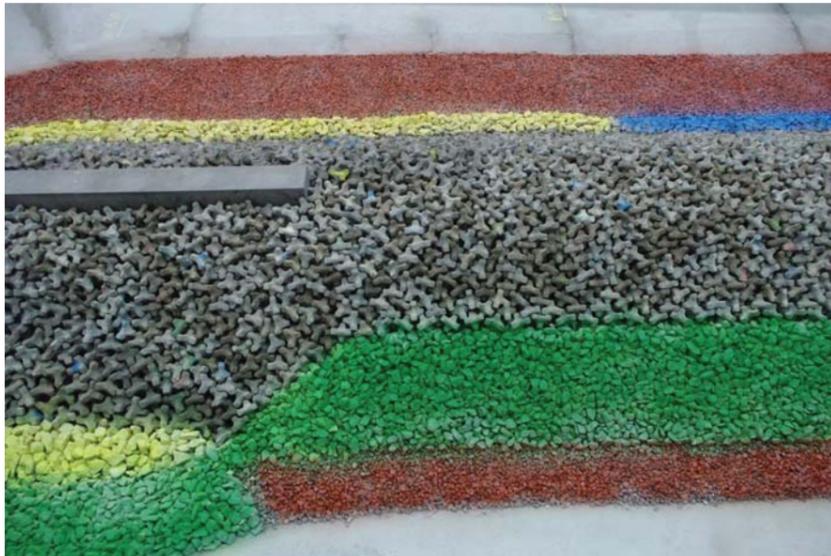
Les sections représentées (Extrait du plan 8713239_AVP_BKW_002-E-rev4)



MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

DESCRIPTION DU MODELE (après modification du talus arrière du musoir)

DIGUE SUD (au PM 550)



MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

CONSTRUCTION DU MODELE

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES



Etape 1: Implantation et Mise en place des piges de nivellement des isobathes

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES



Etape 2: Remplissage par des gravettes et début de construction des fonds (chape béton)

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES



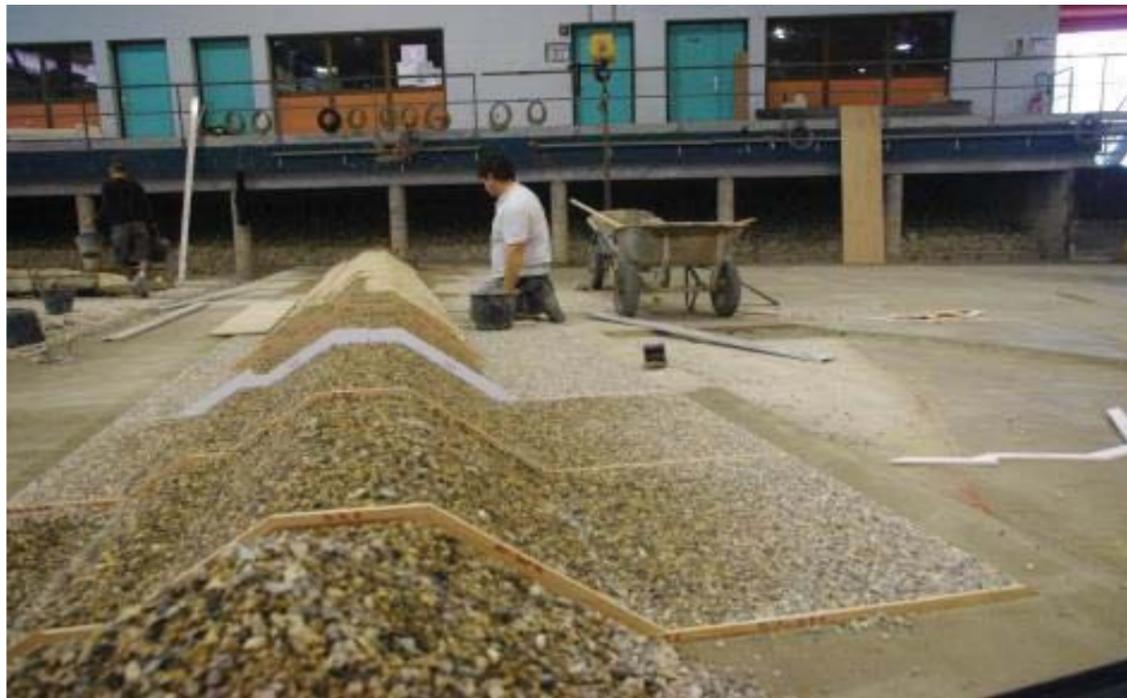
Etape 3: Début de construction de la digue avec mise en place des gabarits

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES



Etape 4: Le noyau de la digue est mis en place

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES



Etape 5: Mise en place de la sous-couche

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES



Etape 6: Mise en place des blocs de carapace posés un par un (12 000 unités)

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES



7. L'appareillage de mesure est mis en place, les enrochements sont peints, les passerelles mises en place

8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues - Décembre 2014 Figure 2.7

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES



Etape 8: Mise en eau du modèle

8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues - Décembre 2014 Figure 2.8

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

INSTRUMENTATION

8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Décembre 2014 – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues Figure 3.0

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

DISPOSITIF DE MESURE DES FRANCHISSEMENTS



Franchissements mesurés au
PM 1850 et PM 2050 de la digue
Nord

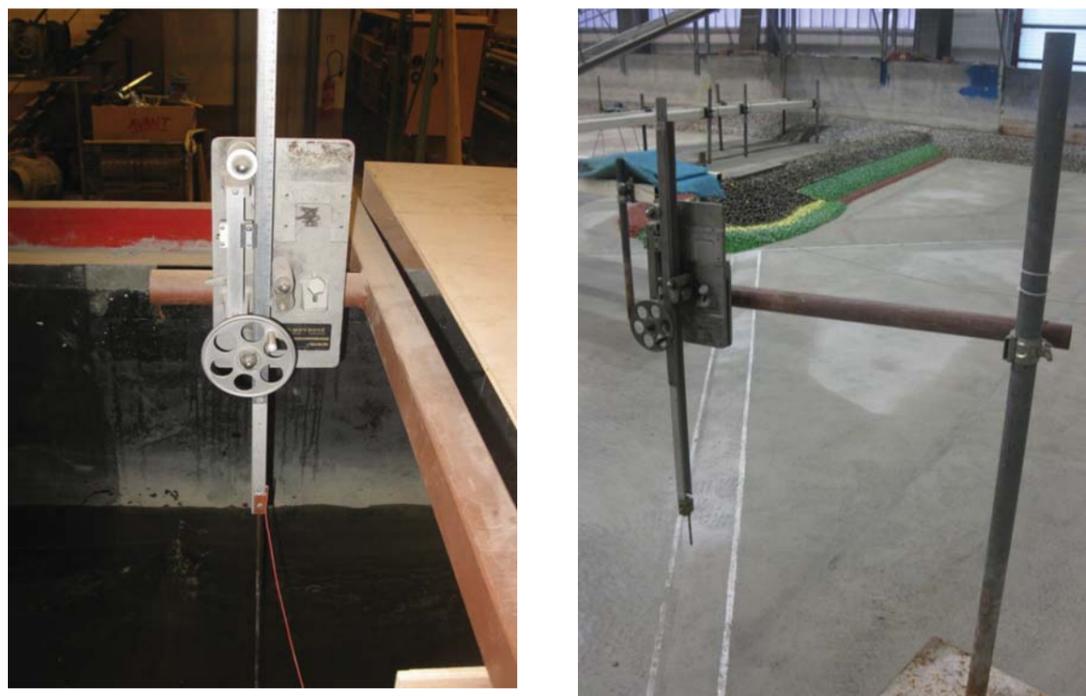


Franchissements mesurés au
PM 400 de la digue Sud

8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Décembre 2014 – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues Figure 3.1

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

Limnimètre de contrôle de niveau



8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Décembre 2014 – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues Figure 3.2

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

Sonde multi-directionnelle (S1)



Sondes mono-directionnelles (S2, S3, S4, S5, & S6)

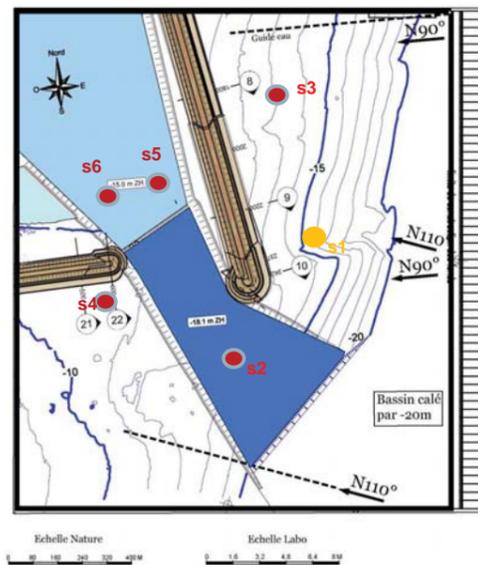


8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Décembre 2014 – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues Figure 3.3

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

IMPLANTATION DES SONDES DANS LA CUVE A HOULE

CONFIGURATION « HOULES D'EST »



- Sonde multi-directionnelle
- Sonde capacitive

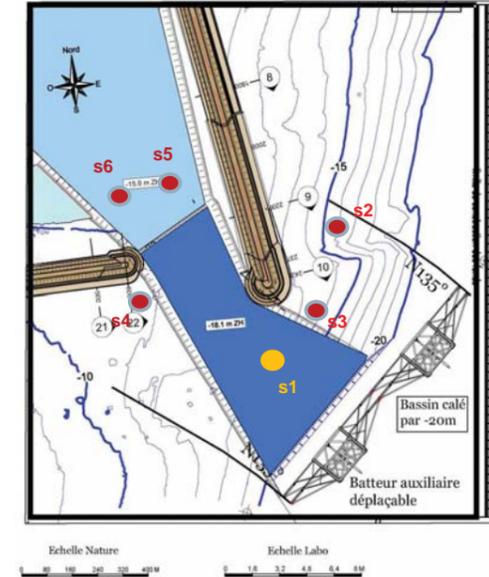
Echelle: 1/54

Note: la sonde S6 n'a été implantée qu'après modification du talus arrière des digues

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

IMPLANTATION DES SONDES DANS LA CUVE A HOULE

CONFIGURATION « HOULES DE SUD-EST »



Echelle: 1/54

- Sonde multi-directionnelle
- Sonde capacitive

Note: la sonde S6 n'a été implantée qu'après modification du talus arrière des digues

MODELE PHYSIQUE EN CUVE DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

GRANULOMETRIE DES ENROCHEMENTS

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DE L'ENRACINEMENT DE LA DIGUE NORD

Courbe granulométrique de la catégorie [1t - 3t]

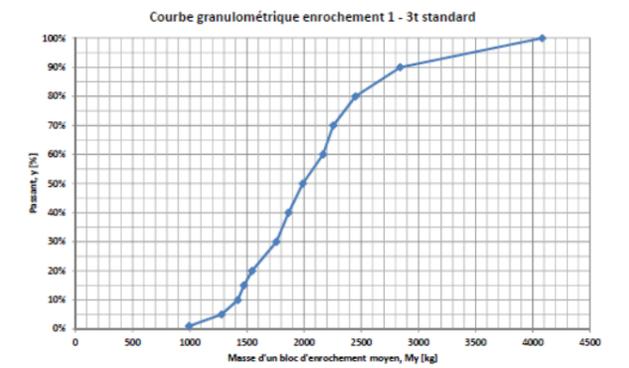
Modèle: **Port La Nouvelle 3D**

Echelle du modèle 1/ **54**

Date **03/10/2014**

d. enr. Labo (t/m ³)	2.65	d. eau labo (t/m ³)	1.0
d. enr. prototype (t/m ³)	2.65	d. eau prototype (t/m ³)	1.025

pourcentage inférieur à	Catégorie: 1000 - 3000 kg	
	masse labo (g)	masse prototype (kg)
1%	5.6	994
5%	7.2	1278
10%	8	1420
15%	8.3	1473
20%	8.7	1544
30%	9.9	1757
40%	10.5	1864
50%	11.2	1988
60%	12.2	2166
70%	12.7	2254
80%	13.8	2450
90%	16	2840
100%	23	4083



MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DE L'ENRACINEMENT DE LA DIGUE NORD

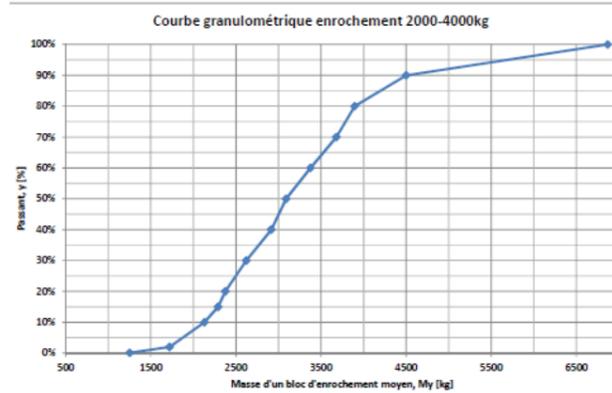
Courbe granulométrique de la catégorie [2t – 4t]

Modèle: **Port La Nouvelle 3D** Echelle du modèle 1/ **54**

Date **03/10/2014**

d. enr. Labo (t/m3)	2.65	d. eau labo (t/m3)	1.0
d. enr. prototype (t/m3)	2.65	d. eau prototype (t/m3)	1.025

Catégorie:	kg	
	2000	4000
pourcentage inférieur à	masse labo (g)	masse prototype (kg)
0.1%	7.0574	1253
2%	9.694	1721
10%	11.99	2128
15%	12.9	2290
20%	13.38	2375
30%	14.77	2622
40%	16.42	2915
50%	17.4	3089
60%	19.02	3376
70%	20.73	3680
80%	21.94	3895
90%	25.355	4501
100%	38.7	6870



MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DE L'ENRACINEMENT DE LA DIGUE NORD

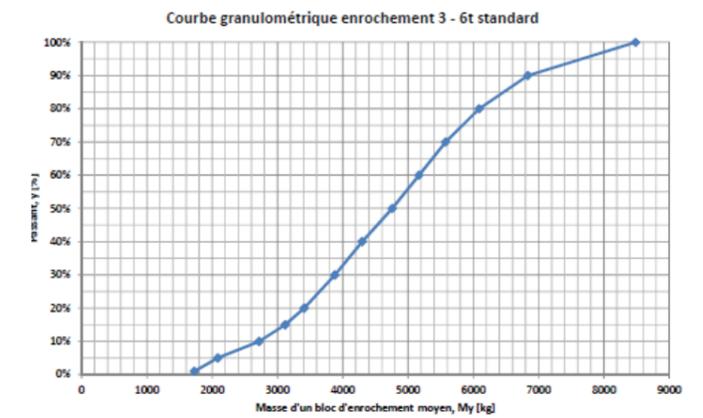
Courbe granulométrique de la catégorie [3t – 6t]

Modèle: **Port La Nouvelle 3D** Echelle du modèle 1/ **54**

Date **03/10/2014**

d. enr. Labo (t/m3)	2.65	d. eau labo (t/m3)	1.0
d. enr. prototype (t/m3)	2.65	d. eau prototype (t/m3)	1.025

Catégorie:	kg	
	3000	6000
pourcentage inférieur à	masse labo (g)	masse prototype (kg)
1%	9.725	1726
5%	11.75	2086
10%	15.3	2716
15%	17.55	3115
20%	19.2	3408
30%	21.85	3879
40%	24.2	4296
50%	26.8	4758
60%	29.1	5166
70%	31.4	5574
80%	34.3	6089
90%	38.5	6834
100%	47.8	8485

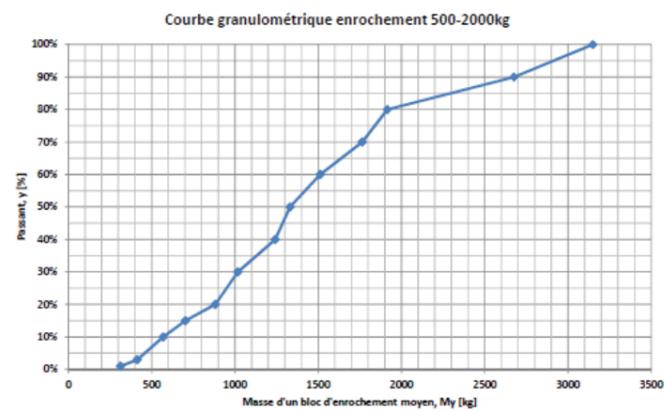


MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DE L'ENRACINEMENT DE LA DIGUE NORD

Courbe granulométrique de la catégorie [0.5t – 2t]

Modèle: **Port La Nouvelle 3D** Echelle au modèle 1/ **34**
 Date: **03/10/2014**
 d. enr. Labo (t/m³): **2.65** d. eau labo (t/m³): **1.0**
 d. enr. prototype (t/m³): **2.65** d. eau prototype (t/m³): **1.025**

pourcentage inférieur à	Catégorie: 500 2000 kg	
	masse labo (g)	masse prototype (kg)
1.00%	1.984	312
3%	2.626	414
10%	3.61	568
15%	4.46	702
20%	5.6	882
30%	6.46	1017
40%	7.88	1241
50%	8.45	1331
60%	9.6	1512
70%	11.2	1764
80%	12.16	1915
90%	16.99	2675
100%	20	3149



8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Décembre 2014 – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues Figure 4.4

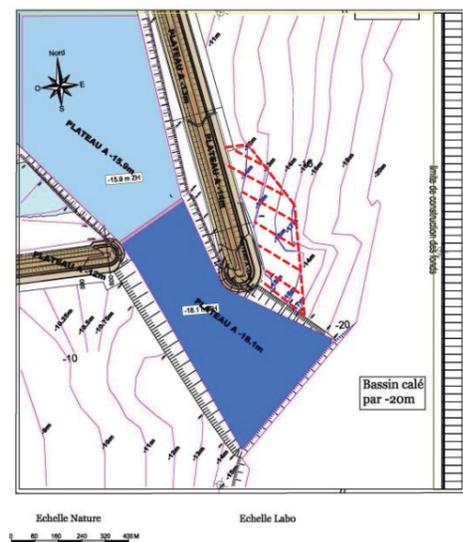
MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

CONFIGURATION AVEC FONDS ABAISSES

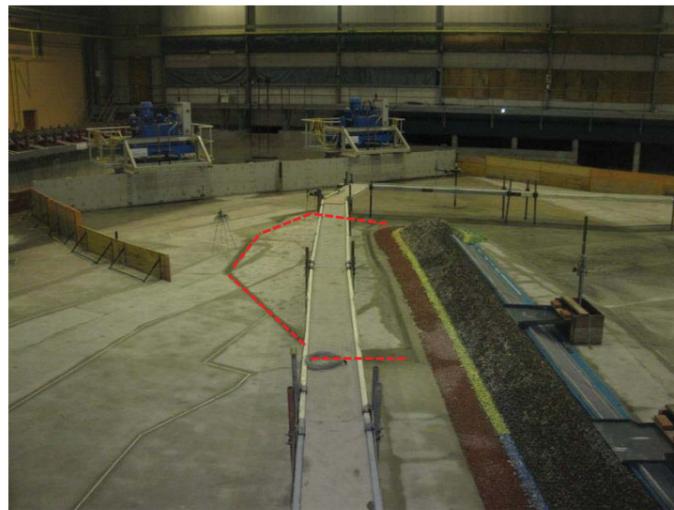
8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Décembre 2014 – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues Figure 5.0

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

CONFIGURATION AVEC « FONDS ABAISSES DE 2m »



Batteur à houle Multidirectionnelle
(60 volets indépendants)



8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Décembre 2014 – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues Figure 5.1

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

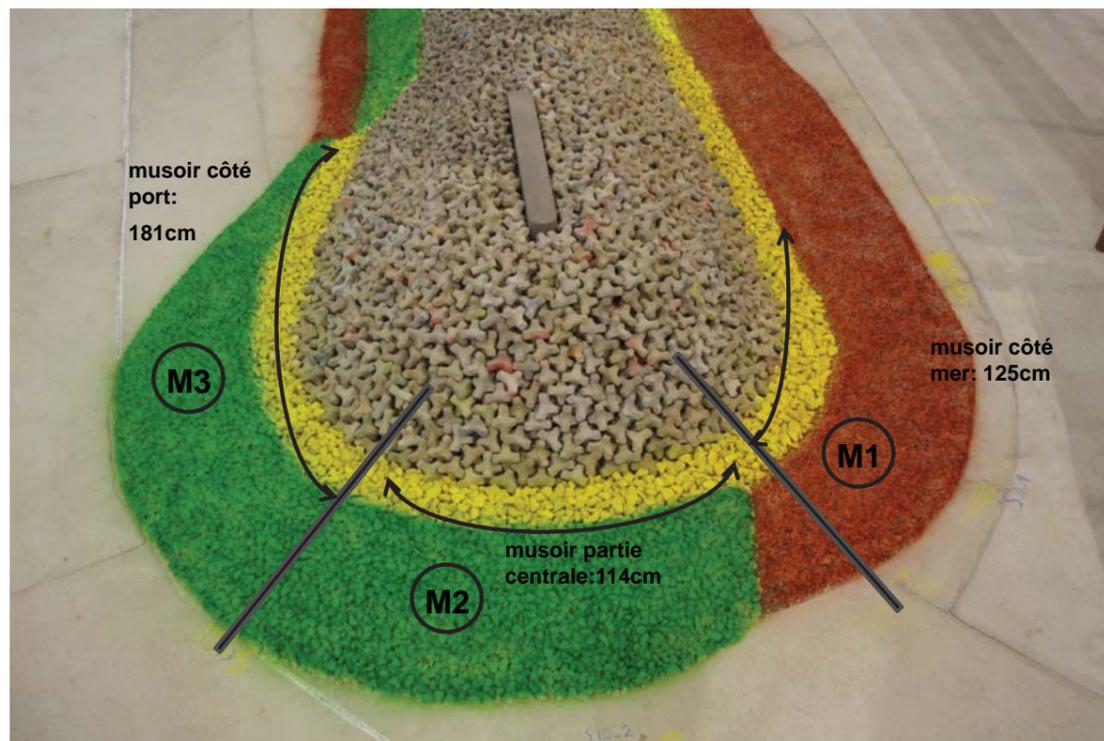
Repérage des différentes zones des musoirs

8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Décembre 2014 – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues Figure 6.0

MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

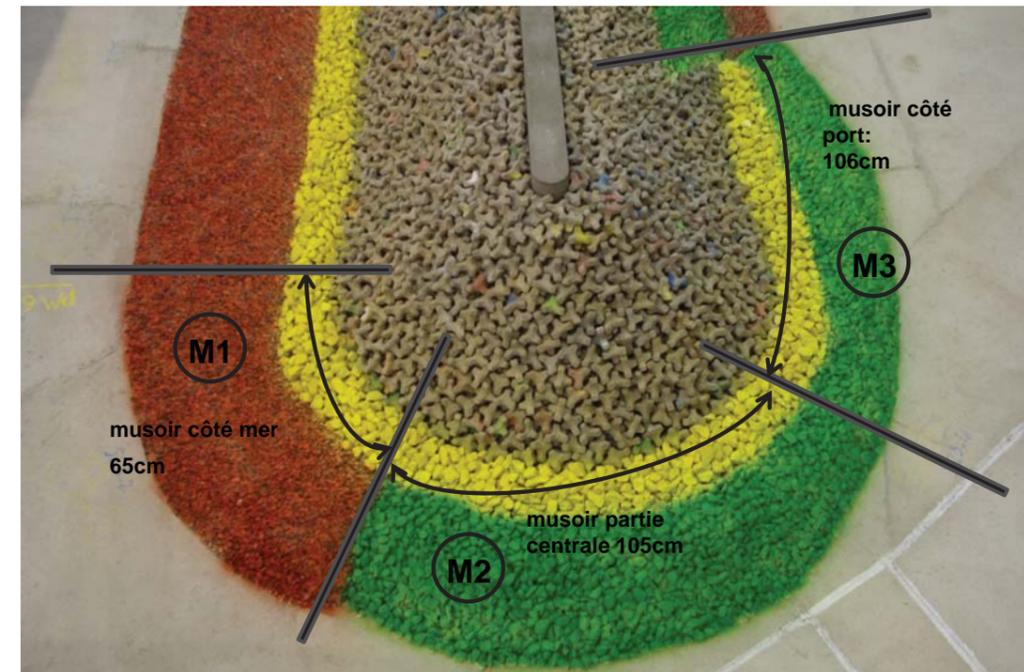
MODELE PHYSIQUE EN CUVE A HOULES DES PARTIES TERMINALES DES DIGUES

DIGUE NORD



8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Décembre 2014 – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues Figure 6.1

DIGUE SUD



8 713239 – Maitrise d'œuvre pour l'extension de Port-La Nouvelle – Mission MOD – Décembre 2014 – Essais en cuve à houles des parties terminales des digues Figure 6.2

