

PORT de PORT-La NOUVELLE

MISSION D'ASSISTANCE AU MAÎTRE D'OUVRAGE

POUR L'AGRANDISSEMENT DU PORT



Etude Matériaux

9 septembre 2012

CATRAM
CONSULTANTS



Avec la participation de : EURYECE, SCP BOILLOT, SOFID et EGSA

N° d'identification qualité du document	Affaire	Emetteur	Domaine	Nature	Chrono	Indice
	PLN	YMN	TFM1P2	RP	006	B
Objet de la révision par rapport à l'indice précédent	Deuxième version après commentaires MOA - -					
Visas Avant Diffusion						
Etabli par				Date d'émission		
Y. Marcellin						
Contrôle interne par		Contrôle externe par		Approbation du chef de projet		
L. Garot				C. Torchon		
Date : 9/9/2012		Date :		Date : 9/9/2012		

TABLE DES MATIERES

1	Résumé	6
2	Préambule	8
3	Le projet	9
3.1	Les ouvrages à réaliser	9
3.1.1	Les projets soumis au débat public	9
3.1.1.1	Aménagements communs aux trois alternatives	10
3.1.1.2	Alternative Grand Port Nord	11
3.1.2	Alternative Port à double entrée	13
3.1.3	Alternative Très Grand Port Nord et Est	13
3.1.4	Le projet présenté dans le dossier de saisine	14
3.1.5	Les coupes d'ouvrages de l'étude préliminaire	14
3.1.6	Les variantes possibles	16
3.1.7	Autres types de digues de protection	17
3.2	Quantités et qualité des matériaux à mettre en œuvre	18
3.2.1	Mise en place des enrochements	18
3.2.2	Projet de base – digue à talus	19
3.2.3	Variante digue mixte	20
3.2.4	Volume de dragage	22
3.2.5	Remblais de terre-pleins	22
3.3	Les cadences de fournitures pour le chantier	23
3.3.1	Planning de réalisation	23
3.3.2	Cadences de fourniture	23
3.3.2.1	Hypothèse digue à talus	23
3.3.2.2	Hypothèse digue mixte	23
3.4	Le cas des autres alternatives	24
4	Origine des matériaux	25
4.1	Les carrières « locales »	25
4.1.1	Données de l'étude ACR de 2011	25
4.1.2	Informations complémentaires de juillet 2012	28
4.1.2.1	UNICEM	28
4.1.2.2	BRGM	31
4.1.2.3	Autres entreprises	31
4.2	Les carrières extérieures à la Région	31
4.2.1	Carrières espagnoles	31
4.2.2	Toulon-Brégaillon	32
4.2.2.1	Enrochements	32
4.2.2.2	Variante enrochements béton	33
4.3	Les matériaux de dragages	33
5	Impact des approvisionnements	35
6	36	

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Surfaces du projet.....	11
Figure 2 : Alternative Grand Port Nord, variante entrée Sud	12
Figure 3 : Alternative Grand Port Nord, variante entrée Nord	12
Figure 4 : Alternative 3b, Port à double entrée.....	13
Figure 5 : Alternative 3c, très grand port	14
Figure 6 : Exemple de digue à talus.....	14
Figure 7 : Plans en coupe des digues à talus du projet	15
Figure 8 : Schéma de digue à parois pleines	16
Figure 9 : Schémas de digue mixte et digue à talus	17
Figure 10 : Schéma de la répartition des matériaux suivant le mode d'approvisionnement	19
Figure 11 : Situation des 7 carrières de l'étude ACR	26
Figure 12 : Situation des 13 carrières de l'enquête UNICEM	29

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Avant-métrés du projet avec des digues à talus.....	19
Tableau 2 : Répartition par type de transport pour des digues à talus	20
Tableau 3 : Avant-métrés du projet comparaison digues mixtes/à talus	21
Tableau 4 : Répartition par type de transport comparaison digues mixtes/à talus	22
Tableau 5 : Capacité de production des 7 carrières.....	26
Tableau 6: Tarifs (€/tonne) des 7 carrières	27
Tableau 7: Tarifs rendu chantier (€/tonne, incluant le coût du transport des 7 carrières à Port-La Nouvelle)	27

Tableau 8: Quantité de fourniture envisageable par voie terrestre (tonnes/an) 30

Tableau 9 : Quantité de fourniture envisageable par voie maritime (tonnes/an)..... 30

1 Résumé

La réalisation du chantier de l'extension du port de Port la Nouvelle, dans la configuration présentée dans le dossier de saisine soumis à la CNDP par la Région, correspondra à un approvisionnement de 0,8 Millions de tonnes (Mt) à 2,7Mt de matériaux rocheux de carrière par voie terrestre (matériaux déversés par camions provenant de carrières terrestres à proximité) et 0,5Mt à 1,1 Mt par voie maritime (matériaux déversés par des chalands provenant de carrières plus lointaines ou disposant d'un appontement pour le chargement des chalands).

Parallèlement, la réalisation des bétons pour blocs artificiels et ouvrages portuaires pourrait nécessiter un maximum de 400 000 m³ de granulats.

Moins de 500 000m³ de sable seront nécessaire pour la constitution de la digue, que ce soit en corps de digue à talus ou en remplissage de caissons si une solution mixte est retenue. Entre un et deux millions de m³ de remblais seront nécessaires pour réaliser les terre-pleins portuaires.

Les informations fournies par les professionnels indiquent que les carrières de proximité (moins de 30km de distance) ont la capacité de fournir aux cadences adaptées des matériaux rocheux (blocs et tout venant de qualité et blocométrie adéquates) pour la digue et les bétons, pour la part à mettre en œuvre par voie terrestre.

Les carrières régionales plus éloignées pourront compléter les besoins pour la fourniture des matériaux à mettre en œuvre par voie maritime, et approvisionnés par chalands depuis Sète, Port Vendres, etc. Mais des opportunités peuvent apparaître le moment venu pour que des solutions puissent également être trouvées par les entreprises de travaux depuis des ports plus éloignés (Marseille, Toulon, Espagne).

Enfin, les entreprises pourront proposer des alternatives plus économiques pour les enrochements de blocométrie élevée, difficilement manipulables et transportables, en réalisant sur le site de construction des enrochements béton.

Les matériaux de dragage des bassins et chenal devraient permettre de faire face très largement aux besoins en sable et en matériaux de remblais, dans la mesure où le phasage des travaux de dragage aura été coordonné avec celui de la construction des ouvrages maritimes.

Les ressources en matériaux sont donc à priori assurées pour réaliser dans des conditions économiques « normales » les travaux d'extension du port de Port-La Nouvelle. Le Maître d'Ouvrage pourra privilégier les ressources de proximités qui présenteront, outre une économie sur le coût des matériaux, l'avantage de limiter l'impact carbone du projet.

2 Préambule

La Région Languedoc Roussillon envisage l'extension du port de Port la Nouvelle.

Le projet prévoit la construction d'ouvrages de protection, de quais et de remblais qui nécessiteront la mise en œuvre de matériaux divers, en provenance de carrière (enrochements, remblais sableux, granulats à béton). Les dragages nécessaires à l'approfondissement des bassins et chenal seront utilisés en priorité, si leur qualité le permet, aux remblais ou remplissage de caissons de digue (en cas de solution de cette nature).

Les études de Maîtrise d'œuvre ne sont pas encore engagées et les besoins en matériaux ne peuvent qu'être sommairement déterminés à partir du plan masse préliminaire présenté ci après. Compte tenu de la taille du projet, les besoins s'exprimeront en millions de tonnes ou de m³.

L'objet de l'étude est de vérifier et rassembler l'information disponible en vue de fournir les éléments nécessaires à l'information du public sur les possibilités locales et externes d'approvisionnement ainsi que les comparaisons des impacts économiques et environnementaux de chacun des scénarios à proposer pour l'approvisionnement du chantier.

3 Le projet

3.1 Les ouvrages à réaliser

3.1.1 Les projets soumis au débat public

Les trois solutions pré-retenues pour le débat public consistent en la construction, dès la première étape, des ouvrages de protection maritimes (les digues), d'un premier terre-plein près de la nouvelle digue nord et de 4 à 5 postes à quai aptes à recevoir les navires projet. La digue actuelle est conservée et se retrouve à l'intérieur du port. Toute une zone du nouveau port n'est pas aménagée. Cet espace peut permettre au projet de s'adapter très rapidement à la croissance des trafics ou à l'arrivée de nouveaux trafics (trafics d'opportunité). Les dimensions et configurations de ces aménagements varieront selon l'alternative qui sera retenue.

Par ailleurs, les ouvrages seront fondés suffisamment profond, de manière à permettre l'accueil de navires de forts tirants d'eau. Ainsi, par un simple dragage, le tirant d'eau des navires pourrait passer de -12,5m à -14,5m.

