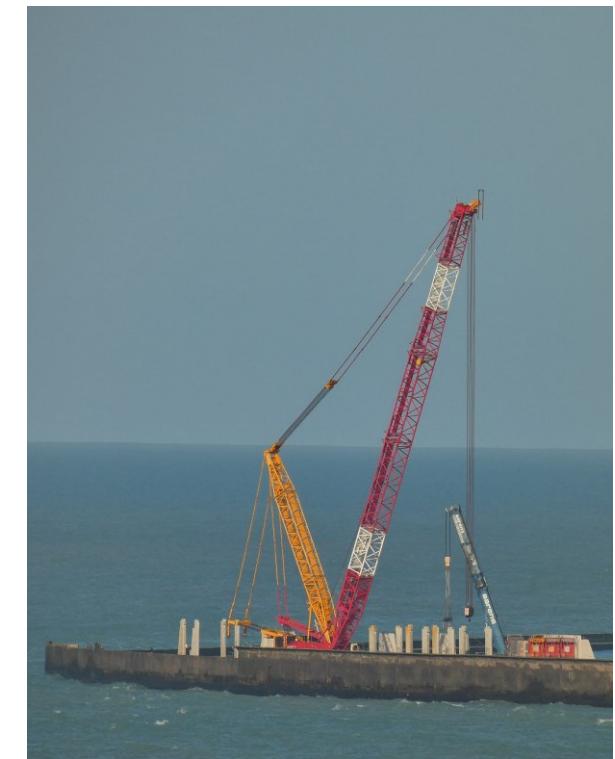
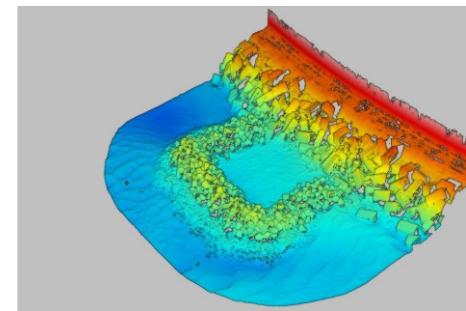
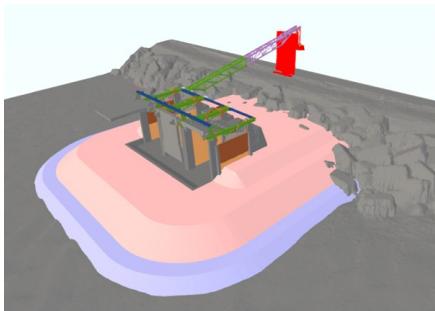


Présentation Travaux Maritimes

AFGC – 18 novembre 2025

DIKWE



1

Pilotage des travaux maritimes

Consultant

- Philippe AZZI - Bureau d'étude méthode & travaux maritimes - IngéMARINE Consulting (Quimper)
- Depuis 2018
- Intervention projets France & International
- Membre AFGC
- Ex. EMCC (=> VCMF => OCELIAN) + SAIPEM + ETMF



Historique collaboration projet DIKWE

Depuis 2019

- Etudes de faisabilité
- Etudes prototype
- Etudes multi-sites selon scénarios de conception différentes
- Etudes démonstrateur

Etudes

- Constructibilité
- Méthodes
- Planning
- Budgétaires
- Exécutions

Pilotage d'opérations

- Installation, dépose & démantèlement du prototype
- Installation en mer du démonstrateur

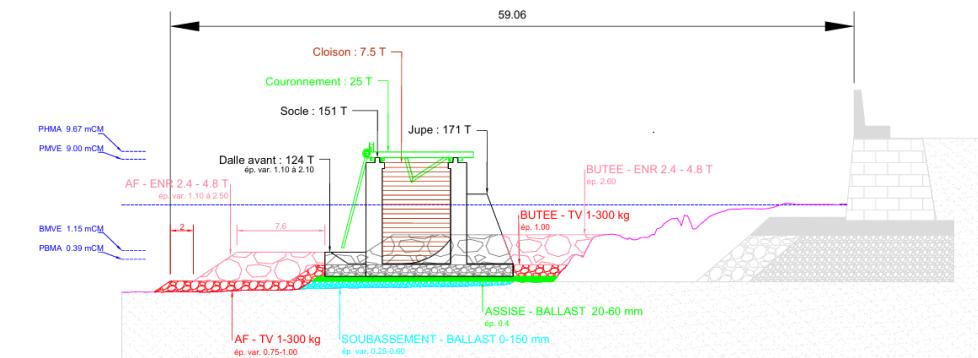
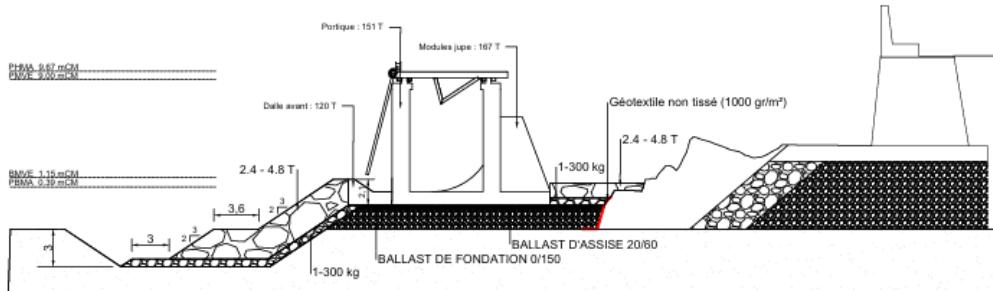


3

Etudes d'exécution

Constructibilité

- Contrainte majeure : travaux réalisable 100 % par voie terrestre
 - => Distances d'installation des différentes parties d'ouvrage compatibles avec des moyens terrestres (terrassements en mer & levage)
 - => faisabilité technique : moyens techniques existants permettent effectivement d'exécuter les travaux + capacité à maîtriser la qualité de construction
 - Déterminer le scénario optimal parmi différentes variantes de conception (8 variantes étudiées)

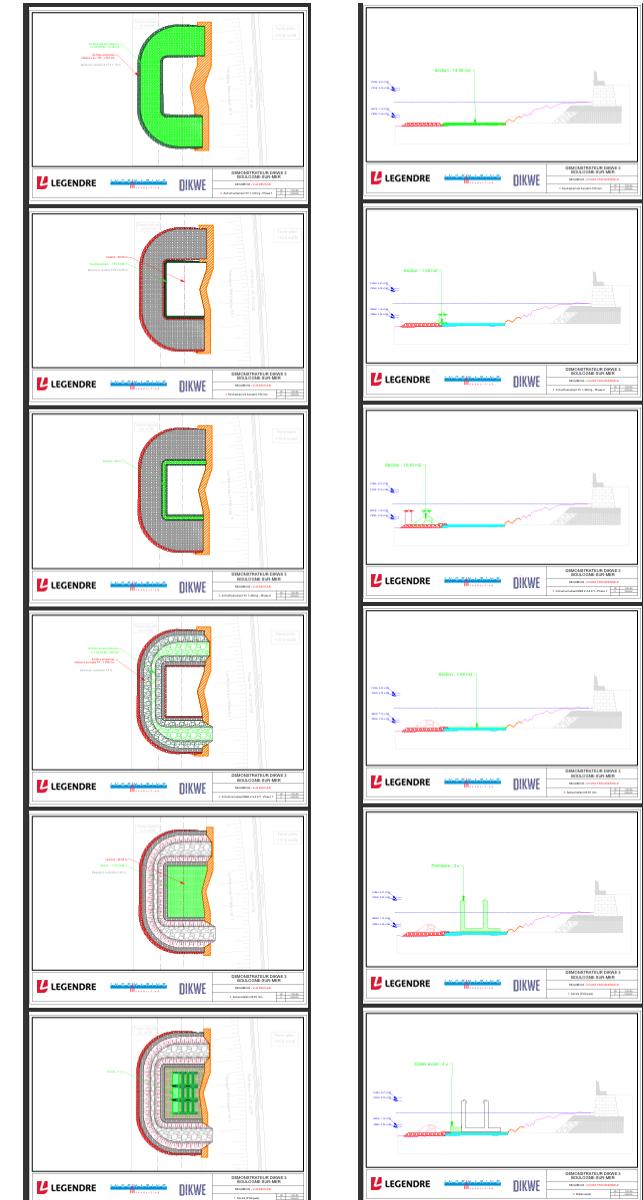


3

Etudes d'exécution

Méthodes

- Séquence de construction (Coupes & vues en plan)



3

Etudes d'exécution

Méthodes

- Etudes de levage : capacité des grues + plans de levage + définition des appareaux

4. Conclusions

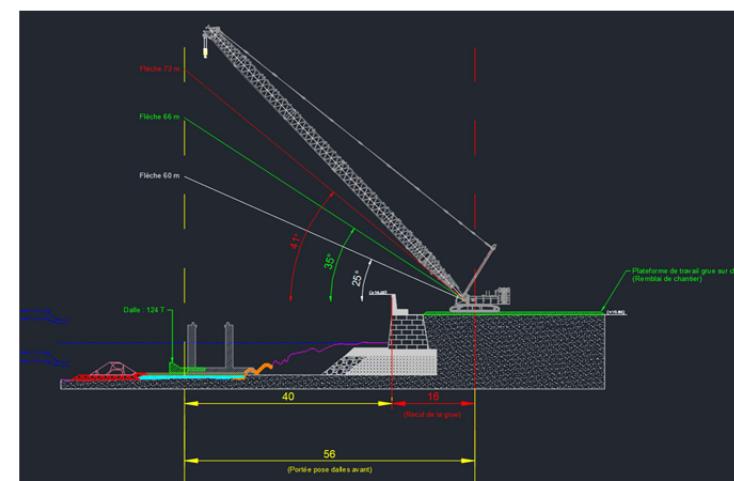
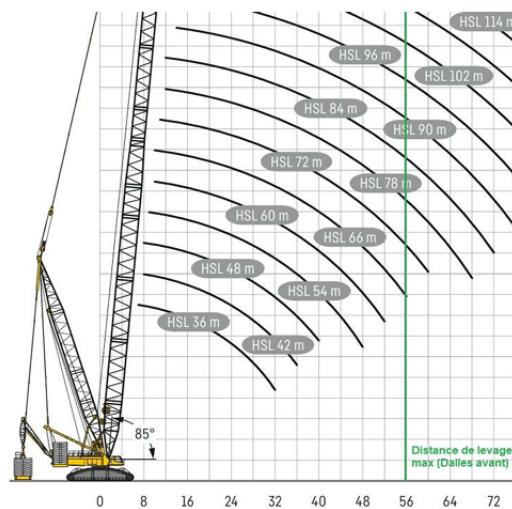
4.1 Pose des éléments préfa du démonstrateur

- La configuration HSLBV et HSLDB (CP suspendu vérins ou suspendu simple) pour la grue de 700 T n'existe pas pour des longueurs de flèche <78 m
- La configuration HSDB ou HSDBV pour la grue 700 T en flèche plus courte ne permet pas d'atteindre la capacité de levage requise
- Les longueurs de flèches de 66 et 72 m au lieu de 75 m pour la grue de 800 T permettent de gagner en capacité de levage et donc en marge de sécurité
- La longueur de flèche 60 m pour la grue de 800 T semble trop courte (angle de levage 25°)

=> A confirmer avec loueur de grue lors de la consultation finale

6. Longeurs et angles de flèches - Cas dimensionnant : pose des dalles avant

6.1 Grue 800 T - LB1800



La longueur de flèche de 60 m donne un angle de levage de 25° => A priori trop bas