ANNEXES



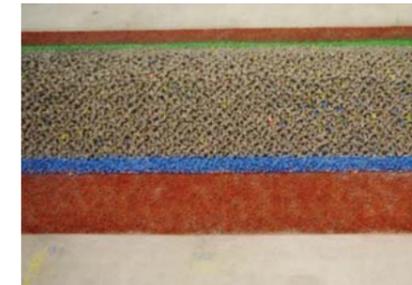
**ANNEXE 1: PHOTOS PRISES AU COURS DES ESSAIS – AVANT
MODIFICATION DES DIGUES**

ETAT INITIAL AVANT LES ESSAIS

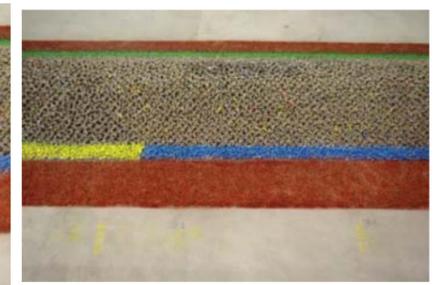
Digue NORD - coté mer – avant essai



PM 1650 – PM 1700



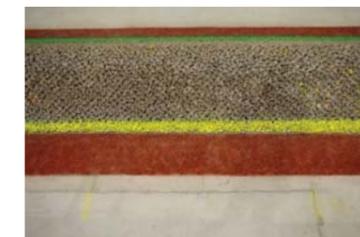
PM 1700 – PM 1800



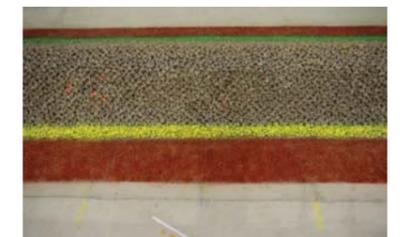
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

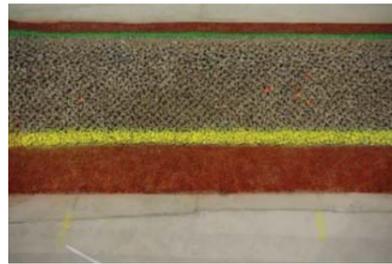


PM 2000 – PM 2100

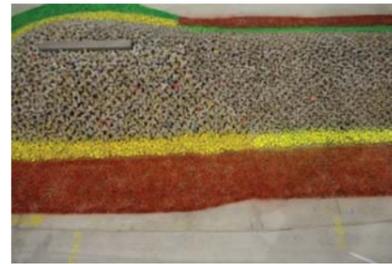


PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – avant essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue NORD - coté port – avant essai



PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



PM 1650 – PM 1700



PM 1700 – PM 1800



PM 1800 – PM 1900

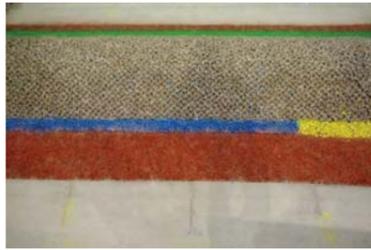


PM 1900 – PM 2000

Digue SUD - coté mer – avant essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – avant essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – avant essai



PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

Test 3 : Houles de période de retour 1 an
DIRECTION N90

Digue NORD - coté mer – après essai



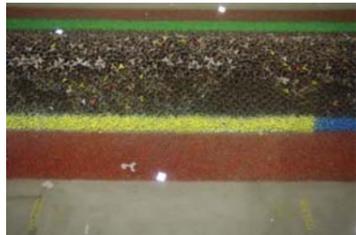
PM 1650 – PM 1700



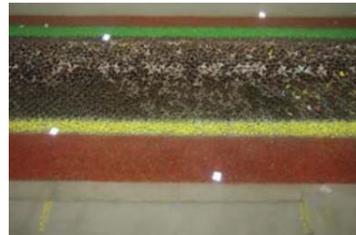
PM 1700 – PM 1800



PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000



PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Test 4 : Houles de période de retour 1 an – période longue (10s)
DIRECTION N90

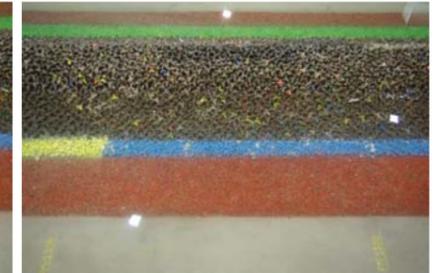
Digue NORD - coté mer – après essai



PM 1650 – PM 1700



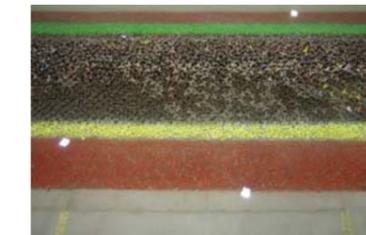
PM 1700 – PM 1800



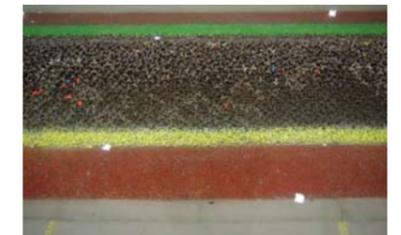
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

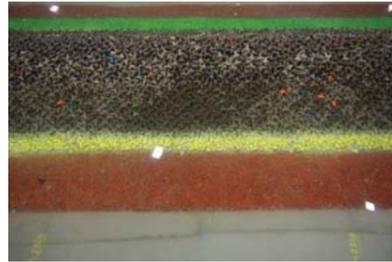


PM 2000 – PM 2100

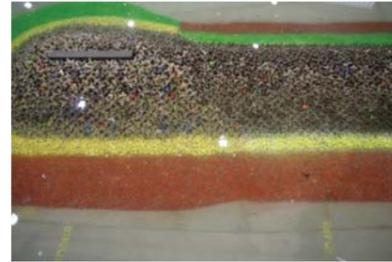


PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

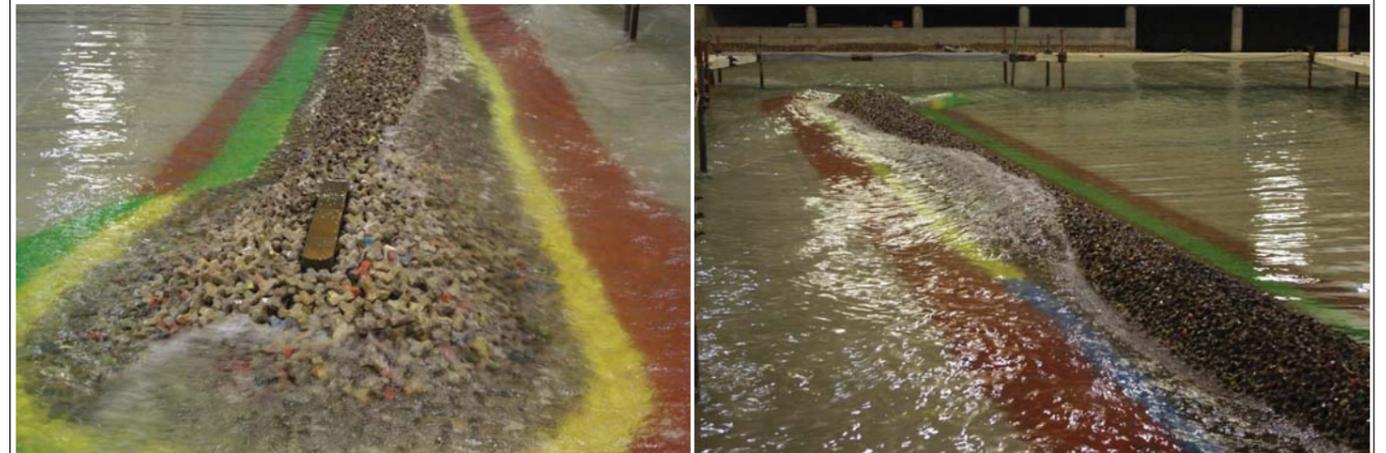


Musoir – partie centrale

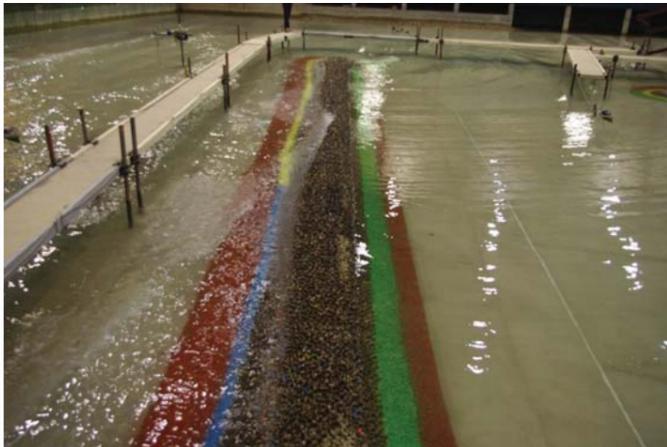


Musoir – coté Port

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

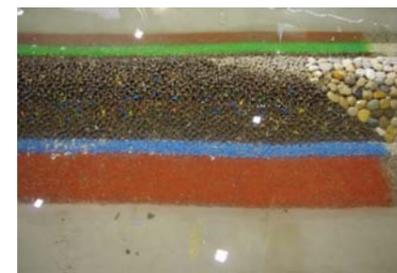


Photos prises pendant l'essai

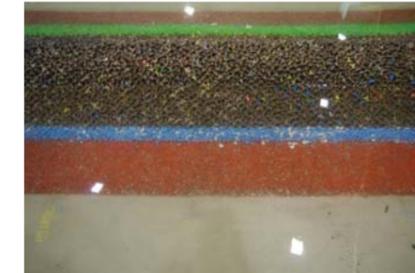


Test 5 : Houles de période de retour 10 ans – houle extrême intermédiaire
DIRECTION N90

Digue NORD - coté mer – après essai



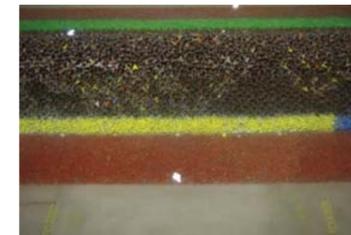
PM 1650 – PM 1700



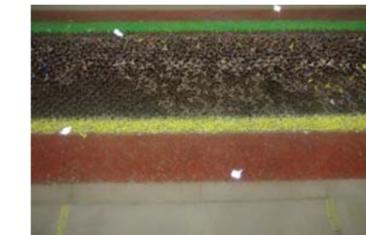
PM 1700 – PM 1800



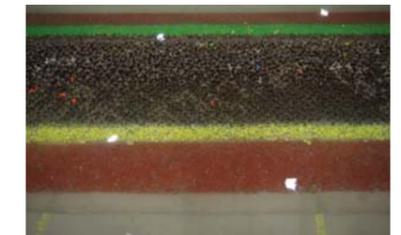
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

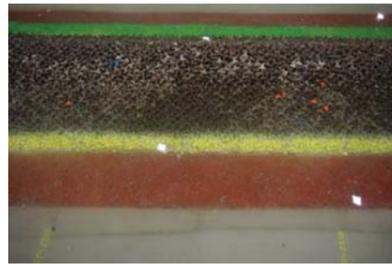


PM 2000 – PM 2100

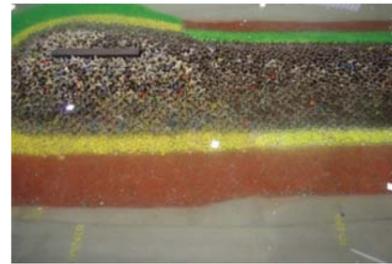


PM 2100 – PM 2200

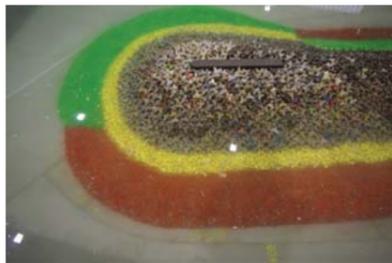
Digue NORD - coté mer – après essai



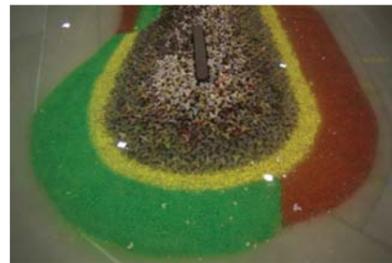
PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue NORD - coté port – après essai



PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

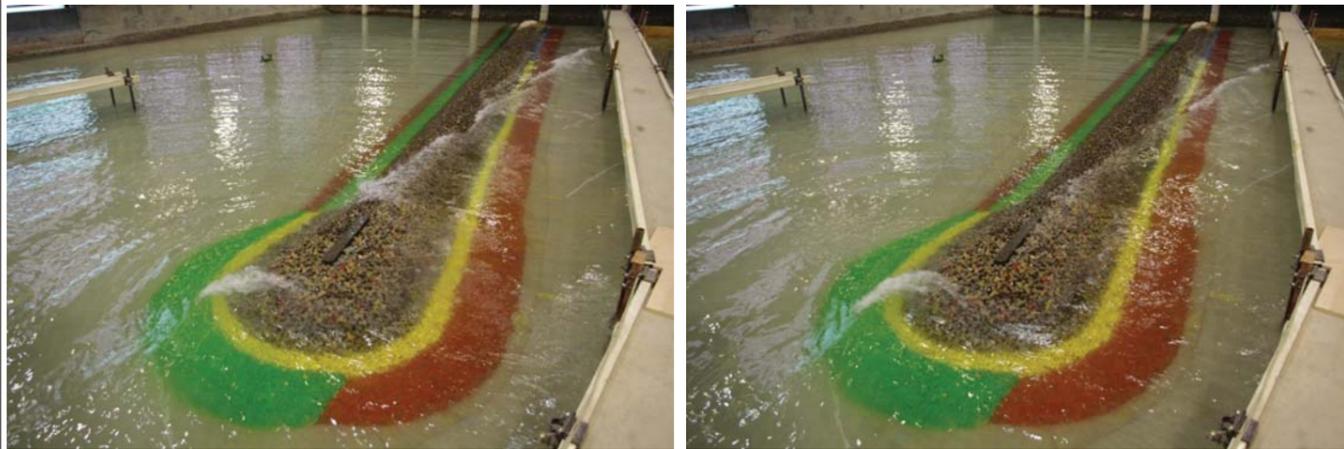
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Test 6 : Houles de période de retour 100 ans – niveau: 2.2mZH –
Tp=13s

DIRECTION N90

(essai court: 1h)

Digue NORD - coté mer – après essai



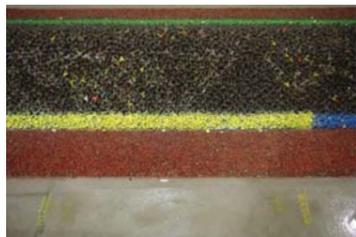
PM 1650 – PM 1700



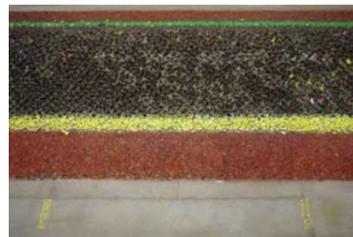
PM 1700 – PM 1800



PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000



PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

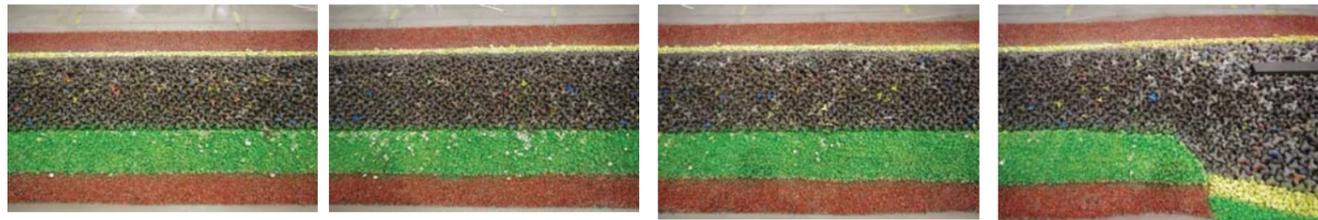


Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue NORD - coté port – après essai

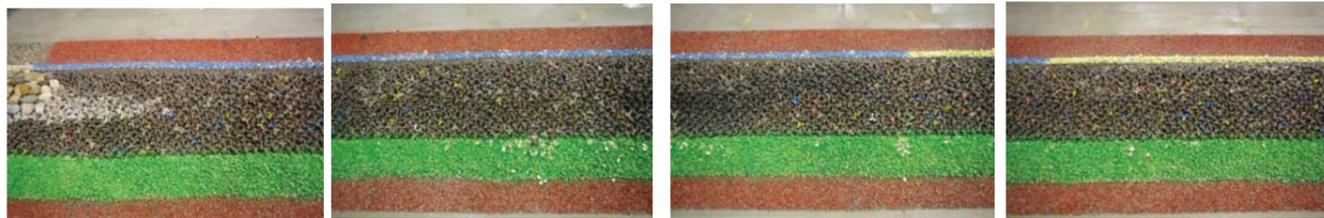


PM 2000 – PM 2100

PM 2100 – PM 2200

PM 2200 – PM 2300

PM 2300 – PM 2400



PM 1650 – PM 1700

PM 1700 – PM 1800

PM 1800 – PM 1900

PM 1900 – PM 2000

Digue NORD - coté port – après essai

Détails des extractions d'Accropodes™ observées sur le talus arrière

PM 2100



Digue NORD - coté port – après essai

Détails des extractions d'Accropodes™ observées sur le talus arrière



PM 1750

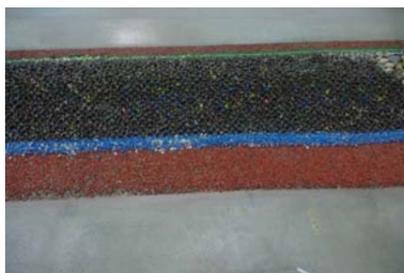


Test 6 : Houles de période de retour 100 ans – niveau haut: 2.2mZH – Tp=13s

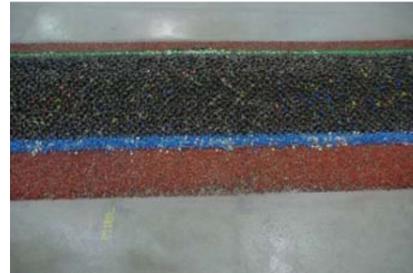
DIRECTION N90

(essai long: 3h)

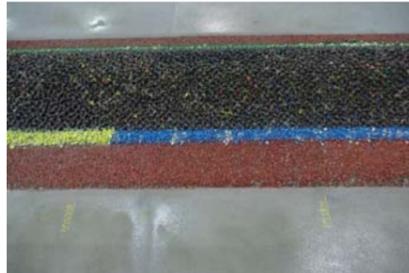
Digue NORD - coté mer – après essai



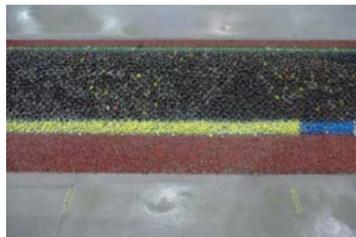
PM 1650 – PM 1700



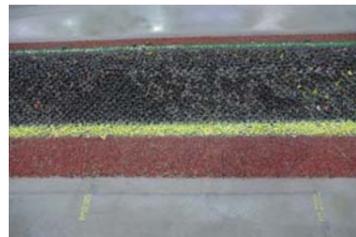
PM 1700 – PM 1800



PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

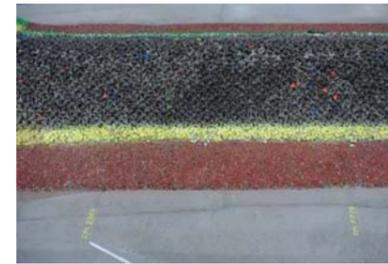


PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

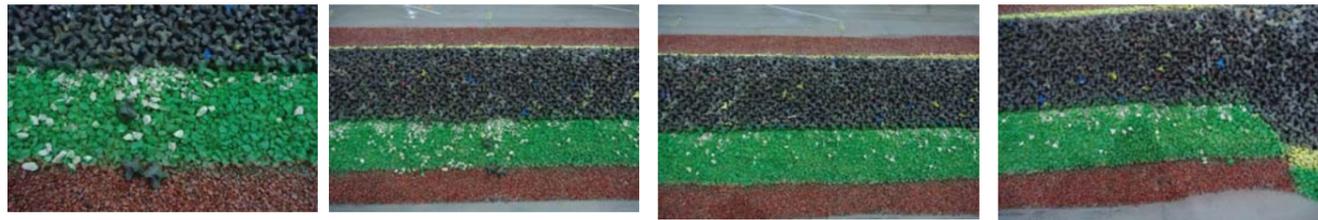


Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue NORD - coté port – après essai



PM 2000 – PM 2100

PM 2100 – PM 2200

PM 2200 – PM 2300

PM 2300 – PM 2400



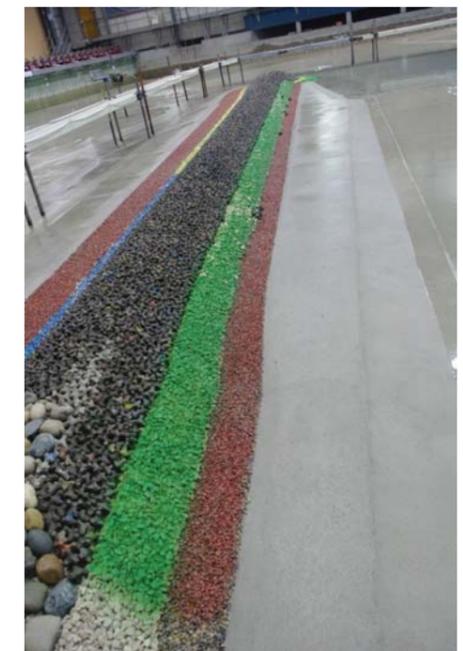
PM 1700 – PM 1800

PM 1800 – PM 1900

PM 1900 – PM 2000

Digue NORD - coté port – après essai

Détails des extractions d'Accropodes™ observées sur le talus arrière



Digue NORD - coté port – après essai

Détails des extractions d'Accropodes™ observées sur le talus arrière



Digue NORD - coté port – après essai

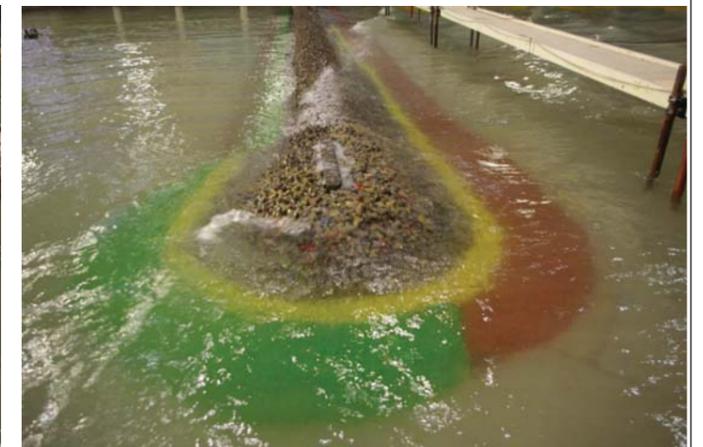
Détails des extractions d'Accropodes™ observées sur le talus arrière



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Test 9 : Houles de période de retour 100 ans – niveau bas: 0mZH – $T_p=13s$

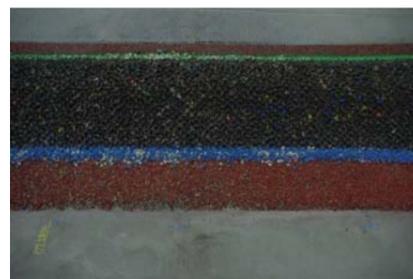
DIRECTION N90

6 heures

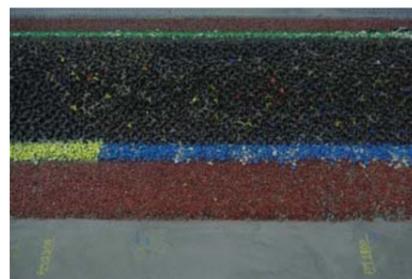
Digue NORD - coté mer – après essai



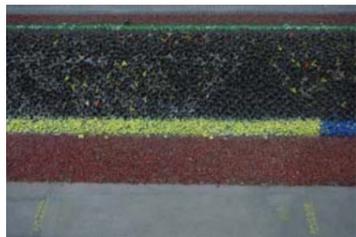
PM 1650 – PM 1700



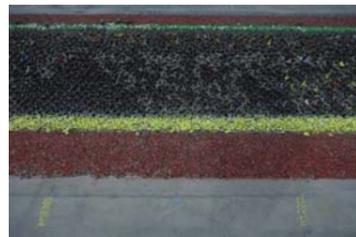
PM 1700 – PM 1800



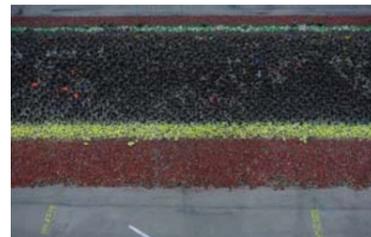
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

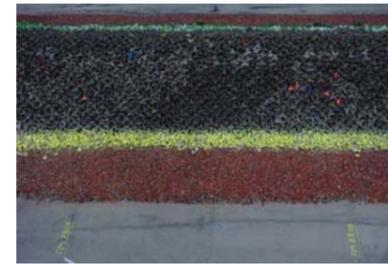


PM 2000 – PM 2100

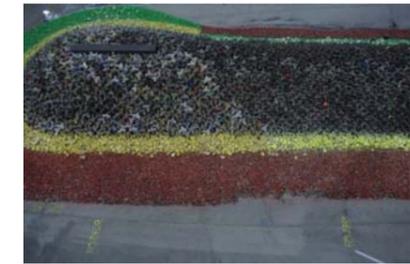


PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

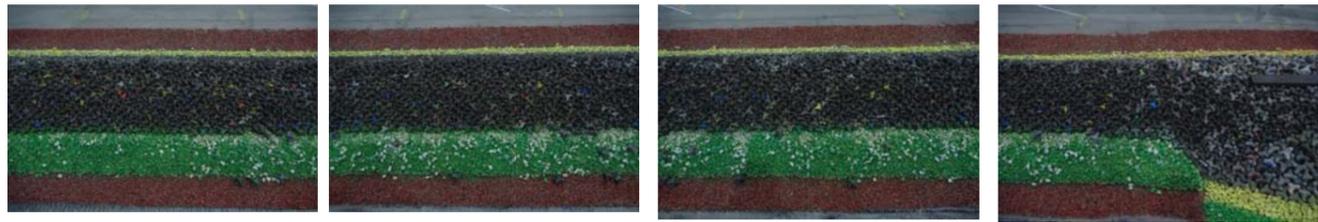


Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue NORD - coté port – après essai