En effet, toutes les alternatives sont conçues pour l'accueil d'un navire projet dont les dimensions sont les suivantes :

- Longueur admissible : 225m
- Largeur admissible : 36m
- Tirant d'eau du navire admissible : 12,50m voire **12,80m** en première étape, avec la possibilité de passer dès que le besoin apparaîtra à **14,50** m de tirant d'eau.

3.1.1.1 Aménagements communs aux trois alternatives

Dans tous les cas, un nouveau bassin portuaire est créé avant le port actuel avec une distance d'arrêt des navires d'au moins 1000 m ainsi qu'un cercle d'évitement des navires à l'abri des digues. Ce nouveau bassin pouvant accueillir des pétroliers, toutes les alternatives comportent également la suppression du sealine existant et le transfert de ces activités sur des postes spécialisés.

Les ouvrages maritimes consisteraient en :

- Une nouvelle digue Nord proche de la limite administrative Nord du port ;
- La jetée sud existante rallongée ;

Les bassins et le chenal d'accès seront dragués initialement à la profondeur -15m, dans des fonds naturels variant entre 0 et -15m.

De plus, dans tous les cas, sauf celui de l'alternative double entrée (alternative 3b), il faudra procéder au recépage de la digue Nord existante afin de faciliter l'entrée des navires dans le port actuel. A noter que les matériaux extraits pourraient être réutilisés pour la construction des nouveaux ouvrages.

Une fois les ouvrages de protection maritime réalisés, les quais, postes d'accostage, systèmes d'exploitation seraient construits de manière progressive en fonction des opportunités et de l'évolution des trafics. Un bassin d'amortissement serait laissé en place dans la première phase du projet.

Les autres aménagements concerneraient :

- La réalisation de nouveaux espaces terrestres et de nouvelles infrastructures d'exploitation.
- La redéfinition des accès et dessertes routiers et ferroviaires des terre-pleins avec la mise en place d'un nouveau schéma de circulation. La nouvelle digue Nord serait équipée d'une voie de desserte pour l'ensemble des postes. Elle serait prolongée par une voie de service destinée à l'entretien des ouvrages.
- La mise en place d'un accès pour la plage située au Nord du port.

Les aménagements terrestres comprendraient la création de terre-pleins sur environ 18ha, terre-pleins qui seraient contigus à la nouvelle plateforme Nord d'environ 20ha en cours d'aménagement.

Figure 1 : Surfaces du projet



3.1.1.2 Alternative Grand Port Nord

La première solution d'aménagement pré retenue, Grand Port Nord (alternative 3a), présente deux variantes : entrée Nord (3an) et entrée Sud (3as). Selon qu'il s'agit d'une variante ou de l'autre les dimensions des ouvrages maritimes varient notablement:

- L'allongement de la Jetée Sud existante se fait sur plus de 600 m dans le cas de l'entrée Sud et sur plus de 1600m dans le cas de l'entrée Nord ;
- La nouvelle digue Nord est longue d'environ 2 200m dans le cas de l'entrée Sud et d'environ 1200m dans le cas de l'entrée Nord;

Figure 2 : Alternative Grand Port Nord, variante entrée Sud

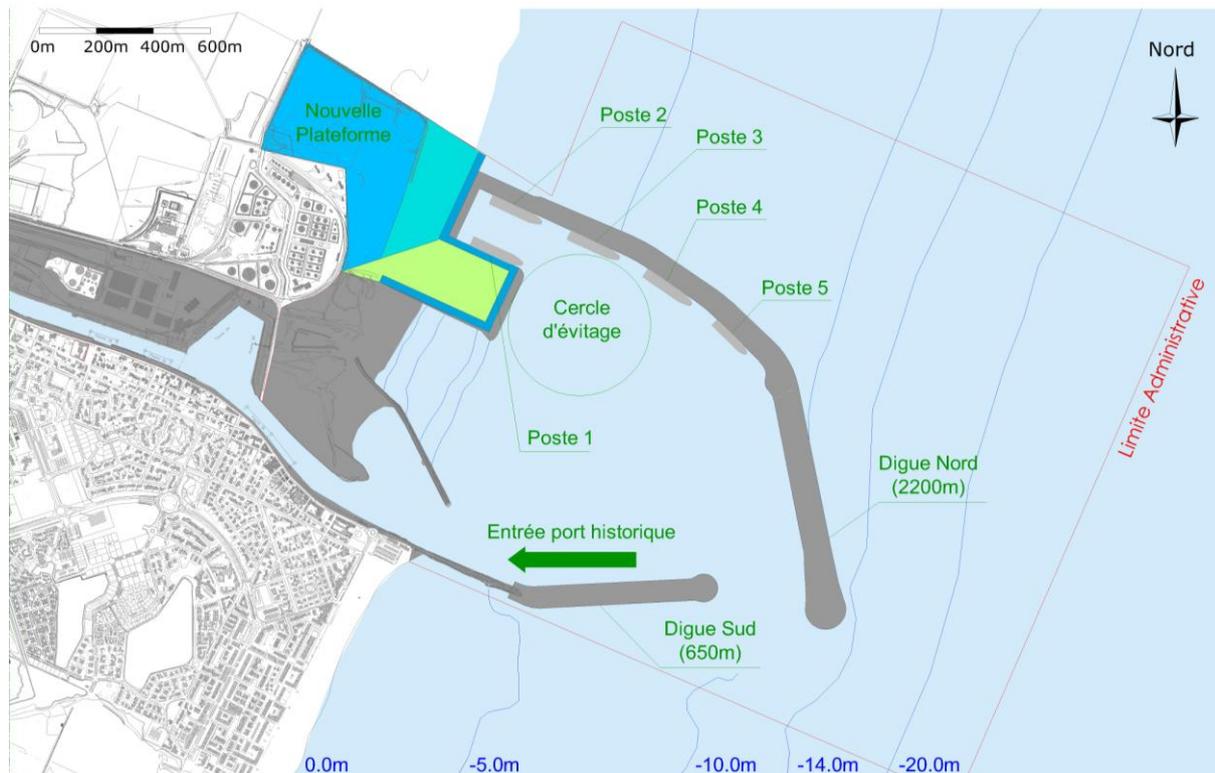
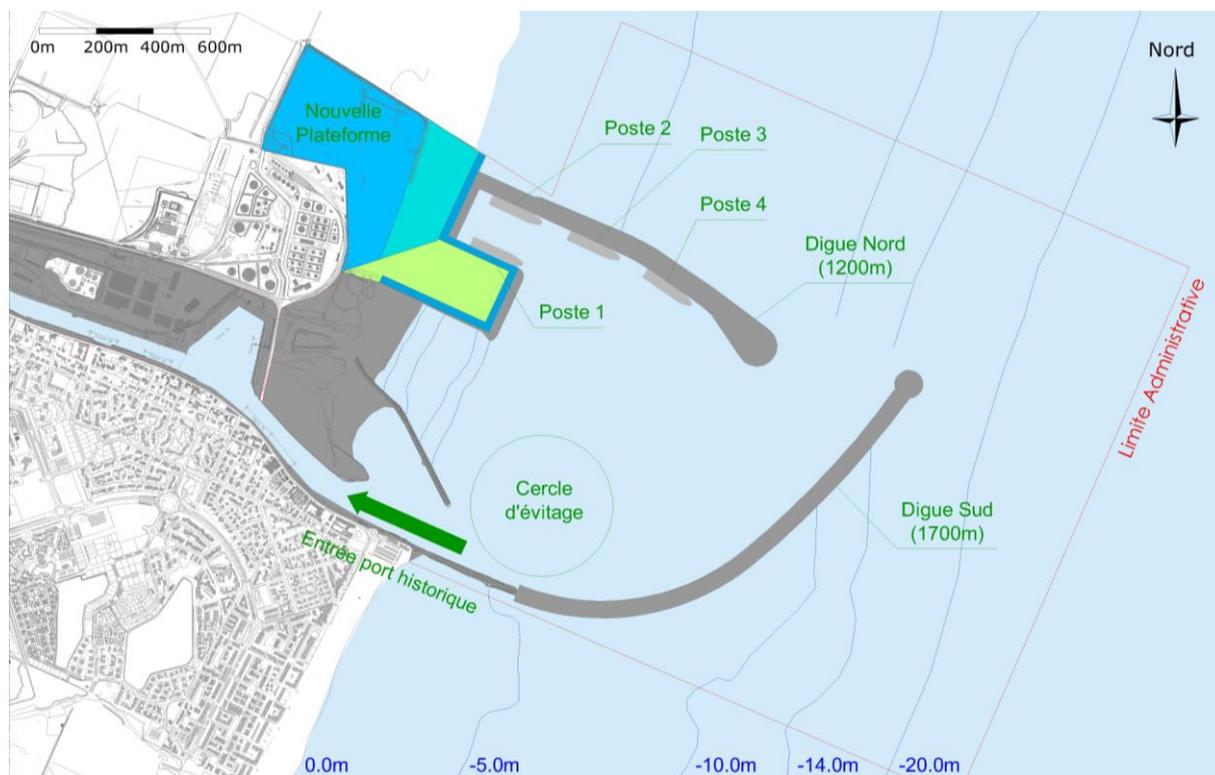