La longueur de flèche de 66 m donne un angle de levage de 35° => A priori ok

La longueur de flèche de 72 m donne un angle de levage de 41° => Idéal

=> Proposition de retenir une flèche de 66 m à ce stade de l'étude

=> A confirmer avec le loueur de la grue

LEGENDRE

2. Analyse des cas de levage prévus et identification des capacités de levage requises

2.2 Table des scénarios de levage et capacité des grues

Tâches dimensionnantes	Distance			Poids			Total	Grues												
	Chenilles	Centre de la grue	Centre de gravité	Appareaux / Benne / Berce / Palonnier	Crochet grue	Matériaux / Colis		Flèche treillis (72 m à 78 m) - Capacité à la distance la plus proche immédiatement supérieure												
Pose des éléments préfa du démonstrateur																				
Socle Nord & Sud	10,25 m	16 m	49,00 m	7,5 T	4,2 T	156,7 T	8 T	177 T	LR1300	LR1350/1	LR1350/1+210T	LR1400SX	LR1500-SL6	LR1500-S	LR1500+280T	LR1700.1.0	LR1700.1.0-BV	LR1700.1.0-DB	LR1800-BV	
Socle central	10,25 m	16 m	49,00 m	7,5 T	4,2 T	148,7 T	8 T	169 T								167T@52m	150T@52m	186T@52m		
Dalle avant	10,25 m	16 m	56,00 m	7,5 T	4,2 T	114,7 T	13 T	140 T								167T@52m	150T@52m	186T@52m		
Jupe Nord	10,25 m	16 m	45,00 m	5 T	4,2 T	114,3 T	6 T	130 T								153T@56m	137T@56m	169T@56m		
Jupe C1 & C2	10,25 m	16 m	45,00 m	5 T	4,2 T	123,5 T	7 T	140 T								184T@48m	165T@48m	206T@48m		
Jupe Sud	10,25 m	16 m	45,00 m	5 T	4,2 T	120,6 T	6 T	137 T								184T@48m	165T@48m	206T@48m		
Cloison	10,25 m	16 m	51,00 m	0,2 T	1,0 T	7,5 T	0 T	9 T								167T@48m	150T@48m	186T@48m		
Couronnement	10,25 m	16 m	51,00 m	7,5 T	1,0 T	12 T	0 T	21 T								13,1T@55m	16,9T@52m	13,1T@55m		
									13,1T@55m	16,9T@52m	65T@52m	21T@52m	25T@52m	22,1T@52m	98,1T@52m	32,5T@52m	167T@52m	150T@52m	186T@52m	
									13,1T@55m	16,9T@52m	65T@52m	21T@52m	25T@52m	22,1T@52m	98,1T@52m	32,5T@52m	167T@52m	150T@52m	186T@52m	

Mise à jour données du 01/04/2025

2.3 Table récapitulative aréoéquation activité-grue

Tâches dimensionnantes	Grues										
	Flèche treillis (72 m à 78 m) - Capacité à la distance la plus proche immédiatement supérieure										
Pose des éléments préfa du démonstrateur											
Socle	LR1300	LR1350/1	LR1350/1+210T	LR1400SX	LR1500-SL6	LR1500-S	LR1500+280T	LR1700.1.0	LR1700.1.0-BV	LR1700.1.0-DB	LR1800-BV
Dalle avant									LR1700.1.0-BV	LR1700.1.0-BV	LR1800-BV
Jupe									LR1700.1.0-BV	LR1700.1.0-BV	LR1800-BV
Cloison									LR1700.1.0-BV	LR1700.1.0-BV	LR1800-BV
Couronnement									LR1700.1.0-BV	LR1700.1.0-BV	LR1800-BV

ETUDE DE LEVAGE POUR LA CONCEPTION V1 : sans souille + anti-affouillement et butée en matériaux de carrière (TV 1-300 kg & ENR 2,4-4,8 T) - Révision C - Réduction longeur de flèche - Pose des éléments préfa du démonstrateur uniquement

2.2 Table des scénarios de levage et capacité des grues

La mise à jour Rév. C ne concerne que la partie pose des éléments du démonstrateur avec réduction de la longueur de flèche initialement de 78 m

Tâches dimensionnantes	Distance			Poids			Total	Grues											
	Chenilles	Centre de la grue	Centre de gravité	Appareaux / Benne / Berce / Palonnier	Crochet grue	Matériaux / Colis		Flèche treillis (72 m à 78 m) - Capacité à la distance la plus proche immédiatement supérieure											
Pose des éléments préfa du démonstrateur																			
Socle Nord & Sud	10,25 m	16 m	49,00 m	7,5 T	4,2 T	156,7 T	8 T	177 T	LR1300	LR1350/1	LR1350/1+210T	LR1400SX	LR1500-SL6	LR1500-S	LR1500+280T	LR1700.1.0	LR1700.1.0-BV	LR1700.1.0-DB	LR1800-BV
Socle central	10,25 m	16 m	49,00 m	7,5 T	4,2 T	148,7 T	8 T	169 T								190T@52m	188T@52m		
Dalle avant	10,25 m	16 m	56,00 m	7,5 T	4,2 T	114,7 T	13 T	140 T								190T@52m	188T@52m		
Jupe Nord	10,25 m	16 m	45,00 m	5 T	4,2 T	114,3 T	6 T	130 T								174T@56m	171T@56m		
Jupe C1 & C2	10,25 m	16 m	45,00 m	5 T	4,2 T	123,5 T	7 T	140 T								210T@48m	208T@48m		
Jupe Sud	10,25 m	16 m	45,00 m	5 T	4,2 T	120,6 T	6 T	137 T								210T@48m	208T@48m		
Cloison	10,25 m	16 m	51,00 m	0,2 T	1,0 T	7,5 T	0 T	9 T								190T@52m	188T@52m		
Couronnement	10,25 m	16 m	51,00 m	7,5 T	1,0 T	12 T	0 T	21 T								190T@52m	188T@52m		
									13,1T@55m	16,9T@52m	65T@52m	21T@52m	25T@52m	22,1T@52m	98,1T@52m	32,5T@52m			
									13,1T@55m	16,9T@52m	65T@52m	21T@52m	25T@52m	22,1T@52m	98,1T@52m	32,5T@52m			

Mise à jour données du 04/04/2025

3

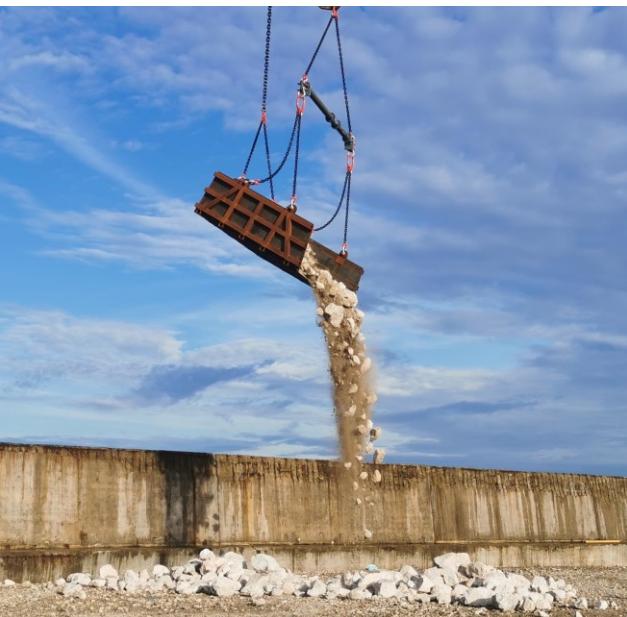
Etudes d'exécution

Méthodes

- Définition des ressources en matériels et en personnels

=> Moyens de terrassements en mer :

- Grue sur chenilles 400 T
- Système de positionnement tête de flèche de grue
- Berce pour enrochements
- Benne & Grappin à câbles à enrochements
- Niveleur assise ballast
- Equipe de scaphandriers

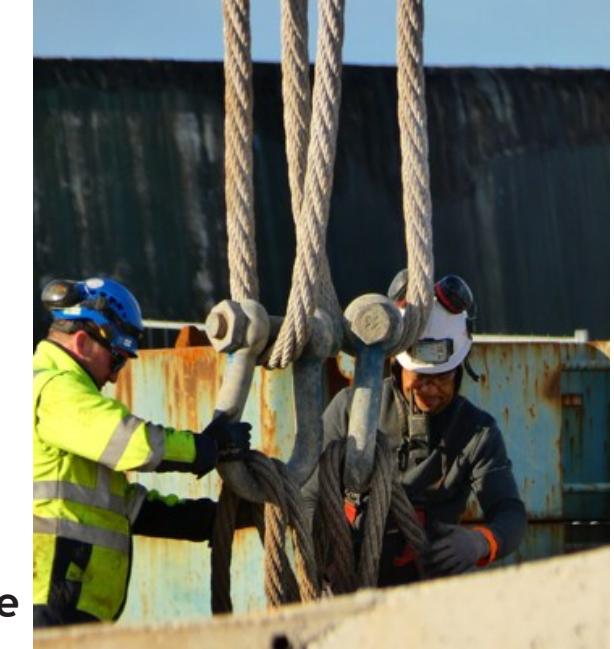


Etudes d'exécution

Méthodes

- Définition des ressources en matériels et en personnels

=> Moyens de pose en mer : - Grue sur chenilles 800 T
- Les systèmes d'apparaux de levage
- Équipe de scaphandriers
- Géomètre (implantation & positionnement X,Y,Z nivleur)



Etudes d'exécution

Méthodes

- Définition des ressources en matériels
 - ⇒ Consultation des levageurs : apport majeur de compétence
 - => Optimisation grue : grue unique pour les travaux de terrassement et de pose en mer



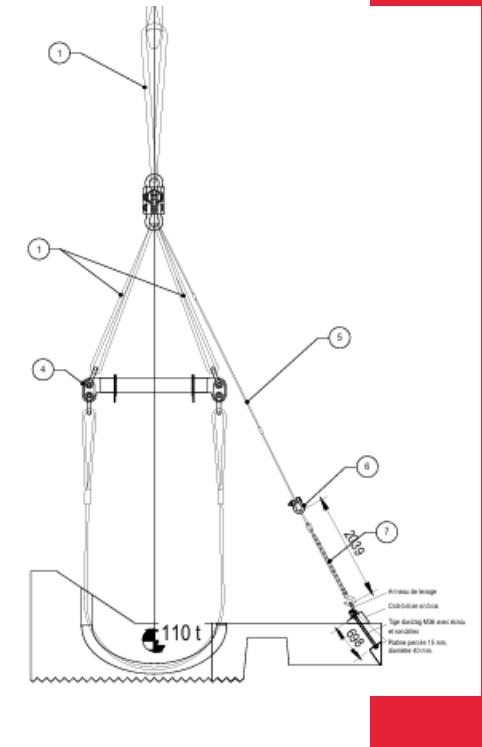
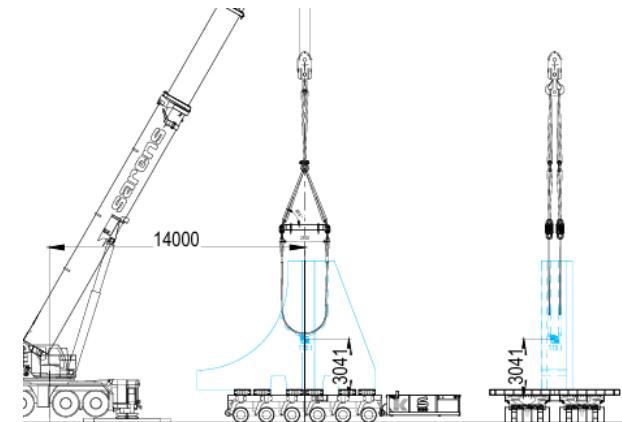
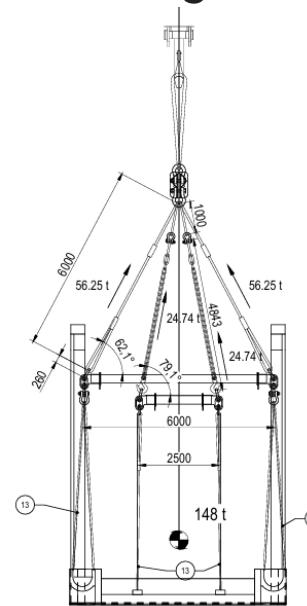
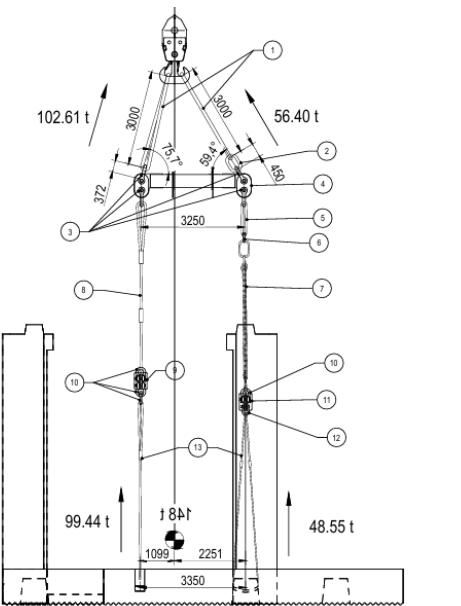
- Grue à flèche treillis sur porteur : LG1750 de 750 T
- Configuration standard pour terrassements en mer
- Configuration Superlift (400 T) pour la pose en mer