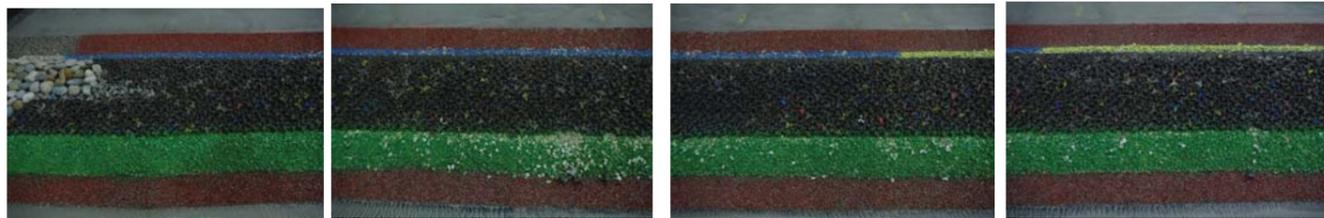


PM 2000 – PM 2100

PM 2100 – PM 2200

PM 2200 – PM 2300

PM 2300 – PM 2400



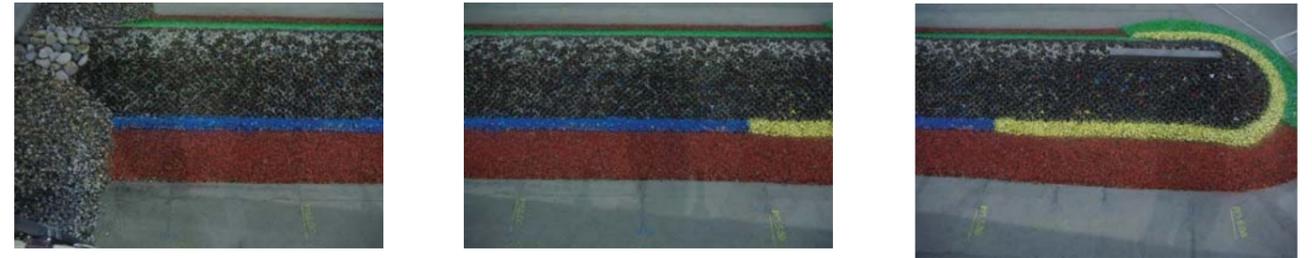
PM 1650 – PM 1700

PM 1700 – PM 1800

PM 1800 – PM 1900

PM 1900 – PM 2000

Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400

PM 400 – PM 500

PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

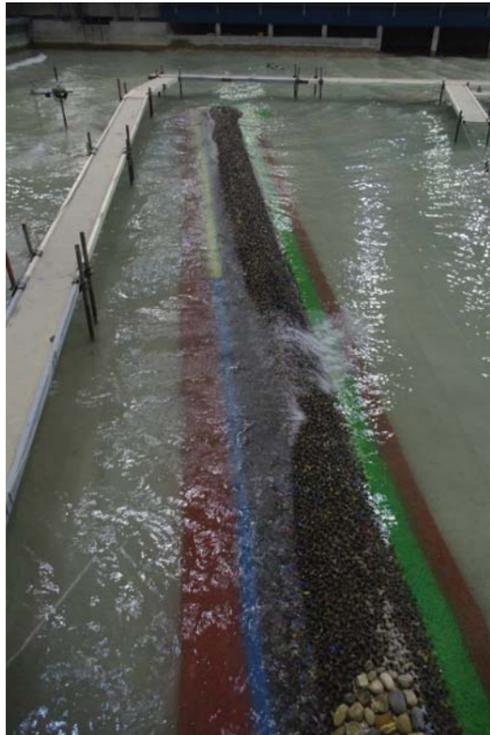
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

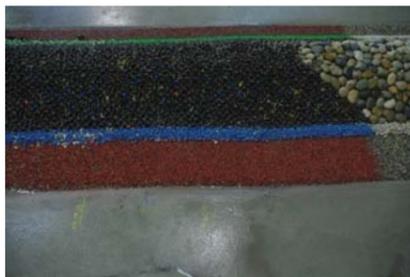


Test 8 : Houles de période de retour 100 ans – niveau haut: 2.2mZH – $T_p=15s$

DIRECTION N90

(essai long interrompu au bout de 2 heures)

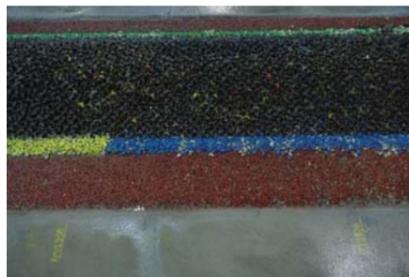
Digue NORD - coté mer – après essai



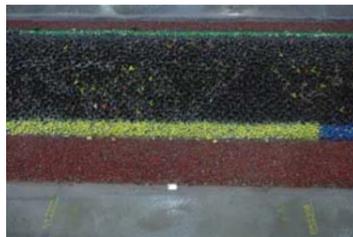
PM 1650 – PM 1700



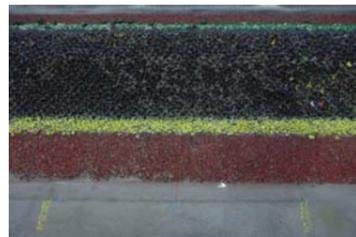
PM 1700 – PM 1800



PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

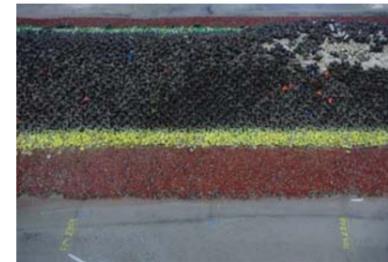


PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

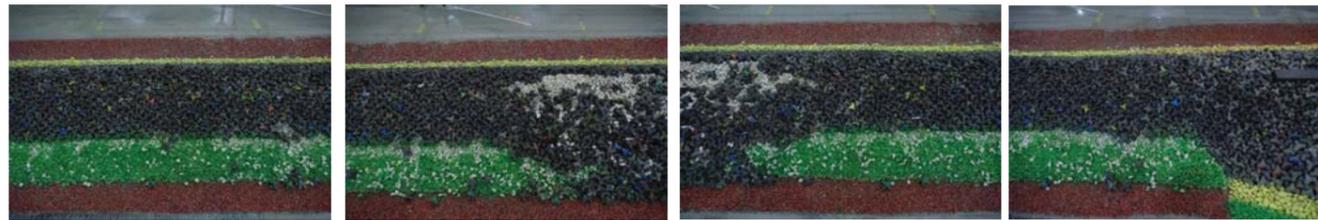


Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue NORD - coté port – après essai

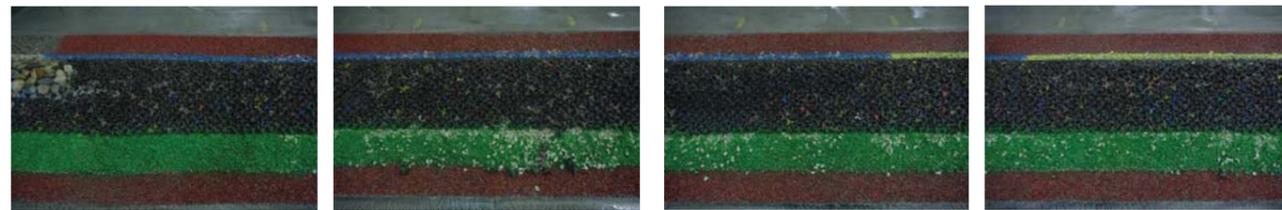


PM 2000 – PM 2100

PM 2100 – PM 2200

PM 2200 – PM 2300

PM 2300 – PM 2400



PM 1650 – PM 1700

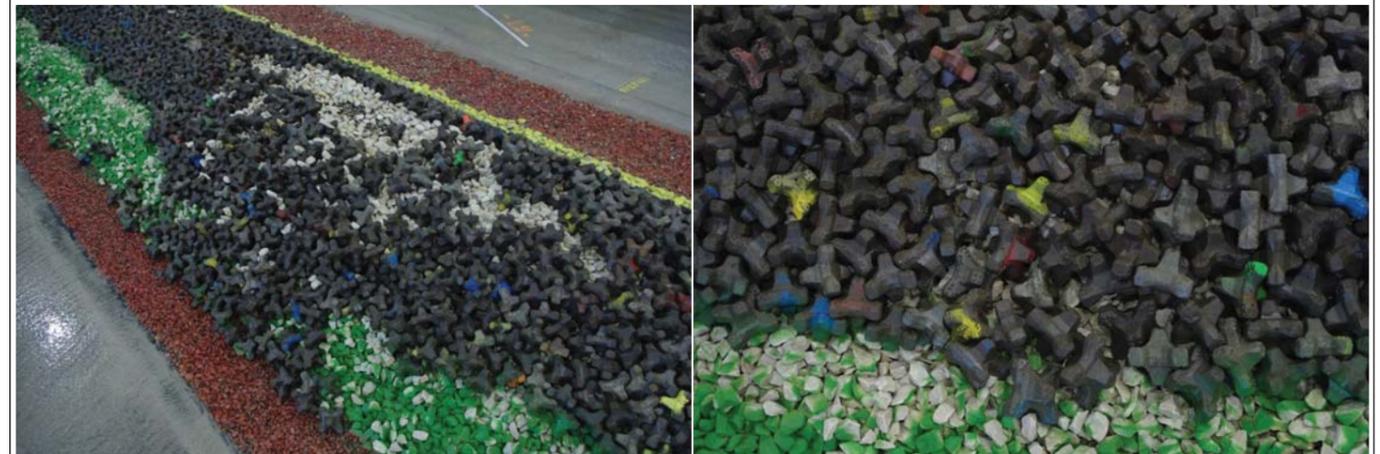
PM 1700 – PM 1800

PM 1800 – PM 1900

PM 1900 – PM 2000

Digue NORD - coté port – après essai

Détails des dommages observés sur le talus arrière



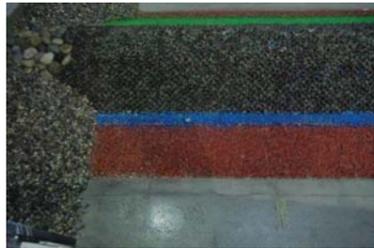
Digue NORD - coté port – après essai
Détails des dommages observés sur le talus arrière



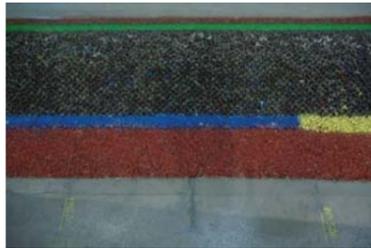
Digue NORD - coté port – après essai
Détails des dommages observés sur le talus arrière



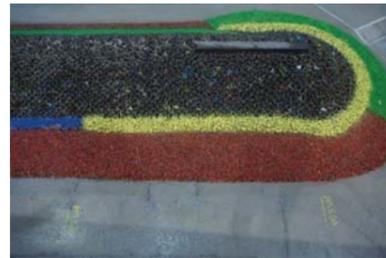
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port



PM 500 – PM 600

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



INTERRUPTION POUR PROTECTION DU TALUS ARRIERE DE LA DIGUE NORD

Test 8 : Houles de période de retour 100 ans – niveau haut: 2.2mZH – Tp=15s
DIRECTION N90
Mesures de franchissements

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Test 8 : Houles de période de retour 100 ans – niveau haut: 2.2mZH – $T_p=15s$

DIRECTION N90

Mesures de franchissements

Photos prises pendant l'essai

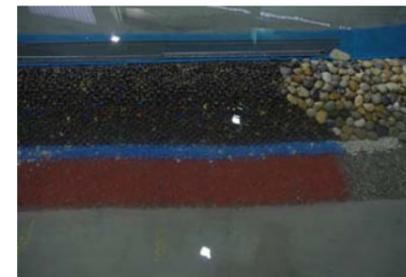


Photos prises pendant l'essai

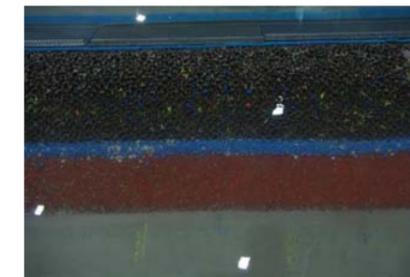


Test 7 : Houles de période de retour 100 ans – niveau haut: 2.2mZH – Tp=13s
DIRECTION N110

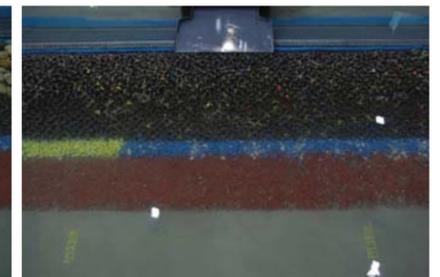
Digue NORD - coté mer – après essai



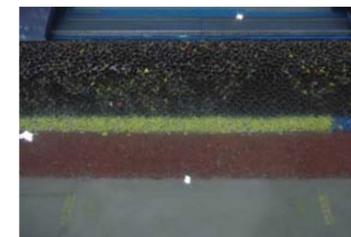
PM 1650 – PM 1700



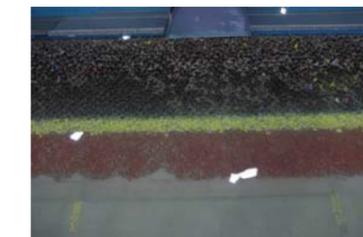
PM 1700 – PM 1800



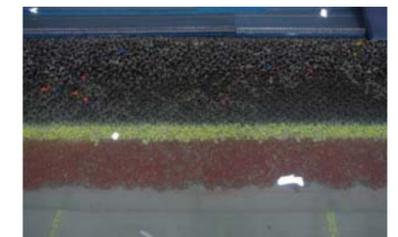
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

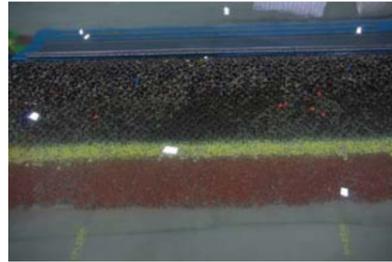


PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

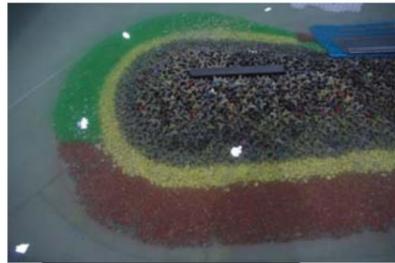
Digue NORD - coté mer – après essai



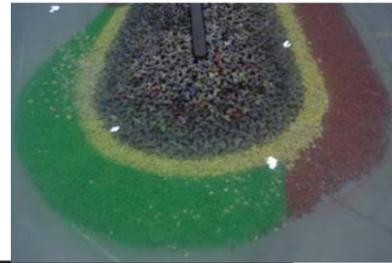
PM 2200 – PM 2300



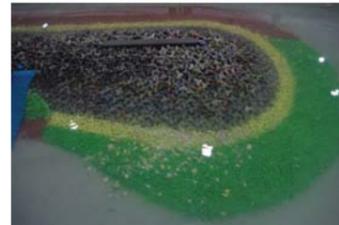
PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

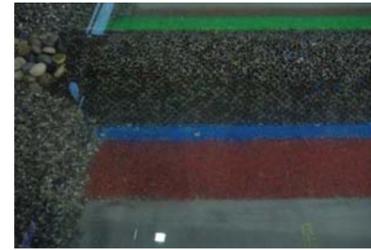


Musoir – partie centrale

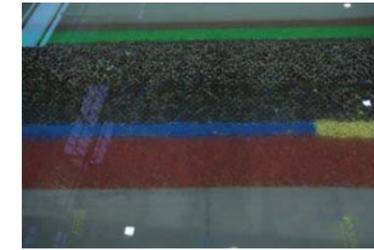


Musoir – coté Port

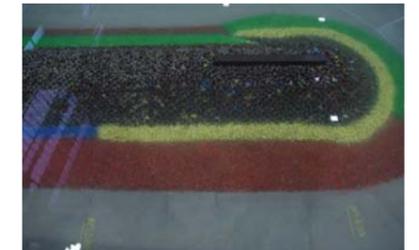
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400

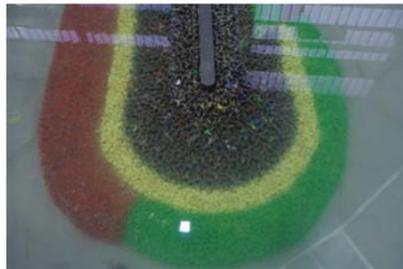


PM 400 – PM 500

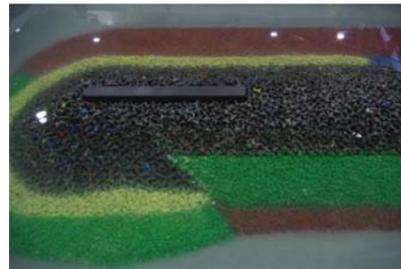


PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



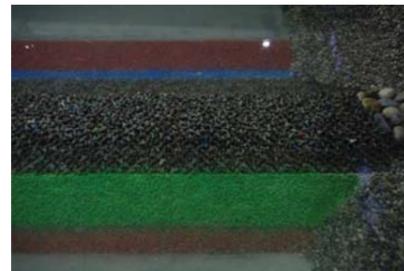
Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port



PM 500 – PM 400

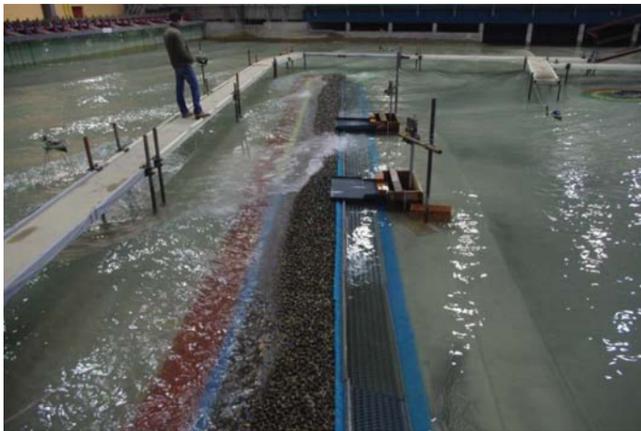


PM 400 – PM 350

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



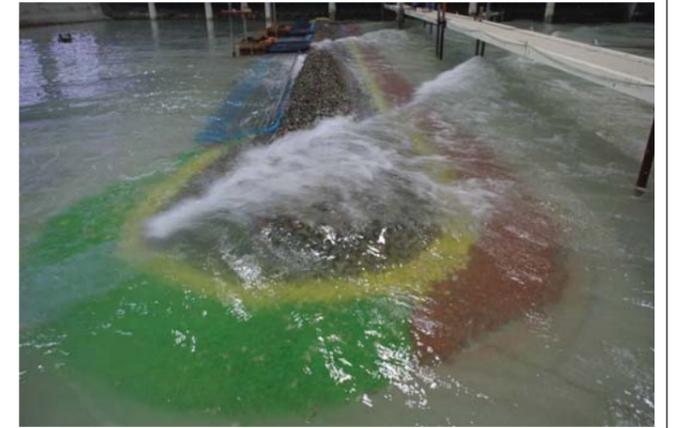
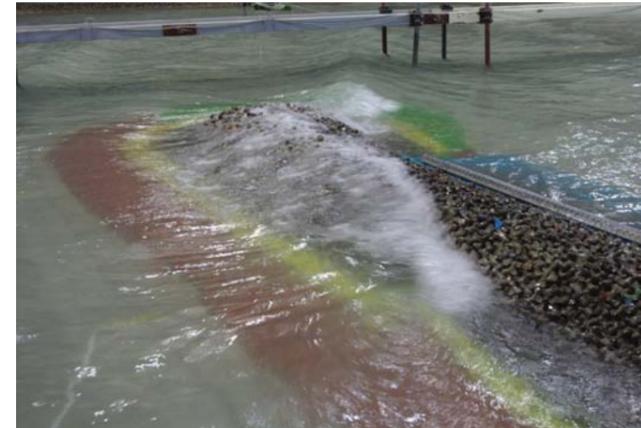
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Test 7_1 : Houles de période de retour 100 ans – niveau haut: 2.2mZH – $T_p=15s$

DIRECTION N110

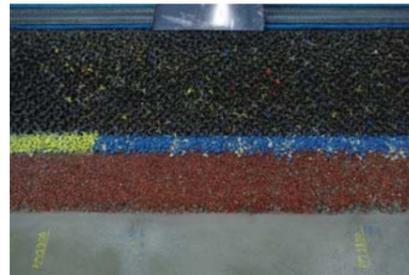
Digue NORD - coté mer – après essai



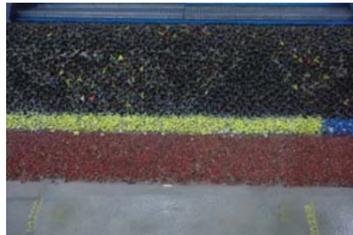
PM 1650 – PM 1700



PM 1700 – PM 1800



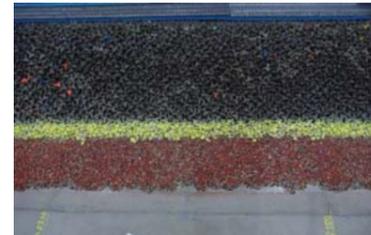
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

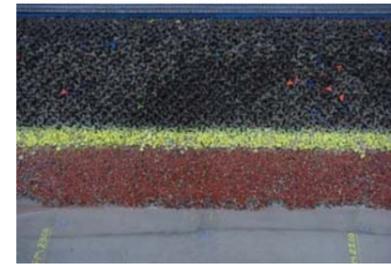


PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale

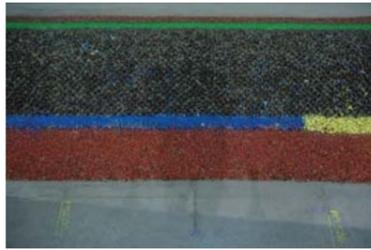


Musoir – coté Port

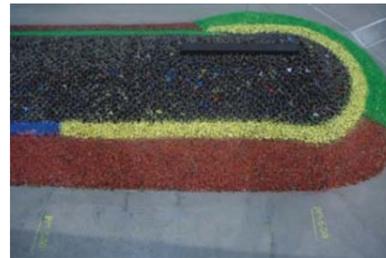
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté port – après essai



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port



PM 500 – PM 400



PM 400 – PM 350

Digue SUD - après essai
Détail du musoir – côté port



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



**INTERRUPTION POUR AMENEE DES BATTEURS AUXILIAIRES &
MISE EN PLACE DE LA CONFIGURATION AVEC DES FONDS ABAISSES**

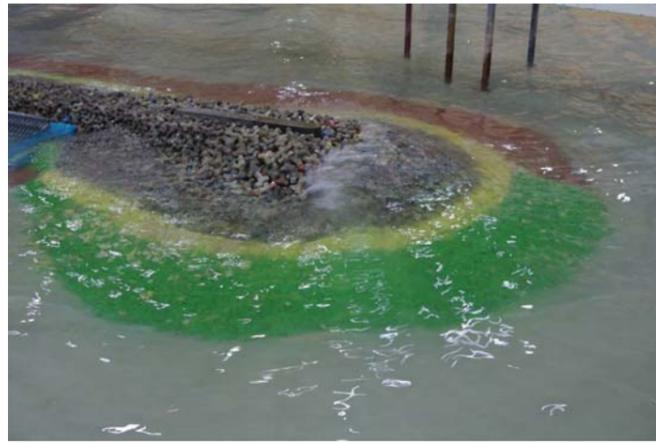
**Test 12 : Houles de période de retour 1 an – niveau haut: 1.8mZH – Tp=10s
DIRECTION N135**

Photos prises pendant l'essai

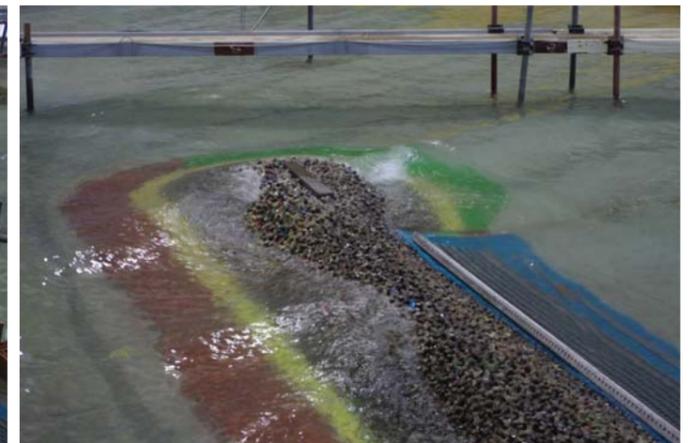
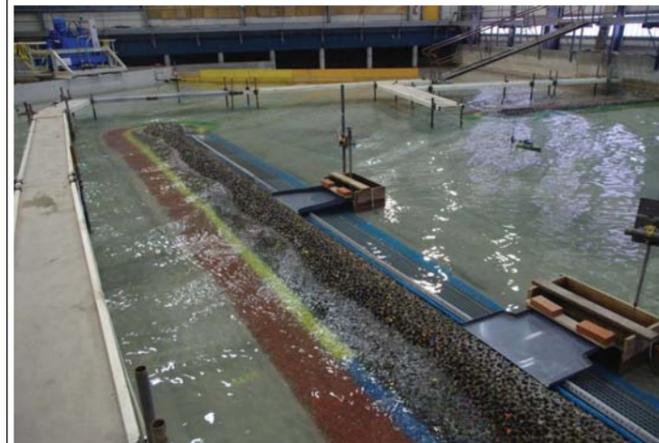