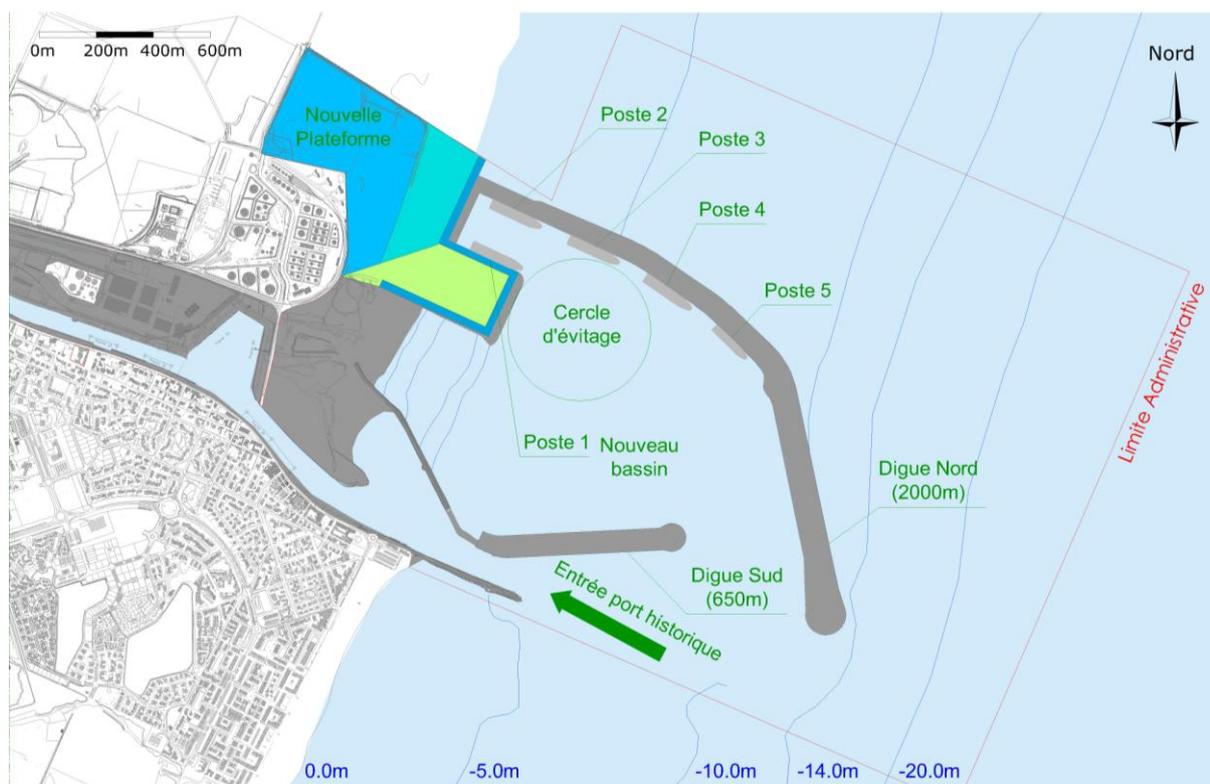
Figure 3 : Alternative Grand Port Nord, variante entrée Nord



3.1.2 Alternative Port à double entrée

La deuxième solution d'aménagement (alternative 3b) se distingue des autres par la création d'une nouvelle entrée portuaire et d'un nouveau bassin indépendant. Comme dans le cas de l'alternative Grand Port Nord entrée Sud, la nouvelle digue Nord ferait 2000m de long. Par contre la jetée Sud existante ne serait pas rallongée pour conserver la même passe d'entrée au port actuel. A contrario, la jetée Nord existante, elle, serait prolongée par un nouvel ouvrage, une digue Sud, d'environ 650m pour protéger le nouveau bassin créé.

Figure 4 : Alternative 3b, Port à double entrée



3.1.3 Alternative Très Grand Port Nord et Est

La troisième solution d'aménagement, Très Grand Port Nord et Est (alternative 3c), est plus ambitieuse que les précédentes en ceci que le nouveau bassin créé est beaucoup plus important. De même que dans les alternatives précédentes, une digue Nord est créée et la jetée sud existante est prolongée mais avec des dimensions bien supérieures : la digue Nord ferait environ 3000m de long et la jetée Sud serait allongée de 800m.

Dans ce bassin, la distance d'arrêt des navires et leur cercle d'évitage pourraient être supérieurs à ceux nécessités par le navire projet. Ceci signifie que de beaucoup plus grands navires pourraient être accueillis.

Figure 5 : Alternative 3c, très grand port



3.1.4 Le projet présenté dans le dossier de saisine

1000m de quais et/ou appontements seront construits dès la 1^{ère} étape du projet ainsi que 18 hectares de terre-pleins remblayés sur plusieurs mètres de hauteur.

3.1.5 Les coupes d'ouvrages de l'étude préliminaire

OCEANIDE a étudié et testé en cuve à houle des sections d'ouvrages de digues à talus. Les études de Maîtrise d'œuvre qui suivront conduiront certainement à une optimisation du plan masse et des profils qui dépendra précisément des données concernant les caractéristiques, les disponibilités, les coûts des matériaux de construction disponibles, les modes et moyens d'approvisionnement, l'impact des approvisionnements.

Figure 6 : Exemple de digue à talus

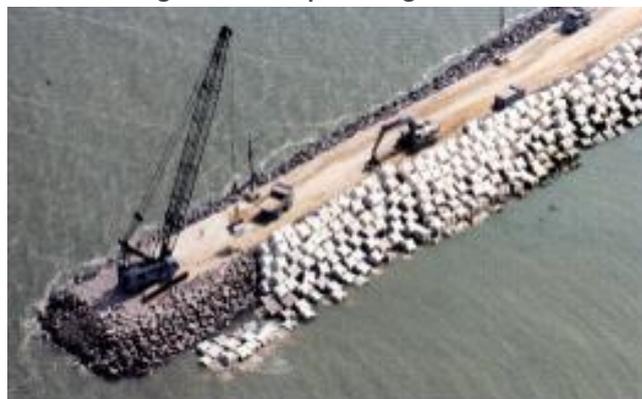
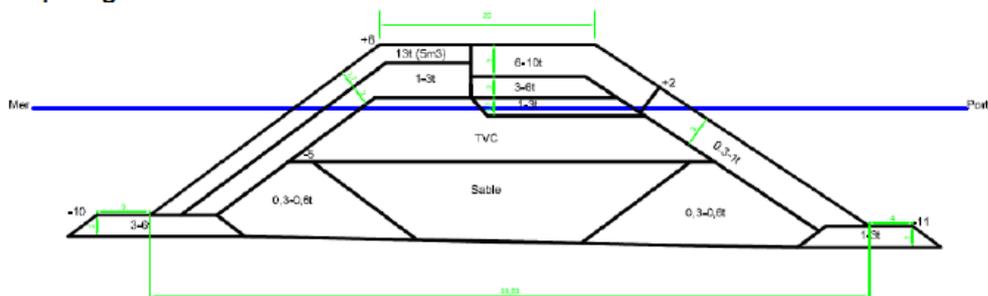
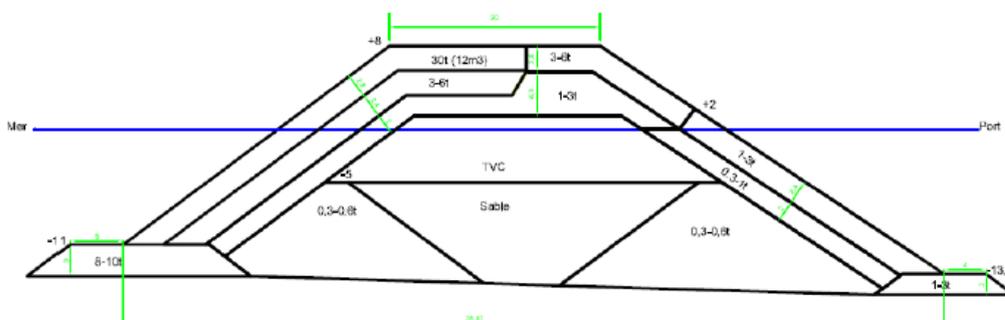