3

Etudes d'exécution

Méthodes

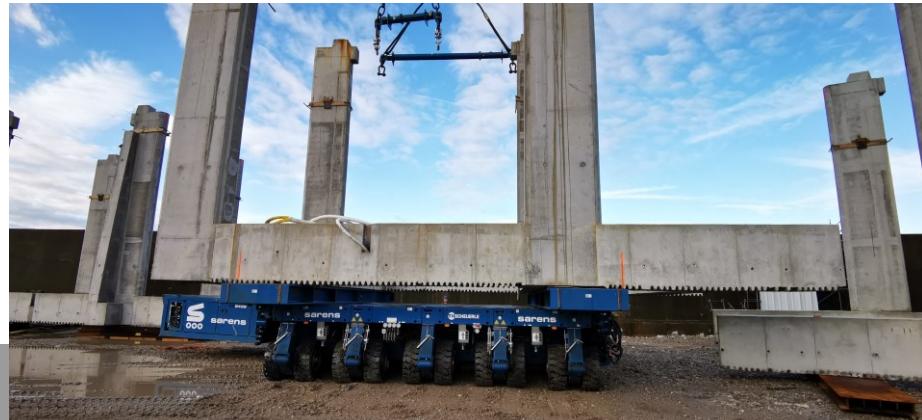
- Définition des modes d'élingage des pièces béton
 - Définition des plans de levage pour chaque type de pièce et ses variantes
 - Liste de tous les composants apparaux de levage
 - Définition d'élingue textiles sur mesures en Dyneema™ avec fournisseurs



Elingag

Méthodes

- Définition des moyens de levage sur la zone préfa
 - => Grue de 800 t pour le levage des socles (160 T)
 - => Grue de 500 t pour le levage des dalles (115 T) & des jupes (123 T)
- Définition des moyens de transfert des pièces béton de la zone préfa vers atelier de pose en mer
 - => 2 SPMT à couple



Etudes d'exécution

Méthodes

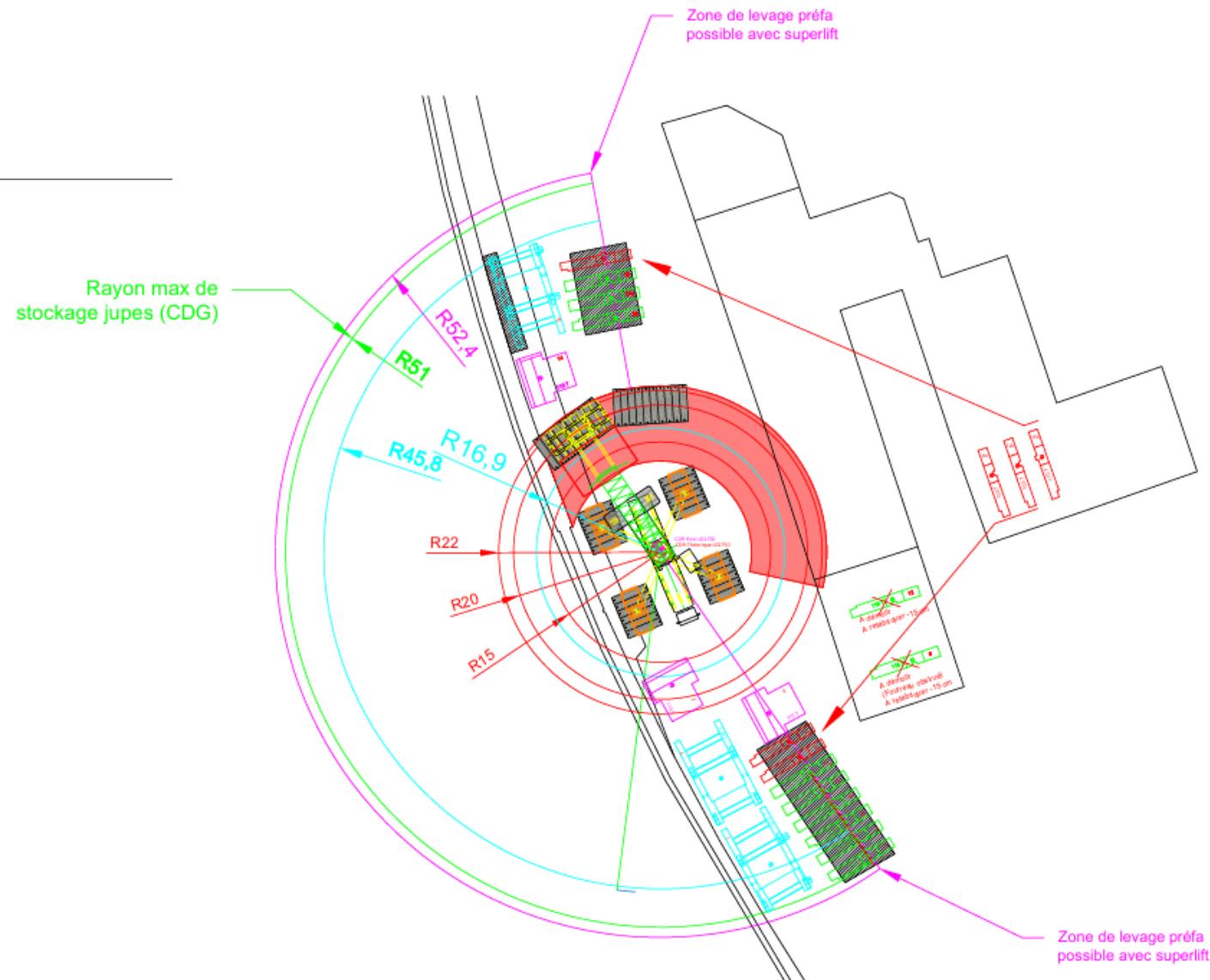
- Définition des zones de stockage des pièces béton autour de l'atelier de pose
 - => Contraintes : espace restreint de manœuvre avec le superlift à cause du mur de digue
- Définition de l'emplacement de chaque pièce mise en stock autour de la grue de 750 T
 - => Contraintes : position des pièces fonction de la séquence de pose en mer
- Définition de la séquence de déplacement des pièces béton de la zone préfa vers atelier de pose



Etudes d'exécution

Méthodes

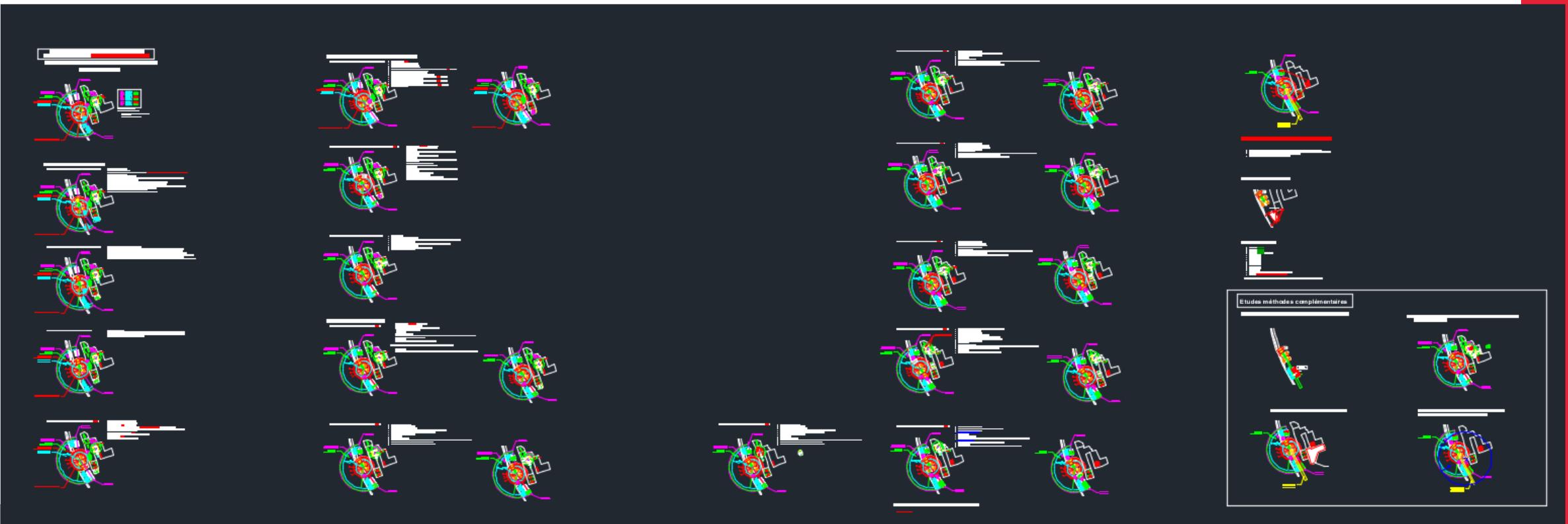
- Plan de stockage des Pièces béton autour de la grue de pose en mer



3

Etudes d'exécution**Méthodes**

- Séquence de déplacement des pièces béton



3

Etudes d'exécution

Planning prévisionnel

- Evaluer les métrés
- Définition des cadences de production
- Définition des taux d'opérabilité selon le type d'activité à réaliser
(taux de stand-by météo)
- Élaboration d'un planning de niveau 4 (détails)

Etudes d'exécution

- Les mètres

POINTE DU GOLFE DU LORRAINE
Digue Canal (PN1347-LGDR)
Installation d'un déversoir haute de 2 mètres
Échelle préliminaire d'estimation

