Chapitre 4. Planification du Port

4-1 La politique de Développement

4-1-1 La Politique de développement du Port de Toamasina

Le Développement du port de Toamasina sera basé selon les stratégies énumérées ci-après.

(1) Des installations portuaires seront construites de manière à promouvoir l'économie nationale.
(2) Le potentiel de la baie de Toamasina sera pleinement utilisé.
(3) L'amélioration de la productivité sera atteinte.
(4) La sécurité de la navigation maritime doit être atteinte.
(5) La solidité financière de la SPAT doit être maintenue.
(6) Le transfert de technologie et la promotion de l'emploi seront mis en œuvre.
(7) La sauvegarde de l'environnement sera assurée pendant la phase de construction.
(8) La congestion du trafic et la pollution de l'air seront atténuées à la périphérie du port.
(9) L'harmonie entre l'environnement et le développement sera atteinte.

4-1-2 Les Objectifs et les Scénarios

(1) Installations portuaires

Une capacité suffisante et la mise en œuvre rapide sont nécessaires pour assurer le développement économique sain de Madagascar

①La croissance du PIB est estimée a 5~7% par an jusqu'en 2020
②L'augmentation de la cargaison en conteneur correspondant est de 10-13%. En supposant un taux d'augmentation de la conteneurisation du fret de 10%, la demande de manutention pour les marchandises conteneurisées est de 426.000TEU en 2020
③Le vraquier et le cargo général sont projetés à 983.000 tonnes en 2020 (à l'exception de celui d'Ambatovy)

Afin d'éviter les risques d'investissement, un minimum d'infrastructure devrait être installé en 2017. Toutefois, si la croissance du fret est plus rapide que les prévisions, la mise en œuvre des installations supplémentaires devient nécessaire. Pour être prêt dans les deux cas de Figureure, le plan pour 2020 comprenant les installations portuaires supplémentaires devrait être formulé.

(2) Utilisation maximale du Potentiel de la Baie

La baie de Toamasina est abritée par le grand récif et le récif Hastie. Le bassin d'eau a une forme ovale de 2km de grand axe et 1,5km de petit axe. La profondeur du centre du bassin d'eau est de 20m. La côte Ouest de la baie est couverte de sable tandis que du corail est exposé à la partie orientale. La pente au fond de la mer est forte au coté Est. La base secondaire de la superficie de la baie est assez robuste pour soutenir la structure du quai.

Selon la topographie, la bathymétrie et l'utilisation actuelle, la baie peut être divisée en 6 zones;

La zone (C) est celle au bout du quai C3.
La zone (D) est celle du grand récif.
La zone (E) est la plage au bout de la baie.
La zone (F) est celle adjacente à la rue de l'indépendance.
La zone (G) est le plan d'eau en face de la Pointe Tanio.

Parmi elles, la zone (F) au bout de la rue de l'indépendance sera réservée comme espace ouverte aux citoyens pour jouir de la scène et pour faire de la marche.

Celles restantes ont le potentiel de développement pour les quais (Voir Figureure 4-1-1)

Actuellement, les vagues s'introduisent dans l'ouverture de 500m entre le grand récif et le musoir de la digue.

C'est pourquoi la zone (C) doit être développée en premier. Avec la construction de brise-lames pour réaliser le développement de cette zone, (E) peut être développée car l'eau du bassin devient calme. Le développement de la zone (D) est également possible car la distance de séparation entre le grand récif et la digue devient courte. Et il n'y a pas de difficulté pour la construction de brise-lames supplémentaires et de pont pour relier la route à cette zone. Si une digue est construite par le développement de la zone (D), il est possible de développer aussi la zone (G) car elle devient calme.

Il ressort de s raisons ci-dessus que la séquence de développement doit suivre l'ordre (C) -> (E) -> (D) -> (G)

Les caractéristiques et les coûts de développement de chaque zone sont les suivantes.

Zone (C):

A l'origine, la profondeur de la zone (C) est assez suffisante pour construire un quai en eau profonde, mais on a besoin de beaucoup de matériels pour la décharge. Le coût de construction de brise-lames est très cher à cause des hautes vagues à l'ouverture de la mer. Le récif Hastie sera remblayé pour répondre à la demande d'espace pour le parc à conteneur car il est très coûteux de créer un espace pour la manutention des conteneurs derrière le quai.

Tableau 4-1-1 Coût pour le Développement de la Zone (C)

Installation	Echelle	Coût (million d'euros)
Brise-lames	Environ 350m	38
Quai	-14x320m, espace 5ha	61
Parc à conteneurs (Récif Hastie)	10ha	50
Total		149

Zone (E):

Un bassin d'évitage pour manœuvrer le navire est nécessaire dans cette zone. Il sera crée en face du quai et sera dragué jusqu'à – 14m.
Puisque l'espace derrière le quai est assez petit, une zone de sauvegarde sera localisée au récif Hastie. A l'heure actuelle, une certaine partie de la zone est utilisée comme court de tennis et terrain de football. Ceux-ci devraient être déplacés dans la zone (F).

Tableau 4-1-2 Coût pour le Développement de la Zone (E)

Installation	Echelle	Coût (million d'euros)
Quai -14m, -9m, -7.5m	Quai 500m, Protection du littoral 200m	41
Bassin d'évitage	Dragage/remplissage = 1million m3	11
Dallage	4ha	5
Dépôt à ciel ouvert (Hastie)	10ha	50
Total		107

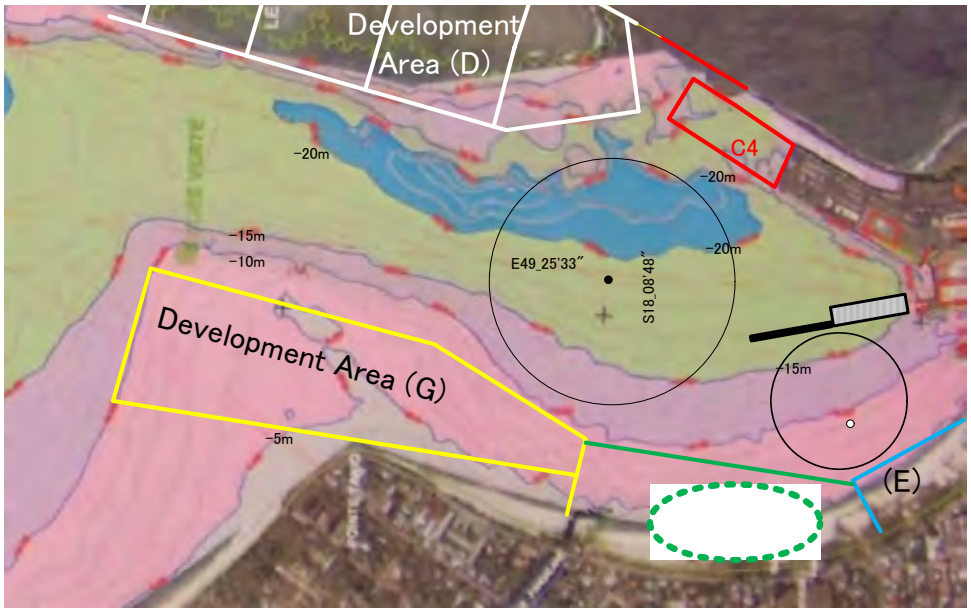


Figure 4-1-1 Zones Potentielles pour le Développement dans la Baie de Toamasina

Zone (D):

Un brise-lames à partir du grand récif et un pont de liaison à la Zone (C) seront construits. Le quai en eau profonde sera construit au côté Ouest du grand récif. Le platier récifal sera remblayé et utilisé pour les parcs à conteneurs. Des vastes terminaux à conteneurs peuvent être établis dans la Zone (D). Le projet peut être exécuté par le système Construction Exploitation Transfert (CET). Toutefois l'initiative de la SPAT est nécessaire. Le brise-lame, la passe et la première étape devraient être effectuées par la SPAT.

Tableau 4-1-3 Coût pour le Développement de la Zone (D)

Installation	Echelle	Coût (million d'euros)
Brise-lames & Pont	Longueur150m, Pont15m	22
Quai -16mx700m	-16mx350m,-16mx350m	88
Parc à conteneurs (Récupération, Dallage)	40ha	120
Accès	200m	3
Total		231

Zone (G) :

Après le développement de la Zone (D), la Zone (G) va devenir calme et est utilisable pour les quais.

Elle sera développée ensemble avec le dragage des canaux.

C'est la zone où l'érosion et la sédimentation se produisent car elle est adjacente à la plage de sable de la côte nord. Le coût pour le développement de cette zone est montré dans le tableau 4-1-4

Tableau 4-1-4 Coût pour le Développement de la Zone (G)

Installation	Echelle	Coût (million d'euros)
Quai -14mx2	-14x700m	50
Protection du littoral	500m	10
Remblayage/Remplissage	Dragage 3.5 million m3	34
Dallage	21ha	24
Total		118

(3) Amélioration de la productivité

(a) Afin d' améliorer la productivité du port, la SPAT devrait encourager le secteur privé à introduire des machines modernes comme les grues portiques, les grues de transfert, les camions bennes, les convoyeurs et les chariots élévateurs.

①L'accélération du traitement de la chromite devrait être réalisée par l'amélioration de la machine de manutention

②Les copeaux de bois devraient être transférés par des convoyeurs à bande à partir de l'aire de stockage à ciel ouvert jusqu'au quai et devraient être chargés par des chargeurs.

(b) Les murs et les bâtiments qui entravent la circulation dans le port seront enlevés afin de sécuriser la fluidité de mouvement des camions.

(c) Les routes et la voie ferrée ne doivent pas se croiser dans la mesure du possible.

(d) Un passage supérieur sera construit au croisement de la voie ferrée à l'entrée principale

(4) Sécurité de la navigation

Il faut réserver suffisamment d'espace pour le bassin d'évitage et pour la séparation des voies de navigation. La navigation dangereuse ainsi que le temps d'attente devraient être évités. Les travaux de dragage et les assistances à la navigation devraient être mis en œuvre.

Le concept des installations d'eau est proposé ci-dessous.

Le chenal devrait être à deux voies; une pour les sortants et l'autre pour les entrants.