Figure 7 : Plans en coupe des digues à talus du projet

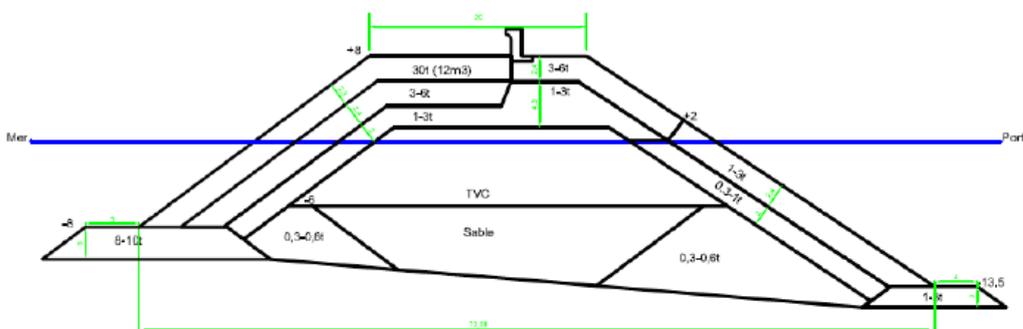
Coupe digue Sud



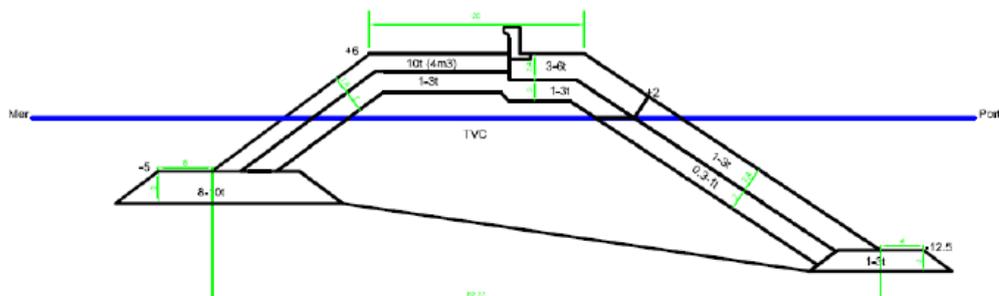
Coupe digue Nord grande profondeur



Coupe digue Nord moyenne profondeur



Coupe digue Nord faible profondeur

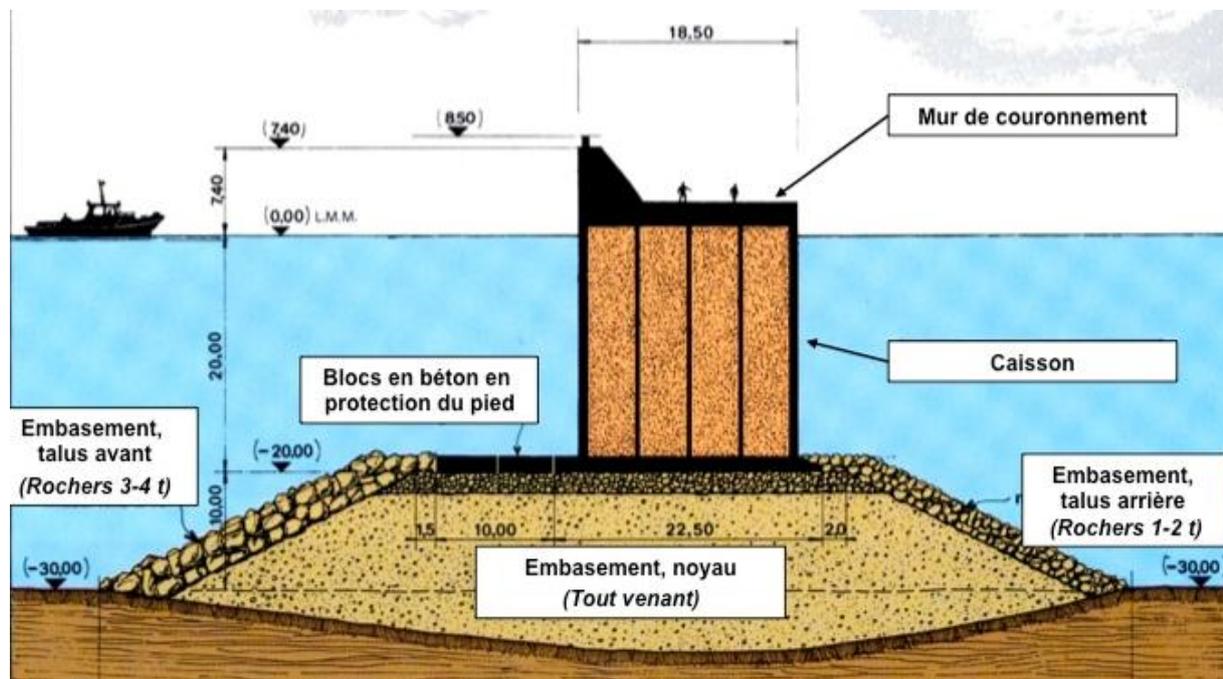


Source : Océanide

3.1.6 Les variantes possibles

Il est possible, pour les fonds de moyenne à grande profondeur, de proposer une variante de digue en caisson, plus économe en matériaux et permettant de minimiser les apports par voie terrestre.

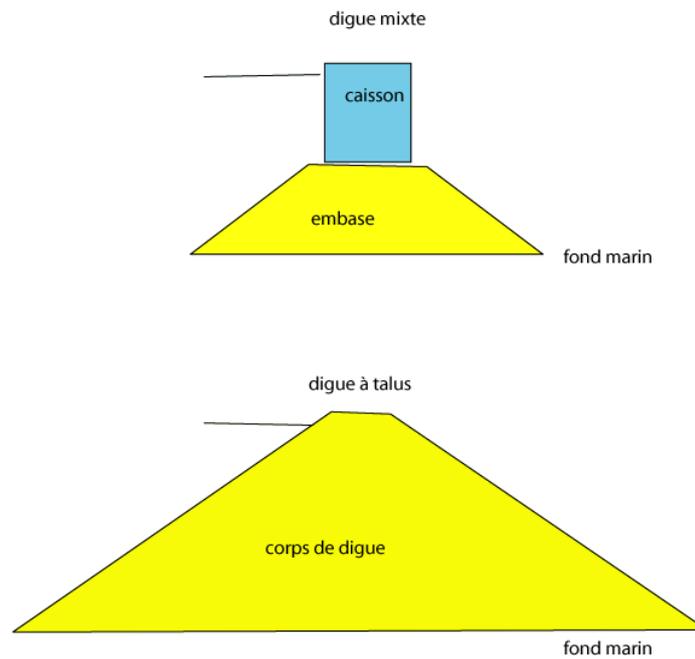
Figure 8 : Schéma de digue à parois pleines



Ce type d'ouvrage (exemple ci-dessus –digue de Gênes) est constitué d'un caisson creux en béton, construit dans un site de préfabrication qui peut être proche ou éloigné du site de mise en place, transporté par flottaison, échoué en place par remplissage d'eau de mer puis lesté par substitution de matériaux de remblais à l'eau de mer. A Port la Nouvelle, si une solution de ce type était retenue, les caissons pourraient être remplis avec les matériaux provenant des dragages d'approfondissement des bassins. La partie supérieure du caisson (dalle de fermeture et mur de couronnement) est ensuite réalisée en place.

Le croquis ci dessous montre schématiquement que pour une même profondeur, le volume global de matériaux pour une digue verticale est inférieur à celui nécessaire pour une digue à talus. Le volume de matériaux d'une digue à talus est plus ou moins proportionnel au carré de sa hauteur. A contrario, le coût de construction d'un caisson est élevé mais il est lesté avec des matériaux à faible coût et nécessite des apports de matériaux de carrière plus faibles pour son embase, dont l'emprise sur le fond est d'ailleurs plus faible.

Figure 9 : Schémas de digue mixte et digue à talus



Source : CATRAM

3.1.7 Autres types de digues de protection

Pour mémoire, des ouvrages de type écran vertical ou digue flottante peuvent être utilisés dans certaines conditions mais ne sont absolument pas adaptés au site de Port-La Nouvelle.

Les écrans verticaux sont adaptés à des protections de plan d'eau de faible profondeur. Les digues flottantes (très chères) sont adaptées pour des protections de plans d'eau lorsque la profondeur d'eau est très importante. Elles nécessitent des solutions d'arrimage complexes.

3.2 Quantités et qualité des matériaux à mettre en œuvre

Les quantités de matériaux qui sont données ci-dessous le sont pour le projet présenté dans le dossier de saisine de la CNDP. Ce projet est l'alternative 3 ASud (Grand Port Nord entrée Sud), mais limitée à des navires de 11,6m de tirant d'eau. Ce projet nécessite la construction de 2 160ml de digue Nord par des fonds allant jusqu'à -15m et 720m de prolongation de digue Sud allant jusque dans les fonds de -10m.