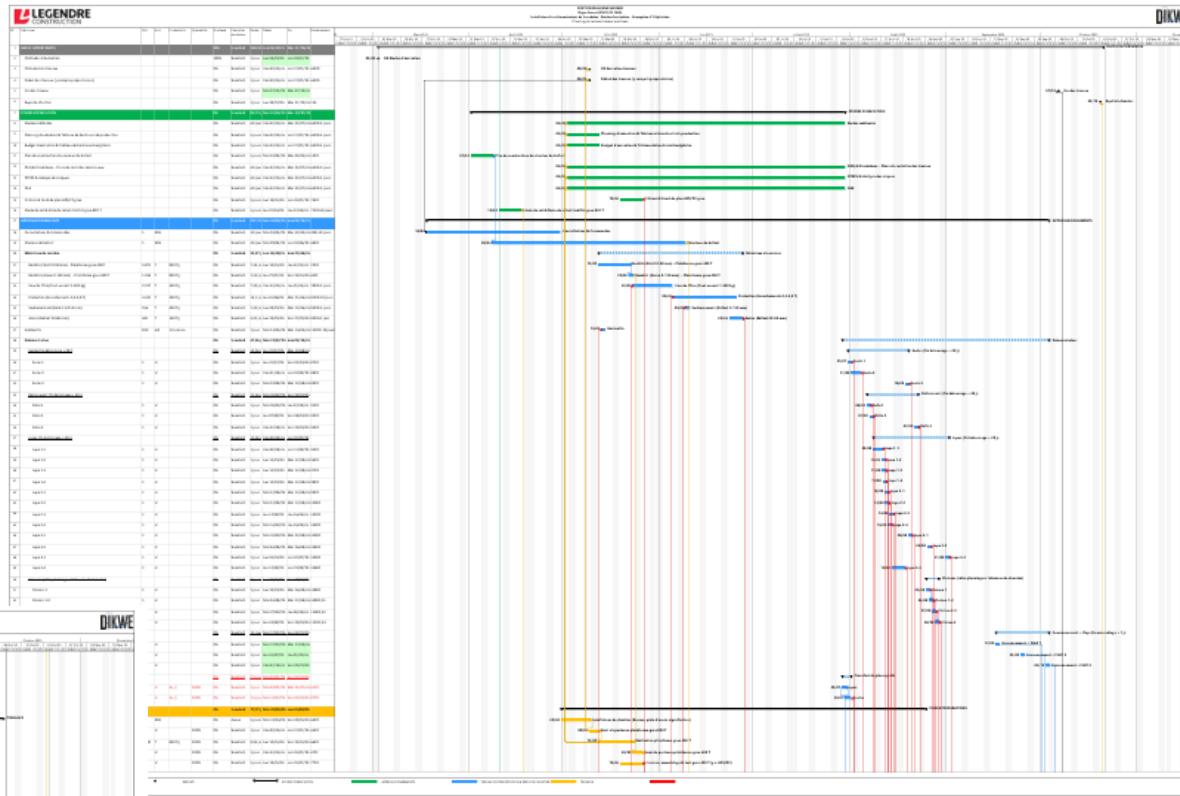
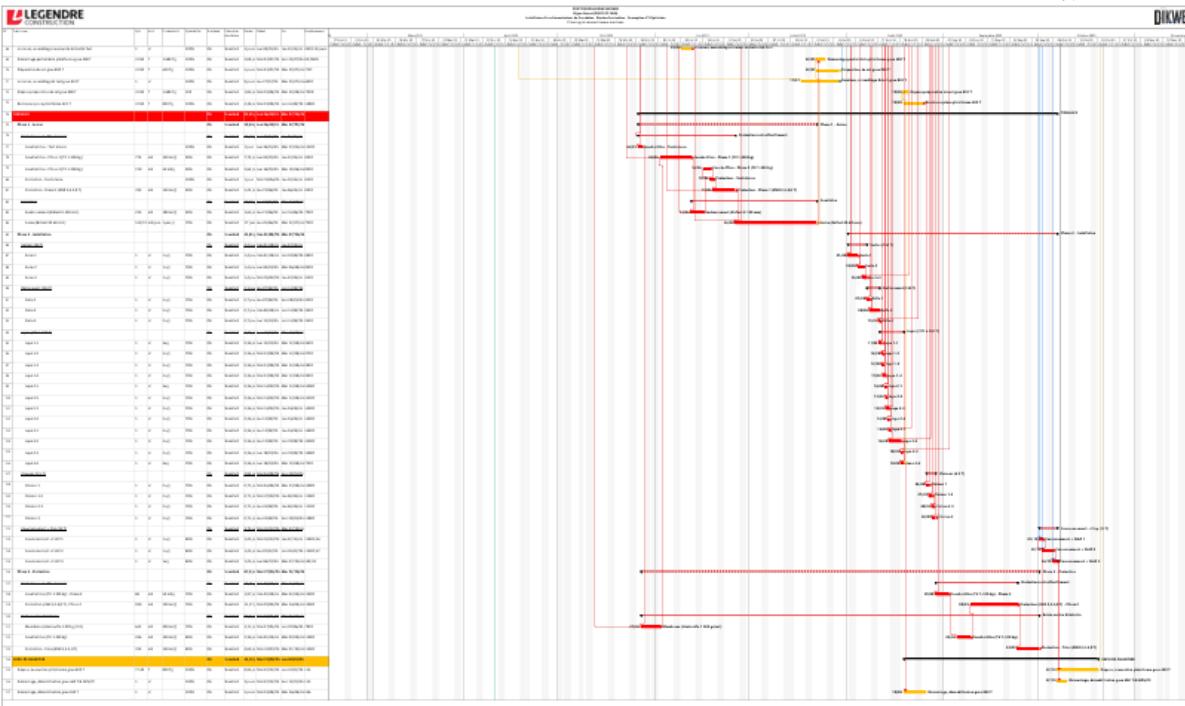
Traux maritimes - Détail des quantités estimatives des fourrures et travaux - Conceptuel V1 Optimisé : sans scelle + anti-affouillement et bâche en matériaux de carrière /IV 1-300 kg & ENR 2,4-4,87/ + réduction sur longueur Nord & Sud

Travaux	Surface 1	Surface 2	Volume	Lévation 1 - Lévation 2	Puissance	Poids unit.	Achèvement	Total	Détailler	Observation
Construction du mur à l'assèche (V001)										
Bordure (haut 2,40 mm)										
Bordure (haut 2,40 mm)										
Réseau										
Drainage (tiret)										
Protection filtre - Phase 1										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - tapis sur IV & Recouvrement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement - Phase 2										
Couches filtre - Tapis sur IV (au dessus 1,60m)										
Protection contre débordement (au dessus 1,60m)										
Protection contre déb										

3

Etudes d'exécution

- Planning prévisionnel



3

Etudes d'exécution

Budget prévisionnel

- Structure de coût
 - Consultations et prix budget
(base de données anciens projets)

Consultations

Engins : locations externes

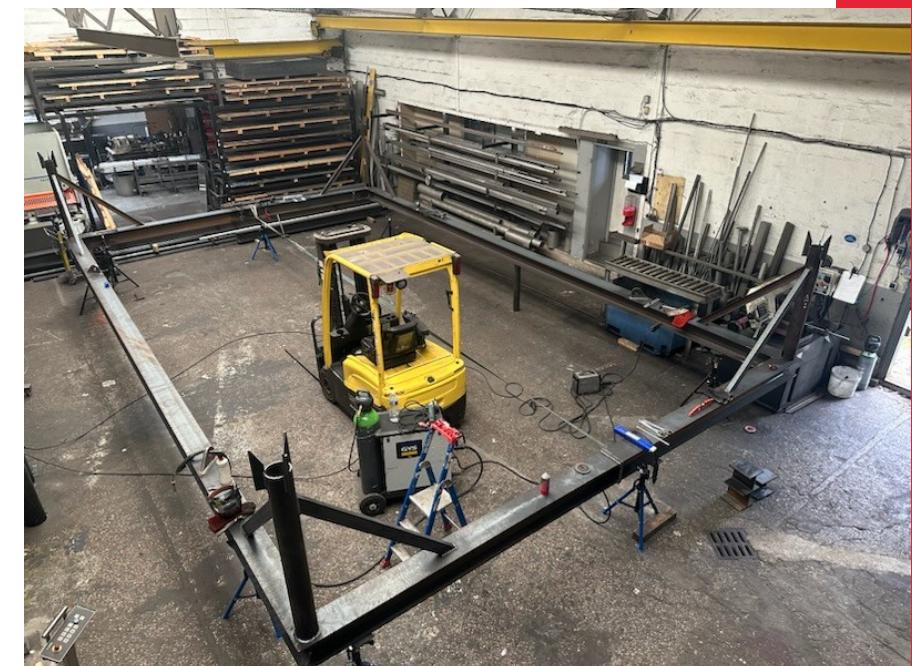
- Grues terrassement et de pose
- Grue reprise pièce béton sur stock
- Transport pièces béton
- **Engins de terrassement (pelle, tombereau)**
pour mise en stock et reprise sur stock matériaux carrière

Matériels : locations externes / achats / fabrication

- Bennes & grappin
- Berce enrochements (Photo du haut)
- Niveleur de ballast (Photo du bas)
- Apparaux de levage
(dont Elingues textiles sur mesure + test sur banc d'essai)
- Positionnement grue : GPS RTK, PC grue, logiciels carto

Prestataires externes

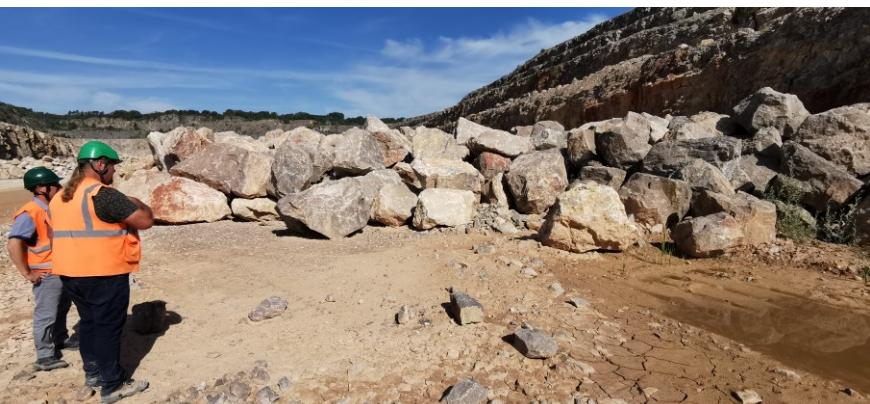
- Travaux hyperbares
- Topographie & bathymétrie



Consultations

Fournitures incorporées

- Matériaux de carrière : Tout-venant 5-300 kg / ENR 3-6 T / Ballast 50-150 mm / ballast 30-50 mm