Le modèle de navire est le porte-conteneurs de 59.000TPL ayant une longueur hors tout de 288m et un tirant d'eau de 13,3m. Sur la base de l'examen, les recommandations suivantes sont émises:

- La largeur totale des deux voies devrait être 600m avec une vitesse de vent de 10m/sec (direction à 45 degrés) et un courant d'eau de 1,0 noeud.
- Le rayon nécessaire pour le virage du canal est de 2.000m à l'angle du radar à 15 degrés et 1.000m à 35 degrés. Comme il est difficile de manoeuvrer les navires sous l'influence des vents et des courants, le rayon de 2.500m est proposé pour le virage.
- La profondeur du canal devrait être à -17m avec une hauteur de vagues de 3m ayant une périodicité de 14sec. Il y a des endroits peu profonds dans le trajet de la navigation. Ils devraient être excavés et approfondis jusqu'à -17m où les vagues arrivent directement. Les zones qui ne sont pas exposées à des vagues océaniques comme celles derrière le grand récif, doivent être excavées jusqu'à -15m.
- La balise est recommandée comme une aide à la navigation car elle est fiable. La balise A devrait être située au début du virage où la profondeur de l'eau est à -10m. La balise B est aussi recommandée pour repérer le centre de la séparation des deux voies. Il est important que le repère soit bien indiqué surtout quand la mer est agitée et la visibilité est mauvaise. Bien que les balises flottantes soient relativement moins chères, elles peuvent être facilement perdues en cas de tempête.

Le coût du projet à deux voies est estimé à 29 millions d'euros. La ventilation des coûts est présentée dans le tableau 4-1-5.

Tableau 4-1-5 Ventilation des coûts du Projet à deux voies

Travaux	Unité	Qté	Prix unitaire	COUT (euros)	Remarques
Dragage	M3	1.000.000	22.590	22.590.361	
Balise	jeu	2	3.012.048	6.024,096	
Phare	jeu	2	150.602	301.205	Remplacement
Dispositifs de communication et de contrôle	Somme	1	37.651	37.651	
Total				28.953.313	

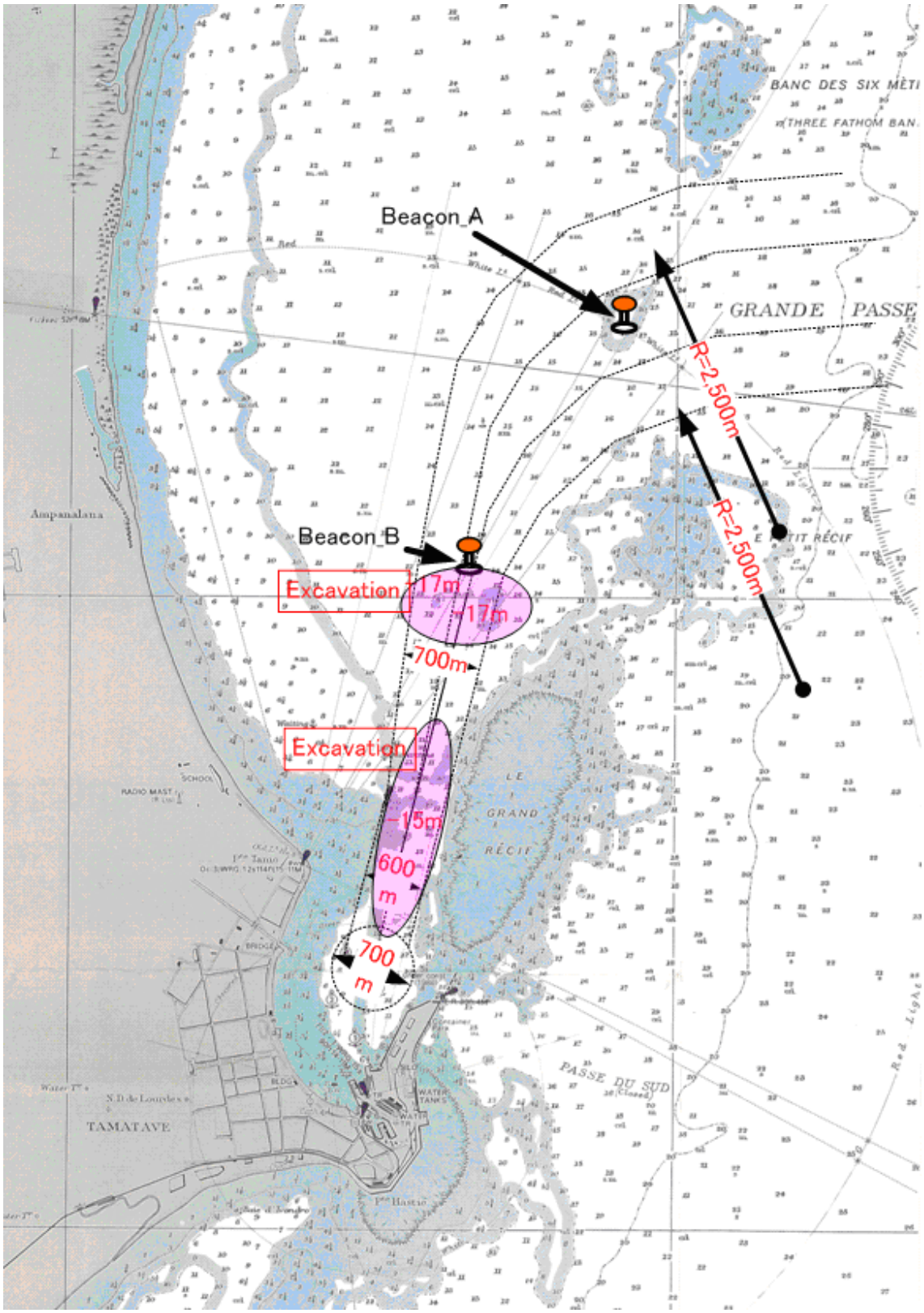


Figure 4-1-2 Chenal

(5) Solidité financière

(a) Le Plan Urgent doit être mis en place pour atteindre un plus grand rendement avec un moindre investissement.

(b) En coopération avec le secteur privé, l'investissement en temps opportun et le partage de risques peuvent être réalisés.

①MICTSL sera en charge de procurer les grues portiques et le dallage du terminal à conteneurs.

②En ce qui concerne les copeaux de bois, la SPAT offre un espace de stockage dans le port tandis que OJI fournira les superstructures tels les convoyeurs et les chargeurs de navire.

(c) Afin de promouvoir la participation du secteur privé, les informations sur le port devraient être disponibles sur un site Internet qui peut être facilement accessible par les sociétés privées.

(6) Possibilités de transfert de technologie et d'augmentation de l'offre d'emploi

Ce sera beaucoup souhaitable que le projet ne reste pas au niveau de l'expansion seulement, mais pourrait favoriser le transfert de technologie et l'augmentation d'offres d'emploi. Les possibilités de diminuer le coût du projet et d'apporter beaucoup d'avantages que de simples appels d'offres sont énumérées ci-après.

- Economiser le coût de mobilisation/démobilisation

  ① S'il n'est pas nécessaire de ramener les machines et les matériels de construction, l'entrepreneur peut économiser sur les frais de démobilisation. Il faut ainsi stipuler dans le dossier d'appels d'offres que l'entrepreneur devrait apporter des nouveaux matériels tels les camions à benne, les pelles chargeuses, etc. à Madagascar et les remettre à la SPAT après l'achèvement du projet de construction.

  ② Les petits bateaux de travail ou les matériels flottants qui ne sont pas chers (moins d'1 million d'euros) devraient être remis à la SPAT au lieu de les ramener.

  ③ Les moules de blocs peuvent être réutilisés plusieurs fois. Si on pourra les laisser après le projet, le contractant peut économiser sur les frais de mobilisation et, du côté malagasy, on n'a pas besoin de dépenser des frais de mobilisation lors de la prochaine phase du projet. Par conséquent, il devrait être stipulé dans le cahier de charge que le soumissionnaire s'engage à les remettre à la SPAT une fois la construction sera terminée.

- Option du quai type à gravité

  ① Structure de type caisson

  Comme le quai de type caisson est la technologie la plus dominante au Japon, le transfert de technologie peut être facilement assuré. En outre, l'emploi de la population locale va augmenter. Le coût est légèrement élevé comparé à la plate-forme de type de palplanche en acier selon le résultat de l'étude théorique, Toutefois, il est fort possible que le quai de type à caisson pourrait être moins cher que les autres types. Ainsi il est recommandé à la SPAT d'autoriser la présentation des offres alternatives.

  1. Au moment de la soumission, un quai de type à caisson doit être autorisé comme une alternative
  2. La SPAT doit fournir le lieu d'amarrage du dock flottant dans la zone portuaire.
  3. Il devrait être stipulé dans les documents d'appel d'offres que la SPAT est prête à accepter le dock flottant à condition que le soumissionnaire soit disposé à le retourner sans frais.

  ② Quai de type à bloc

  La structure de type à block est applicable au quai C4 puisque le site est profond et a une sous base solide. De plus Madagascar subit à peine de tremblement de terre de faible magnitude. Ainsi ce sera profitable pour la SPAT si elle lance aussi un appel d'offre pour la fourniture de ce type de structure. En effet il n'y aura pas des prix extrêmes comme on voit souvent dans les cas du béton et de l'acier et par conséquent, l'annulation de l'appel d'offres

pourrait être évitée. La part de la main-d'œuvre locale est beaucoup plus grande que celle du type en acier. Divers types de blocs sont applicables pour la structure du quai. Le type de structure le plus simple et le plus stable pour le quai est présenté dans la figure 4-1-3.

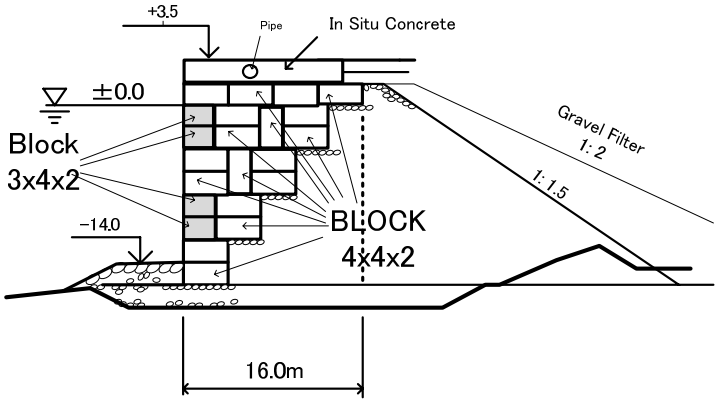


Figure 4-1-3 Un exemple de mur de quai de type à bloc

Les caractéristiques de cette structure sont:

(1) Les blocs sont empilés sur un talus renforcé
(2) Deux types de blocs seulement sont utilises (4x4x2, 3x2x2)
(3) Le bloc le plus lourd est de 80 tonnes
(4) La stabilité peut être examinée sur la défaillance circulaire
(5) S'il est nécessaire d'examiner la stabilité par la vérification de la conservation du mur, la ligne pointillée peut être considérée comme un mur vertical. Dans ce cas, la largeur du corps du mur à conserver est de 16m.