Ces quantités correspondent à des estimations préliminaires et doivent être considérées comme des ordres de grandeur, elles sont issues des études de la société Océanide. Les quantités précises ne seront déterminées qu'à l'issue des études de maîtrise d'œuvre.

Les matériaux devront être adaptés pour que la mise en œuvre soit facilitée et que la durabilité des ouvrages soit assurée dans les conditions difficiles de l'environnement marin. L'enquête menée auprès des carriers a donc précisé les caractéristiques minimum demandées pour les matériaux (densité, résistance à l'abrasion, résistance à la compression, non gélivité, indice de continuité...).

3.2.1 Mise en place des enrochements

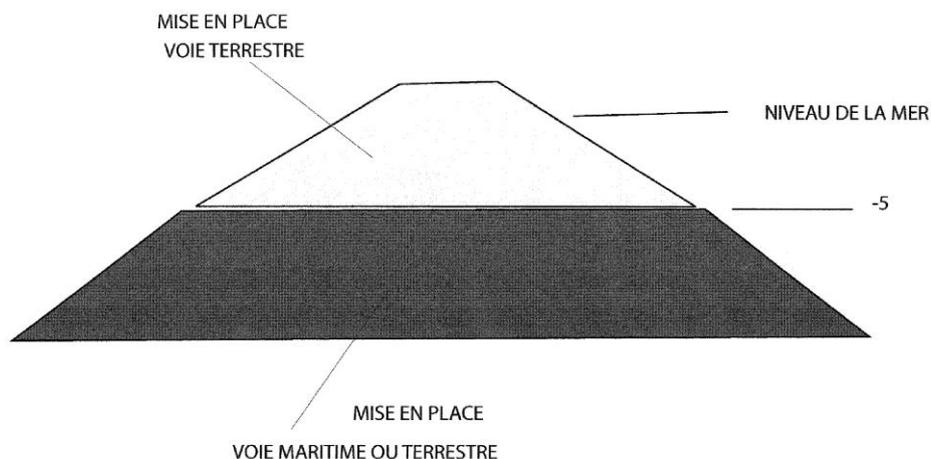
S'agissant d'ouvrages maritimes, deux modes de mise en œuvre peuvent s'envisager :

- par voie terrestre
- par voie maritime (la voie maritime étant imposée pour une digue foraine).

Sur une digue à talus, la mise en œuvre du noyau de digue en enrochements ou des embases de quai ou de caissons en tout venant rocheux de carrière peut se faire entièrement par voie terrestre. Toutefois, il peut apparaître plus intéressant, tant sur le plan économique que pour éviter des transits de camions trop importants sur les routes et en ville, de mettre en place une partie des matériaux par voie maritime. Ceci présente par ailleurs l'intérêt d'augmenter le rayon de la zone d'approvisionnement et de pouvoir diversifier les fournisseurs.

Le clapage de la partie sous-marine des noyaux ou embase d'ouvrages peut se faire jusqu'au niveau -5 m environ, avec des chalands à clapets classiques. Au-dessus de -5m, les chalands ne passent plus.

Figure 10 : Schéma de la répartition des matériaux suivant le mode d'approvisionnement



Source : CATRAM

3.2.2 Projet de base – digue à talus

Les avants métrés réalisés par OCEANIDE sont résumés et arrondis dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Avant-métrés du projet avec des digues à talus

Description	Quantité
Béton pour blocs artificiels	350 000 m ³
enrochements 6 à 10 tonnes en talus	240 000 t
enrochements 3 à 6 tonnes en talus	370 000 t
enrochements 1 à 3 tonnes en talus ou filtres	800 000 t
enrochements 0,3 à 0,6t et 0,3 à 1 tonnes en massifs de pieds de digue	1 100 000 t
Tout venant de carrière (TVC) 1 à 500kg en corps de digue	1 300 000 t
Sable (origine dragage à priori) entre les massifs de pieds	440 000 m ³

Ce sont a priori de l'ordre de :

- 1,4 Millions de tonnes d'enrochements calibré entre 1 et 10 tonnes (enrochements de protection de talus ou couches filtre) et 1,3 Millions de tonnes de TVC (tout venant de carrière) qui seront à mettre en place par voie terrestre **soit un total de 2,7Mt** ;

- **1,1 millions** de tonnes d'enrochements de 0,3/0,6t et 0,3/1t, constituant les massifs de pieds qui pourront être approvisionnés par voie maritime et clapés.

De même le sable du noyau et sera déversé par voie maritime, en provenance directe des dragages.

Ainsi, la répartition probable, selon les répartitions précédentes, sera la suivante par type de transport:

Tableau 2 : Répartition par type de transport pour des digues à talus

Description	Quantité
Matériaux de carrière mis en place par voie terrestre	2,7 M tonnes
Matériaux de carrière mis en place par voie maritime	1,1 M tonnes

Ces quantités sont des évaluations sommaires mais qui donnent les ordres de grandeur en fonction de la nature des matériaux à mettre en œuvre.

A ces quantités s'ajouteront les bétons nécessaires aux ouvrages de génie civil portuaire dont la structure n'a pas encore été étudiée. Une structure de type paroi moulée de 500m de longueur et 25m de hauteur représenterait 12500m³ de béton donc l'équivalent en volume en granulats. C'est 4% du volume de béton nécessaire pour la fabrication des blocs artificiels de la digue.

Dans la solution de base, le volume de granulats béton restera donc a priori inférieur à 400 000 m³.

Il y a lieu à ce stade de remarquer que les enrochements calibrés de plus d'une tonne représentent 30% du volume total. L'ensemble des enrochements calibrés correspond à 70% du volume total. Cela peut poser un problème d'équilibre de la production des carrières dont il est généralement difficile d'extraire plus de 15 % à 20% d'enrochements calibrés. Il y a là un risque de renchérissement des coûts unitaires du fait de la nécessité de stockage de tout venant excédentaire pour certaines carrières qui n'en auraient pas un usage immédiat par ailleurs. Ce problème doit également entrer en considération pour les concepteurs, qui devront rechercher des structures de digues utilisant au mieux l'ensemble des matériaux extraits des carrières ou proposer, notamment pour les catégories les plus élevées, des enrochements artificiels en béton (à distinguer des blocs artificiels de carapace type Acropode ou blocs cubiques rainurés). Les gros enrochements naturels sont en effet difficiles à obtenir (risque de fronts de tir non abattus et dangereux à évacuer) et à manipuler en carrière, et sont ensuite compliqués à transporter de manière économique. Leur prix de revient à la tonne est donc élevé.

3.2.3 Variantes digue mixte

Une digue mixte serait logiquement constituée par un tronçon de digue à talus pour les faibles profondeurs, (600 à 800 premiers mètres proches de la cote) et d'une digue verticale en caissons

béton pour les profondeurs moyennes à grandes. Le choix de la profondeur de transition résulte d'une analyse économique et dépend du coût unitaire des matériaux de carrière. Il dépend également de conditions techniques : le tirant d'eau d'un caisson (hors couronnement réalisé en place) étant de l'ordre de 50 à 60% de sa hauteur, son transport et son échouage sur une embase réglée en enrochements, nécessiteront une profondeur minimale que nous supposerons égale à 8m.

Avec une embase de 2m de hauteur, 6m d'eau permettront d'échouer des caissons de 10m de hauteur, dont la crête après échouage sera à +4m. Le couronnement du caisson, dont la conception sera liée aux franchissements admissibles selon le tronçon, sera ensuite coulé en place.

Tableau 3 : Avant-métrés du projet comparaison digues mixtes/à talus

Description	Quantités digues mixtes	Quantités digues à talus
Béton pour blocs artificiels	25 000 m3	350 000 m3
Béton pour caisson	175 000 m3	
enrochements 6 à 10 tonnes en protection du tronçon de digue à talus	50 000 t	240 000 t
enrochements 3 à 6 tonnes en protection du tronçon de digue à talus	50 000 t	370 000 t
enrochements 1 à 3 tonnes en protection du tronçon de digue à talus ou couche filtre	150 000 t	800 000 t
enrochements 0,3 à 0,6t et 0,3 à 1 tonnes en massif de pieds du tronçon de digue à talus	150 000 t	1 100 000 t
Tout venant de carrière (TVC) 1-500kg (<i>somme de 500 000 tonnes pour le tronçon de digue à talus et 400 000 tonnes en couche de réglage de soubassement des caissons.</i>)	900 000 t	1 300 000 t
Sable de remplissage caissons (origine dragage à priori)	300 000 m3	440 000 m3

On voit que cette variante caisson conduit à une production de matériaux rocheux de carrière 3 fois plus faible qu'en solution de base. Par ailleurs, on se rapproche du ratio de production en carrière d'enrochements calibrés par rapport au tout venant, ce qui devrait améliorer les coûts de fournitures d'enrochements.