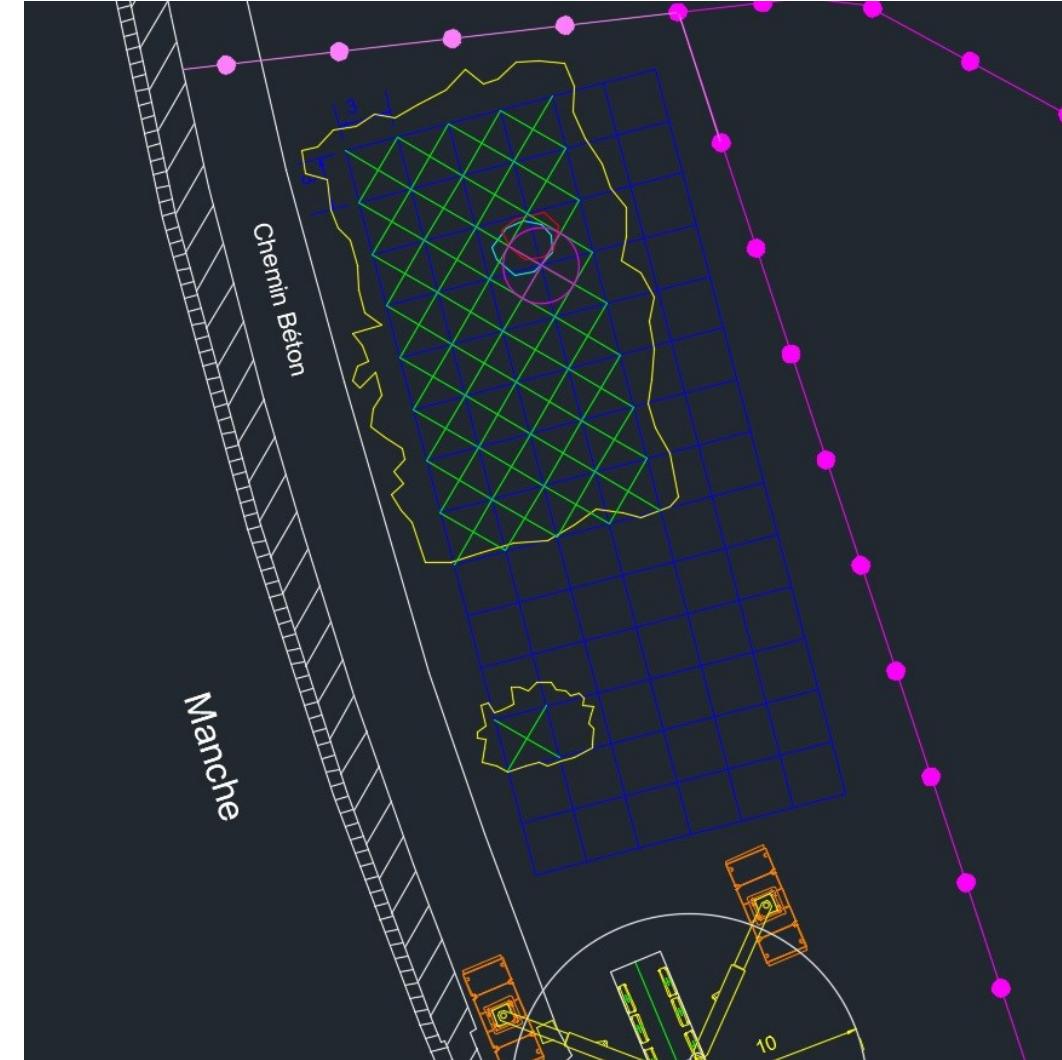
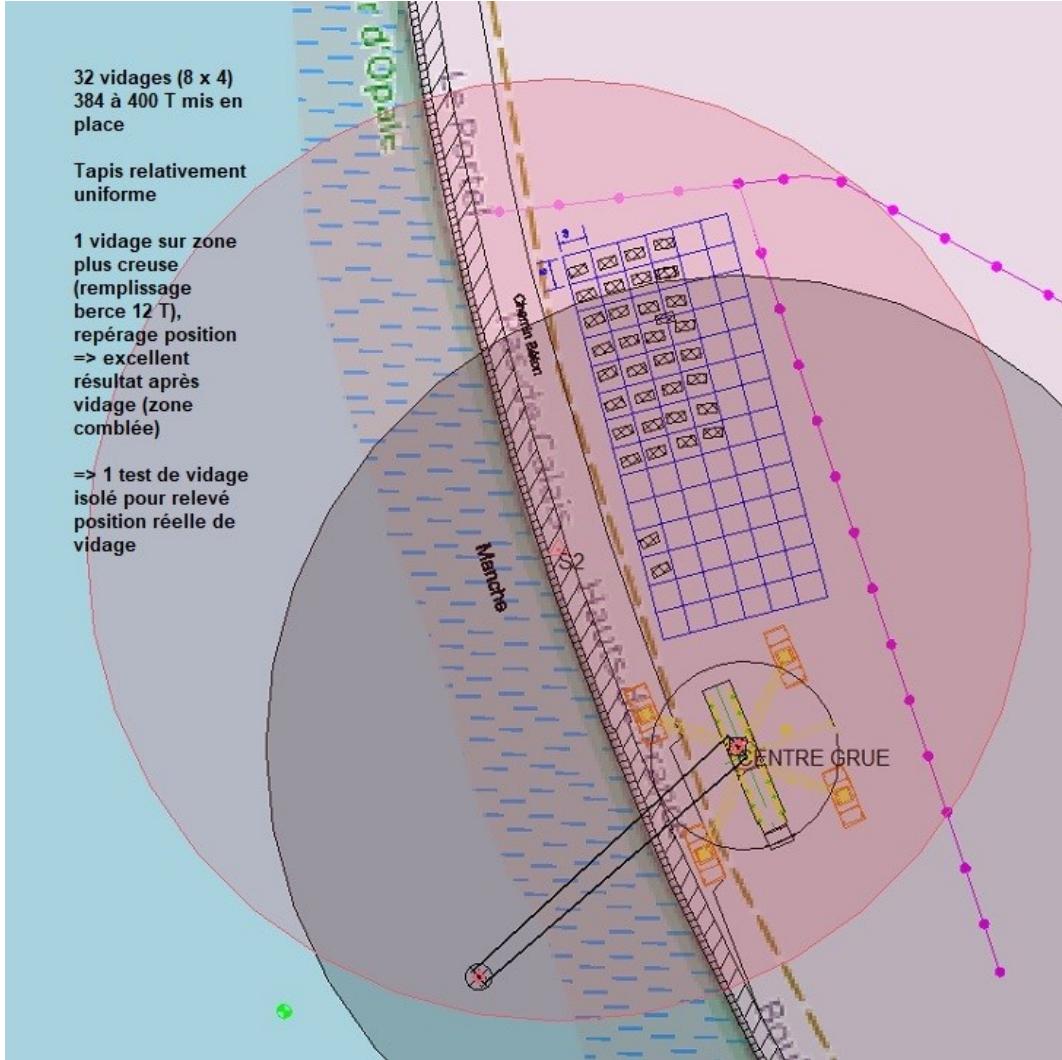
5

Phases de tests à terre

Travaux de terrassement : tapis anti-affouillement en TV 5-300 kg & ENR 3-6 T

- Définition d'un maillage idéal de vidage de la berce (quadrillage de vidage)
- Définition du poids de remplissage de la berce (remplissage à la pelle équipé d'un peson)
- Définition d'une hauteur de vidage au dessus du sol
- Réalisation d'un tapis à terre d'une taille suffisante pour que le test soit représentatif
- Levé topo : évaluer l'épaisseur et dispersion obtenu
 - => essai 1 : pas totalement satisfaisant
 - => modification des paramètres de taille de maille + poids de remplissage
 - => 2^{ème} essai : satisfaisant
 - => Début des travaux en mer
- Un essai similaire mais à plus petite échelle a également été effectué pour la protection ENR

LEGENDRE





5

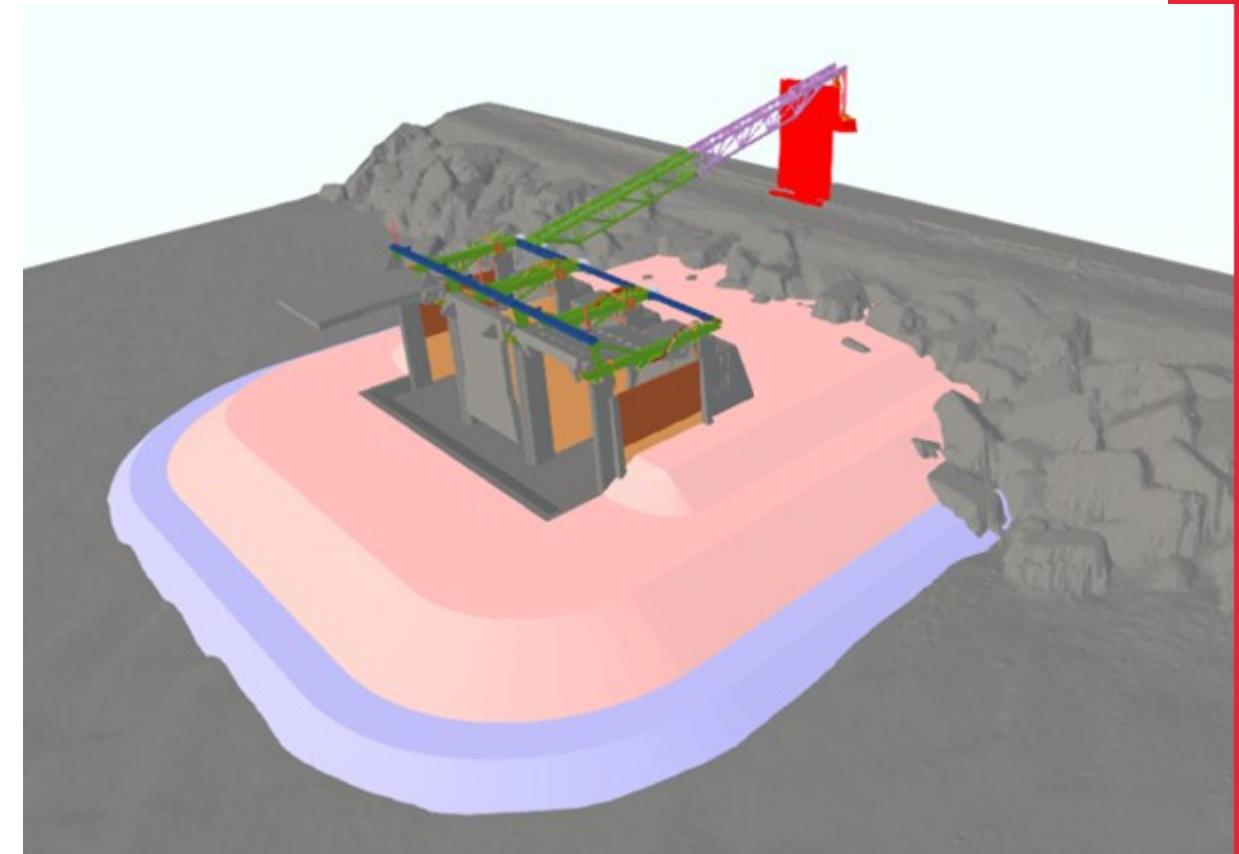
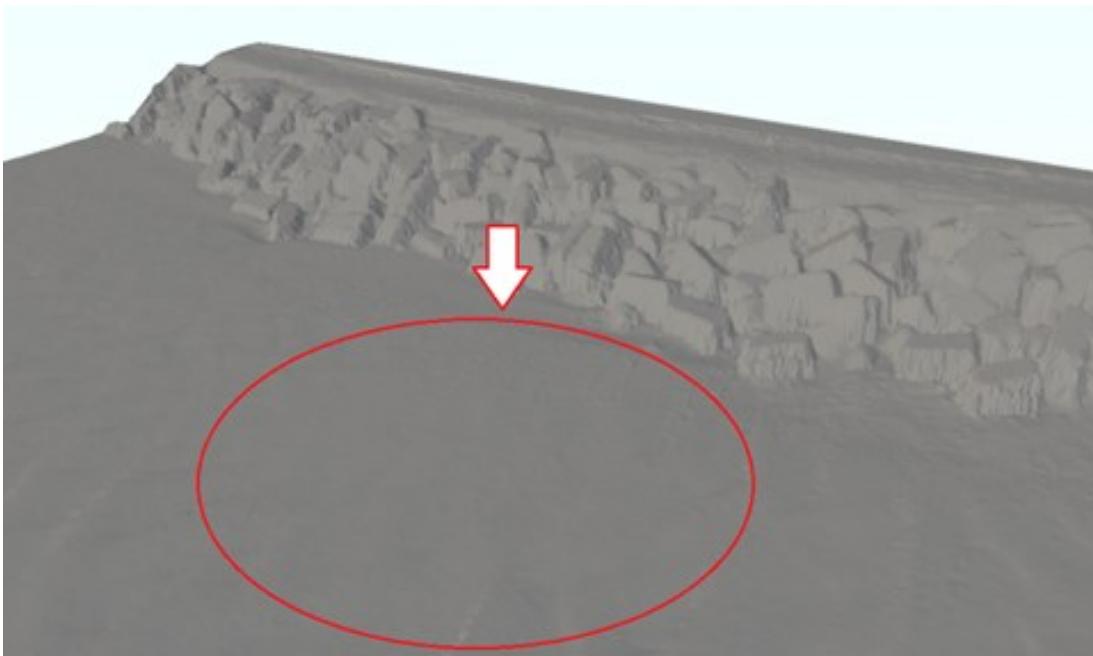
Phases de tests à terre