Test 13 : Houles de période de retour 10 ans – niveau haut: 2.0mZH – $T_p=11s$
DIRECTION N135

Photos prises pendant l'essai

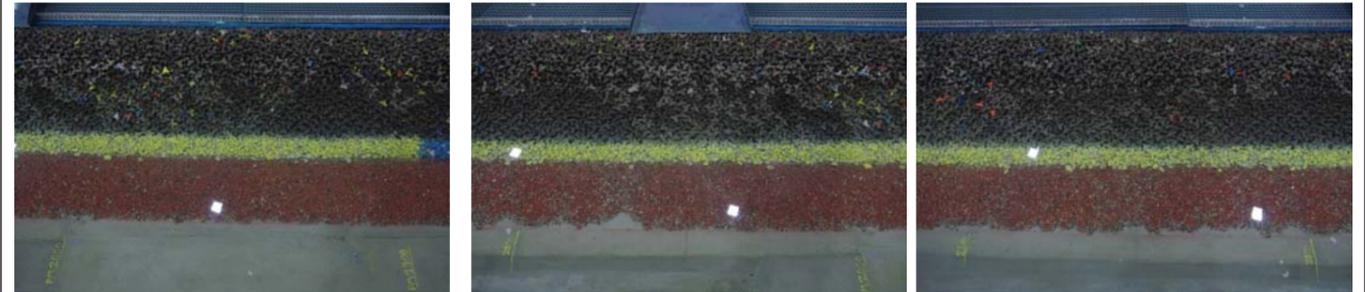


Photos prises pendant l'essai



Test 14 : Houles de période de retour 100 ans – niveau haut: 2.2mZH – Tp=13s
DIRECTION N135

Digue NORD - coté mer – après essai

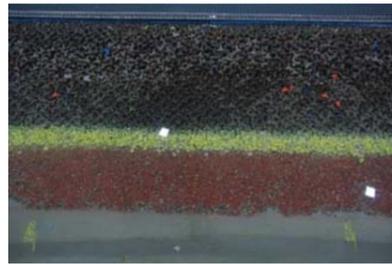


PM 1900 – PM 2000

PM 2000 – PM 2100

PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



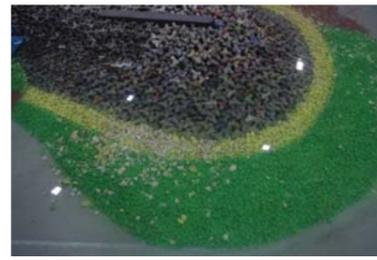
PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

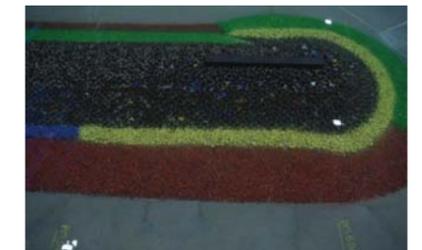
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400

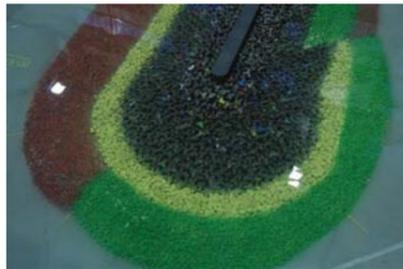


PM 400 – PM 500

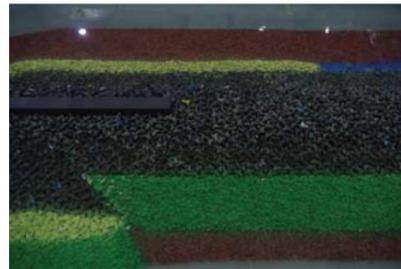


PM 500 – PM 600

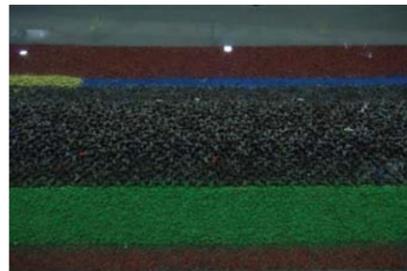
Digue SUD - coté port – après essai



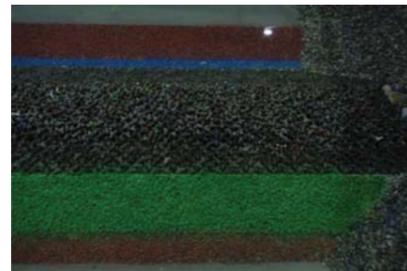
Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port



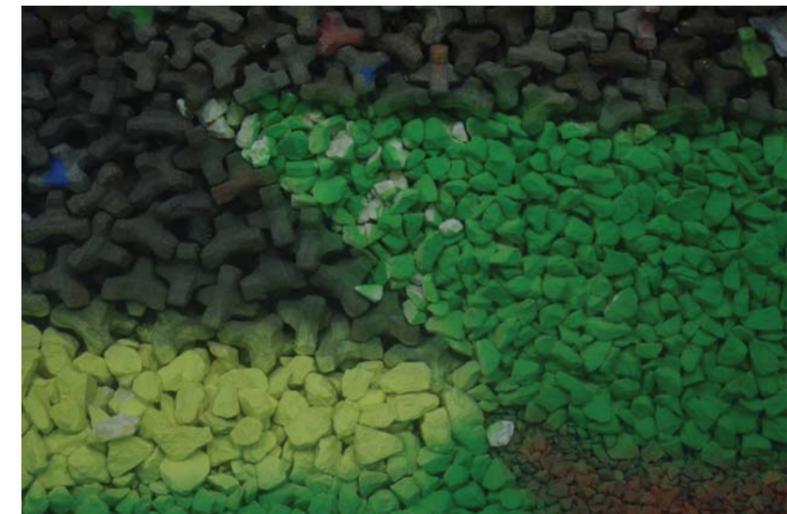
PM 500 – PM 400



PM 400– PM 350

Digue SUD - après essai

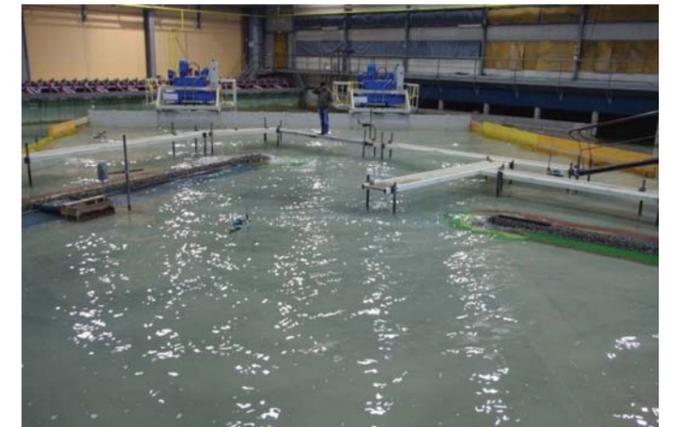
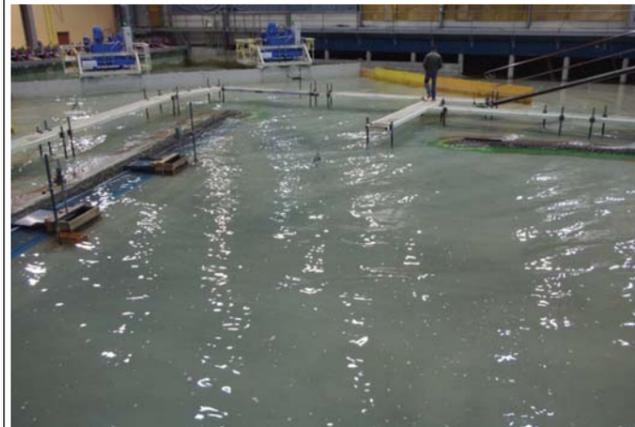
Détail du musoir – côté port



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Test 16 : Houles de période de retour 100 ans – niveau bas: 0mZH – $T_p=13s$
DIRECTION N135

Digue NORD - coté mer – après essai

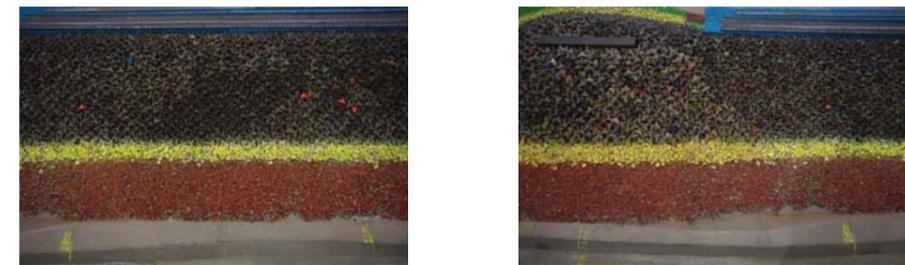


PM 1900 – PM 2000

PM 2000 – PM 2100

PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300

PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté port – après essai



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port



PM 500 – PM 400

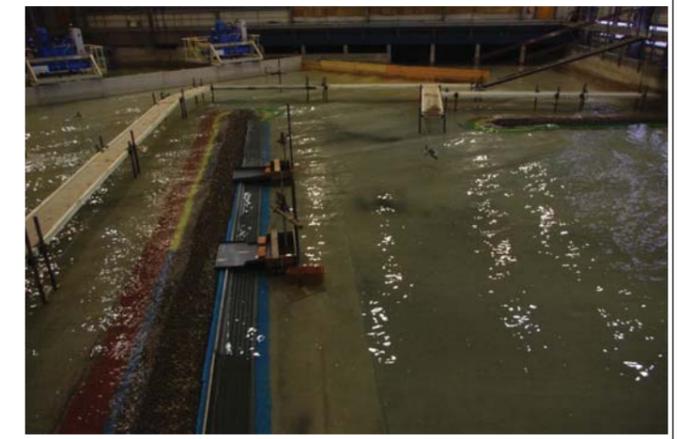


PM 400 – PM 350

Digue SUD - après essai
Détail du musoir – côté port



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Test 15 : Houles de période de retour 100 ans – niveau haut: 2.2mZH – Tp=15s
DIRECTION N135

Digue NORD - coté mer – après essai

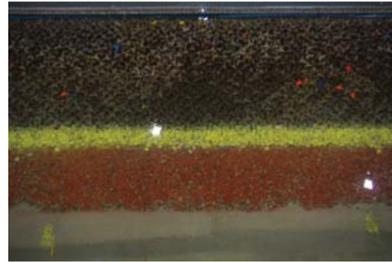


PM 1900 – PM 2000

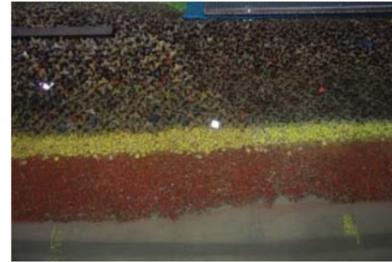
PM 2000 – PM 2100

PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



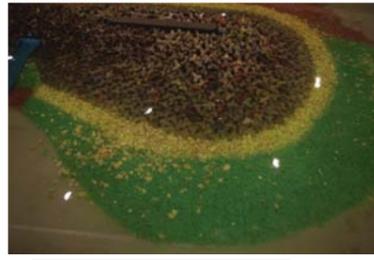
PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



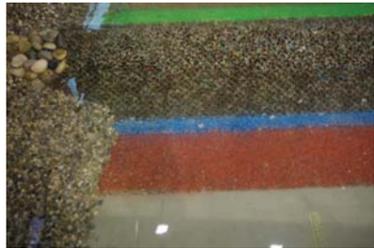
Musoir – coté Port

Digue NORD – après essai

Détail du musoir – côté port



Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500

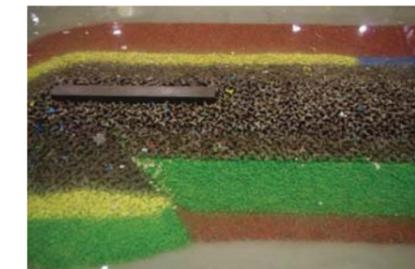


PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté port – après essai



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

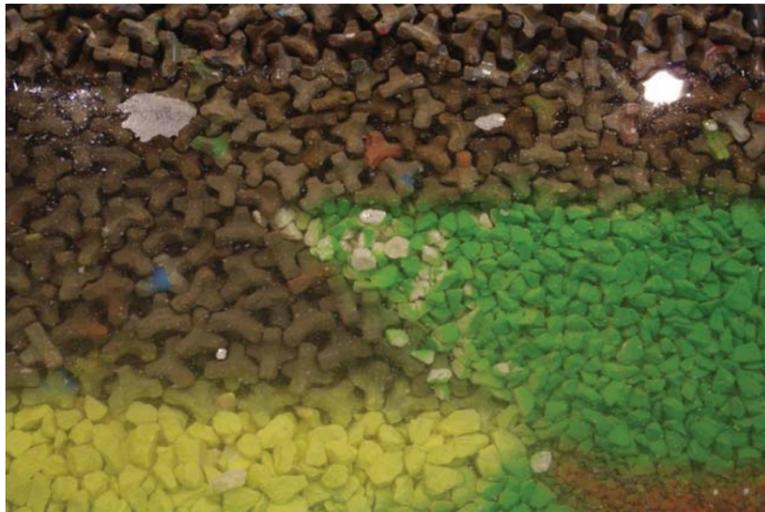


PM 500 – PM 400

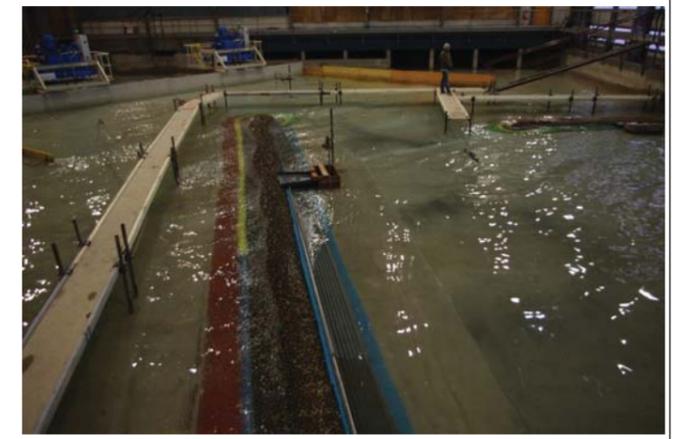
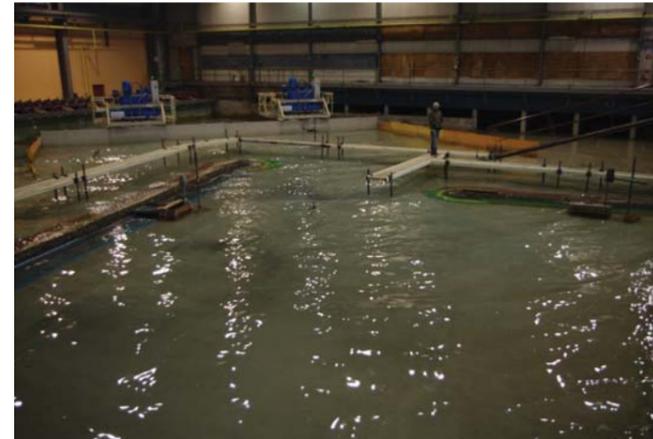


PM 400 – PM 350

Digue SUD - après essai
Détail du musoir – côté port



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



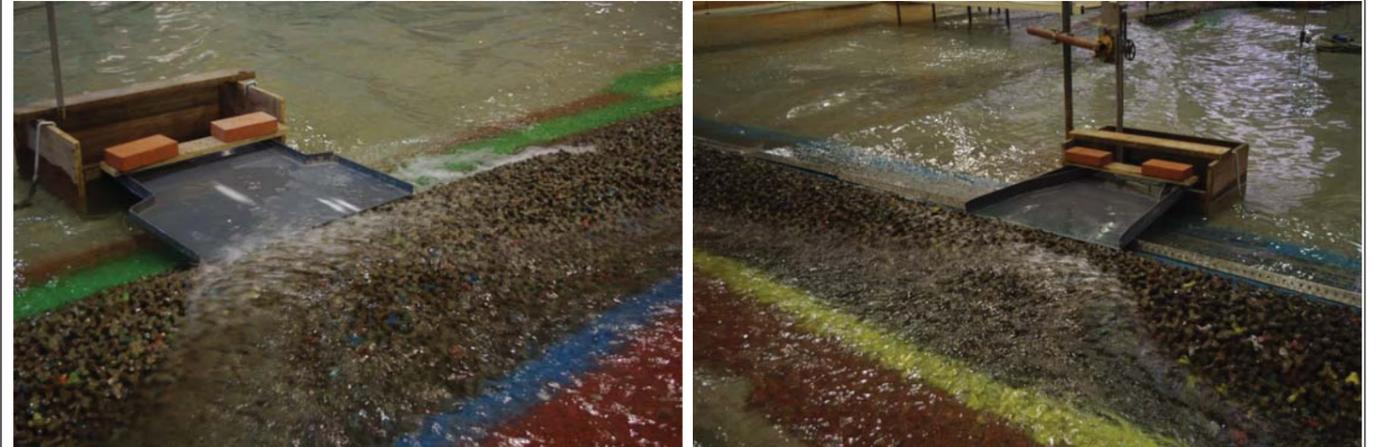
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Test 17 : Houles « 120% » de la houle centennale – niveau haut: 2.2mZH –
Tp=13s
DIRECTION N135

Digue NORD - coté mer – après essai

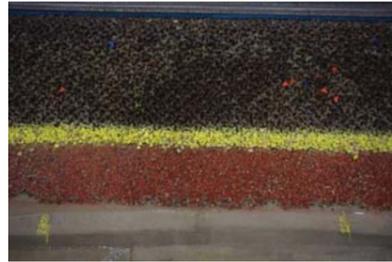


PM 1900 – PM 2000

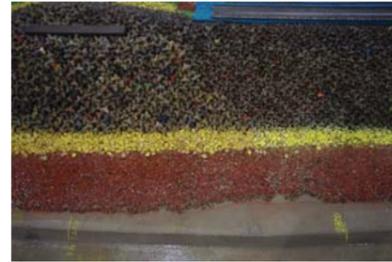
PM 2000 – PM 2100

PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



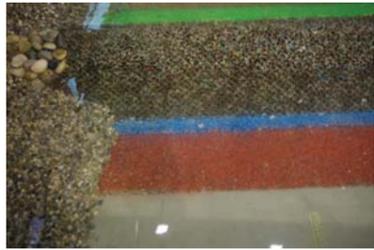
Musoir – coté Port

Digue NORD – après essai

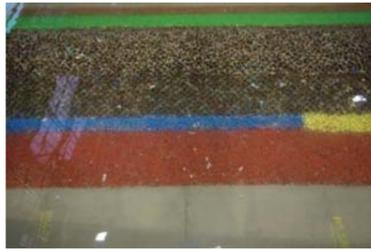
Détail du musoir – côté port



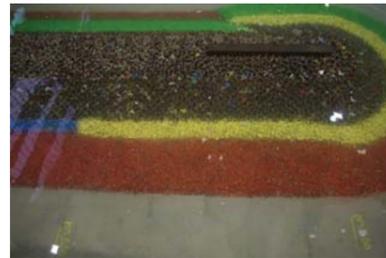
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500

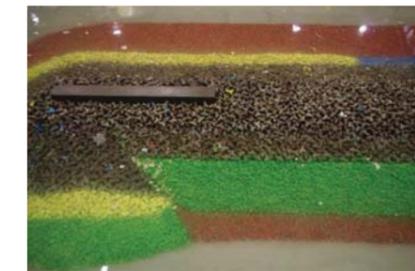


PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté port – après essai



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port



PM 500 – PM 400



PM 400 – PM 350

Digue SUD - après essai
Détail du musoir – côté port



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



ANNEXE 2: PHOTOS PRISES AU COURS DES ESSAIS – APRES
MODIFICATIONS DES DIGUES

ETAT INITIAL AVANT LES ESSAIS

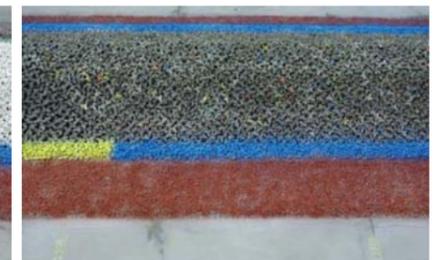
Digue NORD - coté mer – avant essai



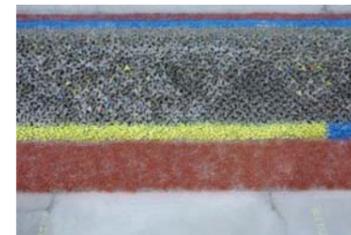
PM 1650 – PM 1700



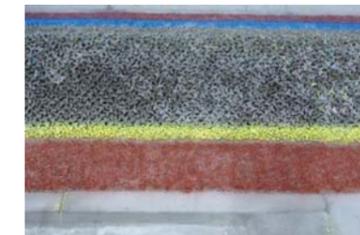
PM 1700 – PM 1800



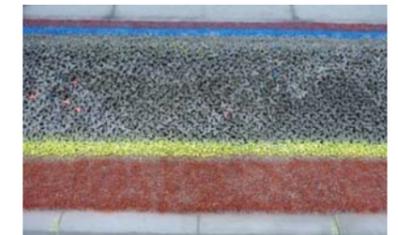
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

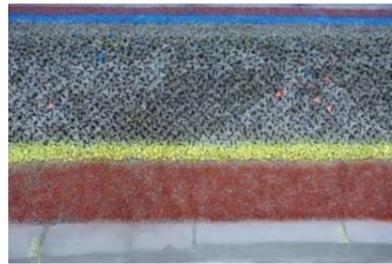


PM 2000 – PM 2100

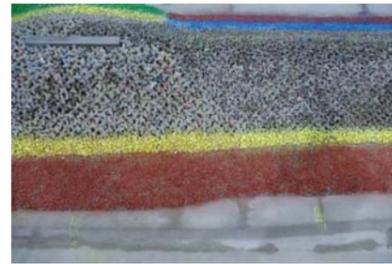


PM 2100 – PM 2200

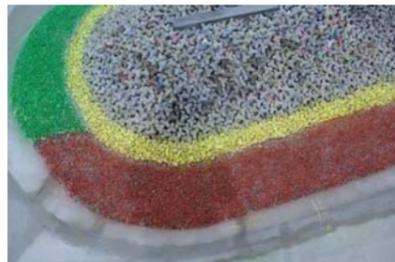
Digue NORD - coté mer – avant essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale

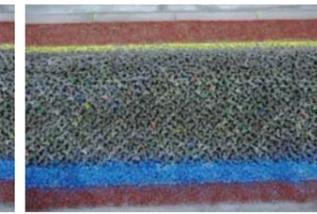


Musoir – coté Port

Digue NORD - coté port – avant essai



PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200



PM 2200 – PM 2300



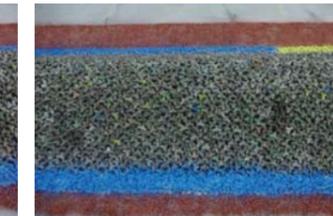
PM 2300 – PM 2400



PM 1650 – PM 1700



PM 1700 – PM 1800



PM 1800 – PM 1900

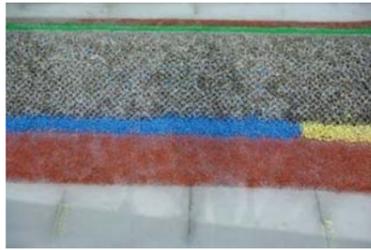


PM 1900 – PM 2000

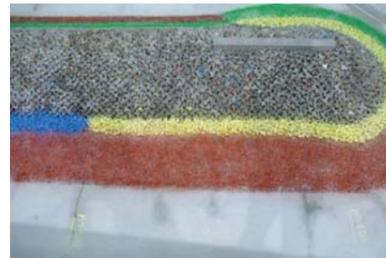
Digue SUD - coté mer – avant essai



PM 350 – PM 400

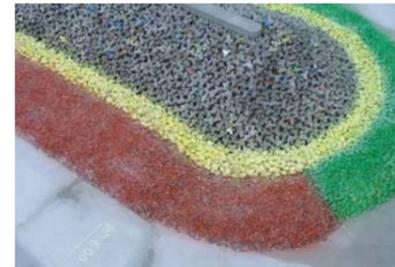


PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

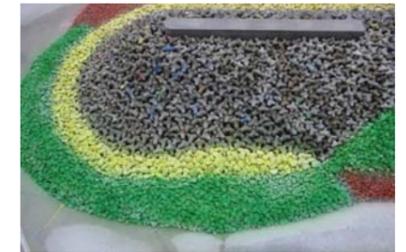
Digue SUD - coté mer – avant essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – avant essai



PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500

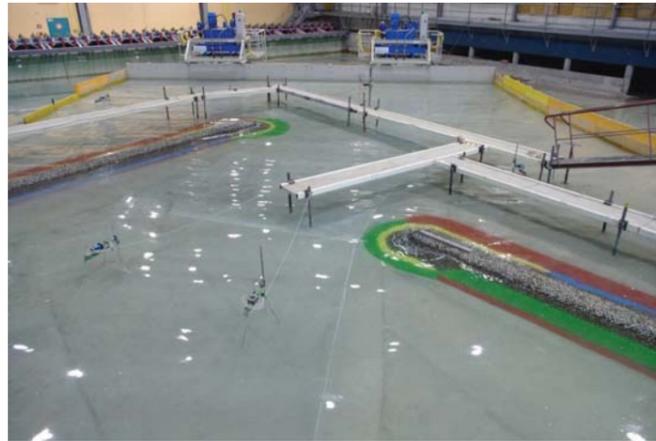


PM 350 – PM 400

Test 12 : Houles de période de retour 1 an – niveau haut: 1.8mZH – $T_p=10s$

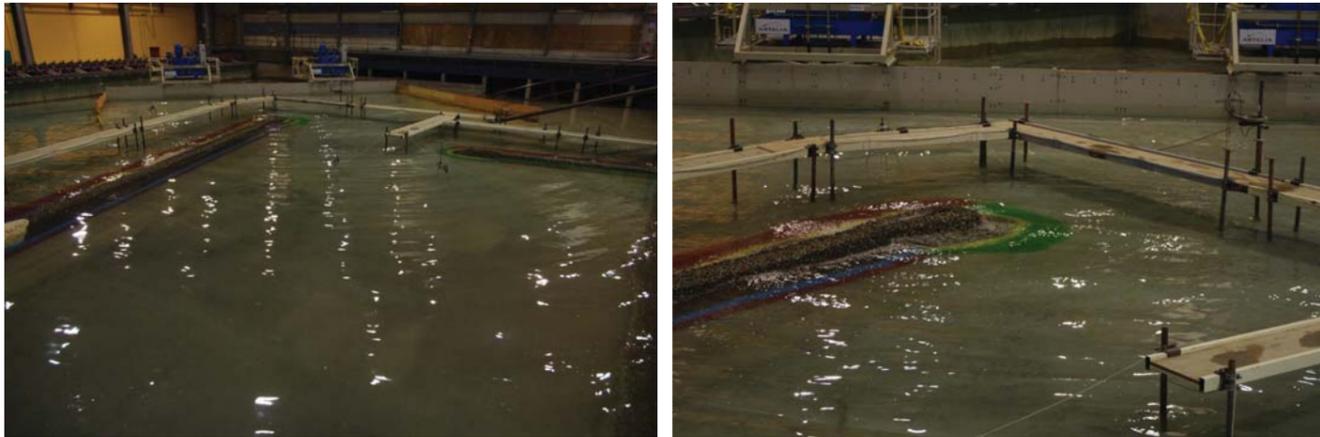
DIRECTION N135

Photos prises pendant l'essai



Test 13 : Houles de période de retour 10 ans – niveau haut: 2.0mZH – $T_p=11s$
DIRECTION N135

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

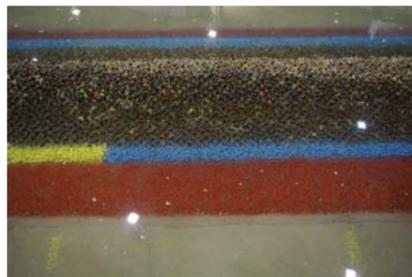


Photos prises pendant l'essai

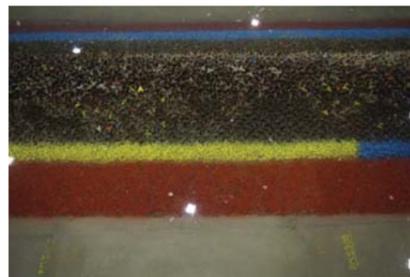


Test 14 : Houles de période de retour 100 ans – niveau haut: 2.2mZH – $T_p=13s$
DIRECTION N135

Digue NORD - coté mer – après essai



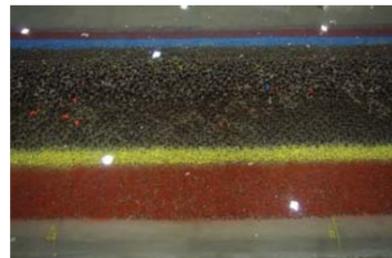
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

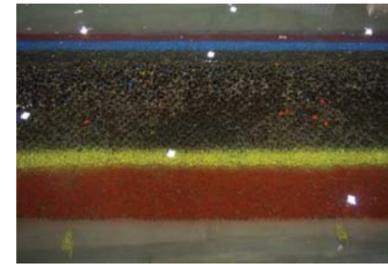


PM 2000 – PM 2100

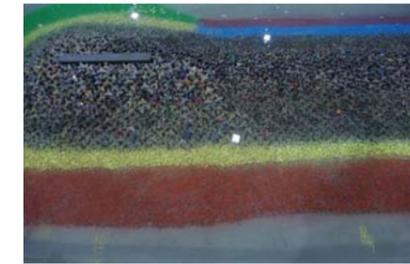


PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

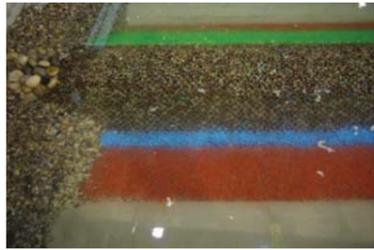


Musoir – partie centrale

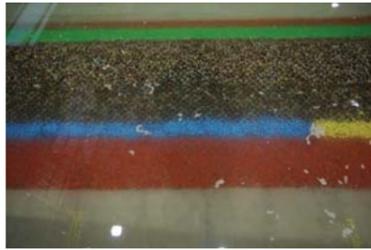


Musoir – coté Port

Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400

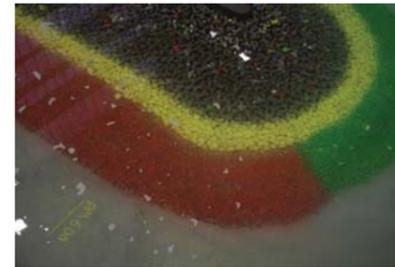


PM 400 – PM 500

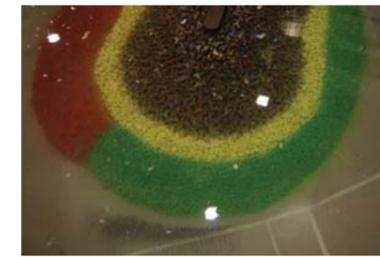


PM 500 – PM 600

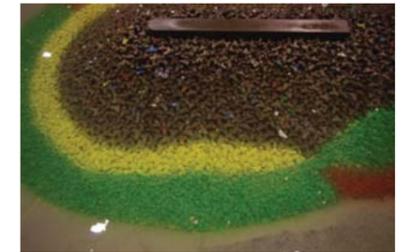
Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai

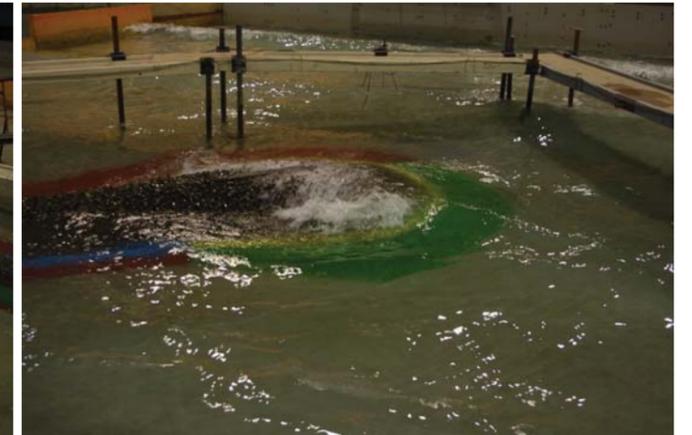


PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

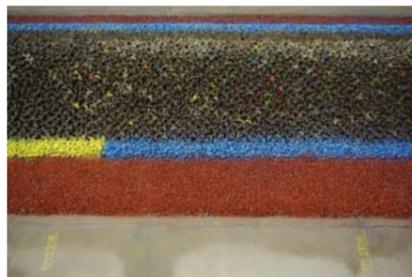


Photos prises pendant l'essai



Test 15 : Houles de période de retour 100 ans – niveau haut: 2.2mZH – $T_p=15s$
DIRECTION N135

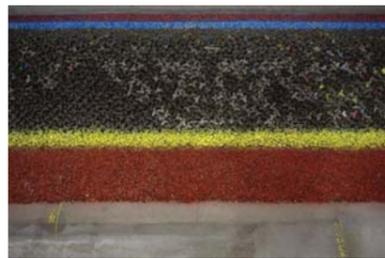
Digue NORD - coté mer – après essai



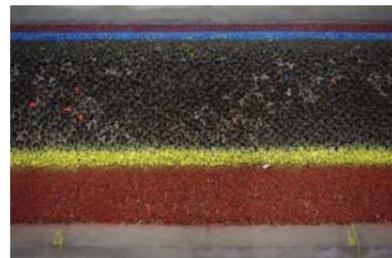
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

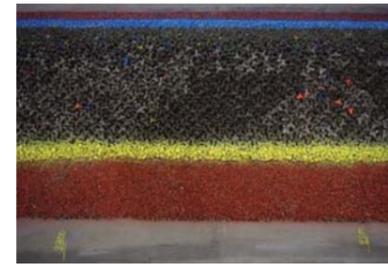


PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

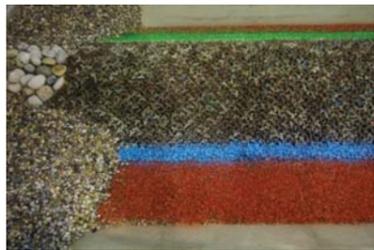


Musoir – partie centrale

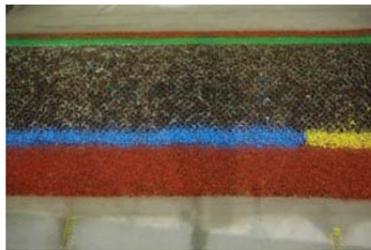


Musoir – coté Port

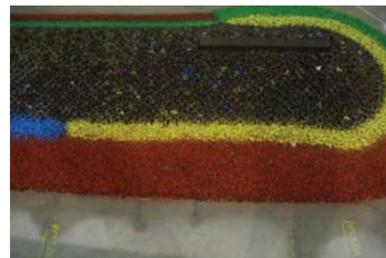
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600

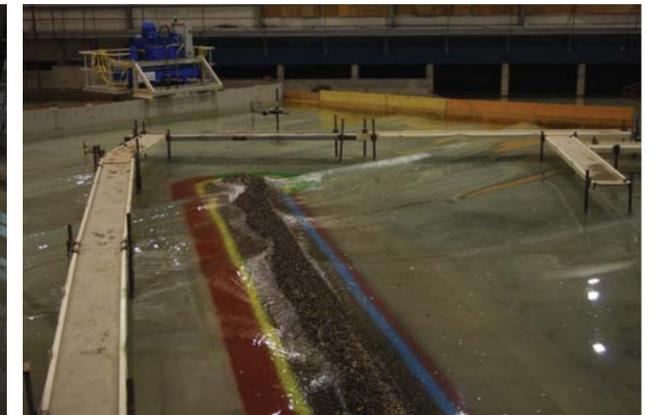


PM 400 – PM 500

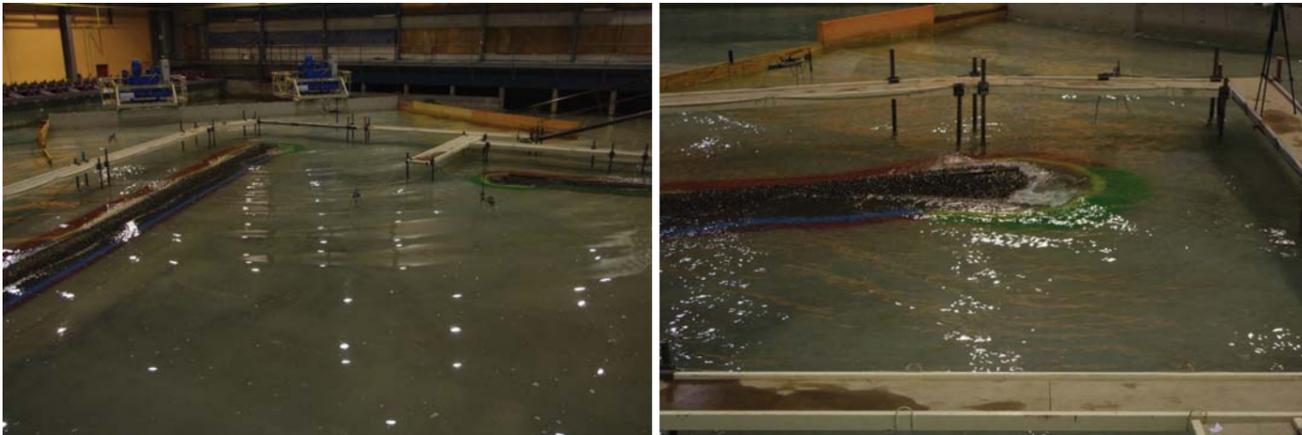


PM 350 – PM 400

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Test 16 : Houles de période de retour 100 ans – niveau bas: 0mZH – Tp=13s
DIRECTION N135

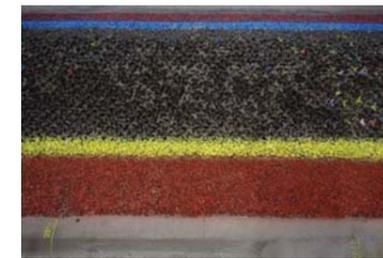
Digue NORD - coté mer – après essai



PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000



PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



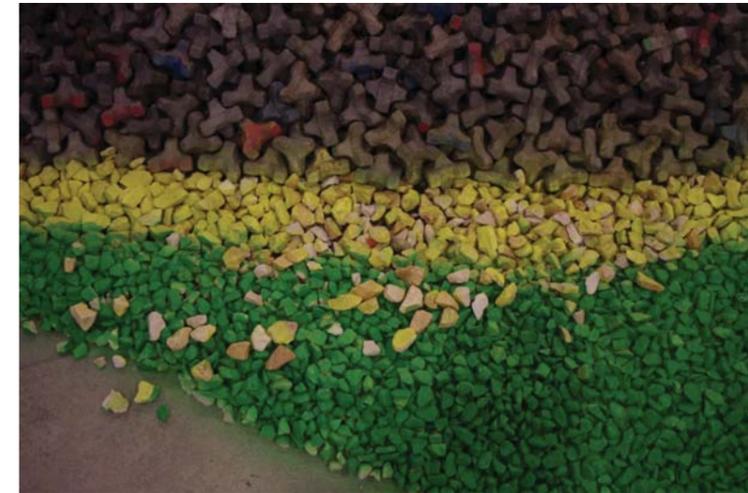
Musoir – partie centrale



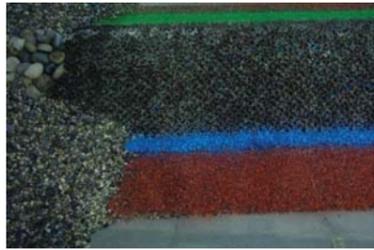
Musoir – coté Port

Digue NORD - coté mer – après essai

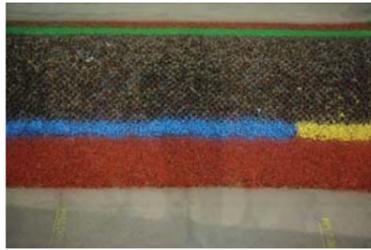
Détail du Musoir – coté Port



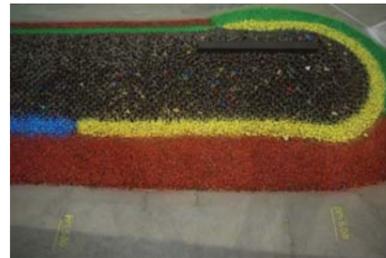
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600

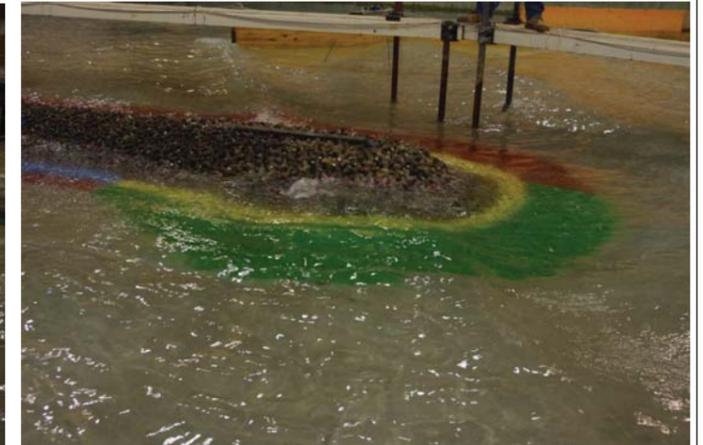
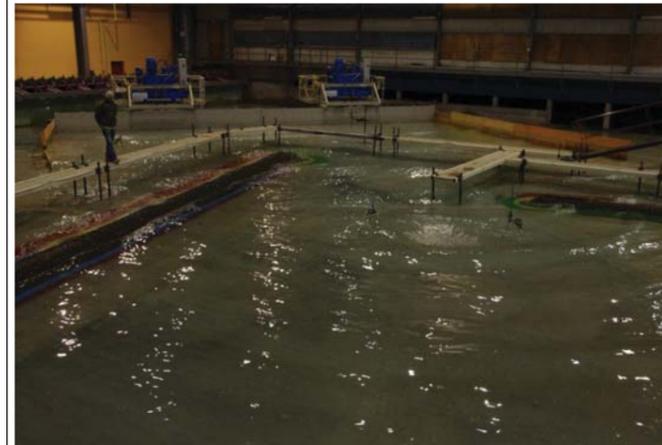


PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

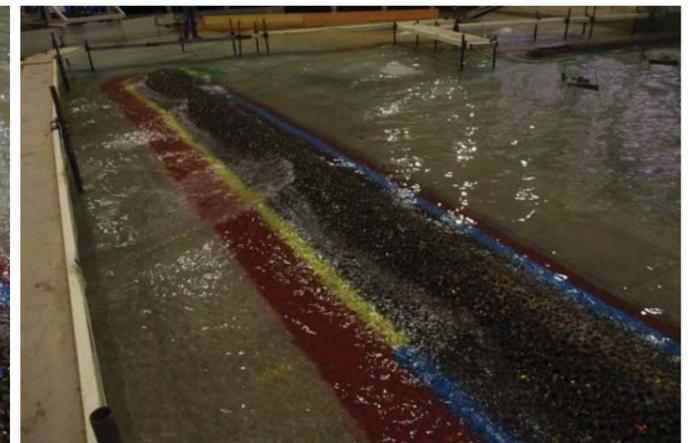
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

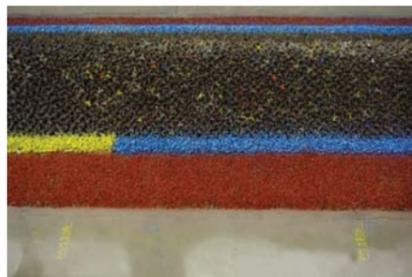


Photos prises pendant l'essai

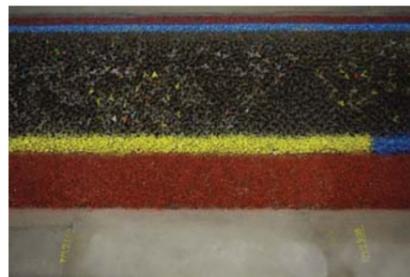


Test 17 : Houles « 120% » de la centennale – niveau haut: 2,2mZH – $T_p=13s$
DIRECTION N135

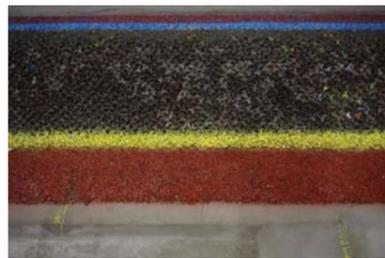
Digue NORD - coté mer – après essai



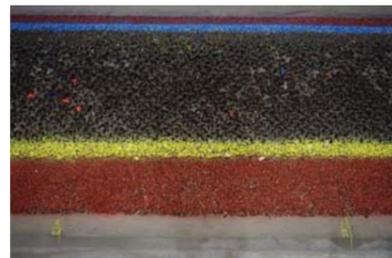
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

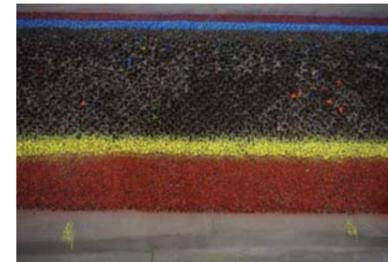


PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



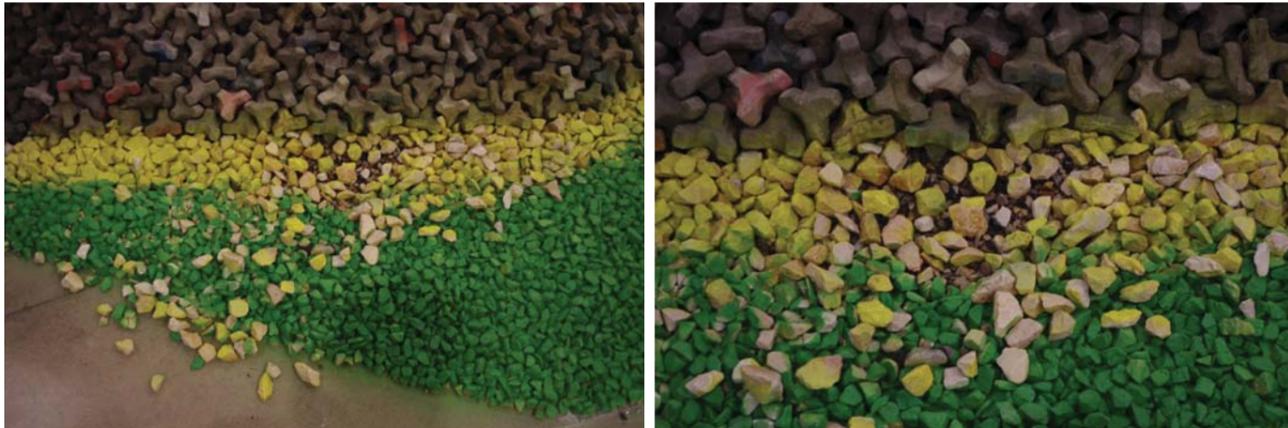
Musoir – partie centrale



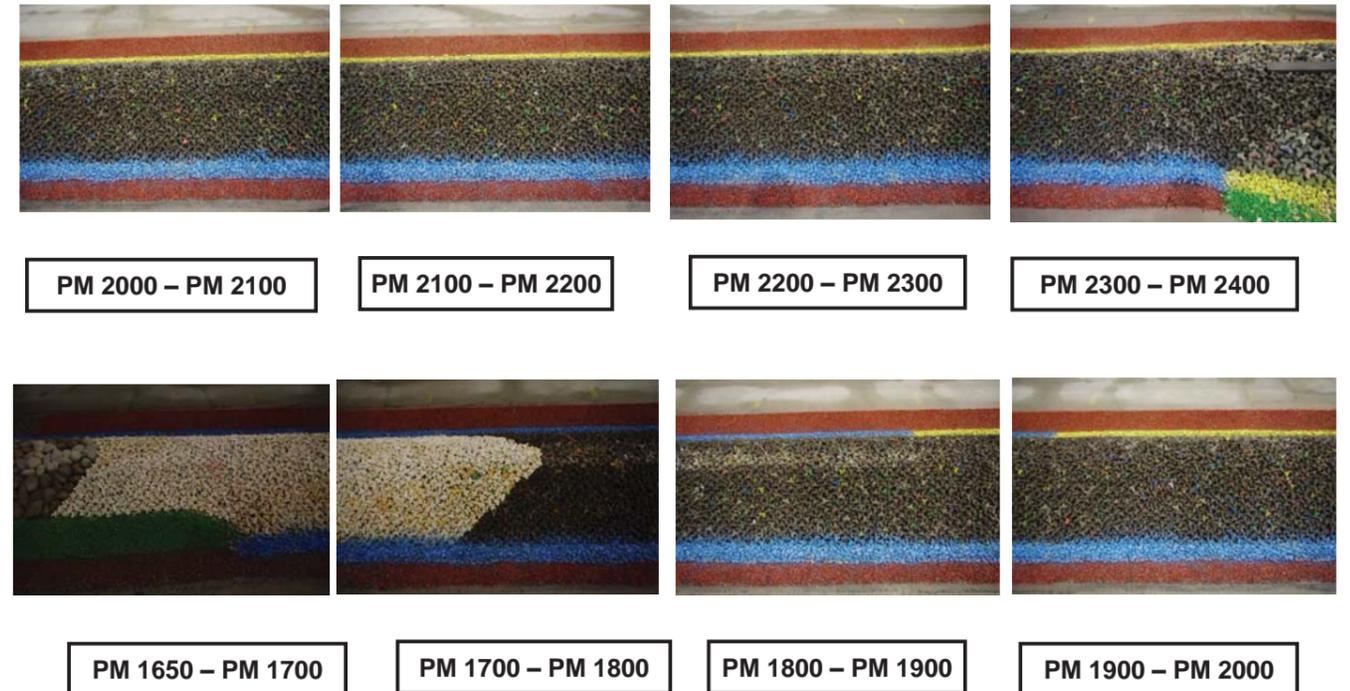
Musoir – coté Port

Digue NORD - coté mer – après essai

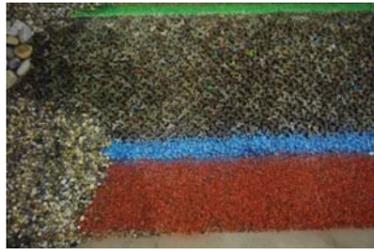
Détail du Musoir – coté Port



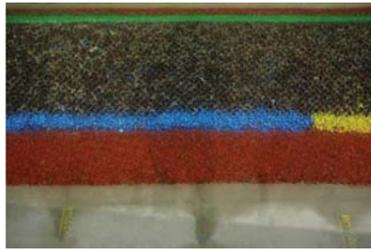
Digue NORD - coté port – après essai



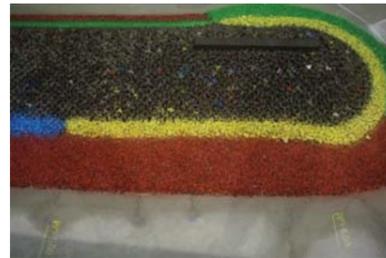
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