Comme le bloc le plus lourd pèse 80 tonnes, la grue sur chenille de 160 tonnes sera utilisée pour les travaux d'empilage. Cette grue a la même capacité que celle utilisée pour la construction des brise-lames. Pour niveler le tertre afin d'empiler les blocs, n'importe quelle dimension de pierres faciles à manipuler peut être utilisée.

Par ailleurs on a besoin d'une espace suffisante et d'un quai temporaire pour le chantier de travail dont la surface nécessaire est de 160m x 80m. La Zone (E) dans la figure 4-1-1 (voir page 4-3) convient parfaitement. Le quai temporaire sera construit par le contractant optant pour l'utilisation de la structure de blocs pour le quai C4.

(7) Sauvegarde de l'environnement au stade de construction

(a) La qualité de l'eau sera contrôlée pendant l'exécution des travaux de dragage et les mesures nécessaires seront prises afin de empêcher la contamination au talus de corail.
(b) Si le sol à draguer est contaminé par des substances toxiques, il faut utiliser des gants scellés pour le creusage et des camions à benne étanches pour le transport. Le sol contaminé sera confiné dans un espace entouré par un mur étanche. Quand l'eau contient une substance toxique qui dépasse le niveau admissible, elle sera purifiée par des filtres et expirée quand la quantité des matières toxiques est inférieure à la norme à respecter. Lorsque le lieu de confinement atteint sa pleine capacité, il sera recouvert d'asphalte de sorte que l'eau de pluie ne s'y infiltre.
(c) Les travaux d'enfoncement des pieux seront contrôlés durant son exécution et le bruit généré sera suivi de façon à ce qu'il ne dépasse pas le niveau admissible dans la zone urbaine.
(d) L'itinéraire des camions ainsi que le temps qui leur est permis de circuler seront contrôlés afin de ne pas dépasser le niveau admissible de bruit, de vibration et de la pollution de l'air.
(e) Des toilettes pour les travailleurs seront installées dans le chantier de construction afin de prévenir les maladies et maintenir les conditions sanitaires.

(8) Prévention de la congestion routière

Des aires de stationnement avec un système d'information seront installées le long de la route d'accès. La congestion causée par le parking au bord des rues devra disparaître. La marche inutile au ralenti des moteurs devra être éliminée afin de réduire le gaz d'échappement.

Une route d'évitement (à système de péage) devrait être construite à l'avenir le long de la côte sud à l'usage des camions porte-conteneurs. Les véhicules lourds ne devraient pas circuler dans la ville pendant les heures de pointe. L'embouteillage en ville et la perte des vies humaines causée par les accidents devraient être évités.

1) Construction de la route d'évitement.

La route d'évitement permettra à parer la congestion routière dans la zone urbaine.
L'émission de gaz CO_2 sera également réduite.
Bien qu'une nouvelle route ait été déjà faite (voir figure 4-1-4), la route de la plage (ligne jaune, environ 10km) doit être également construite.

2) Fournitures de parkings et de stations d'information

Le chauffeur de camion doit attendre son tour d'où la nécessite de parking même avant d'entrer dans le port. Le stationnement sur les rues de la ville provoque la congestion routière. Afin de réduire ainsi cette congestion inutile, des aires de stationnement qui fournissent des informations sur la séquence de la file d'attente doivent être mis en place.
Si l'heure d'entrée est affichée à l'usage des camionneurs, il ne sera pas nécessaire pour les voitures de se garer sur la rue près de la porte d'accès au port.
En connaissant les informations, les camionneurs doivent attendre dans l'aire de stationnement. Il se peut toutefois pendant l'heure d'attente que le chauffeur utilise le climatiseur ce qui a pour cause la pollution atmosphérique et les émissions de CO_2. Ainsi afin d'éviter la marche inutile au ralenti, des endroits ombrés d'arbres et des hangars avec toitures équipés d'air conditionné et de toilettes pour prévenir les maladies devraient être fournis.

3) Localisation d'une aire de dépôt de conteneurs

Si les voitures venant de l'extérieur de la ville ne vont pas au port, la file d'attente aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur diminuera en conséquence. La circulation dans la ville sera évitée.
Le volume du trafic et le stationnement dans la ville vont diminuer. A cet égard, une aire de dépôt de conteneurs ayant une superficie de 20ha est proposée.

La figure 4-1-4 montre l'emplacement des parkings et l'aire de dépôt

Comme la montre la figure, il existe déjà un parking de 13ha qui peut contenir 550 véhicules. Ce parking doit être utilisé pleinement pour la phase urgente.

Le plan indique un parking supplémentaire à la plage en dehors de la porte d'accès au port. Ce parking aura comme superficie 2ha pouvant contenir 150 véhicules. L'aire de dépôt de conteneurs de 20ha est également proposée afin de compenser la pénurie des installations douanières à l'intérieur du port.

Les coûts approximatifs de construction de la route d'évitement, du parking et de l'aire de dépôt sont présentés dans le tableau 4-1-6

Tableau 4-1-6 Coûts pour la route d'évitement, le parking et l'aire de dépôt

Nom de l'infrastructure	Echelle/Dimension	Coût approximatif (million d'euros)
Route d'évitement	l=25m, L=10km	47
Section Calvert	30 places	5
Plage et parking	l=500, L=200, Dallage 2ha	10
Aire de dépôt	Dallage 20ha	27
Total		89

Le système de péage sera appliqué pour la gestion de la route. La majorité des utilisateurs sont des camions porte-conteneurs et des camions bennes. Si la zone costale appartient à la SPAT, alors l'obtention du terrain ne nécessite pas de dépenses de temps et d'argent. Dans ce cas de figure, l'élargissement de la route existante le long de la plage est préférable. Par ailleurs bien que la route soit construite promptement, elle sera fréquemment endommagée par les cyclones et donc nécessite des réparations fréquentes. La largeur de la route ne devrait pas être moins de 25m pour les raisons suivantes:

1) Une route de faible largeur peut être facilement emportée par les hautes vagues.
2) La route portuaire doit disposer d'une voie pour les parkings
3) Certains véhicules poids lourds roulent très lentement
4) Les véhicules poids lourds ont parfois besoin de faire des manœuvres.

En plus de la largeur de 25m pour la construction de la route, un espace de 25m de chaque côté sera réservé pour les travaux d'entretien. La route ne doit pas générer des interférences quant aux passages des gens, des voitures et des animaux. Le tunnel de Calvert doit être situé à 30 places.