Pose des pièces béton

- 1 socle + 4 jupes + 1 dalle

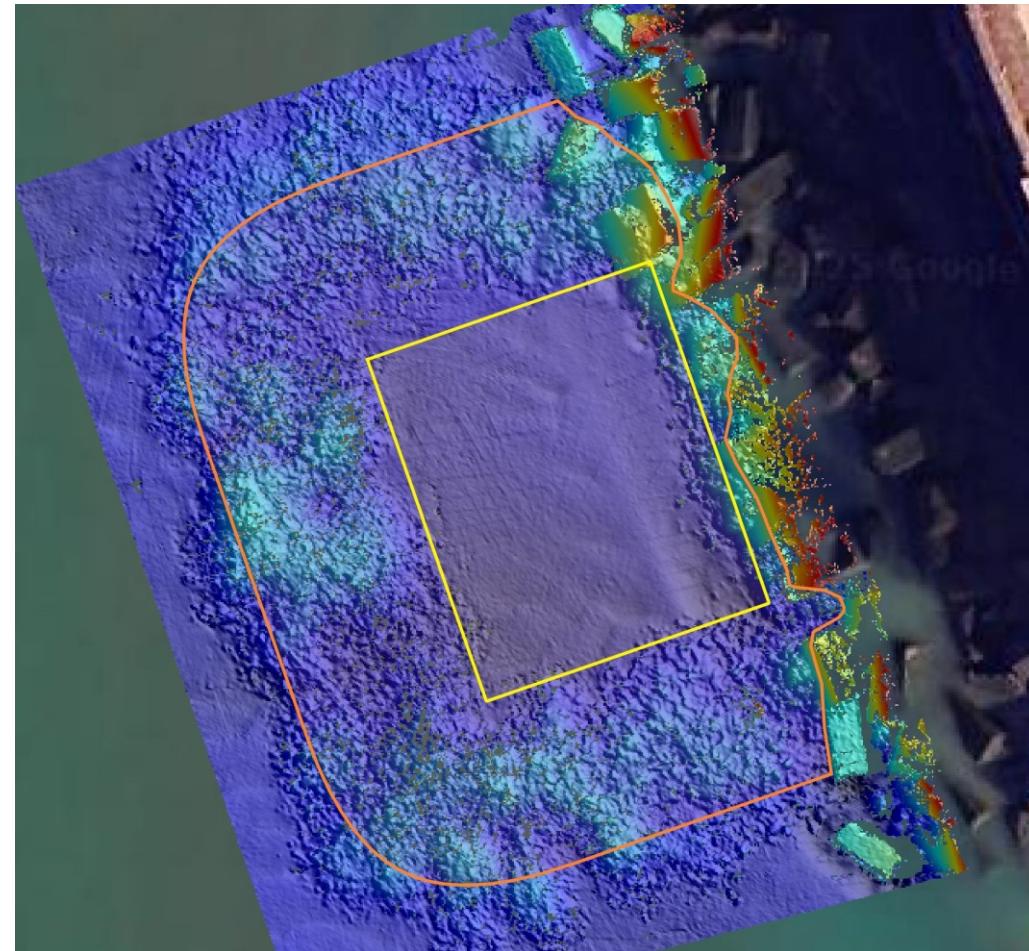
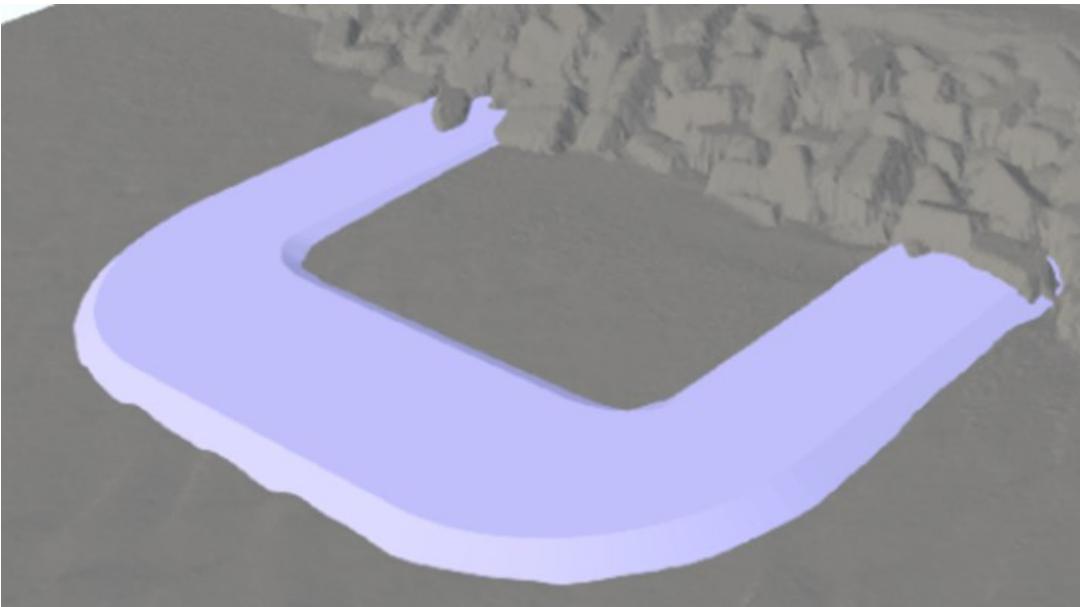
- => Valider les plans d'élingage (Positions des CDG des pièces non centrés) / Ajuster si besoin
- => Vérifier le bon emboîtement des pièces entre elles
- => Identifier les difficultés éventuelles de guidage et d'accostage des pièces
- => Evaluer les temps unitaires de préparation des apparaux de levage (palonniers, élingues),
d'élingage et d'accostage des pièces béton => définir le temps de préparation et d'approche
nécessaire pour préparer suffisamment en amont de la pose et ne pas rater le créneau de
marée et de courant



Etat initial & final

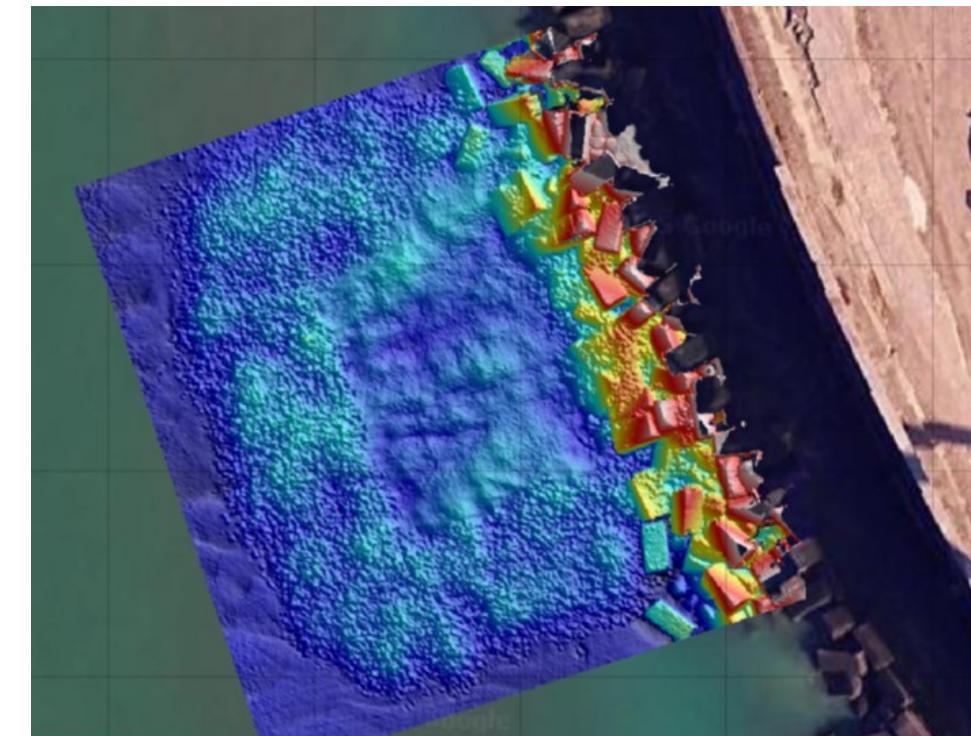
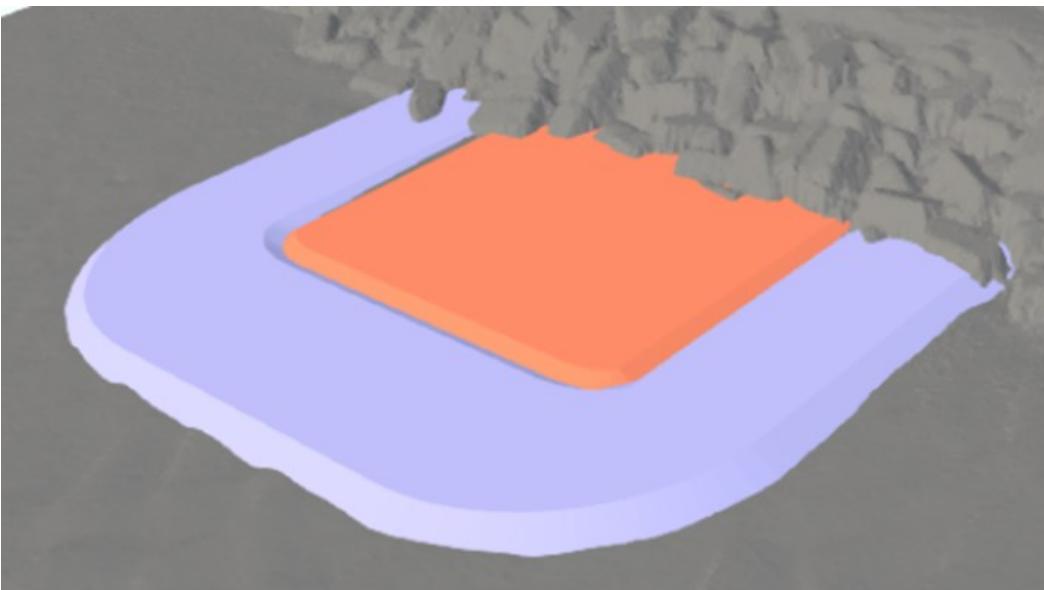
Phase 1 : Terrassements

- Réalisation du tapis anti-affouillement tout-venant de carrière 5-300 kg



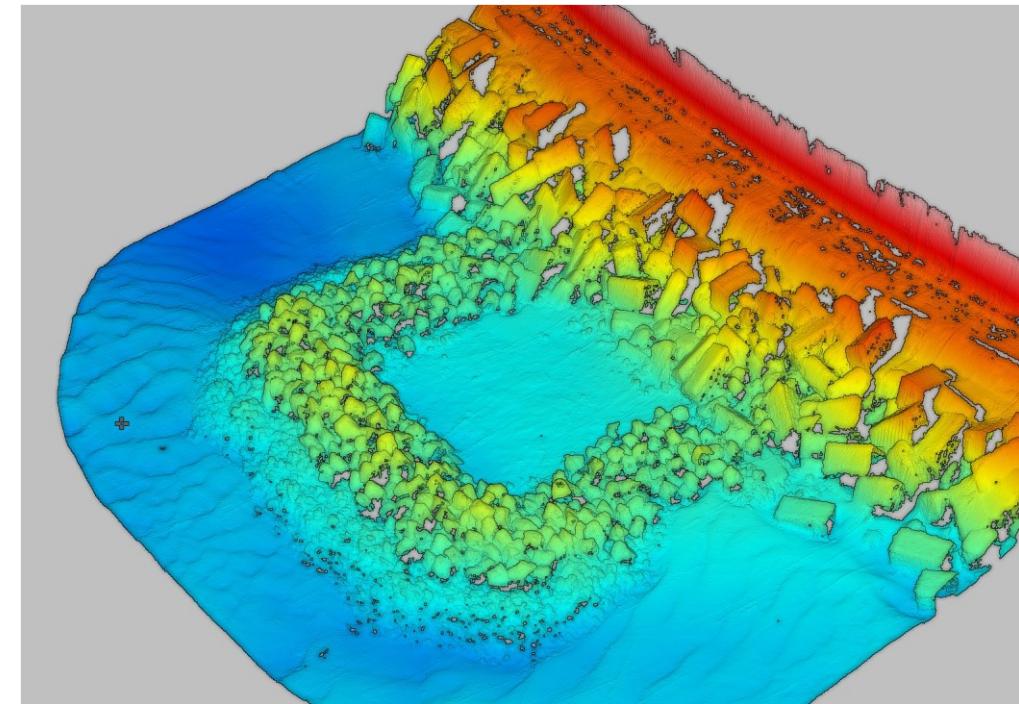
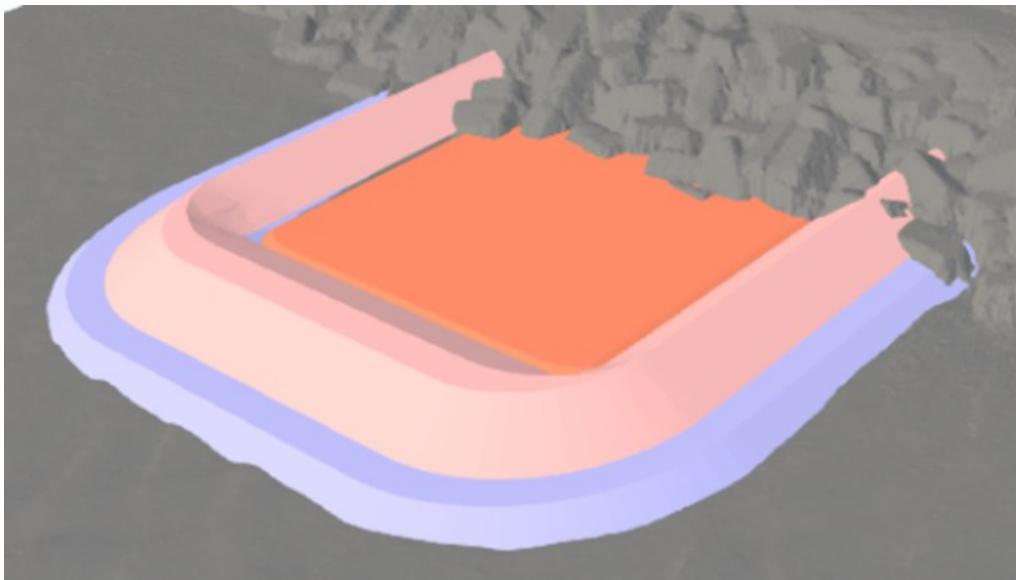
Phase 1 : Terrassements