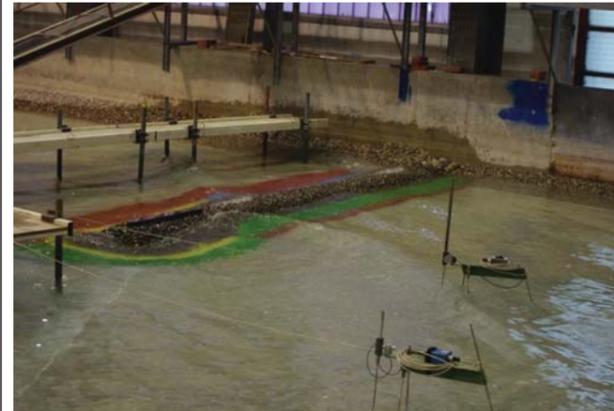
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



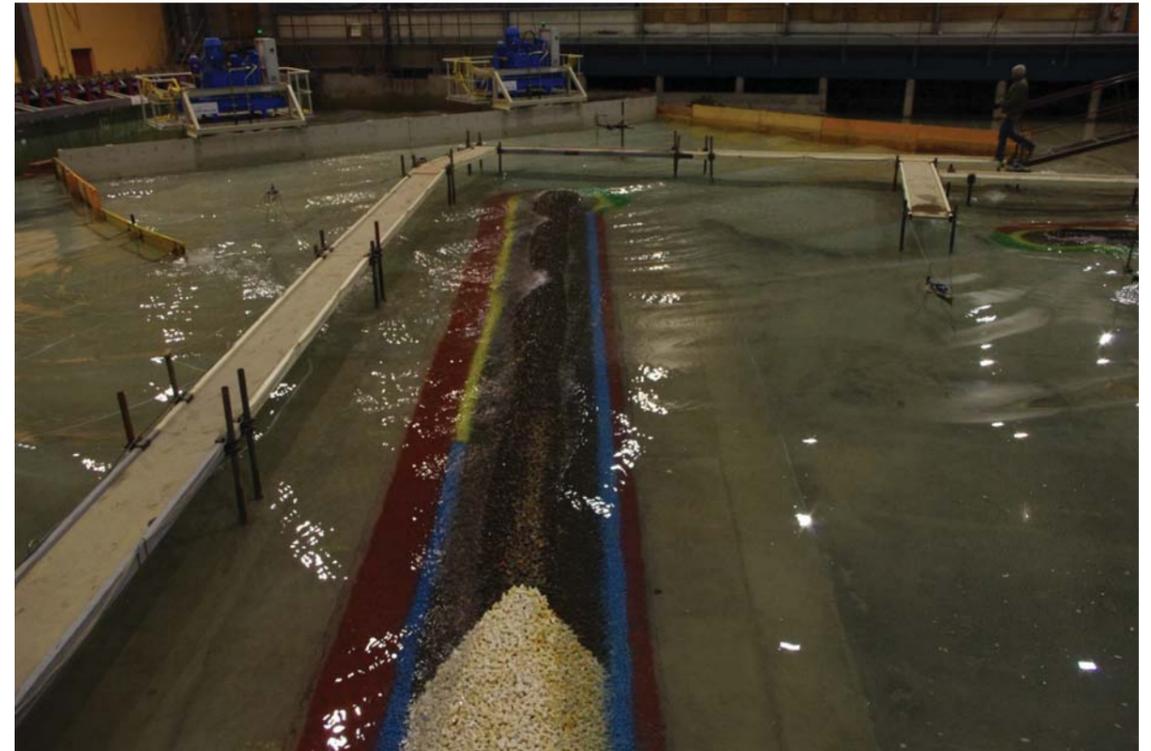
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



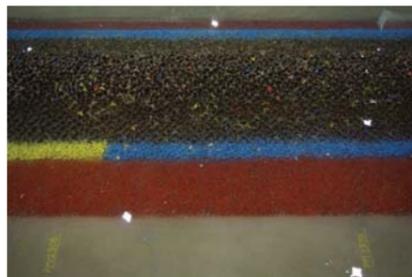
Photos prises pendant l'essai



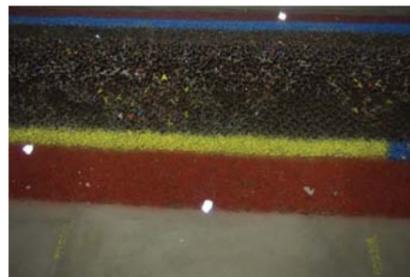
**INTERRUPTION DES ESSAIS POUR RETRAIT DES BATTEURS
AUXILIAIRES –
REFECTION DE LA BUTEE ET DE LA BERME AU MUSOIR DE LA
DIGUE NORD**

**Test 3_1 : Houles annuelles – niveau haut: 1,8mZH – Tp=8s
DIRECTION N110**

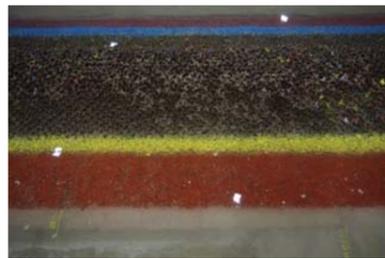
Digue NORD - coté mer – après essai



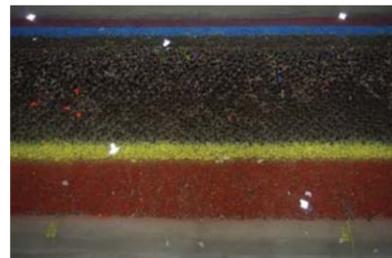
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

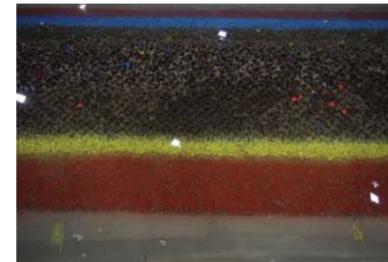


PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

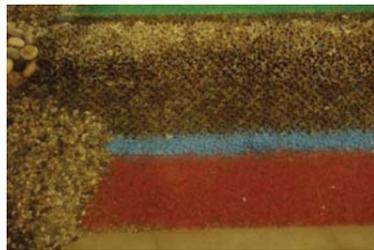


Musoir – partie centrale

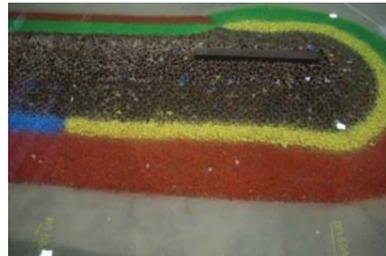


Musoir – coté Port

Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale

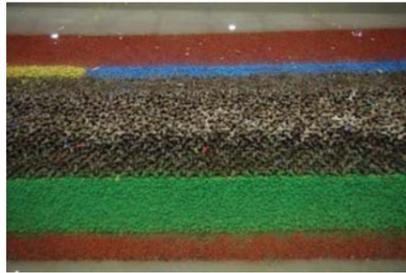


Musoir – coté Port

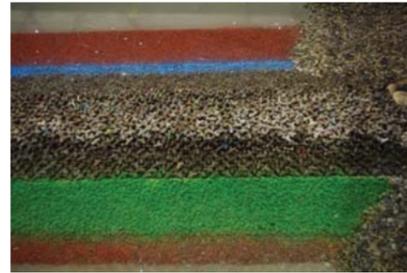
Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

Photos prises pendant l'essai



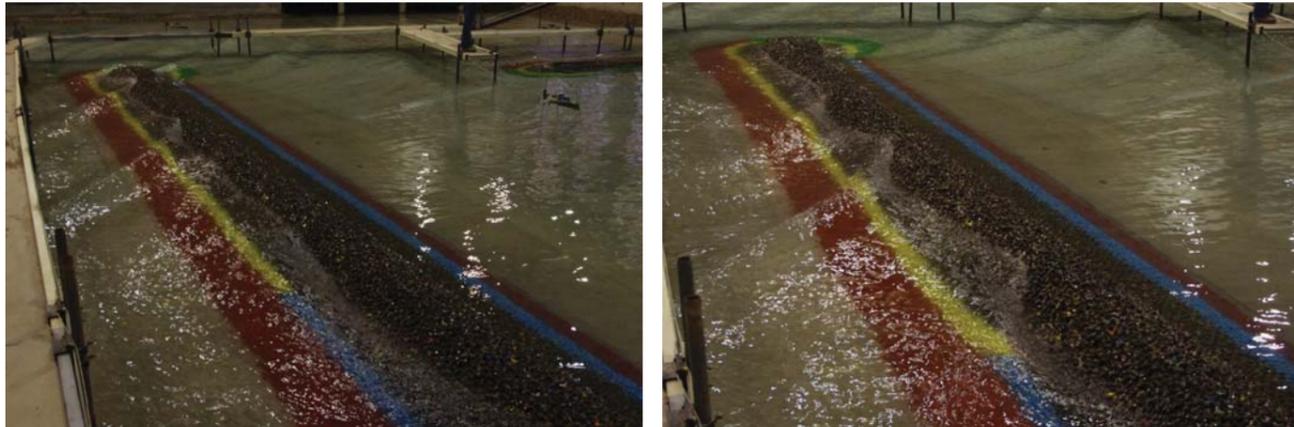
Photos prises pendant l'essai



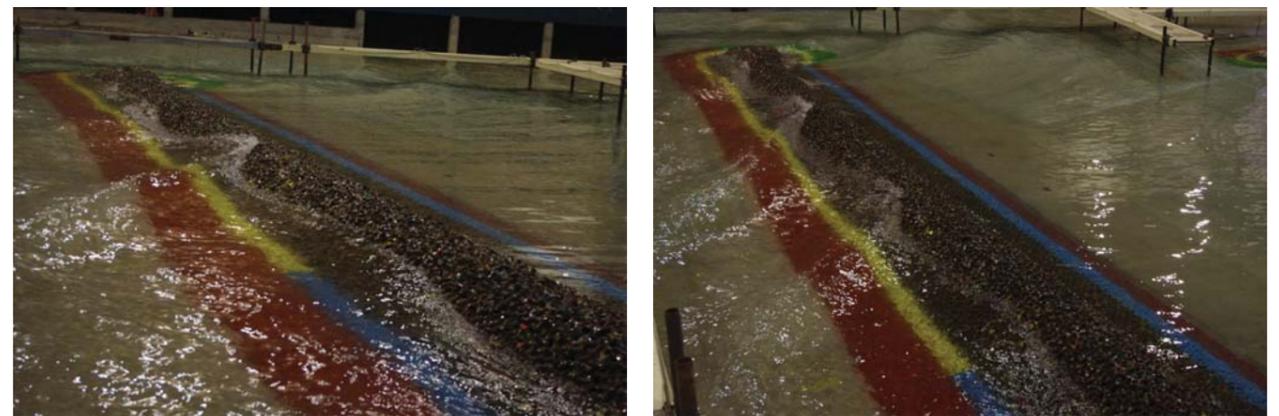
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



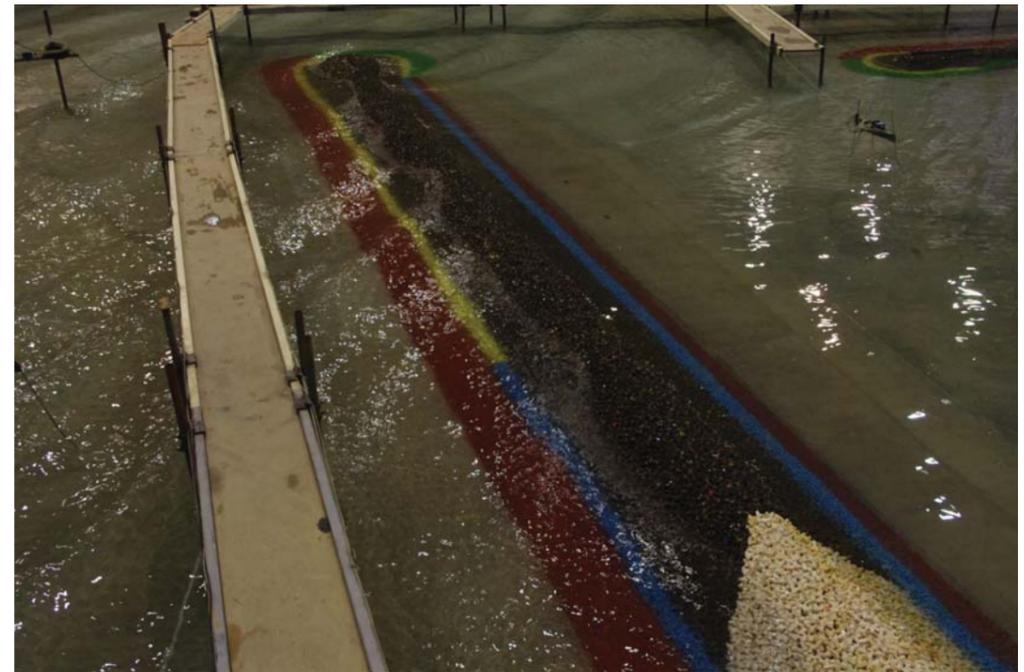
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Test 5 : Houles décennales – niveau haut: 2,0mZH – Tp=11s
DIRECTION N90

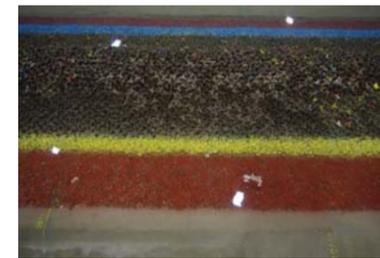
Digue NORD - coté mer – après essai



PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

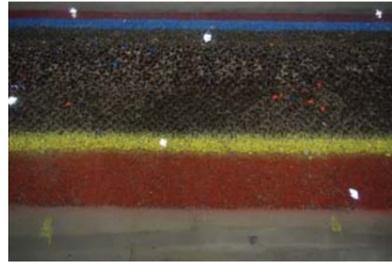


PM 2000 – PM 2100

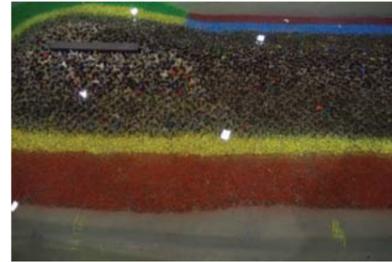


PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

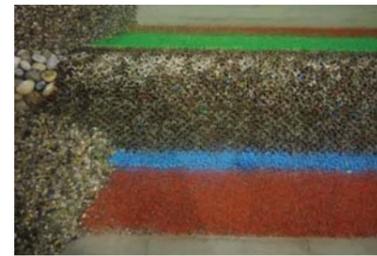


Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

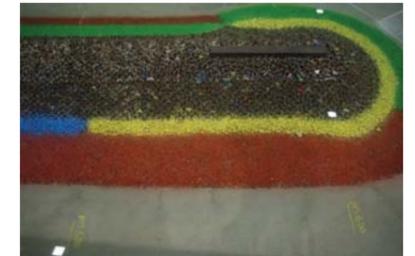
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

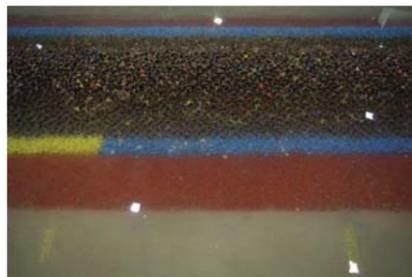


Photos prises pendant l'essai

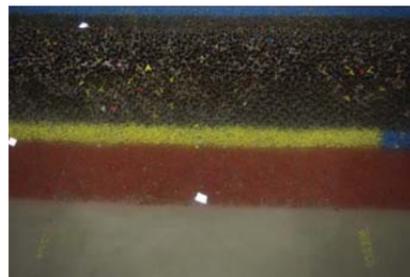


Test 6 : Houles centennales – niveau haut: 2,2mZH – Tp=13s
DIRECTION N90

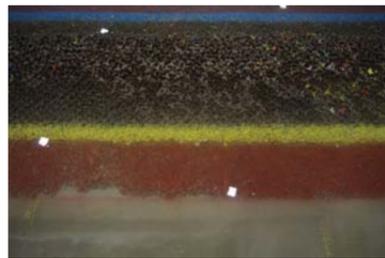
Digue NORD - coté mer – après essai



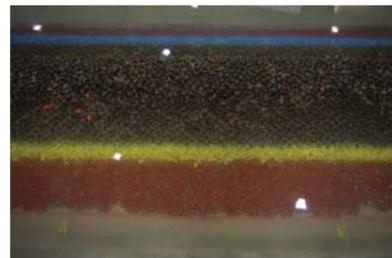
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

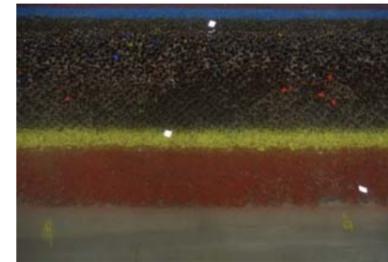


PM 2000 – PM 2100

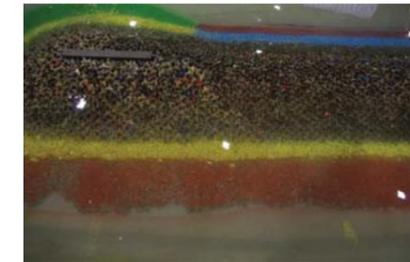


PM 2100 – PM 2200

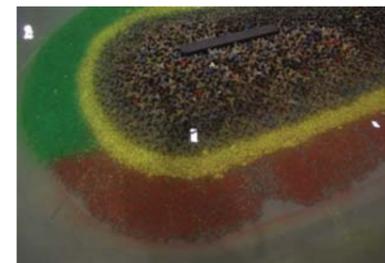
Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

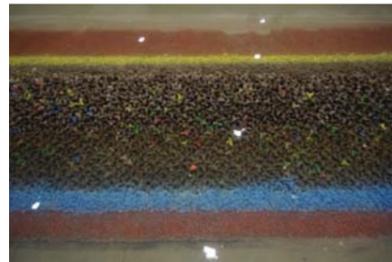
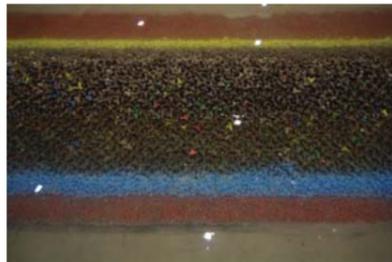
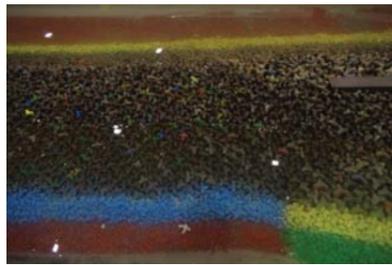


Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

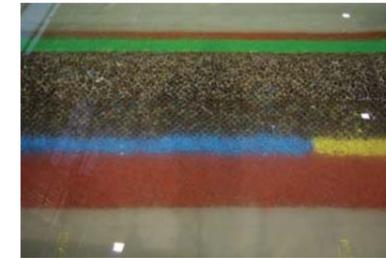
Digue NORD - coté port – après essai



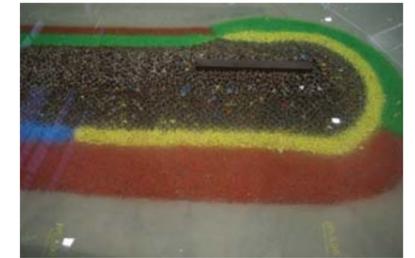
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400

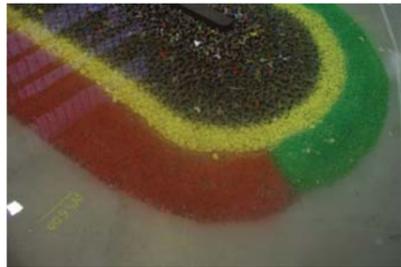


PM 400 – PM 500

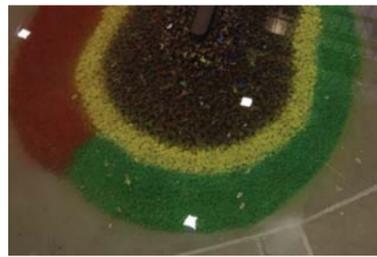


PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

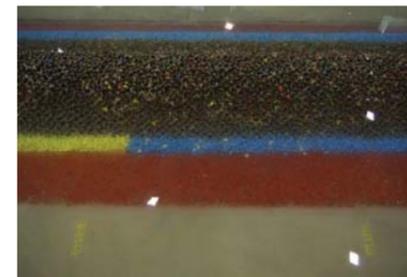


Photos prises pendant l'essai

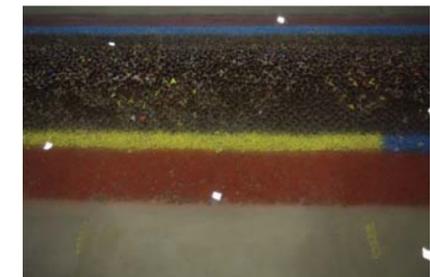


Test 7 : Houles centennales – niveau haut: 2,2mZH – Tp=13s
DIRECTION N110

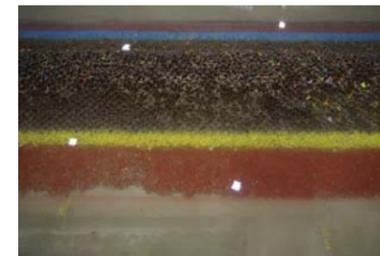
Digue NORD - coté mer – après essai



PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

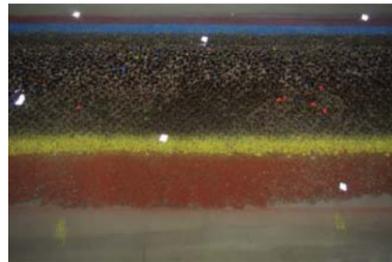


PM 2000 – PM 2100



PM 2100 – PM 2200

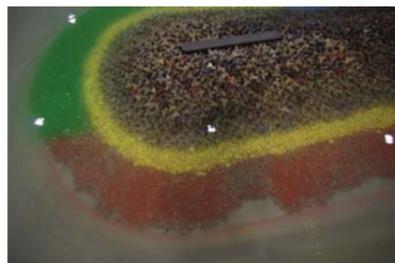
Digue NORD - coté mer – après essai



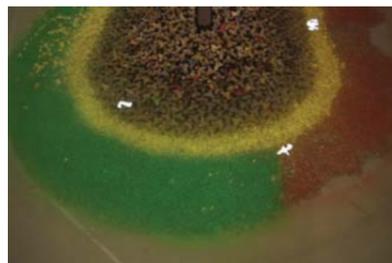
PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer

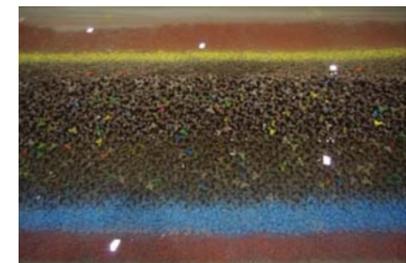
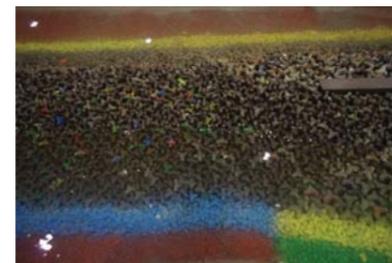


Musoir – partie centrale

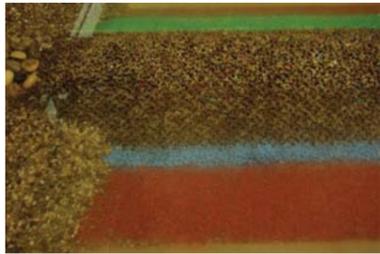


Musoir – coté Port

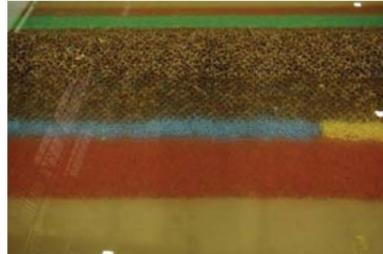
Digue NORD - coté port – après essai



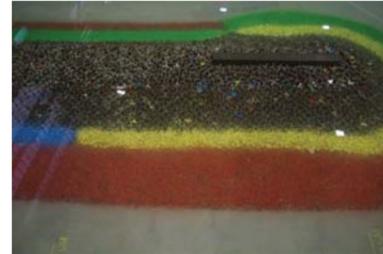
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500