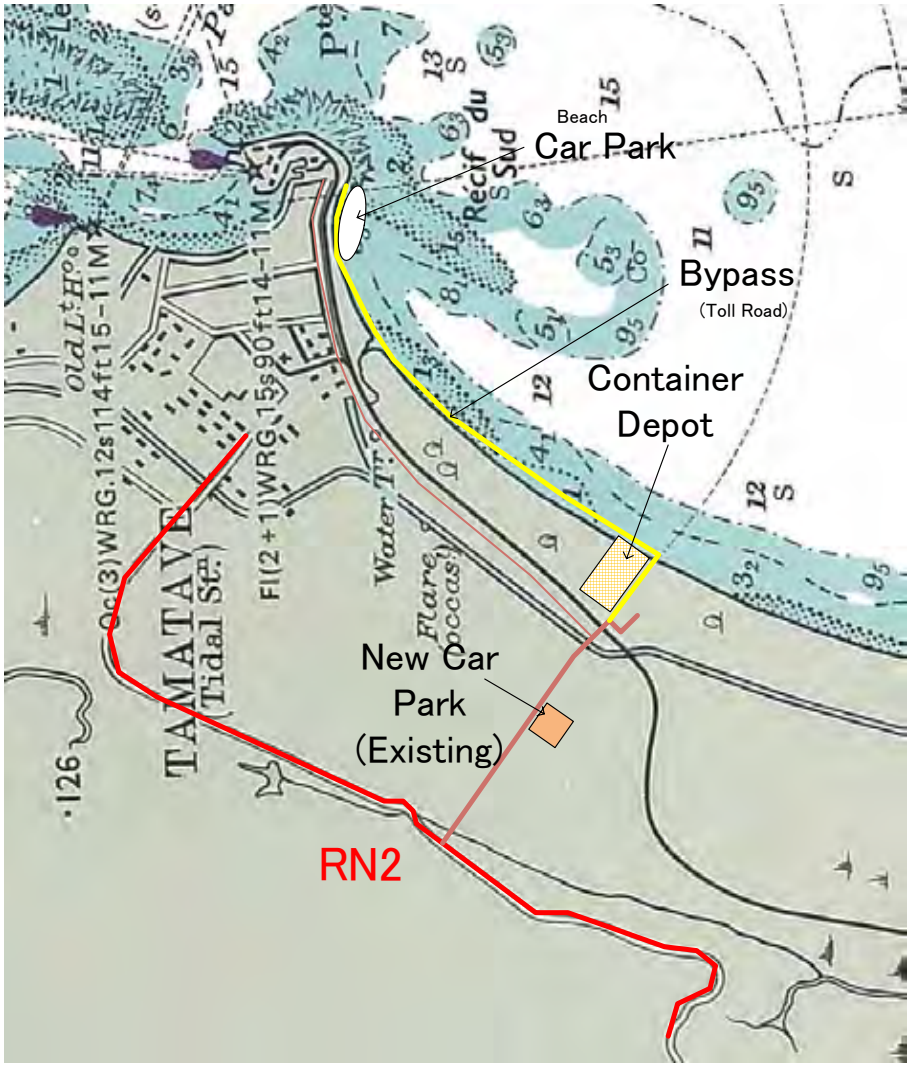


Figure 4-1-4 Route d'évitement, parking et aire de dépôt proposés

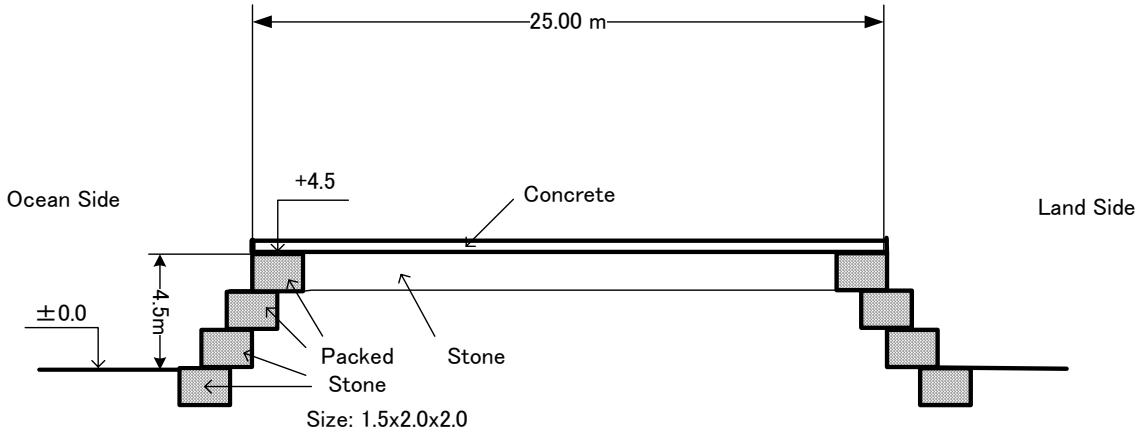


Figure 4-1-5 Coupe proposée de la route de la plage

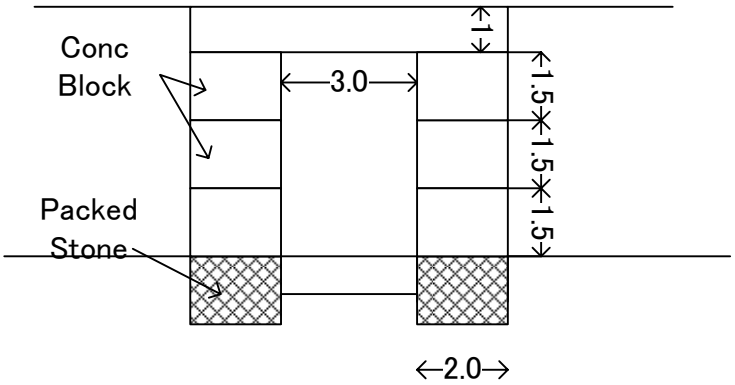


Figure 4-1-6 Coupe proposée pour le Calvert

(9) Harmonie entre l'environnement et le développement

- Symbiose avec les coraux

La barrière de corail de 300km qui est classée comme la plus longue dans le monde existe dans la partie sud de Madagascar d'Andavadoaka jusqu'à Itampolo.
Le littoral de 1.000km venant du sud jusqu'à Toamasina a une trajectoire droite selon la carte. Il y a cinq récifs coralliens dans la région de Toamasina et deux d'entre eux jouent un rôle d'abri pour le port. Le grand récif est appelé comme tel tandis que le nom du petit récif est le récif Hastie.

Figure 4-1-7 Récifs de corail dans la mer de Toamasina

A l'origine, la distance des deux récifs était de 1.000m mais à cause de la construction du brise-lames et du quai C3 en 1974, elle a diminué jusqu'à 500m.

Il y a 5 zones qui ont des potentiels de développement dans la baie dont les zones appelées (C), (D), (E), (F) et (G) comme on voit dans La figure 4-1-8, et dont la zone (F) sera laissée comme un espace ouvert à la population locale.
Les zones (E) et (G) ne sont utilisables à moins que le brise-lames dans la zone (C) soit construit. Par ailleurs, un pont est nécessaire dans la zone (D) dont la construction doit être faite après la finition du brise-lames de la zone (C).

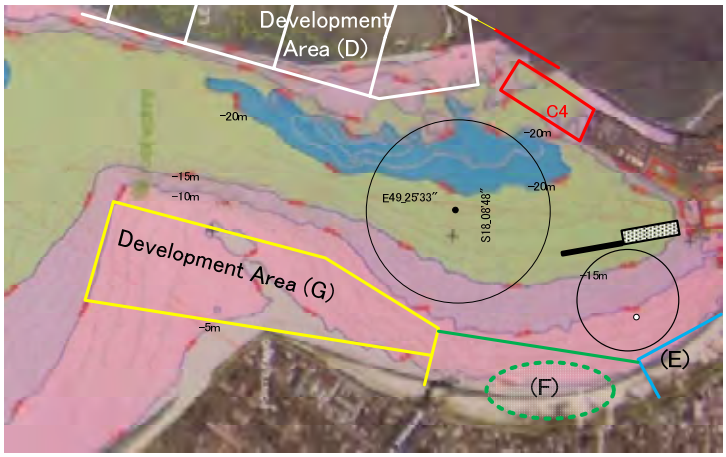


Figure 4-1-8 Le potentiel de développement du Port de Toamasina

Ainsi, la zone (C) doit être développée en premier.
Pour exploiter les zones (C) et (D), le corail sera inévitablement endommagé.
L'équilibre entre le développement du port et la protection du corail doit être conservé selon les conditions ci-dessus.
Si la nature du corail est observée, la façon comment coexister avec elle sera dévoilée:

(1) Le corail périt quand l'eau est boueuse. C'est pourquoi il est nécessaire de l'empêcher d'atteindre le récif. Par exemple, il faut empêcher sa propagation pendant la construction. La rivière doit être drainée pour que l'eau contaminée n'arrive pas jusqu'au récif de corail.

(2) On sait que même si le corail est écrasé sous le brise-lames, il peut se développer de nouveau sur la pente de celui-ci pour atteindre sa maturité.

1 an | 4 ans | 11 ans

Figure 4-1-9 Corail sur les blocs de dissipation de vague à Okinawa (1)

(Okinawa pour 30 ans après la construction du brise-lames)

Figure 4-1-10 Corail sur les blocs de dissipation de vague à Okinawa

Les figures 4-1-9~ 4-1-10 sont les états des coraux qui se développent sur le block de dissipation de la vague.
Les coraux se développent également à la tête du quai C3 qui a été construit en 1974.

La figure 4-1-11 montre les coraux sur le fondement rocheux du quai.
C'est pourquoi la construction tels le brise-lame ou le quai sur les pentes du récif doit être permise.

Figure 4-1-11 Corail sur le fondement rocheux du quai C3 (Port de Toamasina)

(3) Le corail périt lorsque la température de l'eau du platier récifal devient élevée. Le corail péri est brisé par les hautes vagues pendant la tempête el les débris sont accumules dans la partie centrale du platier récifal quand la mer devient calme. Ainsi le sol se forme graduellement sur le platier récifal. Ce phénomène peut être observé sur la photo -1. Dans la figure 4-1-11, le platier récifal vu du côté gauche était déjà couvert de plantes, et celui dans les environs de Toamasina deviendra du sol dans un avenir assez lointain. C'est pourquoi le remblayage du platier récifal de Toamasina en vue de la construction du port doit être permis.

(4) L'autorité portuaire doit faire de son mieux pour préserver la qualité de l'eau pour que le corail sur la pente qui fait face à la mer puisse survivre.
Si le corail doit être écrasé inévitablement sous le brise-lames ou sous le quai, les stocks précieux devraient être déplacés dans un endroit tel que sur la pente du nouveau brise-lames où ils peuvent survivre. Il est également recommandé d'utiliser des blocs de dissipation de vague qui ont des creux pour aider l'épithélialisation du corail.

- En résumé, la symbiose avec les coraux devrait être atteinte de la manière suivante
Le remblayage du platier récifal de Toamasina en vue de la construction du port devrait être autorisé. Toutefois, il faut éviter de blesser inutilement le corail.
(a) Pour atténuer la détérioration du corail par le brise-lames, des blocs de dissipation de vague qui facilite l'épithélialisation du corail devraient être utilisée.
(b) Pour éviter l'extinction du corail qui existe sur la pente à l'intérieur du port, le code de restriction des eaux usées doit être établie. L'eau de vidange doit être contrôlée. Le drainage qui se jette dans la zone portuaire ne devrait être permis que lorsque la qualité de l'eau est acceptable.
①La permission de la SPAT devrait être exigée avant qu'une usine puisse vidanger les eaux usées dans le port et que le non respect des réglementations en vigueur doit être sévèrement pénalisé.
②L'eau de pluie devrait être évacuée après que l'huile et les sédiments ont été extraits.
③Des toilettes avec de purificateur d'eau sale doivent être installées dans le port.
(c) Pour protéger les coraux du coté de l'océan, les matières en suspension telle l'argile doivent être enlevées du bassin de drainage qui se jette dans le récif Hastie. Des systèmes de contrôles et de gestion sévères des eaux usées devraient être appliqués
(d) Afin d'éviter l'eutrophisation dans le bassin du port, il faut creuser un canal le long de la rive à l'avenir. Il recueillira les eaux de drainage venant des hautes terres pour être conduites à l'embouchure de la baie (Pointe Tanio) Par ailleurs un étang à poisson sera créé à la sortie

du canal afin de consolider la nutrition des algues pour servir de nourritures aux poissons. Les pêcheurs doivent y prendre les poissons et la gestion de cet étang doit être confiée à l'association des pêcheurs. Et comme les poissons pris vont être vendus aux consommateurs, la qualité de l'eau dans l'étang doit être contrôlée.

4-2 Plan de développement à Moyen Terme

4-2-1 Plan à Moyen Terme

Les installations suivantes seront prévues pour faire face à l'augmentation des cargos à conteneurs et à sec en 2020.

A. Infrastructures portuaires

- Le brise-lames sera prolongé de 345m.
- Le quai C4 et son annexe ayant respectivement une longueur de 320m et de 150m seront construits à l'extrémité du quai C3. Les nouveaux quais auront une profondeur de -14m. et seront des quais pour les conteneurs.
- Une partie du récif Hastie sera utilisée pour le parc à conteneurs et un lieu de stockage à ciel ouvert. La superficie à récupérer sera de 26,2ha.
- Le quai à conteneurs C3 existant sera approfondi jusqu'à -14m
- Les quais C1 et C2 existants qui sont utilisés pour les vraquiers/cargos généraux seront approfondis jusqu'à -13m pour pouvoir accueillir les navires panamax.
- Un passage supérieur sera construit à l'intersection avec la voie ferrée à l'entrée principale n°1.

L'extrémité du quai C4 fera l'objet d'une extension (-14mx150m). En fournissant une longueur additionnelle de quai, une gare de triage et de machine, la cargaison sera traitée rapidement.

L'objectif du plan additionnel est d'alléger le temps d'attente des navires en 2020. Toutefois, le port de Toamasina doit poursuivre promptement leur programme de développement qui peut être celui de la zone (D)

Le tableau 4-2-1 indique la liste des infrastructures, les coûts y afférents et les sources de financement pour le plan de l'année 2020.

La disposition à adopter est déterminée par l'examen des différentes alternatives indiquées dans l'annexe AOK.