Tableau 4 : Répartition par type de transport comparaison digues mixtes/à talus

Description	Quantités digues mixtes	Quantités digues à talus
Matériaux de carrière mis en place par voie terrestre	0,75 M tonnes ¹	2,7 M tonnes
Matériaux de carrière mis en place par voie maritime	0,55 M tonnes ²	1,3 M tonnes

Pour la digue mixte, les 0,75 M t mises en place par voie terrestre du tableau ci-dessus correspondent aux 500 000 t de TVC pour le premier tronçon de digue à talus + 250 000t d'énrochements de protection ou filtre. Les 550 000t mises en place par voie maritime sont la somme arrondie des 400 000 tonnes de TVC de couche de réglage et de 150 000t de massifs de pied du tronçon de digue à talus.

Dans cette variante digue mixte, la construction des caissons peut être réalisée à distance ou sur place, dans un environnement portuaire dans une forme de radoub, sur dock flottant ou lancé depuis une plage. Les granulats correspondants (175000m³) peuvent donc avoir une provenance extra régionale.

3.2.4 Volume de dragage

Une estimation sommaire du volume de dragages nécessaires pour l'approfondissement du chenal, des bassins, darse et zone d'évitage monte que le volume de matériaux extrait sera de 3 à 3,5Mm³. Ces travaux devraient pouvoir s'effectuer en simultanéité avec l'avancement du reste du chantier.

3.2.5 Remblais de terre-pleins

La première phase de réalisation de l'extension comprend un aménagement de 18ha de terre-plein. L'emplacement de ces terre-pleins correspondent à des surfaces naturelles dont la cote est au niveau zéro ou légèrement au-dessus du niveau de la mer. Un remblai de 4m d'épaisseur nécessitera une quantité de matériaux de remblais de l'ordre de 1Mm³.

¹ Ce qui correspond au tronçon de la digue à talus, comprenant 500 000 t de tout-venant et 250 000 t d'énrochement

² 400 000 tonnes de TVC de couche de réglage et de 150 000t de massifs de pied du tronçon de digue à talus

3.3 Les cadences de fournitures pour le chantier

3.3.1 Planning de réalisation

Les travaux devraient être réalisés sur une période de 3 ans dont 30 mois environ pour la construction de la digue. On peut prendre l'hypothèse que la plus grosse partie des enrochements, qui forment le corps de digue et les sous-couches de carapace, devront être réalisés en 24 mois.

L'hypothèse d'un marché de fourniture séparé est difficile à imaginer, compte tenu de la probabilité importante de variantes d'entreprise lors des consultations. Dans cette hypothèse vraisemblable où aucun stockage de matériaux sur site n'est effectué préalablement au marché de construction, les cadences d'approvisionnement sont à calculer pour une durée de livraison de 2 ans.

3.3.2 Cadences de fourniture

3.3.2.1 Hypothèse digue à talus

Il faudra donc approvisionner le chantier à la cadence minimum de 110 000 tonnes/mois pour les matériaux mis en œuvre par voie terrestre, et 55 000 tonnes/mois par voie maritime.

Si les matériaux mis en œuvre par voie maritime sont chargés à Port La Nouvelle, c'est 165000t/mois minimum (somme des matériaux mis en œuvre par voie terrestre et voie maritime) qui transiteront à PLN soit 7500t/jour. Cela représenterait **500 voyages de camions de 15t de charge par jour ouvré (soit 1000 passages, un voyage ayant un aller chargé et un retour vide)**.

Si le chargement des matériaux mis en œuvre par voie maritime est effectué dans un autre site, cette cadence de voyages de camions/jour à PLN est réduite d'un tiers, ramenant la cadence à **340 voyages/jour**.

3.3.2.2 Hypothèse digue mixte

Dans le cas d'un projet de digue mixte, le tronçon de départ à talus peut être exécuté indépendamment du tronçon de digue en caissons. Il faut toutefois faire assez vite la jonction avec les premiers caissons échoués pour avancer le travail de dalle et couronnement. Un tonnage global de 800 000 tonnes peut être réalisé en un an environ soit une cadence moins de deux fois inférieure à la précédente, pendant un an. (200 camions/jours si les chalands sont chargés à PLN, 130 camions/jours s'ils sont chargés dans un autre port).

3.4 Le cas des autres alternatives

Les quantités de matériaux à mettre en œuvre dans les différentes alternatives « Grand Port » telles que présentées au débat public suite aux évolutions du projet, et notamment du navire projet, devraient être un peu supérieures en quantité, mais rester dans le même ordre de grandeur³, avec des cadences de mise en œuvre similaires. Les considérations précédentes sont donc communes aux différentes alternatives.

L'alternative « Très Grand port », compte tenu de l'allongement de la digue Nord de 800m et de la digue Sud de 200m, dans des fonds plus importants, devrait entraîner une consommation de matériaux supplémentaires que l'on peut sommairement estimer à 35/40%. La justification d'une solution de digue mixte serait alors renforcée compte tenu de l'augmentation moyenne de la profondeur de fondation. La part relative de matériaux mis en œuvre par voie maritime serait donc largement augmentée. Le délai de réalisation serait probablement en augmentation pour conserver des cadences d'alimentation équivalente aux alternatives précédentes.

³ Dragages approfondis, et donc plus de matériaux de dragages disponibles, mais besoins supplémentaires pour les infrastructures du fait de leur fondation à des plus grandes profondeurs.

4 Origine des matériaux

4.1 Les carrières « locales »

4.1.1 Données de l'étude ACR de 2011

L'étude ACR réalisée durant l'été 2011 analyse les résultats d'un questionnaire envoyé aux carrières se trouvant dans un rayon de 100km autour de Port-La Nouvelle. Seules 7 entreprises ayant répondu, les conclusions de l'étude se limitent aux solutions d'approvisionnement depuis ces 7 carrières. Il est fait mention d'autres carrières mais sans indications sur leurs capacités de production, notamment :

- ⇒ La carrière Razel à Caves : en sommeil, exploitée à la demande pour de gros chantiers.
- ⇒ Les carrières de la société Vaills en France et en Espagne.
- ⇒ Des carrières supplémentaires de la société SC113 : Roquefort, Caves et Gléon.
- ⇒ L'extension de la carrière de la cimenterie Lafarge à Port-La Nouvelle avec la société Lavoye.

Figure 11 : Situation des 7 carrières de l'étude ACR



Source : CATRAM

Tableau 5: Capacité de production des 7 carrières

Fiche	Lavoye - La Palme	Razel Matériaux - Caves	SC 113 - Montredon	La Provençale - Espira de l'agly	Les Roches bleues - St Thibéry	Aude Agrégats - Lastours	Roussillon Agrégats - Thuir
Autorisation annuelle (t/an)	150 000	1 000 000	1 000 000	850 000	800 000	300 000	1 000 000
Production annuelle totale (t/an)	150 000	500 000	900 000	630 000	800 000	300 000	800 000
Production enrochement (t/an)	22 500	75 000	135 000	94 500	120 000	45 000	120 000
Capacité de stockage (t/an)	22 500	50 000	200 000	0	-	50 000	120 000
Capacité de livraison (t/j)	1500 à 2000	2 000	8 000	5 000	-	-	4 000

production sous traitée

Source : ACR

Tableau 6: Tarifs (€/tonne) des 7 carrières

Fiche	Lavoye - La Palme	Razel Matériaux - Caves	SC 113 - Montredon	La Provençale - Espira de l'agly	Les Roches bleues - St Thibéry	Aude Agrégats - Lastours	Roussillon Agrégats - Thuir
5kg/50kg	10.00	/	14.00	/	17.00	/	11.00
50kg/100kg	9.50	/	14.00	/	17.00	/	11.00
100kg/500kg	9.00	/	14.00	/	16.00	/	11.00
500kg/2t	8.80	/	12.50	/	14.00	8.00	11.00
1t/3t	8.70	/	12.50	/	14.00	8.00	10.00
2t/5t	8.90	/	12.50	/	14.00	8.00	10.00
5t/7t	12.00	/	15.00	/	14.00	8.00	10.00
8t/10t	14.00	/	15.00	/	14.00	8.00	10.00
6/16 et 16/22	12.00	/	11.00	/	14.00	/	12.00

Source : ACR

Tableau 7: Tarifs rendu chantier (€/tonne, incluant le coût du transport des 7 carrières à Port-La Nouvelle)