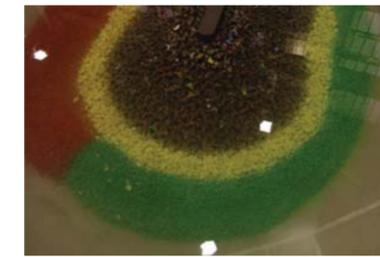


PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale

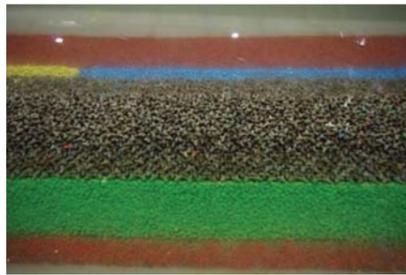


Musoir – coté Port

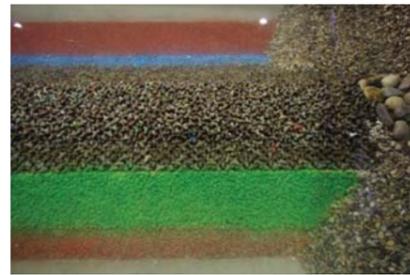
Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

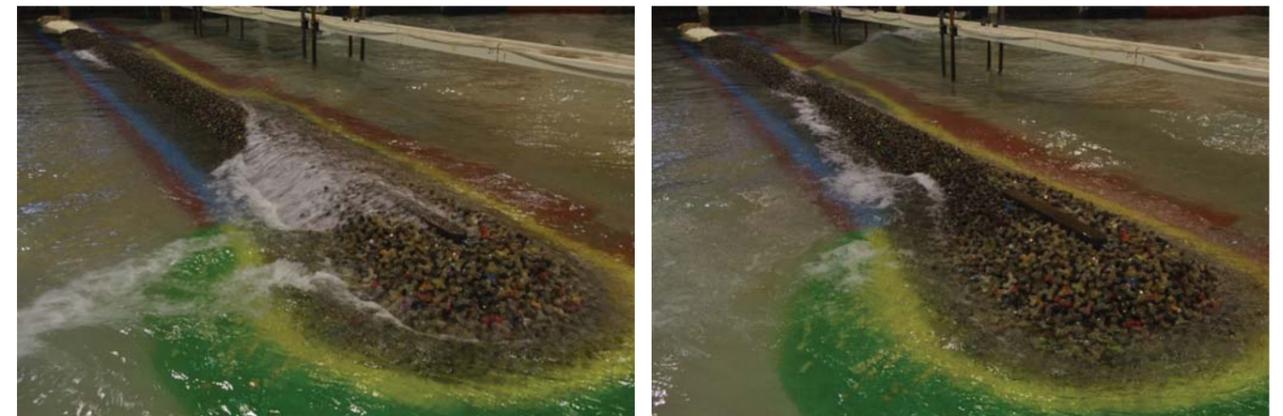
Photos prises pendant l'essai



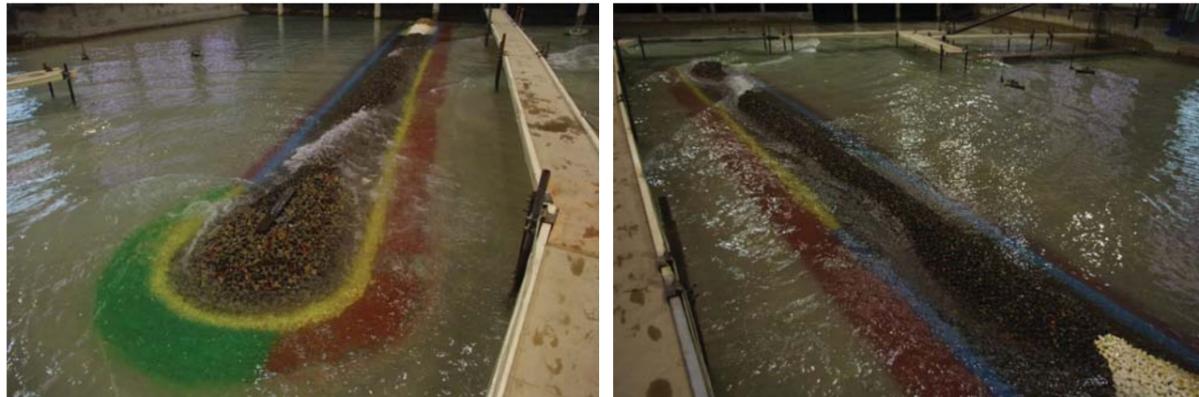
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



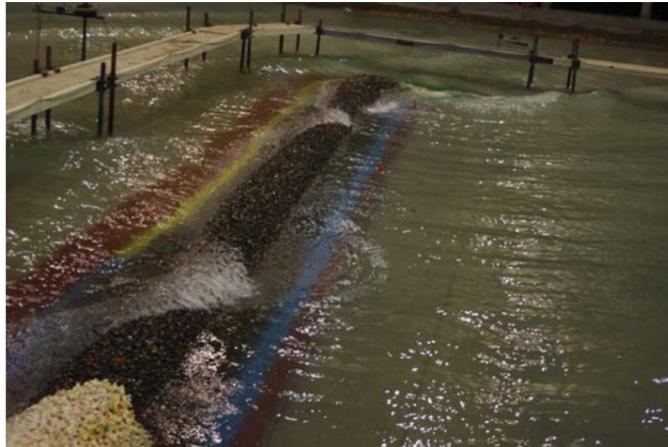
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

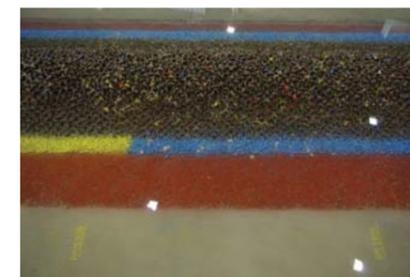


Photos prises pendant l'essai

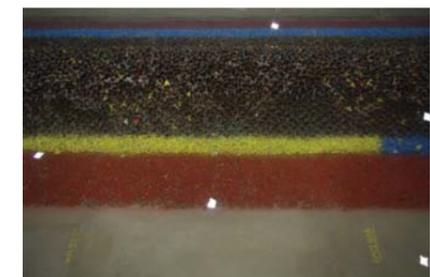


Test 7_1 : Houles centennales – niveau haut: 2,2mZH – Tp=15s
DIRECTION N110

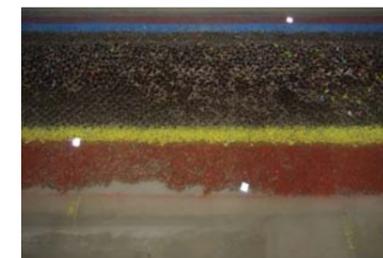
Digue NORD - coté mer – après essai



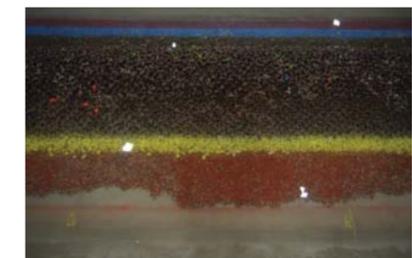
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

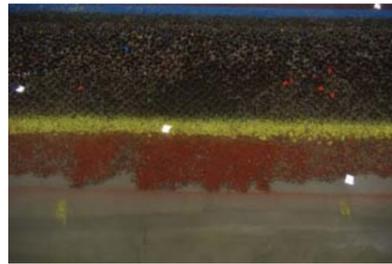


PM 2000 – PM 2100

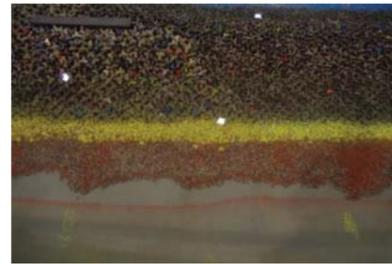


PM 2100 – PM 2200

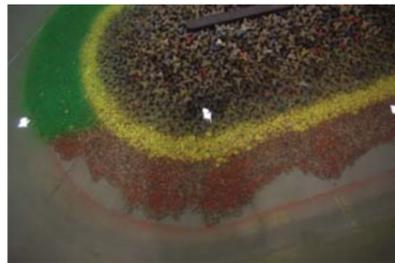
Digue NORD - coté mer – après essai



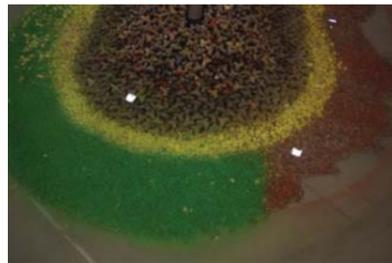
PM 2200 – PM 2300



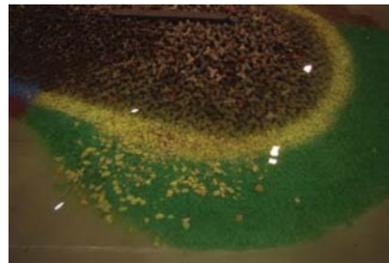
PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue NORD - coté mer – après essai

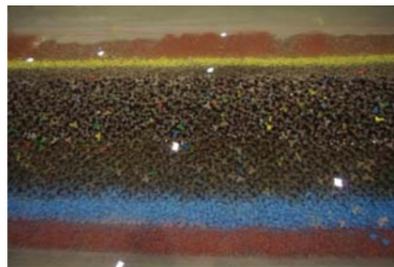
Détail du musoir – coté Port



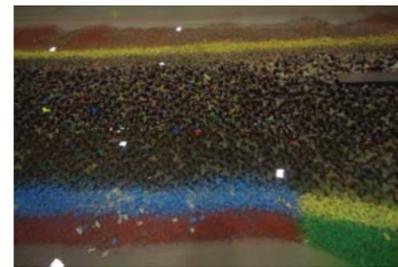
Digue NORD - coté port – après essai



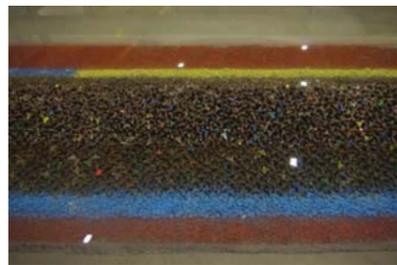
PM 2100 – PM 2200



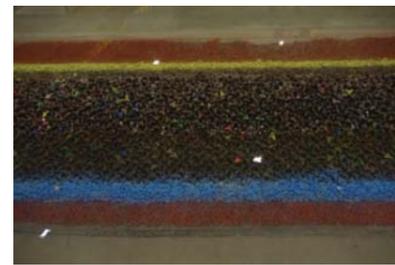
PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



PM 1900 – PM 2000

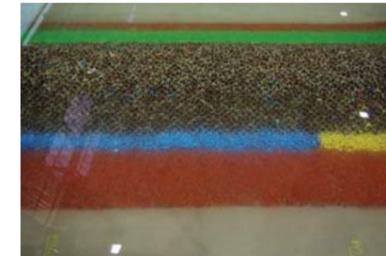


PM 2000 – PM 2100

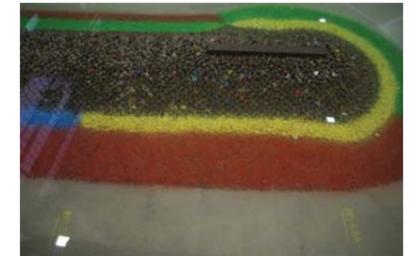
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



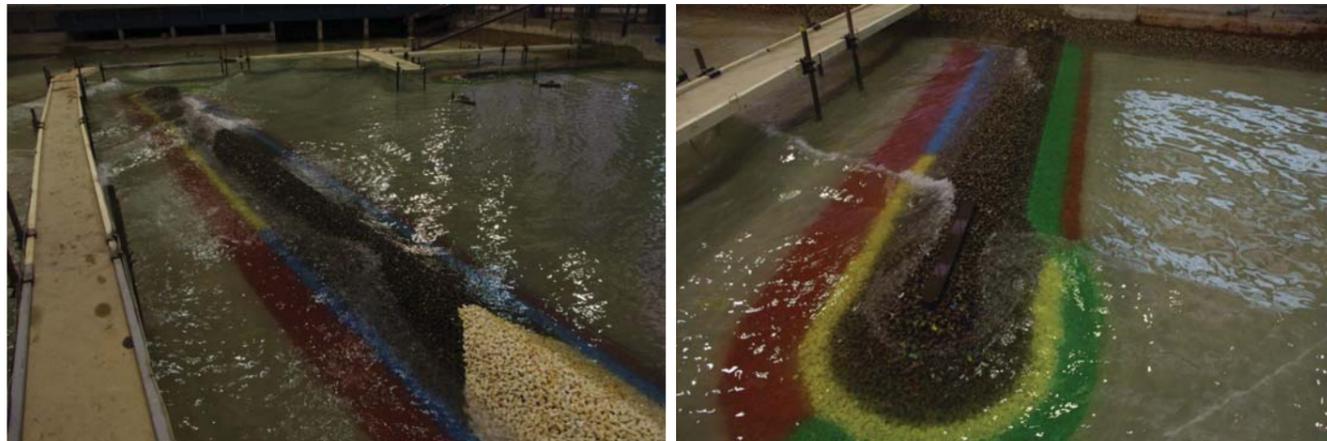
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

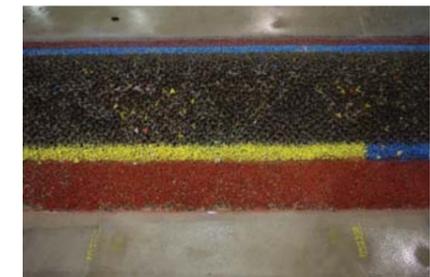


Test 7_2 : Houles centennales – niveau bas: 1,0mZH – Tp=13s
DIRECTION N110

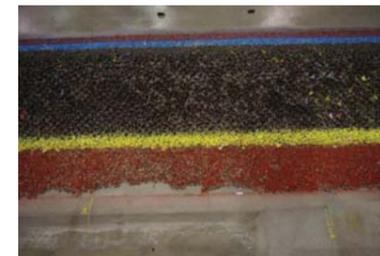
Digue NORD - coté mer – après essai



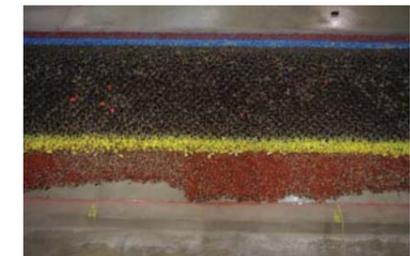
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

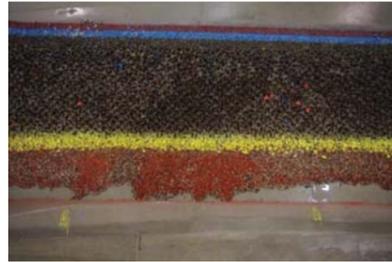


PM 2000 – PM 2100

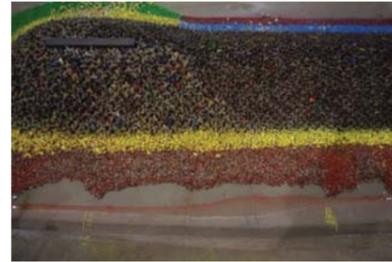


PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



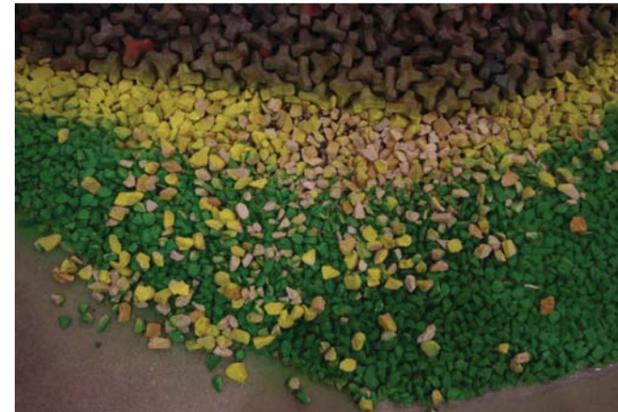
Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue NORD - coté mer – après essai

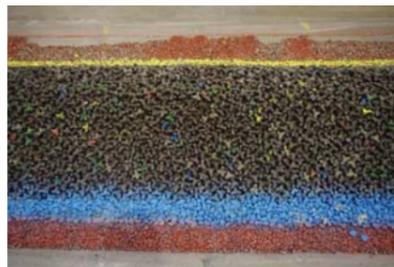
Détail du musoir – coté Port



Digue NORD - coté port – après essai



PM 2100 – PM 2200



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400

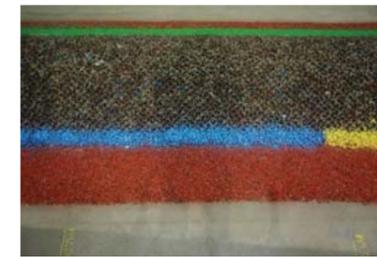


PM 1900 – PM 2000

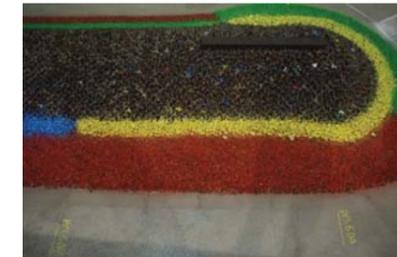


PM 2000 – PM 2100

Digue SUD - coté mer – après essai



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600

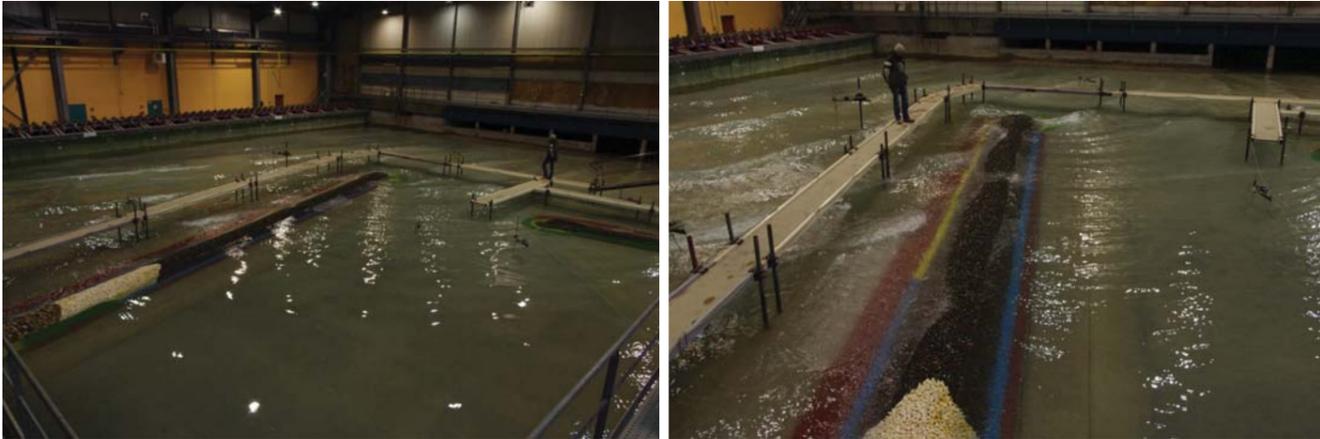


PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



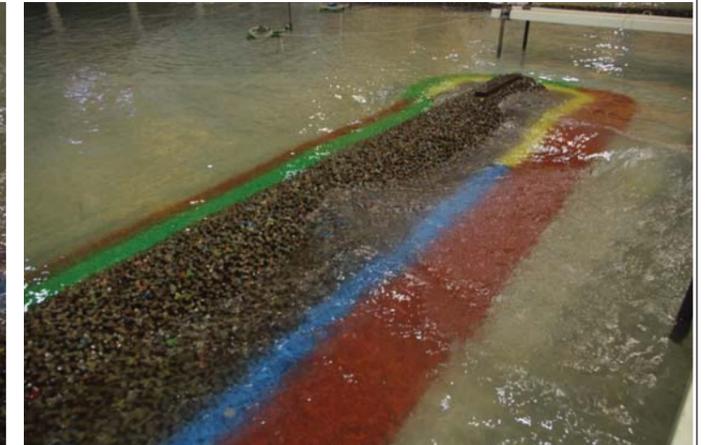
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

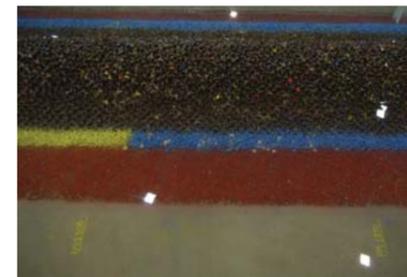


Photos prises pendant l'essai

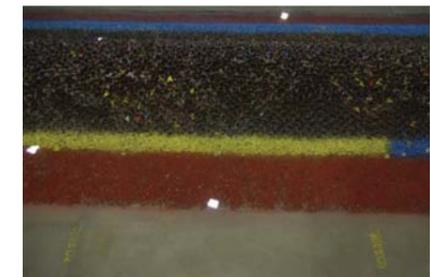


Test 8 : Houles centennales – niveau haut: 2,2mZH – Tp=15s
DIRECTION N90

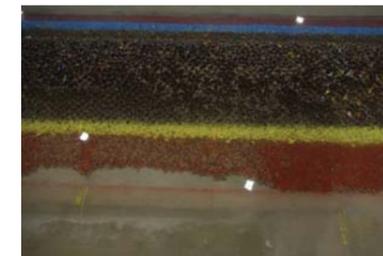
Digue NORD - coté mer – après essai



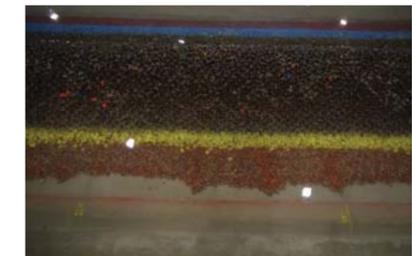
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

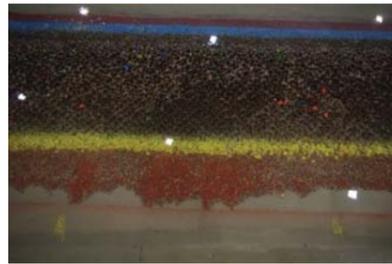


PM 2000 – PM 2100

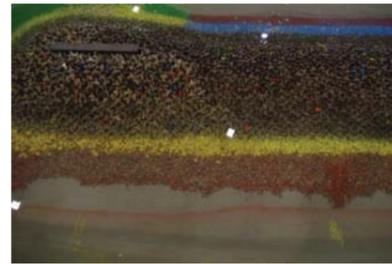


PM 2100 – PM 2200

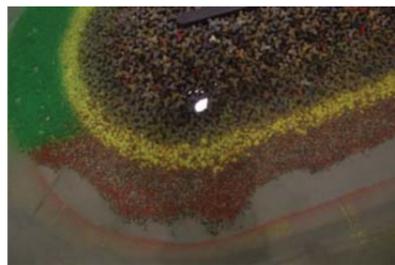
Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



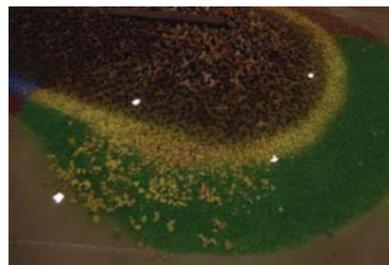
PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue NORD - coté mer – après essai

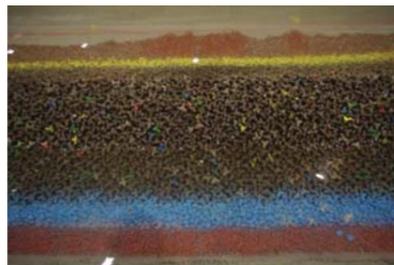
Détail du musoir – coté Port



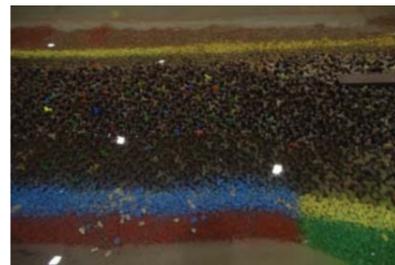
Digue NORD - coté port – après essai



PM 2100 – PM 2200



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400

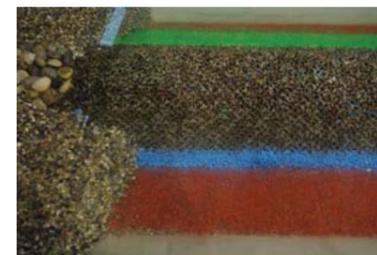


PM 1900 – PM 2000

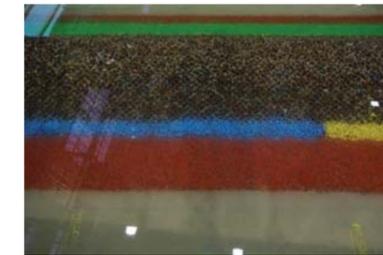


PM 2000 – PM 2100

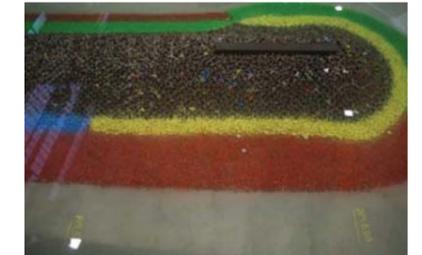
Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600