La figure 4-2-1 présente le plan le plus rentable sélectionné pour le Plan à Moyen Terme.

Tableau 4-2-1 Coût du Plan à Moyen terme et Organisme responsable

Infrastructure	Coût (million d'euros)	Organisme Responsable
(Phase urgente)		
Brise-lames (345m)	42,7	SPAT
Quai C4 (-14x320m)	55,4	SPAT
Defrichement10ha	25,6	SPAT
Replacement et dallage	15,3	SPAT
Dragage (143.000m3)	3,8	SPAT
Approfondissement (C1, C2, C3)	9,8	SPAT
Passage supérieur (Porte N.1)	10,5	SPAT
Protection de l'Environnement	4,2	SPAT
Travaux de génie civil	11,7	SPAT
Materiel de manutention	41,1	MICTSL
Total (1)	220,1	
Infrastructure portuaire additionnelle (après 2017)		
Annexe-C4 (+150m)	26,0	SPAT
Défrichement (+) 16ha	41,0	SPAT
Génie civil	4,7	SPAT
Matériel de manutention	23,2	SMMC
Total (2)	94,9	
(1)+ (2)	315,0	

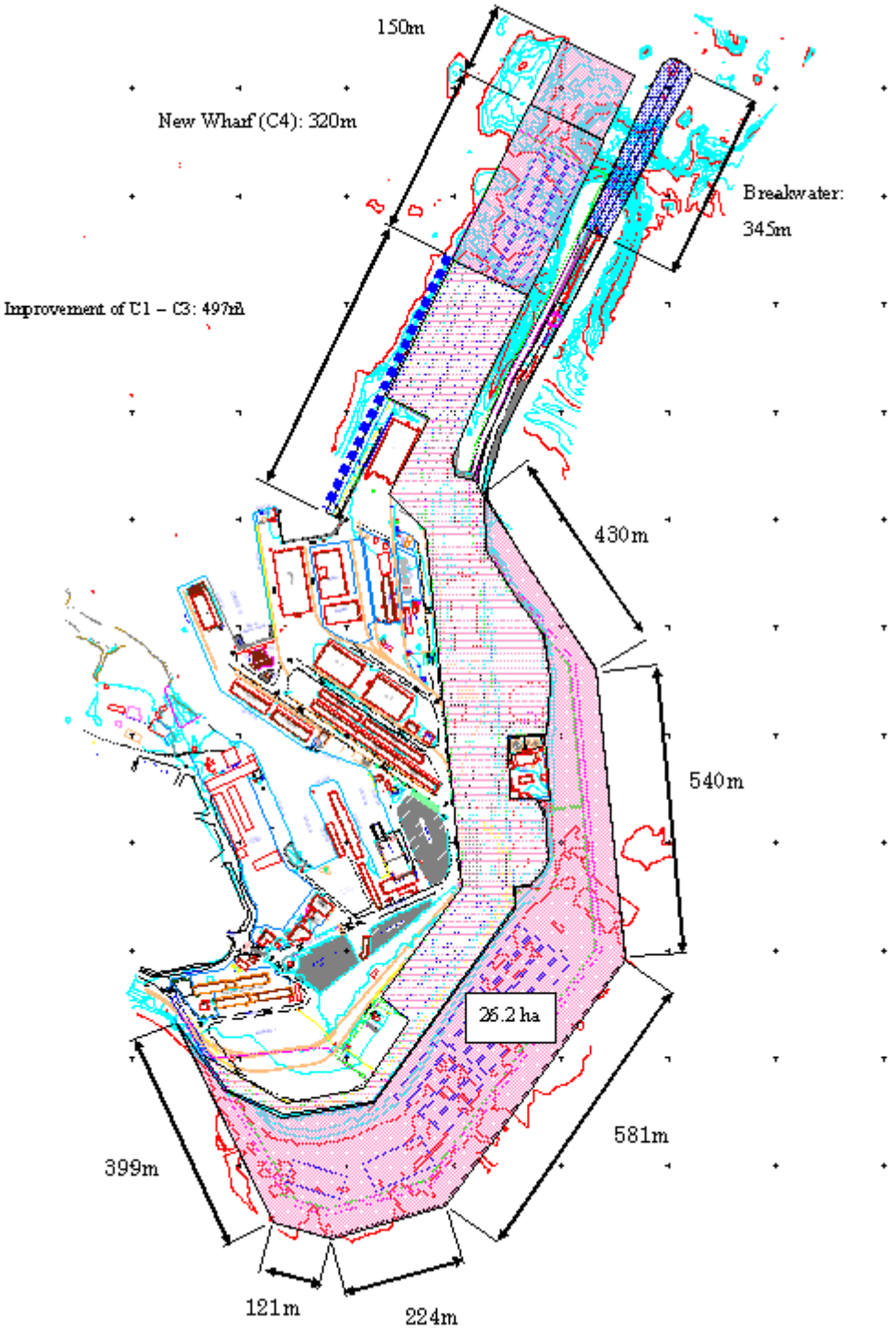


Figure 4-2-1 Le Plan à Moyen Terme

B. Les infrastructures connexes

En plus des infrastructures portuaires, les travaux suivants sont proposés pour le Plan à Moyen Terme dans le but de ne pas envenimer l'environnement. La nécessité et la faisabilité devraient être examinées après l'achèvement du Plan Urgent.

- La nouvelle route à péage (10km)
  Elle sera construite le long du littoral de la plage au sud dans le but d'éviter la pollution de l'air et les accidents de la circulation. Un parking sera aménagé à côté du port en plus de celui existant qui est situé adjacent à l'usine d'Ambatovy.
- Un Canal (l=15m, L=2km)
  Il sera crée le long de la plage du port (2km). La plage côté terre sera utilisée pour un accès libre aux citoyens. Le canal recueillira les eaux usées et sera utilisé pour la prévention de la contamination du bassin du port.
- Epis (500m)
  L'érosion et la crue seront contrôlées par des épis et des jetées.

Le coût du projet connexe est indiqué dans le tableau 4-2-2.

Les emplacement des infrastructures et les sections sont indiqués sur les figure 4-2-2~figure 4-2-5

Tableau 4-2-2 Le coût du projet connexe

Infrastructure	Coût euros (million)
Route d'évitement (25mx10km)	5,8
Plage et parking	9,8
Canal (15mx2km)	5,8
Voûte pour la protection d'érosion	1,8
Génie civil	4,8
Total	74,0

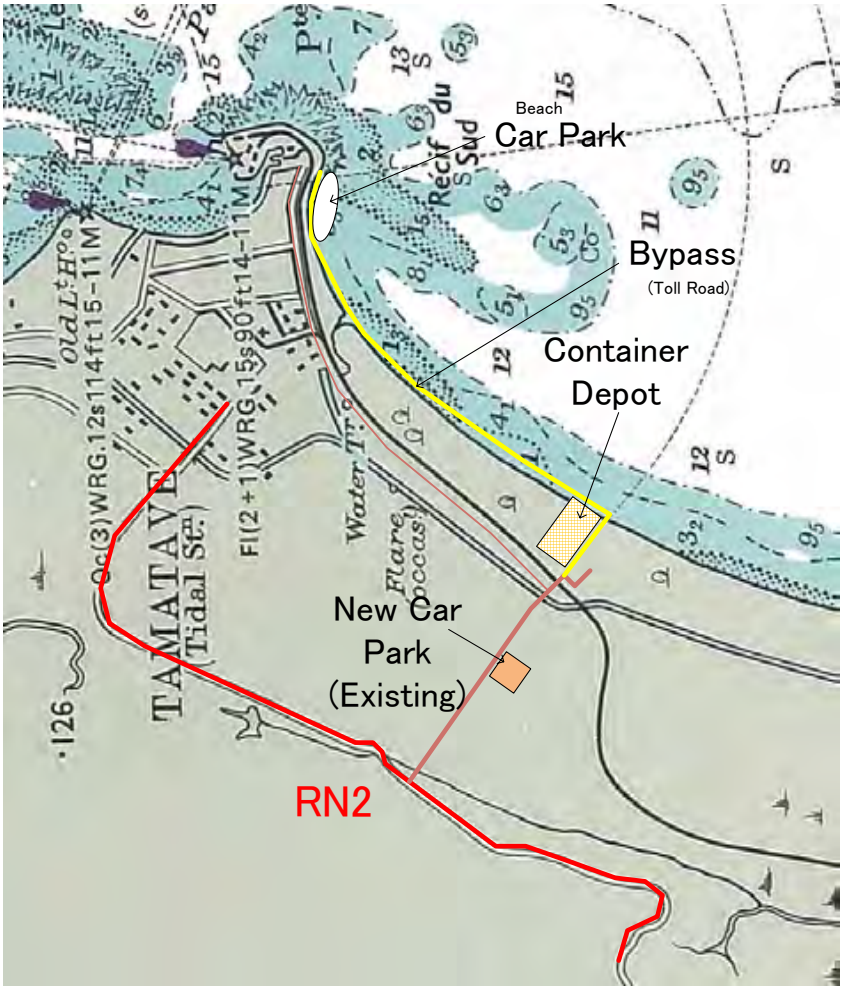


Figure 4-2-2 Le plan de la route d'évitement

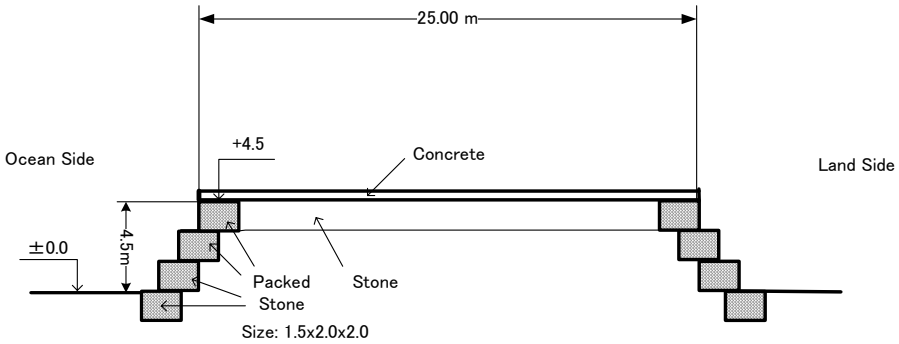


Figure 4-2-3 Coupe standard de la route d'évitement (route a péage)