- Réalisation de la fondation en ballast 40-150 mm



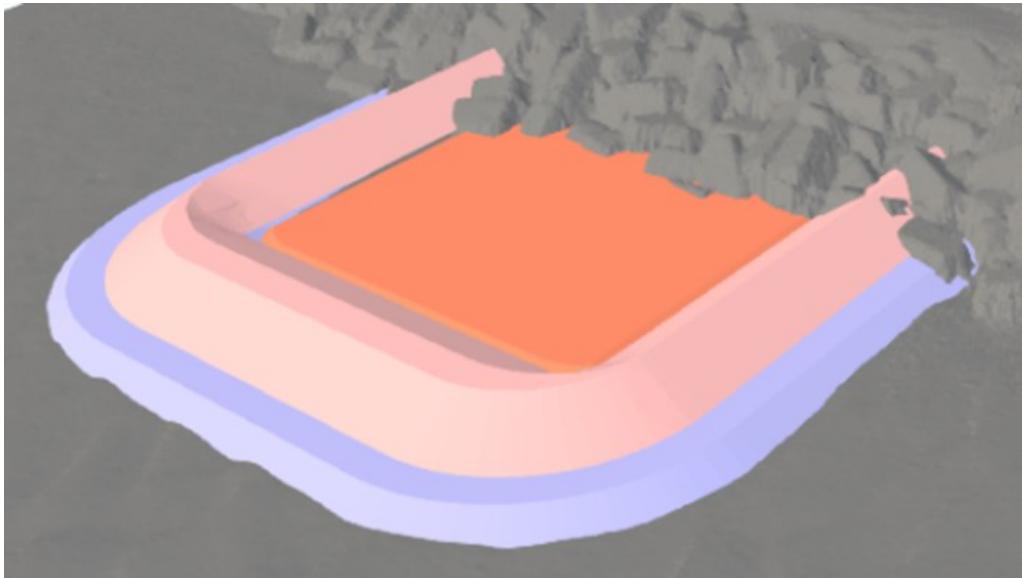
Phase 1 : Terrassements

- Réalisation de la protection en enrochements 3-6 T



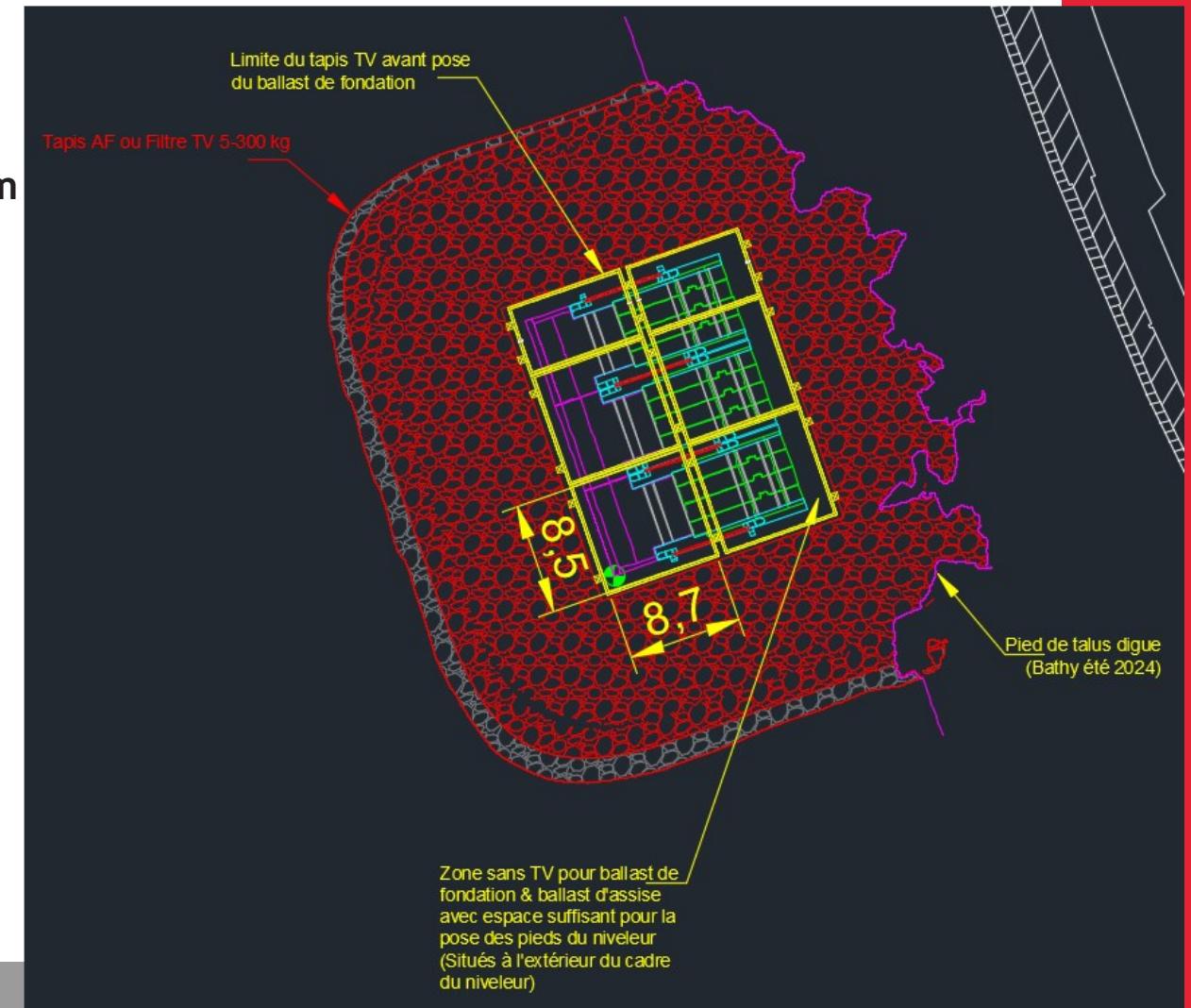
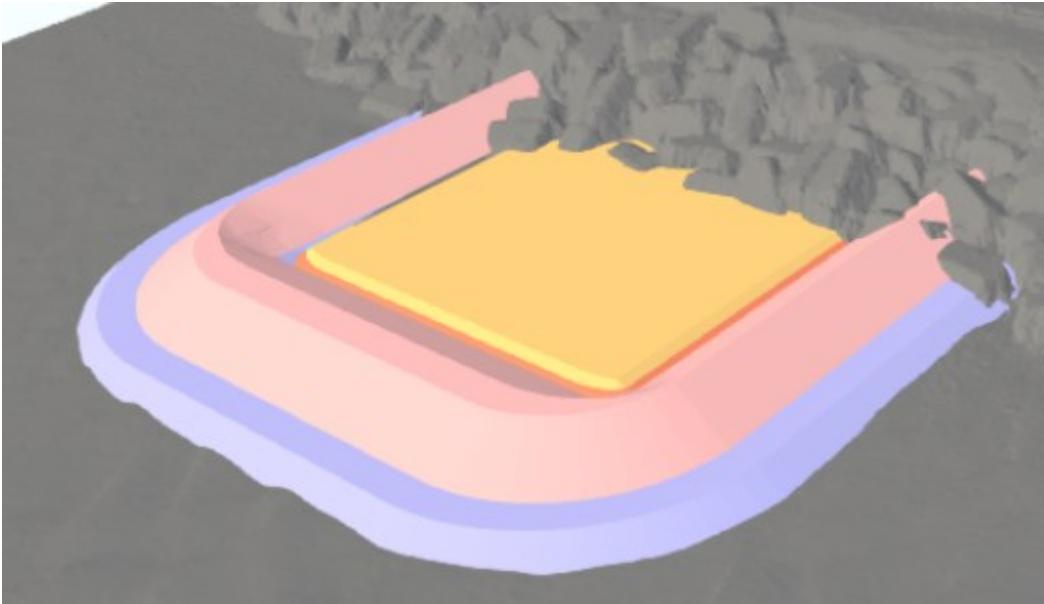
Phase 1 : Terrassements

- Réalisation de la protection en enrochements 3-6 T



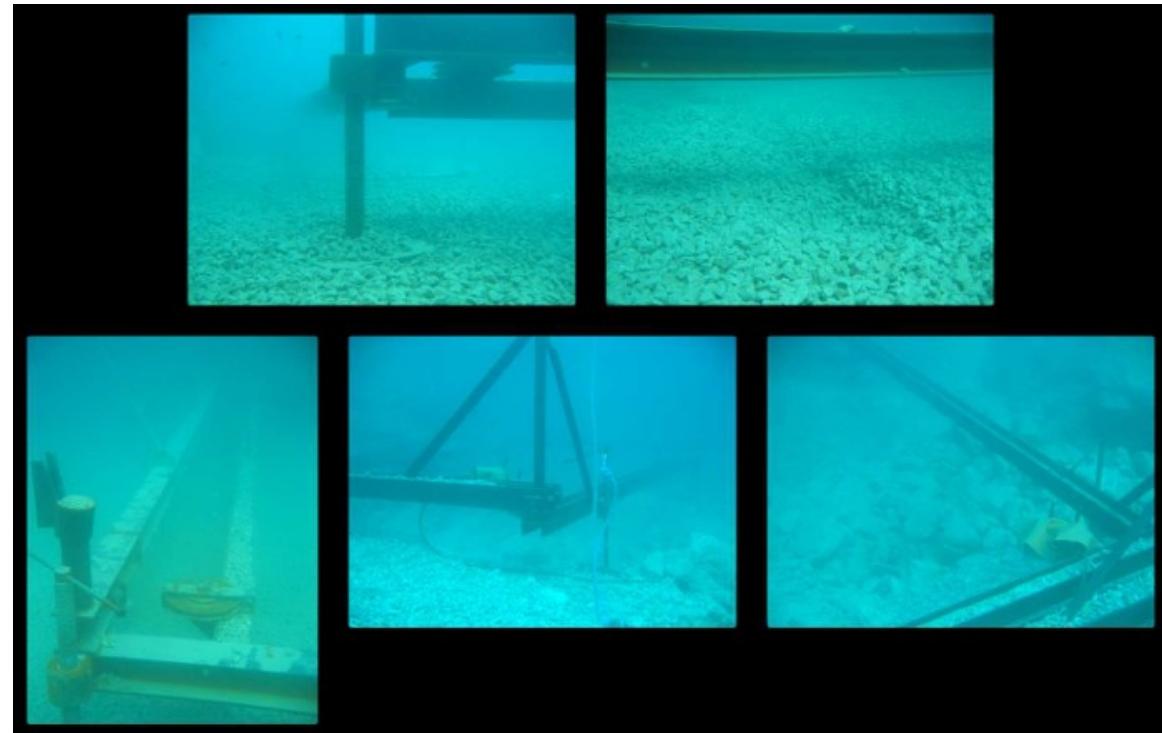
Phase 1 : Terrassements

- Réalisation de l'assise en ballast 30-50 mm
- Niveleur de ballast (6 positions)



Phase 1 : Terrassements

- Réalisation de l'assise en ballast 30-50 mm
- Niveleur de ballast (6 positions)