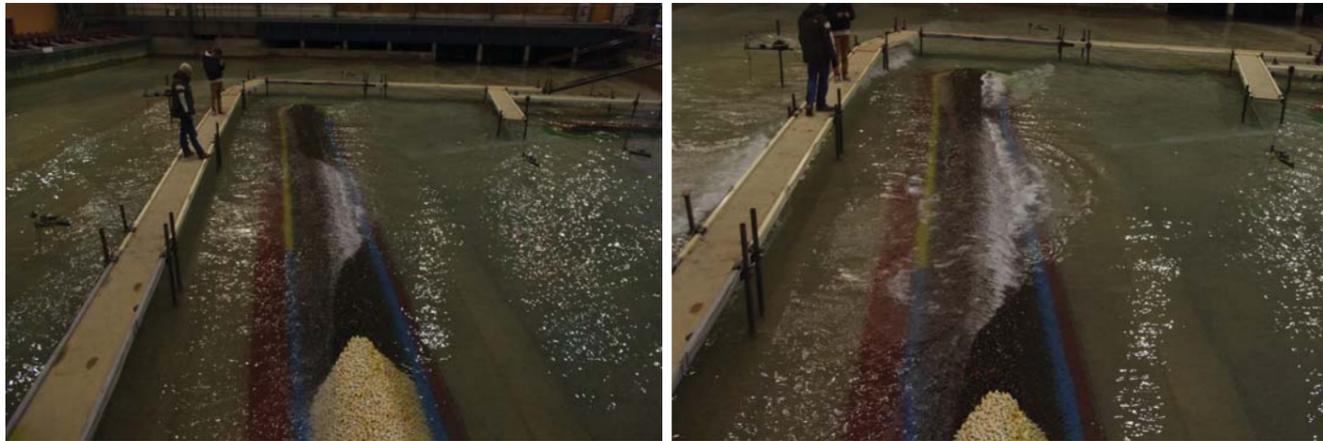


PM 400 – PM 500

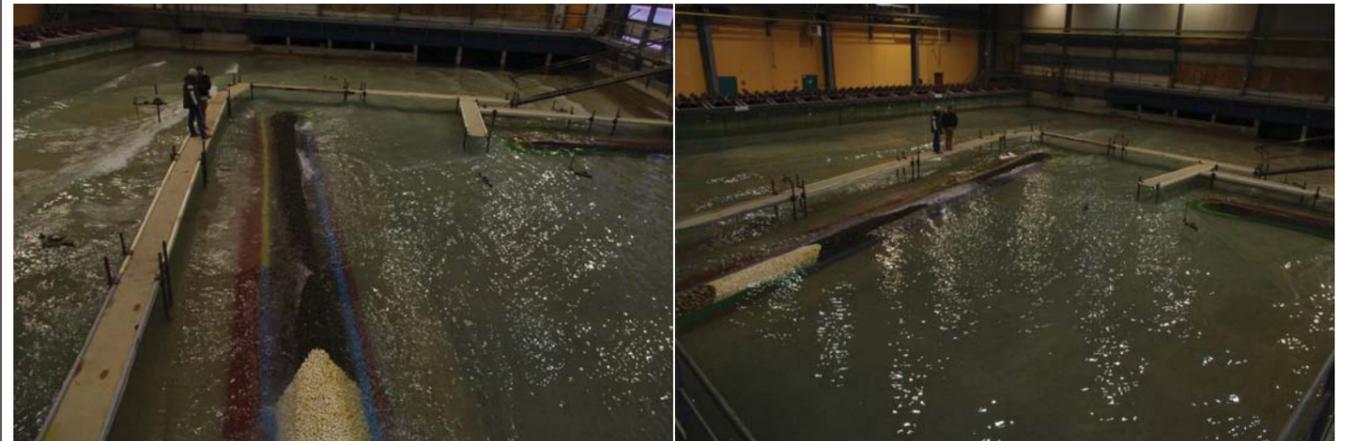


PM 350 – PM 400

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

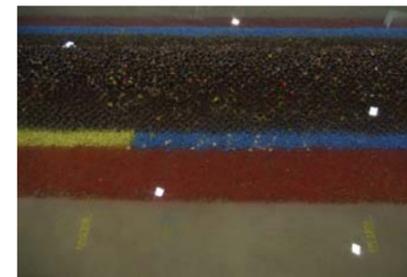


Photos prises pendant l'essai

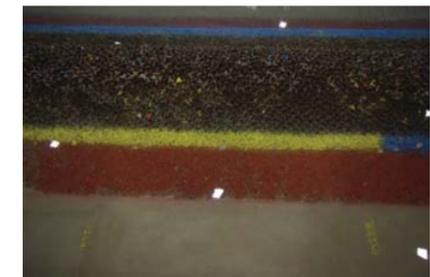


Test 9 : Houles centennales – niveau bas: 0mZH – Tp=13s
DIRECTION N90

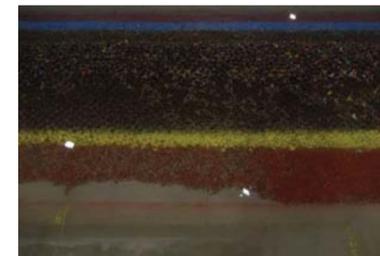
Digue NORD - coté mer – après essai



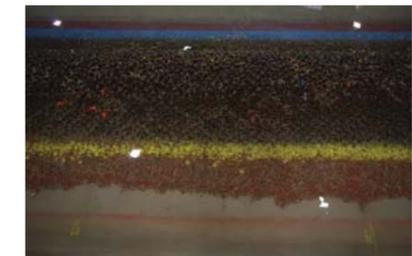
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

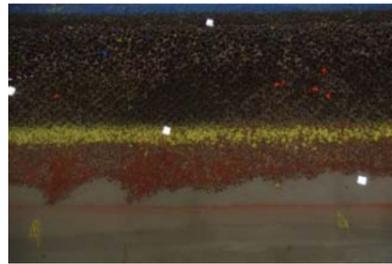


PM 2000 – PM 2100

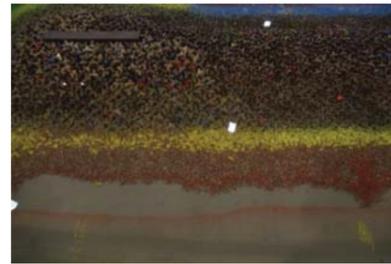


PM 2100 – PM 2200

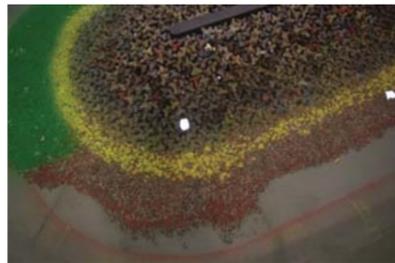
Digue NORD - coté mer – après essai



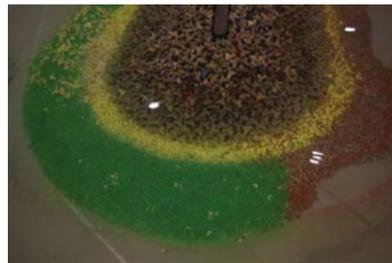
PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



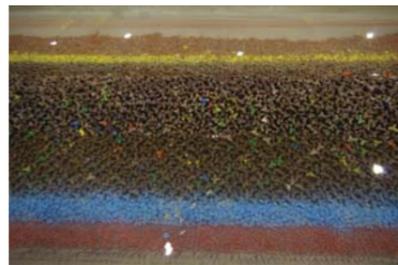
Musoir – coté Port

Digue NORD - coté mer – après essai

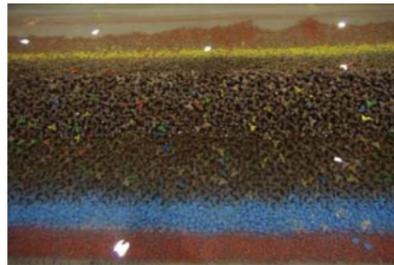
Détail du musoir – coté Port



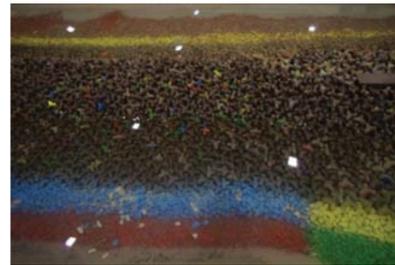
Digue NORD - coté port – après essai



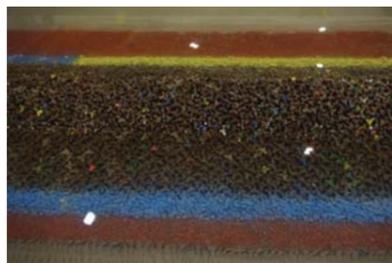
PM 2100 – PM 2200



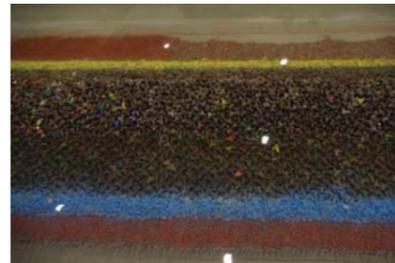
PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



PM 1900 – PM 2000

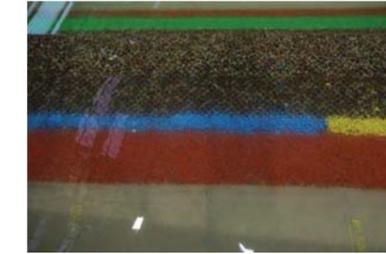


PM 2000 – PM 2100

Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

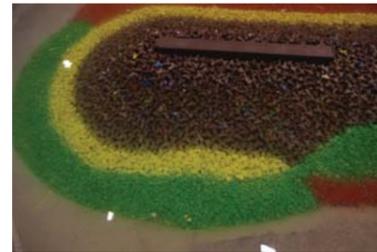
Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600

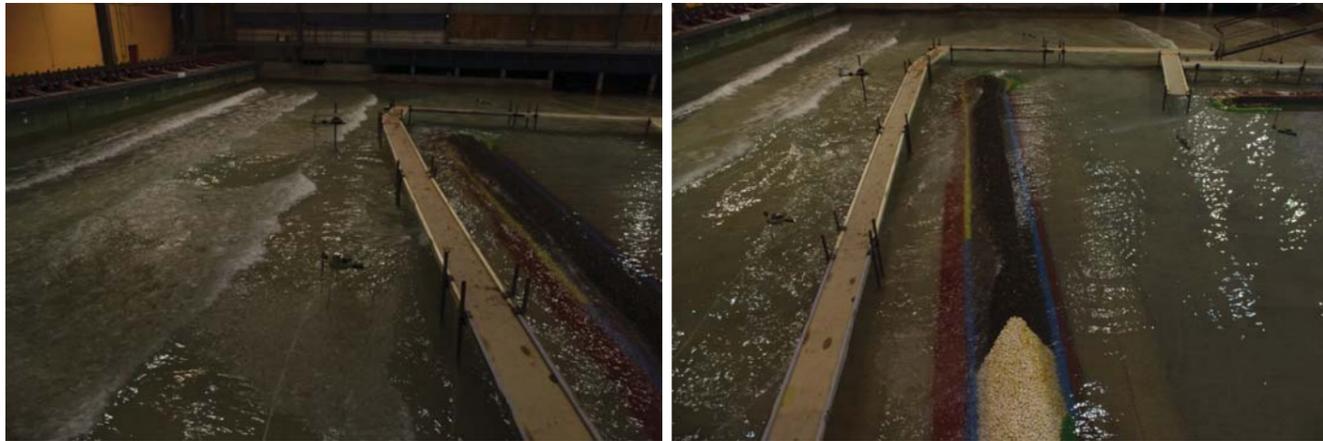


PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



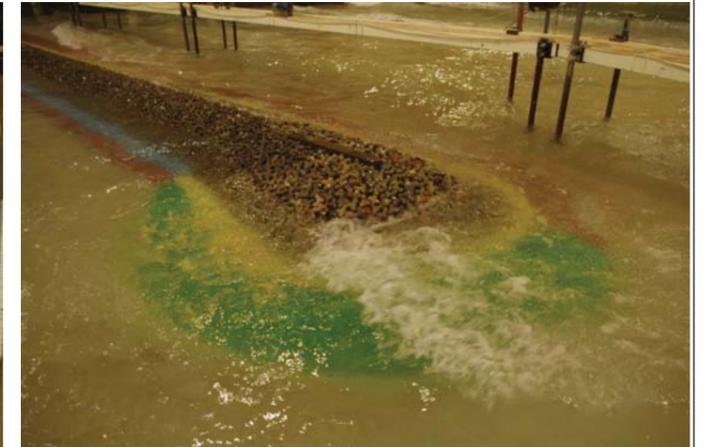
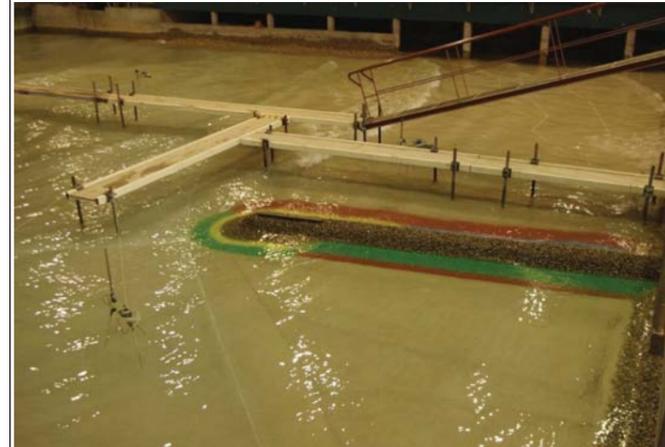
Photos prises pendant l'essai



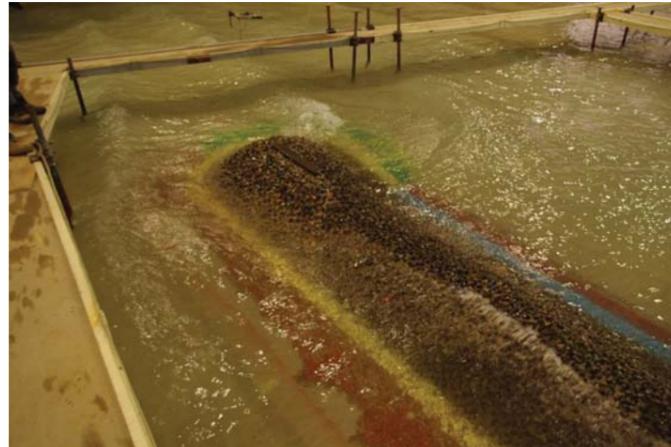
Photos prises pendant l'essai



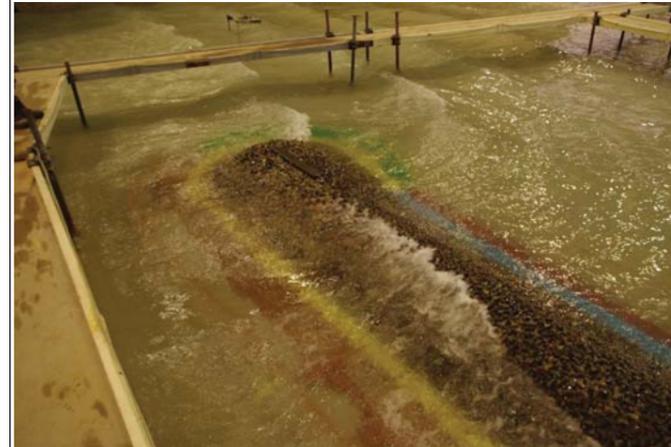
Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

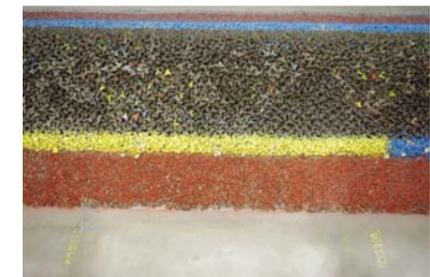


Test 10 : Houles « 120% » – niveau haut: 2,2mZH – Tp=13s
DIRECTION N90

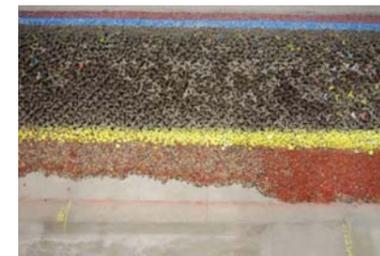
Digue NORD - coté mer – après essai



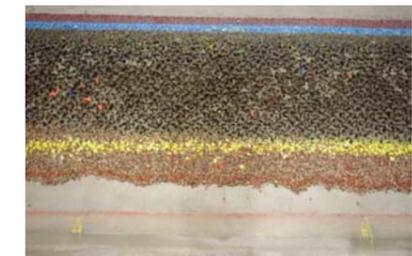
PM 1800 – PM 1900



PM 1900 – PM 2000

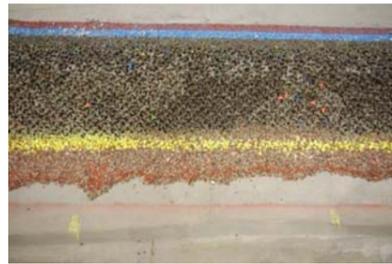


PM 2000 – PM 2100

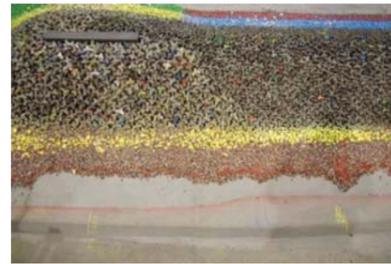


PM 2100 – PM 2200

Digue NORD - coté mer – après essai



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue NORD - coté mer – après essai

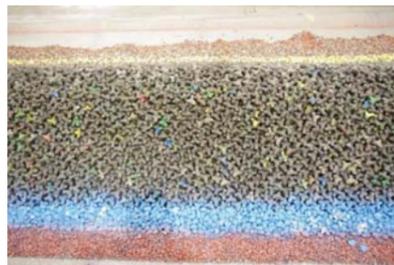
Détail du musoir – coté Port



Digue NORD - coté port – après essai



PM 2100 – PM 2200



PM 2200 – PM 2300



PM 2300 – PM 2400

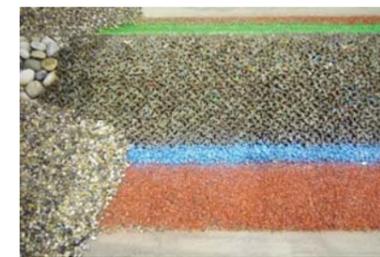


PM 1900 – PM 2000



PM 2000 – PM 2100

Digue SUD - coté mer – après essai



PM 350 – PM 400



PM 400 – PM 500



PM 500 – PM 600

Digue SUD - coté mer – après essai



Musoir – coté Mer



Musoir – partie centrale



Musoir – coté Port

Digue SUD - coté port – après essai



PM 500 – PM 600



PM 400 – PM 500



PM 350 – PM 400

Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai



Photos prises pendant l'essai

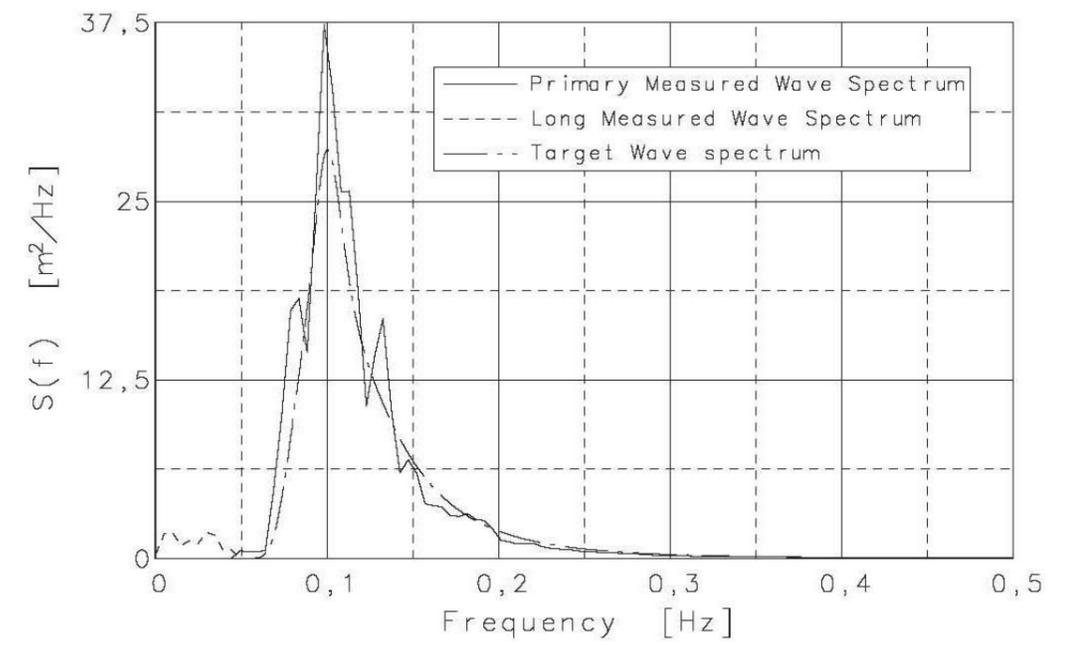


Photos prises pendant l'essai

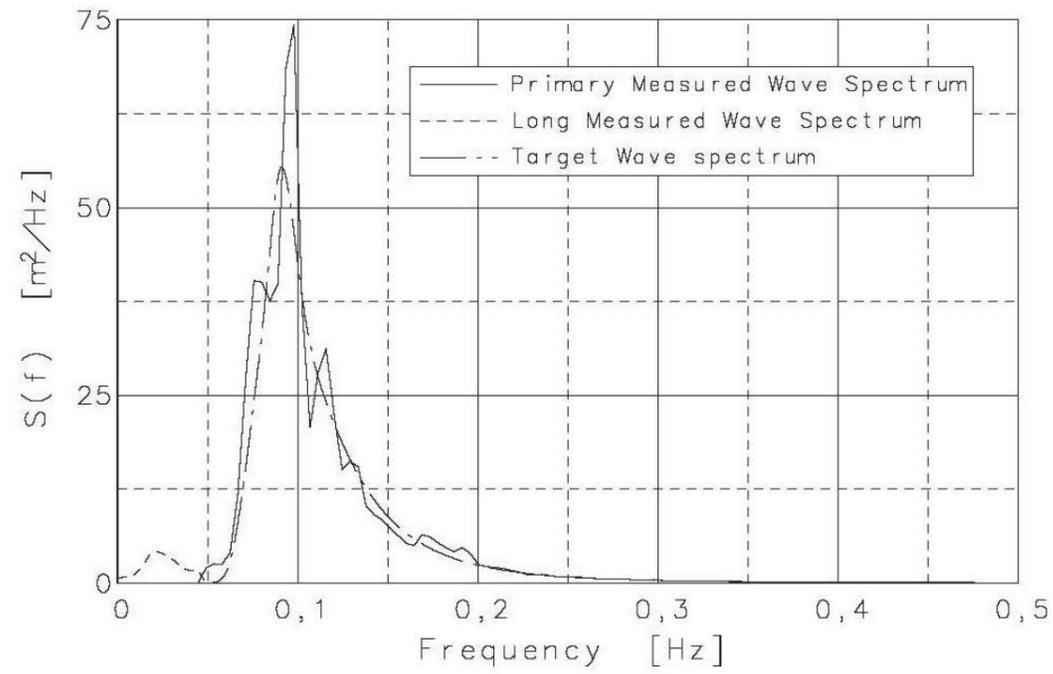


**ANNEXE 3: SPECTRES DES HOULES GENEREES MESUREES A LA
SONDE S1**

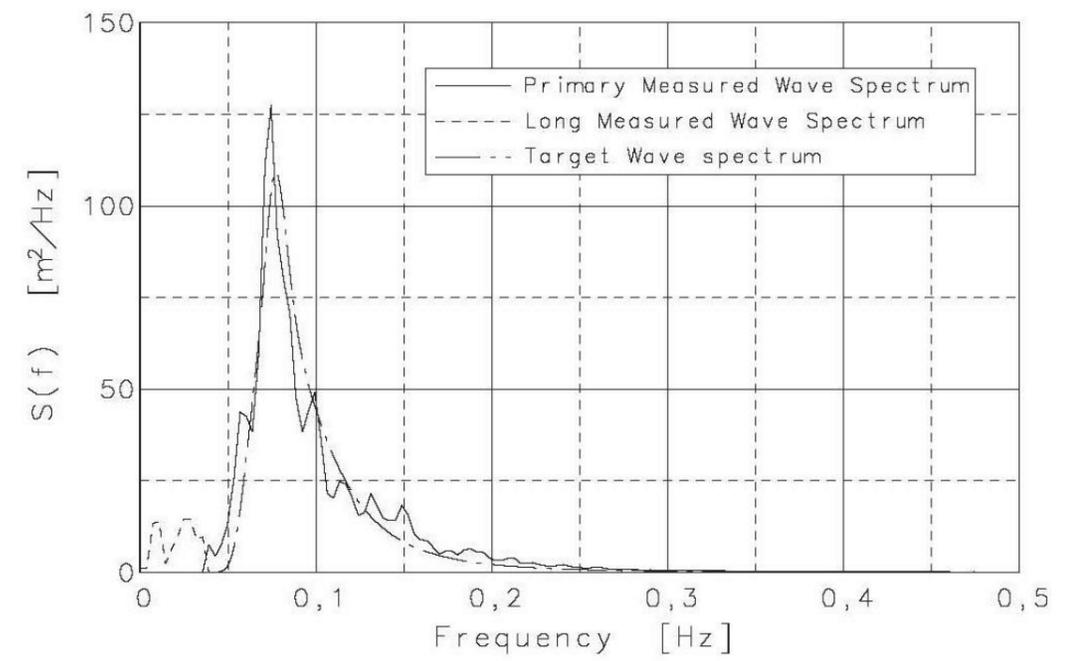
Test 4



Test 5



Test 6



Test 8 (du 07/11/2014)