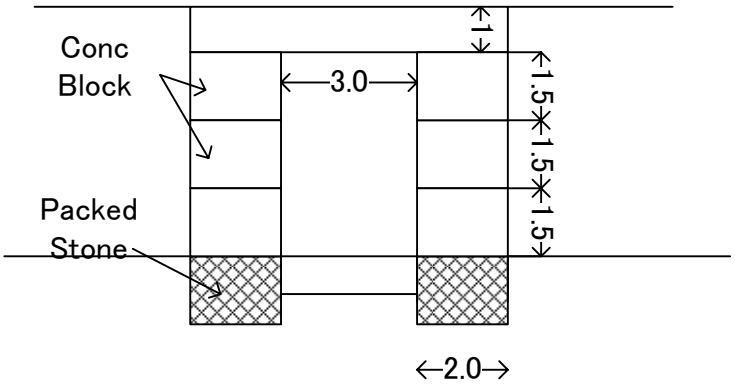


Figure 4-2-4 Section standard du Calvert

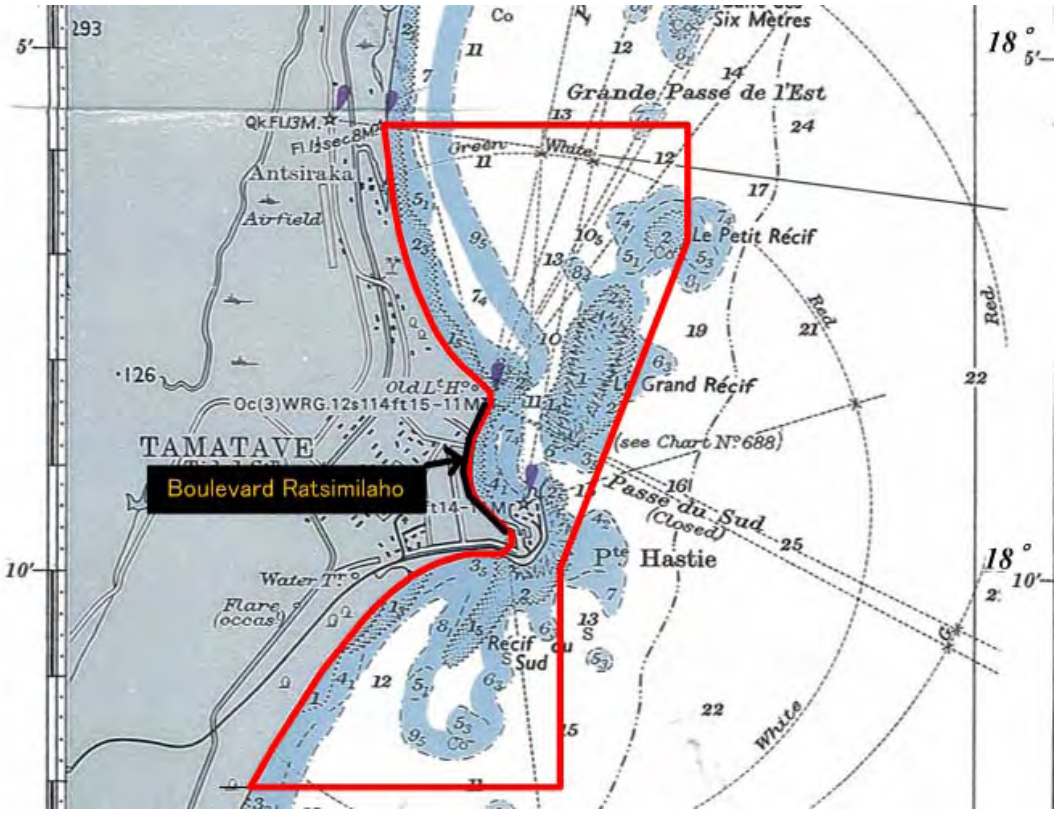


Figure 4-2-5 Zone de plage de la baie de Toamasina

Les solutions pour protéger le basin du port contre le problème d'eutrophisation sont les suivantes.

1) Un nouveau canal d'une longueur de 2.100m pour collecter les eaux usées le long de la route de la plage devrait être excavé.
2) Afin de garder la propreté de l'eau, la circulation du courant devrait être créée dans la direction nord en versant de l'eau douce au point de départ du canal.
3) La source d'alimentation de la pompe sera de l'énergie naturelle. Puisque Toamasina est attaquée par des cyclones, les installations éoliennes peuvent s'effondrer facilement. Il sera ainsi recommande d'utiliser l'énergie solaire.
4) La sortie du canal sera située à la Pointe Tanio.
5) Une unité de traitement des eaux usées sera installée afin de supprimer les dépôts indésirables et les substances nocives dans l'eau.
6) Un étang d'environ 2ha sera excavé pour la consommation en nutrition par les planctons, les algues et les poissons.

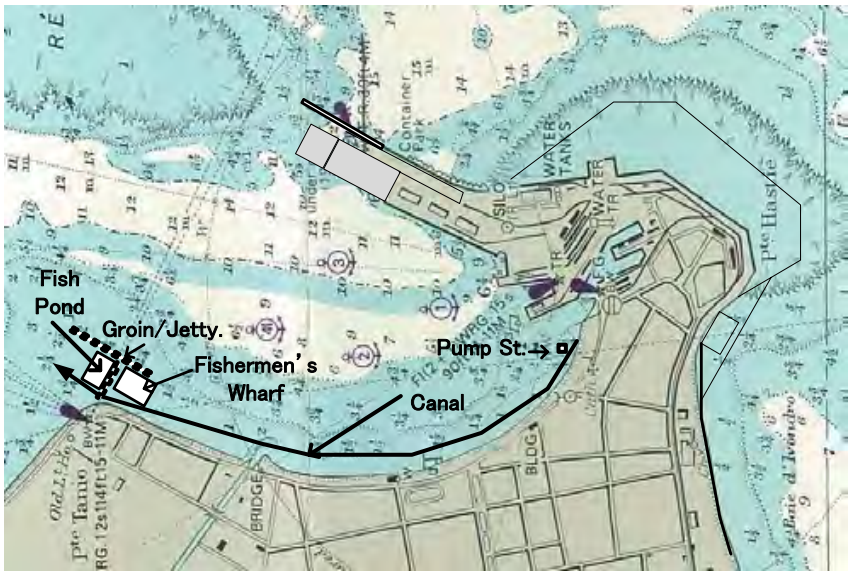


Figure 4-2-6 Le tracé du canal et l'emplacement des épis

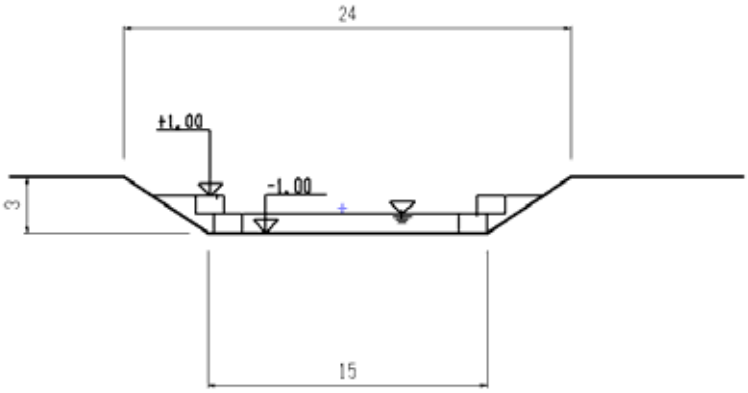


Figure 4-2-7 Coupe du Canal

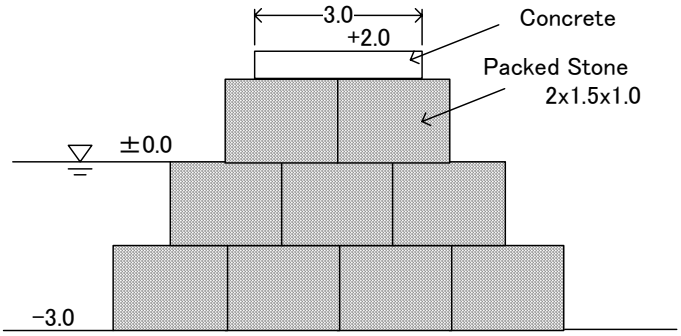


Figure 4-2-8 Coupe de l'épi

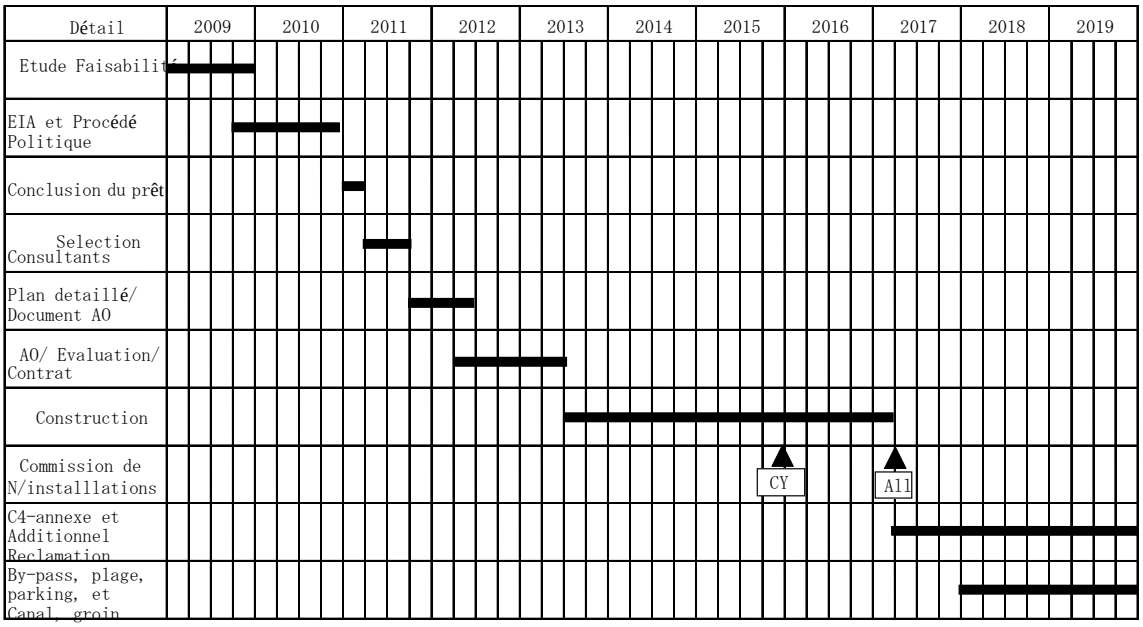


Figure 4-2-9 Calendrier d'exécution du plan de l'année 2020

4-3 Plan Urgent

Ciblant l'année 2017, les points suivants sont sélectionnés pour le Plan Urgent.