Fiche	Lavoye - La Palme	Razel Matériaux - Caves	SC 113 - Montredon	La Provençale - Espira de l'agly	Les Roches bleues - St Thibéry	Aude Agrégats - Lastours	Roussillon Agrégats - Thuir
Distance (km)	11	15	41	56	74	79	83
5kg/50kg	21.00	/	25.00	/	36.50	/	30.50
50kg/100kg	20.50	/	25.00	/	36.50	/	30.50
100kg/500kg	20.00	/	25.00	/	35.50	/	30.50
500kg/2t	19.80	/	23.50	/	33.50	27.50	30.50
1t/3t	19.70	/	23.50	/	33.50	27.50	29.50
2t/5t	19.90	/	23.50	/	33.50	27.50	29.50
5t/7t	23.00	/	26.00	/	33.50	27.50	29.50
8t/10t	25.00	/	26.00	/	33.50	27.50	29.50
6/16 et 16/22	23.00	/	22.00	/	33.50	/	31.50

Source : ACR

Conclusions de l'étude ACR (basée sur ces seules réponses) :

- La capacité de production cumulée des 7 carrières étant de 612 000 t d'enrochement, et le chantier réclamant 1,5Mt d'enrochement, l'approvisionnement du chantier devrait s'étaler sur environ 3 années.
- La capacité de stockage cumulée des 7 carrières étant de 442 500t, et le chantier réclamant 1,5Mt d'enrochement (le reste étant produit à flux tendus), le chantier devra pouvoir stocker environ 1Mt d'enrochement, soit environ 3 ans de production.
- Il pourrait être intéressant de fabriquer les enrochements 5t-10t en blocs artificiels près du chantier pour n'avoir que le coût d'acheminement des coupures béton et non des blocs mais la comparaison n'est pas possible sans le coût de fabrication des blocs préfabriqués que l'étude ACR ne donne pas.

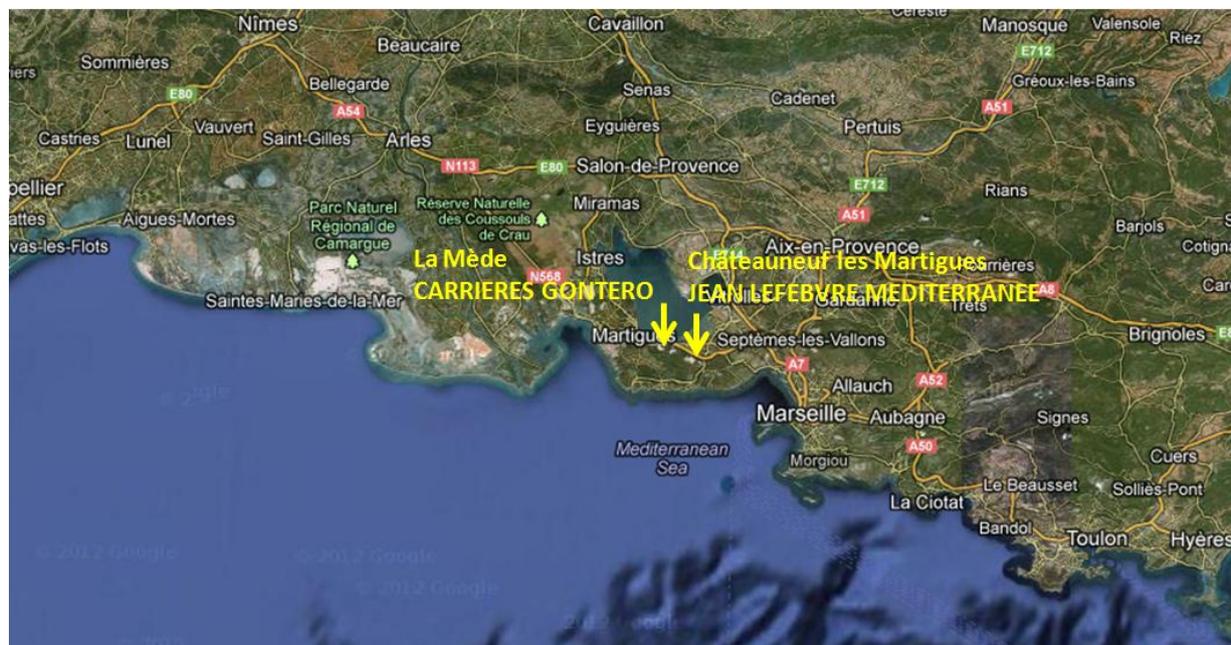
4.1.2 Informations complémentaires de juillet 2012

4.1.2.1 UNICEM

L'assistant à maîtrise d'ouvrage de la région LR (groupement CATRAM-OCEANIDE-INTERVIA-Com.Une.Exception) a rencontré des responsables de l'UNICEM régional à Montpellier. Suite à cet entretien, le syndicat a lancé une enquête auprès de ses adhérents et a fourni des informations globales, pour des qualités d'enrochement (densité, résistance à l'abrasion,...) adaptées aux ouvrages maritimes.

L'enquête de l'UNICEM a reçu la réponse de 4 entreprises qui n'avaient pas été consultées par ACR et de 3 entreprises qui l'avaient été : Caves-Razel, La Palme ou Roquefort des Corbières – Lavoye, Montpins ou Espira de l'Agly – La Provençale. Ces sept entreprises regroupent 13 carrières, localisées sur les cartes ci-dessous (deux se trouvent près de Marseille), soit 6 de plus que l'étude ACR.

Figure 12 : Situation des 13 carrières de l'enquête UNICEM



Source : CATRAM

Les deux tableaux suivants donnent les volumes par catégories qui pourraient être approvisionnés par voie terrestre ou par voie maritime.

Tableau 8: Quantité de fourniture envisageable par voie terrestre (tonnes/an)

	sans modification des arrêtés préfectoraux d'autorisation	compléments envisageables en cas de modification d'arrêtés préfectoraux
ENROCHEMENT	1 080 000	380 000
5 kg – 500 kg		
ENROCHEMENT	360 000	110 000
500 kg – 2 T		
ENROCHEMENT	243 000	70 000
2 T – 5 T		
ENROCHEMENT	79 000	15 000
5 T – 10 T		
TOTAL ENROCHEMENT	1 762 000	575 000
GRANULATS POUR BETON	850 000	150 000

Source : UNICEM

Tableau 9 : Quantité de fourniture envisageable par voie maritime (tonnes/an)

	sans modification des arrêtés préfectoraux d'autorisation	compléments envisageables en cas de modification d'arrêtés préfectoraux
ENROCHEMENT	420 000	0
5 kg – 500 kg		
ENROCHEMENT	230 000	0
500 kg – 2 T		
ENROCHEMENT	195 000	0
2 T – 5 T		
ENROCHEMENT	165 000	0
5 T – 10 T		
TOTAL ENROCHEMENT	1 010 000	0
GRANULATS POUR BETON	450 000	0

Source : UNICEM

Pour la voie maritime, les points de chargement envisagés seraient Marseille/Fos-sur-Mer et Sète.

4.1.2.2 BRGM

Le consultant a rencontré également le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM). L'entretien a permis de préciser que les capacités d'ouverture de carrières nouvelles sont problématiques et que les besoins du chantier devront être couverts par les carrières en cours d'exploitation. Des extensions ponctuelles d'autorisation d'exploitation seront éventuellement possibles et à demander à la DREAL.

Des pistes pourraient opportunément s'ouvrir avec l'utilisation de matériaux extraits lors de percements de tunnels pour le chantier de la Ligne à Grande Vitesse Montpellier-Perpignan. Toutefois, cela nécessiterait une simultanéité et une proximité des chantiers du site des travaux ou d'un site de chargement portuaire ce qui n'est pas du tout une certitude aujourd'hui.

4.1.2.3 Autres entreprises

L'entreprise LAVOYE a été rencontrée à Port La Nouvelle par le Consultant. Selon le responsable de l'entreprise une opportunité intéressante pourrait être l'obtention d'une autorisation d'extension de la carrière LAFARGE sur des terrains appartenant à la ville de PLN.

Une telle solution permettrait l'approvisionnement de la totalité des matériaux nécessaires au chantier, sur une carrière située à proximité immédiate (moins de 3km) du lieu de mise en œuvre. Par ailleurs, la carrière est actuellement exploitée par le cimentier qui dispose d'une zone de stockage importante lui permettant, au moment opportun, d'accroître sa production et de stocker les enrochements calibrés plutôt que de les concasser. Il se réserverait alors les excédents de TVC pour la production de ciment, qui est son activité normale.

4.2 Les carrières extérieures à la Région

Comme il a été vu plus haut, entre 0,5 et 1,3M tonnes de matériaux de carrière peuvent être mis en place par voie maritime. La mise en œuvre se fait par clapage avec des chalands de plusieurs milliers de tonnes de capacité et à fonds ouvrants. Ces chalands peuvent être chargés à Port-La Nouvelle, à Sète ou Port-Vendres, à partir d'une carrière de proximité. Mais les matériaux peuvent aussi provenir de zones limitrophes à la région, que ce soit Toulon ou l'Espagne. En effet, le coût additionnel lié à la distance de transport maritime par grosses masses est faible, et des opportunités peuvent être exploitées par les entreprises intéressées par ces travaux portuaires.