Phase 2 : Pose du démonstrateur

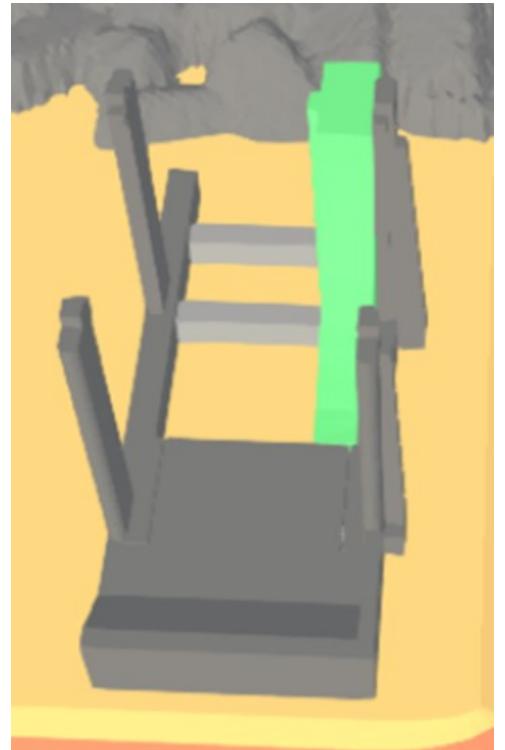
- La pose des éléments béton est réalisée selon la séquence suivante :

=> Socle
=> Dalle avant
=> Jupe 1
=> Jupes 2 + 3
=> Jupe 4

- Du Sud vers le Nord

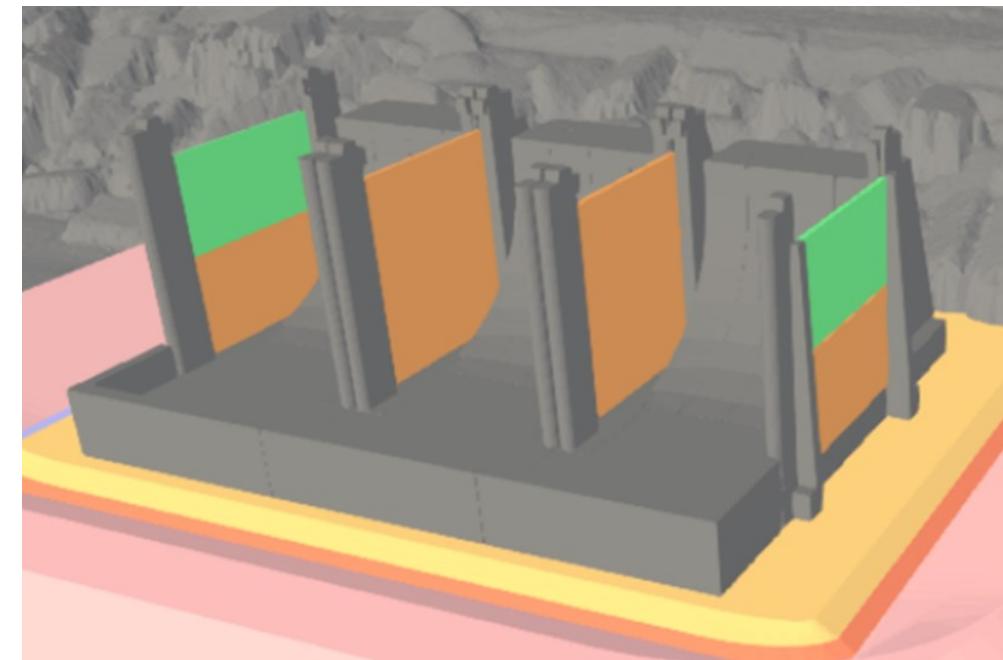
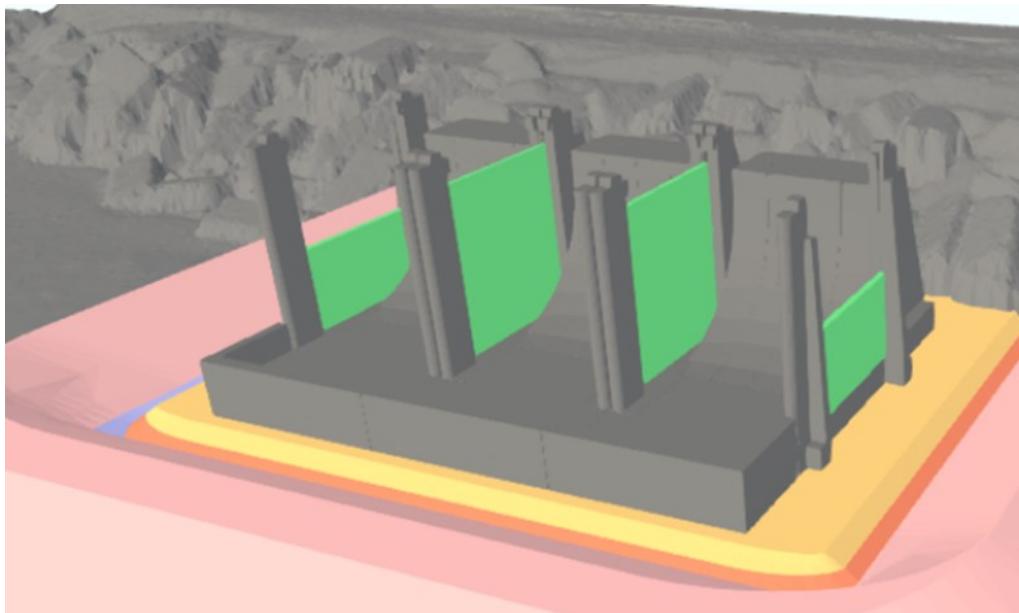


LEGENDRE



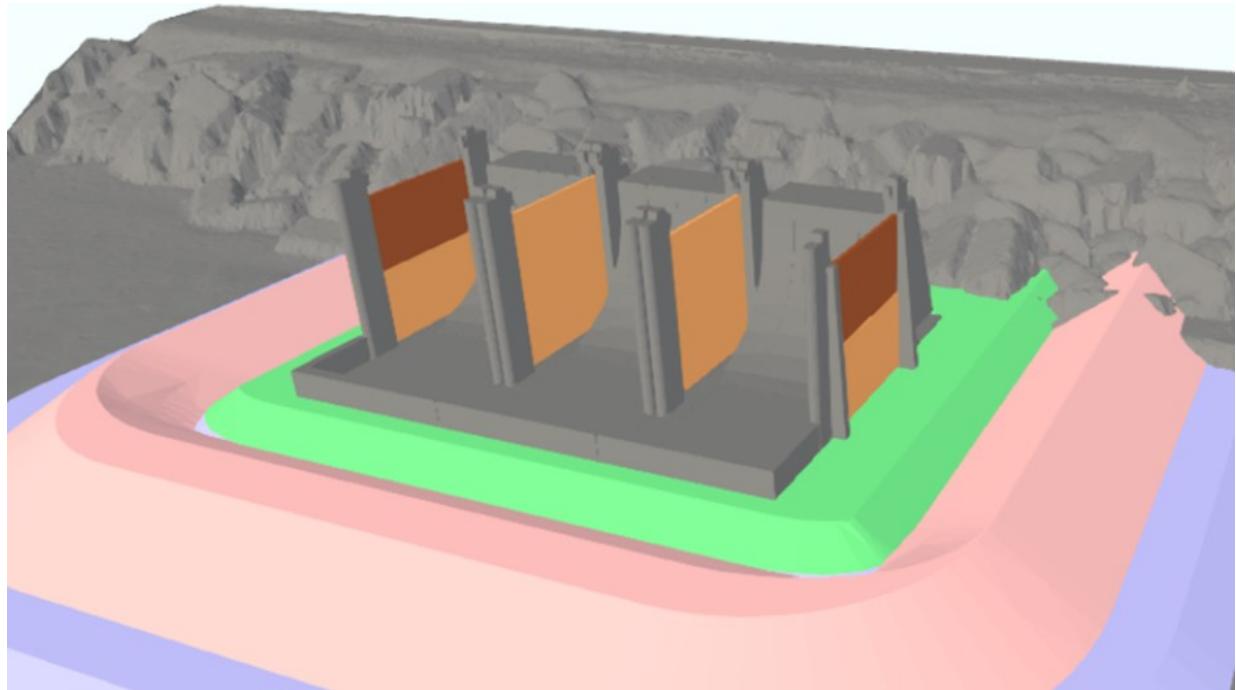
Phase 2 : Pose du démonstrateur

- La pose des cloisons bois, en chêne et en azobé. A l'extérieur en priorité pour permettre de poursuivre la pose des ENR de protection, à l'intérieur ensuite



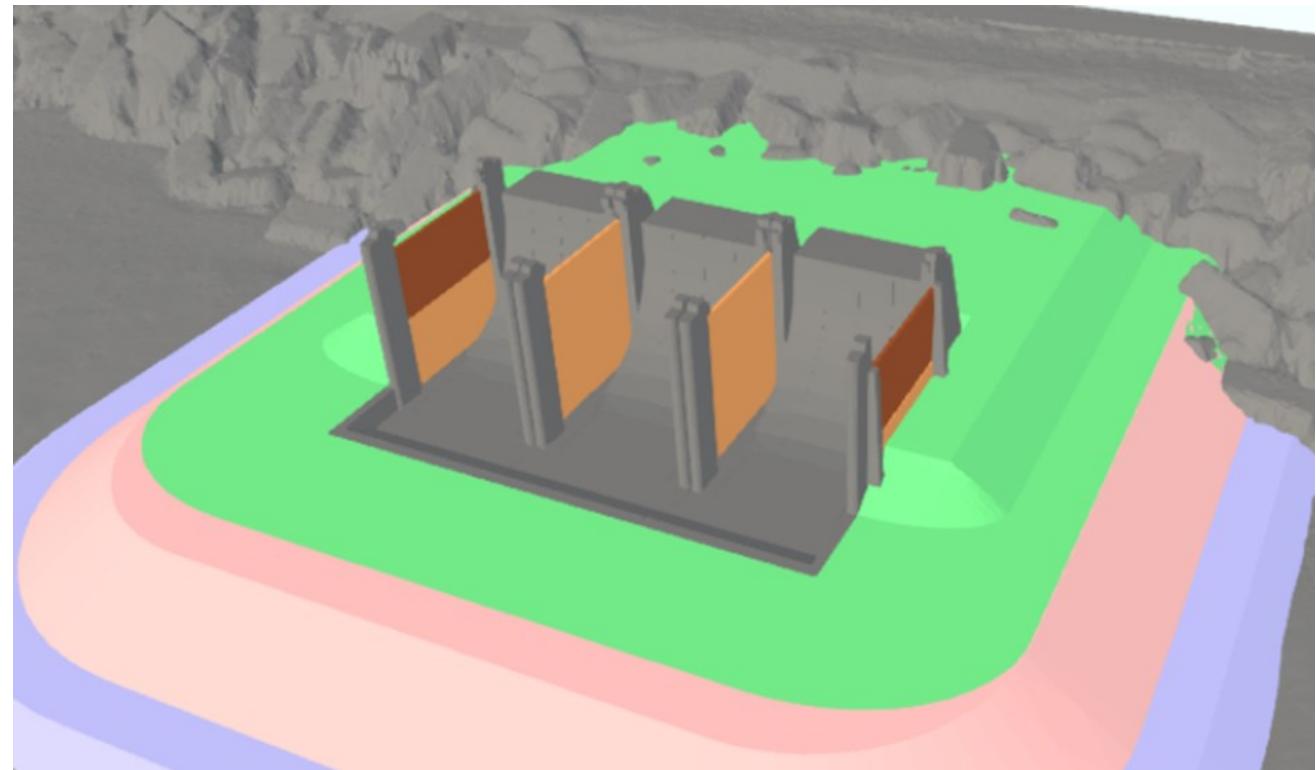
Phase 3 : Fermeture du tapis anti-affouillement et de la protection en enrochements

- Fermeture du tapis anti-affouillement tout-venant de carrière 5-300 kg contre l'ouvrage béton



Phase 3 : Fermeture du tapis anti-affouillement et de la protection en enrochements

- Fermeture de la protection en enrochements 3-6 T contre l'ouvrage béton
- Réalisation de la butée latérale
- et arrière en enrochements 3-6 T



Phase 4 : Installation des couronnements avec FLAP

- 3 Couronnement + FLAP (Volet oscillant)
- Passerelle câblage hydraulique