- Le brise-lames sera prolongé de 345m.
- Le quai C4 sera construit au bout du quai C3
- Le parc à conteneurs (10ha) sera construit par la récupération du récif Hastie.
- Le quai à conteneur C3 existant sera approfondi jusqu'à -14m.
- Les quais C1 et C2 seront approfondis jusqu'à -13m.
- Un espace de stockage a ciel ouvert de 4ha sera réservé pour les copeaux de bois qui seront acheminés aux quais C1 et C2. . Des convoyeurs à bandes seront utilisés pour les transporter de l'entreposage au quai.
- Un passage supérieur sera construit au croisement avec la voie ferrée à l'entrée principal N°1.

Bien que l'embouchure (environ 150m) entre le grand récif et le brise-lames soit encore maintenue, la longueur du brise-lames est assez suffisante pour garder la tranquillité du quai C4. Les jours de travail sont de 95% dans l'année.

Le quai C4 a -14m de tirant d'eau et 320m de longueur. Il peut accueillir les navires porte-conteneurs de 3.200EVP. Le quai C3 existant sera aussi approfondi jusqu'à -14m tandis que les quais C2 et C3 jusqu'à -14m~-13m.

Puisque l'espace derrière le quai C4 n'est pas assez large pour manipuler les conteneurs, l'entreposage (10ha) est prévu dans le récif Hastie.

Un passage supérieur est prévu parce que les wagons pour l'usine d'Ambatovy stoppent la circulation des camions porte-conteneurs presque tout le temps.

Les contre-mesures pour l'érosion et la crue ne sont pas inclues dans le Plan Urgent comme il est avantageux de les mettre en œuvre après que le bassin portuaire devient calme. La mise en œuvre devrait être dans le plan de l'année 2020.

L'eutrophisation étant petite, le contre-mesure n'est pas inclus dans le plan d'urgence. Celui-ci devrait être mis en oeuvre dans le plan 2020.

La contre-mesure pour la congestion de la circulation par la construction d'une route d'évitement le long du littoral devrait être mise en oeuvre dans le plan 2020.

Le tracé pour le Plan Urgent est présenté dans la figure 4-2-10.

Le coût du Plan Urgent est indiqué dans le tableau 4-2-3.

Le calendrier d'exécution est présenté dans la figure 4-2-11.

En tenant compte de toutes les procédures pour chaque organisation, le début des travaux de construction sera pour 2013 et la mise en service du quai C4 en 2017.

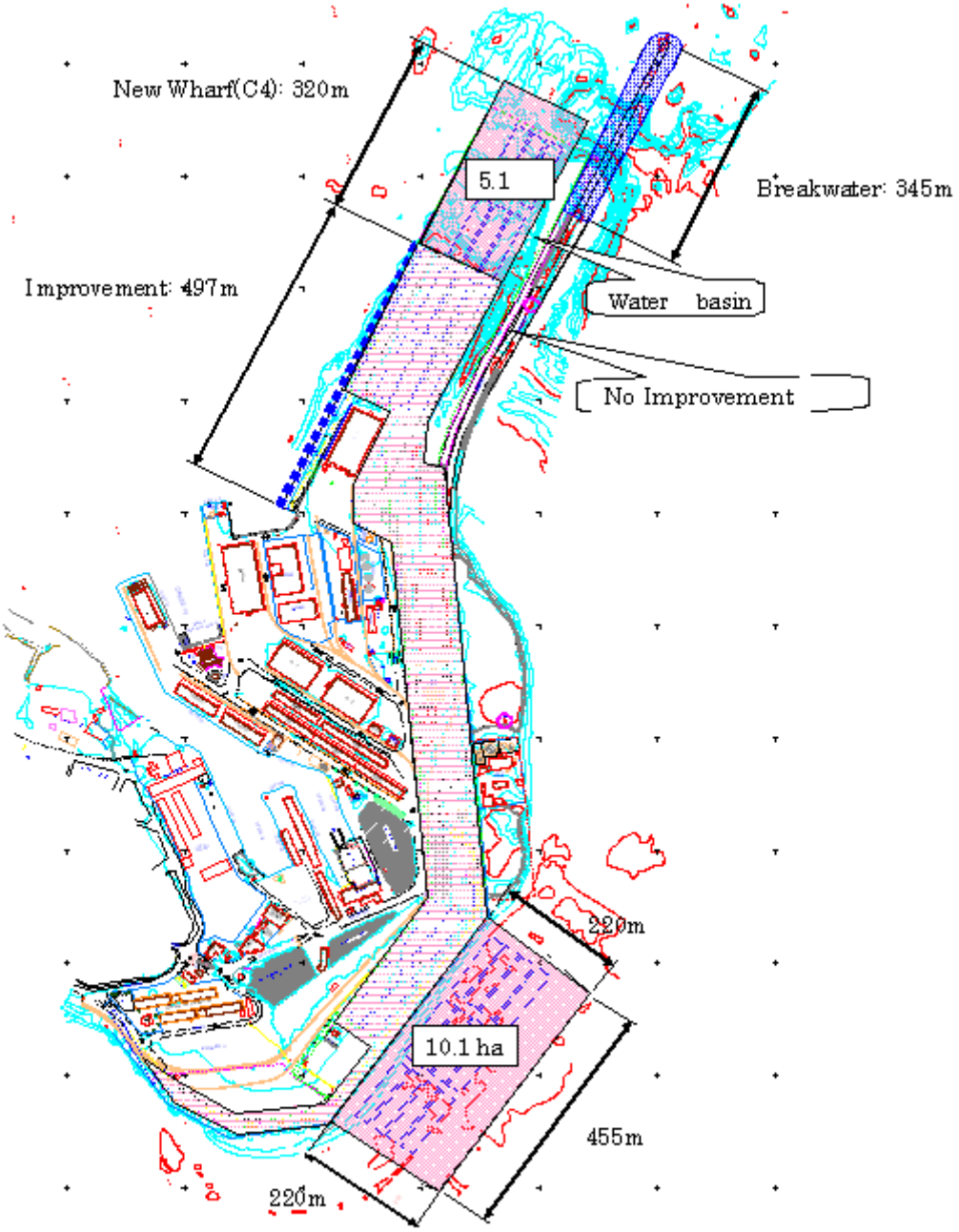


Figure 4-3-1 Plan Urgent

Tableau 4-3-1 Le coût pour le Plan Urgent

Infrastructure	Coût (million d'euros)	Organisme Responsable
(Plan Urgent)		
Brise-lames (345m)	42,7	SPAT
Quai C4 (-14x320m)	55,4	SPAT
Recluperation10ha	25,6	SPAT
Relocation & Paving	15,3	SPAT
Dragage (143.000m3)	3,8	SPAT
Approfondissement (C1, C2, C3)	9,8	SPAT
Passage supérieur (entrée principale)	10,5	SPAT
Protection de l'Environnement	4,2	SPAT
Travaux de génie civil (coût)	11,7	SPAT
Matériel de manutention	41,1	MICTSL
Total (Plan d'Urgence)	220,1	

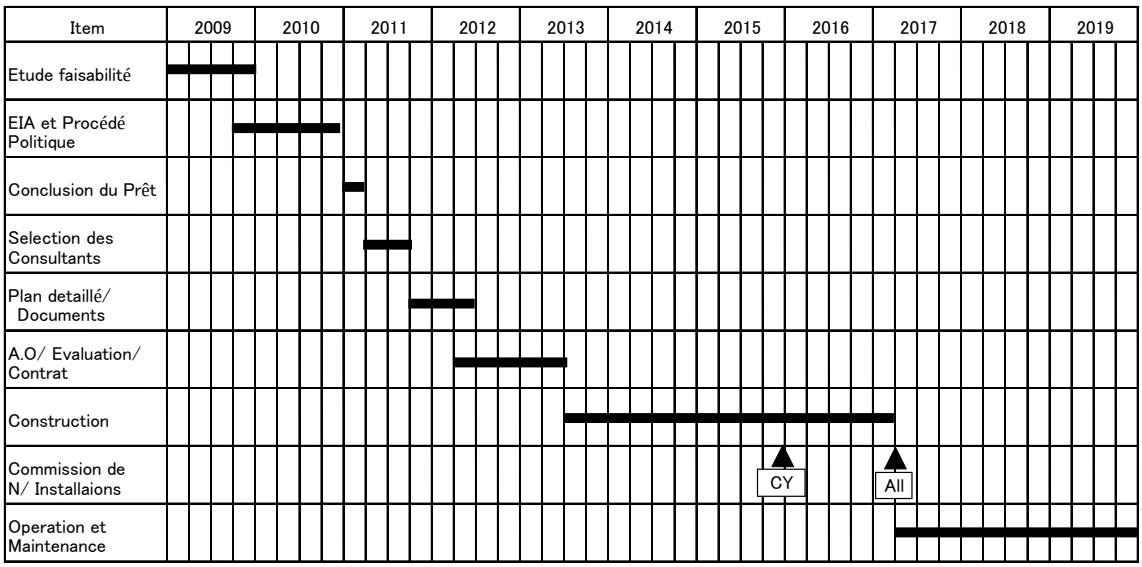


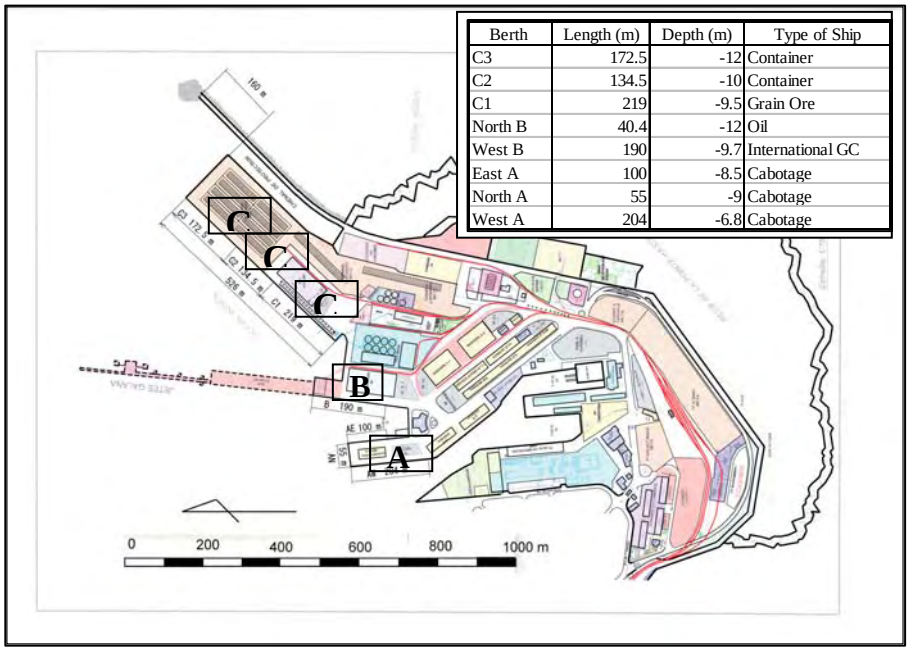
Figure 4-3-2 Calendrier d'exécution (Plan Urgent)

4-4 Problèmes à surmonter par le projet

4-4-1 Situation actuelle du port de Toamasina

(1) a. Disposition d'installation et attribution des quais

Les quais existants et leurs noms sont montrés dans la figure 4-4-1 aussi bien que les dimensions respectives et l'attribution des quais.