4.2.1 Carrières espagnoles

De nombreuses carrières (Vilajuiga, Llers, Vilarnadal, La Junquera, ...) sont en activité le long de la côte espagnole méditerranéenne. La conjoncture locale morose et la taille du projet peuvent être une

incitation à une concurrence importante de la part des espagnols pour la fourniture de matériaux à des prix tout à fait compétitifs, compensant le surcoût de transport lié à l'éloignement.

Les carrières espagnoles voisines de la frontière peuvent utiliser des appontements de chargement proches : à Cerbères, Rosas ou Llança.

Il existe également des carrières de granit proches de Palamos, plus au Sud.

4.2.2 Toulon-Brégaillon

Les carrières de la région de Toulon ont été sollicitées pour des travaux du Port de Monaco situé à plus de 100 km par la mer. Des centaines de milliers de tonnes ont été acheminées par des barges de 1500 et 2500 tonnes depuis un appontement spécialement aménagé existant sur le port de La Seyne-Bregailion à la cadence de 80 000 tonnes par mois en provenance de la carrière SOMECA de Le Revest, située à 12 km de l'appontement.

Les carrières qui pourraient subvenir à tout ou partie des besoins en matériaux du projet de PLN pourraient parvenir de même d'une ou plusieurs carrières suivantes :

LAFARGE :

- Blocs enrochements sélectionnés :
 - ⇒ Toulon : 50 000t/an
 - ⇒ Marseille : 50 000t/an
- Tout venant 20/500kg :
 - ⇒ Toulon: 300 000t/an
 - ⇒ Marseille : 600 000t/an

SOMECA

- Tout venant et enrochements :
 - ⇒ Le Revest (Toulon) : 1 000 000t/an

4.2.2.1 Enrochements

Les résultats de l'enquête UNICEM auprès des adhérents montre que la capacité des carrières régionales est suffisante pour assurer l'approvisionnement - par voie terrestre et par voie maritime, et pour chaque catégorie d'enrochements - dans la configuration la plus consommatrice (digue à talus).

L'aspect économique imposera peut être de favoriser l'obtention d'autorisations préfectorales temporaires additionnelle, pour les carrières les plus proches du site ou des lieux de chargement.

4.2.2.2 Variante enrochements béton

Nous avons vu que l'équilibre du rapport enrochements calibrés/ tout venant n'était pas conforme au ratio habituellement obtenu en carrière.

Par ailleurs, la fourniture d'enrochements de catégories élevées sera difficile à obtenir dans la plupart des carrières et seront d'un coût élevé à produire et à transporter.

Il est possible de suppléer à ces difficultés en fabricant des enrochements béton.

A titre d'exemple, les catégories 2/5tonnes et une partie des 1/3tonnes des couches de protection ou filtres des talus, les massifs de pied en 0,5/2t du chantier du terminal pétrolier d'Antifer (1972/1975) ont été réalisées avec succès en enrochements béton. Ces enrochements béton ont permis de réaliser une substantielle économie par rapport aux enrochements de carrière qui n'étaient pas disponibles en qualité et quantité suffisantes à proximité immédiate. La carrière locale, ouverte dans la falaise a seulement permis la réalisation du corps de digue et de la couche filtre en 0,5/2t et un peu de 1/3t silico calcaire de densité faible ($d=2$ peu intéressante pour les travaux à la mer).

Les enrochements béton d'Antifer ont été réalisés par coulage de béton en grande masse dans des tranchées de 4m de largeur, 1m à 1,2m de profondeur et 100m de longueur, perforée à 24h et explosées à 7 jours selon des techniques mises au point sur chantier (maillage de la perforation, dosage d'explosifs, utilisation de micro retards) permettant d'obtenir exactement les catégories demandées avec un pourcentage de déchet très faible.

De plus, le site présente la caractéristique d'être à proximité immédiate de deux acteurs de l'industrie cimentière : Lafarge avec une usine à moins de 3km du port et Carayon avec deux silos béton sur le port actuel. Ces installations favoriseront certainement les solutions consommatrices de béton (que ce soit pour des blocs artificiels ou des caissons) en ceci que le coût d'approvisionnement des matériaux de construction sera forcément très compétitif.

4.3 Les matériaux de dragages

Le volume de matériaux à draguer pour assurer la profondeur de projet pour le chenal d'accès et les bassins de la future extension devrait être de l'ordre de 3 à 3,5 millions de m³.

Ce volume, pour autant que les matériaux concernés soient utilisables en remblais et que le phasage soit adapté, ce qui est a priori probable pour la plus grosse part, sera utilisé en priorité pour le corps de digue à talus et/ou le remplissage des caissons (volume total nécessaire inférieur à 500 000m³). Le solde sera utilisé en remblai pour la constitution de terre-pleins (environ 1Mm³ pour la première phase) et l'excédent mis en dépôt.

Le volume disponible est donc supérieur aux besoins immédiats de la première phase. Les excédents pourront être stockés à terre sur de futures zones de remblais ou mis en place dans les zones d'érosion potentielles du littoral impacté par l'extension.

5 Impact des approvisionnements

Il faut bien entendu commencer par énoncer une évidence : les impacts liés à la production et à l'approvisionnement en matériaux seront minimisés si l'on favorise les solutions qui conduisent aux quantités de matériaux les moins élevées et aux emprises de digues et terre-pleins minimums. Dans ce sens, une digue mixte est mieux adaptée qu'une digue à talus sur toute la longueur.

Impacts sur l'économie

L'extraction des matériaux des carrières régionales aura un impact positif sur l'activité économique de la région (extraction et transport). Celui-ci sera d'autant plus élevé que le volume qui en sera extrait au niveau régional sera important. A priori, les prix de transport depuis les carrières les plus proches devant être plus compétitifs, celles-ci devraient être majoritairement sollicitées ce qui renforcera l'impact positif au niveau local. L'impact devrait donc être plus important au plus près du projet et aller décroissant en s'en éloignant. Normalement, ce ne serait que si la capacité de production des carrières les plus proches était insuffisante que d'autres carrières seraient sollicitées. Mais la limitation des autorisations annuelles de production de chaque carrière, sauf dispositions spécifiques et ponctuelles pour favoriser les carrières de proximité, imposera probablement la répartition des sources de fournitures. Néanmoins, selon les dispositions prises, notamment concernant la carrière de la cimenterie Lafarge, la plus proche du site, les ressources devraient être suffisantes dans un rayon de 20km pour les matériaux à mettre en œuvre par voie terrestre. L'impact économique positif resterait donc très local.

Impacts sur le transport routier

Comme indiqué précédemment, la fréquence de rotation des camions pour approvisionner le site risque d'être importante. On estime que selon les choix techniques faits, il pourrait y avoir entre 130 et 500 voyages de camions. Les camions repartant vides du site de construction, cela signifierait entre 260 et 1000 passages par jour.

Outre la fréquentation accrue des routes du département, l'effet sera surtout ressenti au niveau de la ville de Port-La Nouvelle. Cette circulation de camions contribuera à :

- la dégradation de la fluidité du trafic : encombrement des routes départementales et des premiers ronds-points pour entrer dans Port-la Nouvelle, ainsi que conflits d'usage avec les camions transportant les marchandises du port de commerce au niveau du seul et unique accès à la zone portuaire ;
- la dégradation de la qualité de l'air : le taux de CO₂ émis dans l'air par les camions sera à calculer précisément en fonction de la distance parcourue.
- la pollution sonore : le bruit généré pourra avoir un effet en termes d'inconfort pour les riverains du port et de la route y menant.

Les solutions apportées pourront être les suivantes :

- rinçage des roues des camions à la sortie des carrières afin de minimiser la diffusion des poussières et des boues;
- lavage des matériaux à la carrière pour éviter les fines et sélection des matériaux pouvant en comporter (tout venant de carrière ou ballastières) de manière à en limiter la proportion : il y aura lieu de vérifier si une coupure de la granulométrie est nécessaire (catégorie 5/500kg plutôt que 0/500kg) ;
- adaptation des horaires de circulation ;
- etc.

Impacts paysagers

Une exploitation soutenue, voire des augmentations d'autorisation d'extraction ou des autorisations nouvelles d'ouverture de carrières peuvent nuire à la qualité du paysage en ce qu'elles entraîneront une mise à nu de nouvelles surfaces dans les carrières existantes. Cependant la réglementation impose des consignes de remise en état des sites exploités et les mesures compensatoires incluant des traitements paysagers et de la replantation de végétation sont déjà prises en compte dans l'exploitation normale des carrières.