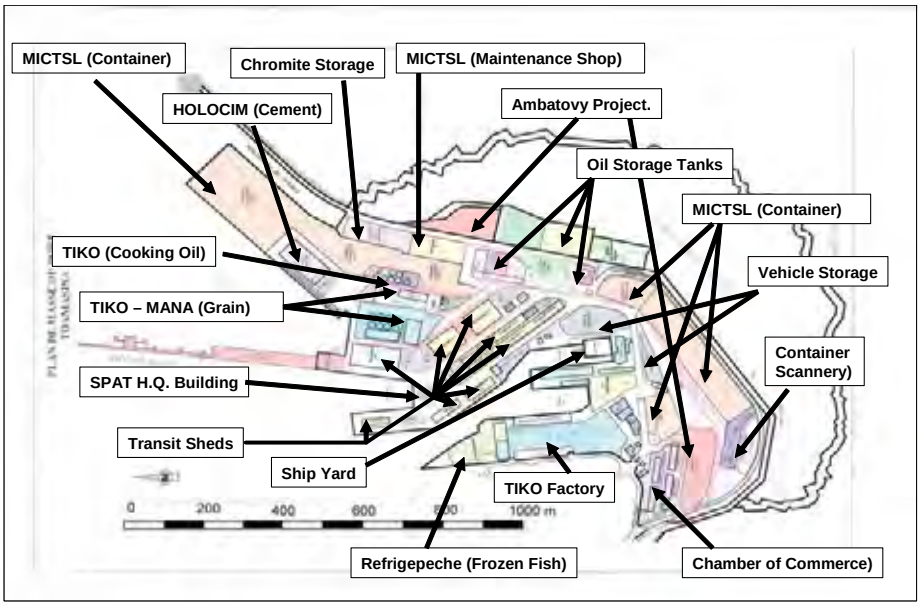


Berth	Length (m)	Depth (m)	Type of Ship
C3	172.5	-12	Container
C2	134.5	-10	Container
C1	219	-9.5	Grain Ore
North B	40.4	-12	Oil
West B	190	-9.7	International GC
East A	100	-8.5	Cabotage
North A	55	-9	Cabotage
West A	204	-6.8	Cabotage

Source : SPAT

Figure 4-4-1 Disposition des installations existantes du Port de Toamasina

L'utilisation actuelle des terres dans la zone portuaire est montrée dans la figure 4-4-2. Comme on voit sur la figure, outre les installations directement liées à l'exploitation portuaire, de nombreuses parcelles de terres sont louées à diverses sociétés pour des usages exclusifs pour leurs activités. Certaines d'entre eux ne sont pas nécessairement situées dans l'enceinte de la zone portuaire.



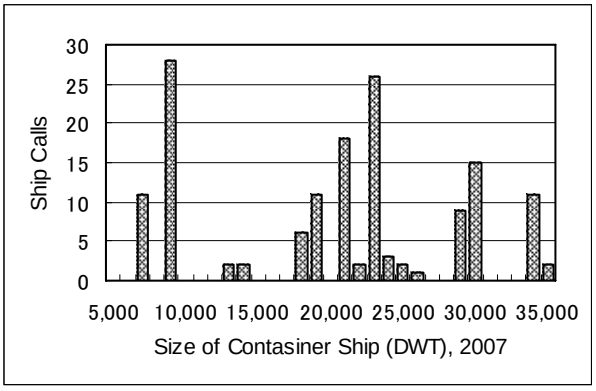
Source : SPAT, révisé par l'équipe d'étude

Figure 4-4-2 L'utilisation actuelle des terres dans le Port de Toamasina

(2) Touchées de navires

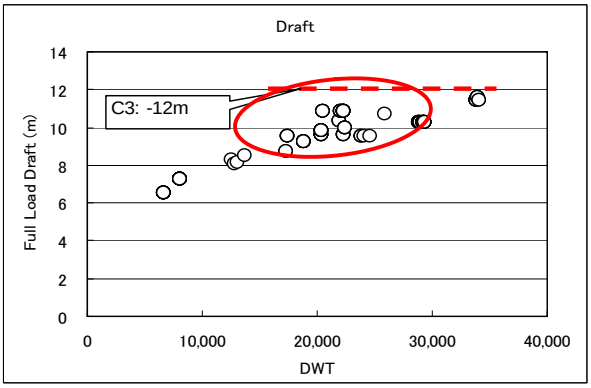
En 2007, la taille des navires porte-conteneurs varie de 7.000 TPL à 36.000 TPL. L'histogramme des touchées de bateaux par taille est montré dans la figure 4-4-3. On constate dans la figure que les tailles des navires porte-conteneurs se divisent en trois groupes : 10.000 TPL, 20.000 - 25.000 TPL, 30.000 - 36.000 TPL. Les touchées de navires porte-conteneurs de taille supérieur à 30.000 TPL représentent

20 %.Ces navires ne peuvent pas se mettre aux quais à pleine charge (Voir la figure 4-4-4) en raison de la restriction du tirant d'eau aux quais C2 (profondeur d'eau : -10 m) et C3 (profondeur d'eau : -12 m). Les bateaux vraquiers et cargos généraux qui font escale au port ont tendance à devenir de plus grandes ailles. Ils rencontrent également des difficultés pour se mettre au quai au port dû à la restriction du tirant d'eau.



Source : SPAT, révisé par l'Equipe d'Etude

Figure 4-4-3 Histgramme des touchées de navires par taille



Source : SPAT, révisé par l'Equipe d'Etude

Figure 4-4-4 Tirant d'eau vs. TPL

(3) Taux d'occupation des quais

Les taux d'occupation des quais sont résumés dans le tableau 4-4-1. Le taux d'occupation du quai C2 et du quai pétrolier était faible. Ce dernier est spécialement conçu pour les navires pétroliers. Cette faible occupation résulte de la longueur insuffisante des quais C2 et C3 et les grands bateaux qui les ont occupé ont été enregistrés d'avoir mis à quai au C3. Ainsi, dans la pratique, C2 et C3 ont été souvent utilisés comme un seul quai pour accueillir les grands bateaux.

Tableau 4-4-1 Temps d'escale des bateaux aux quais (2008)

Quai	Total d'heure au quai	Heure moyen / bateau	Total des escales	Taux d'occupation de quai
AE	4.740	97	49	60%
AWN	4.106	242	17	52%
B	3.647	51	71	46%
C1	5.170	110	47	65%
C2	2.094	46	46	26%
C3	5.652	17	330	65%
QP (pétrolier)	2.490	52	48	31%

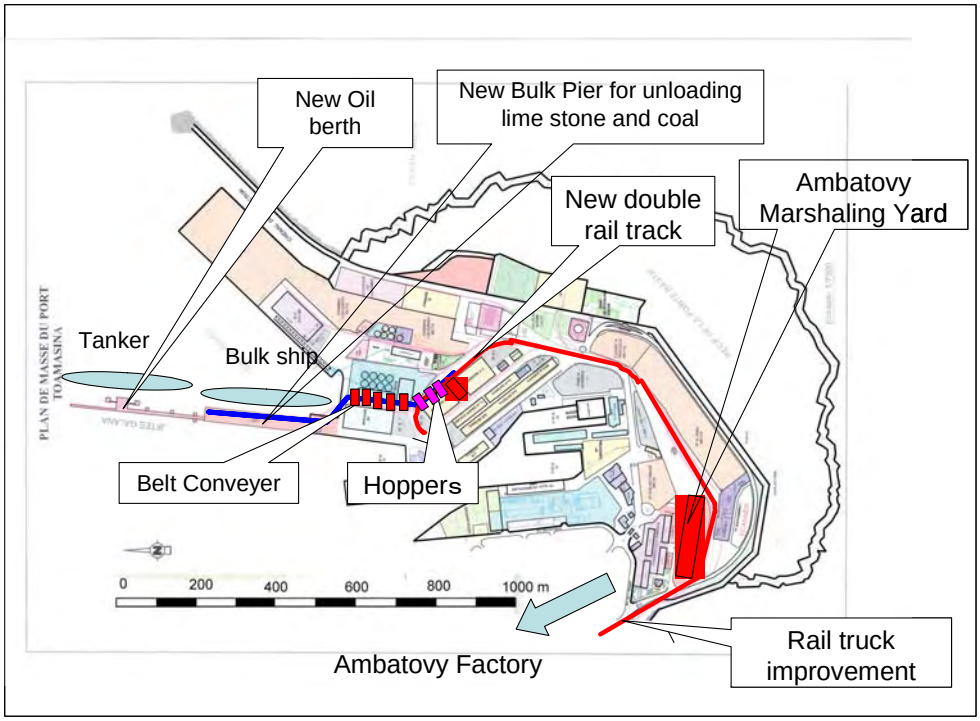
*Les figures pour C3 ont été calculées par MICTSL pour les bateaux porte-conteneurs seulement
Source : SPAT et MICTSL, révisé par l'équipe d'étude

(4) Nouveaux usagers du port

1) Nouvelle jetée pour vraquiers d'Ambatovy (exploitation de nickel)

Le projet d'Ambatovy est un projet intégré à grande échelle qui va de l'exploitation minière à la construction d'une usine de traitement et de raffinerie. Pour le déchargement du charbon et du calcaire, une nouvelle jetée pour vraquiers (la longueur du prolongement est de280 m, et la profondeur d'eau de la jetée est-13m) est en cours de construction à l'emplacement du terminal pétrolier actuel au Môle B.

Un nouveau quai pétrolier est également construit à l'extrémité de la nouvelle jetée. La figure 4-4-5 montre les nouvelles installations que le projet d'Ambatovy prévoit de construire. En plus de la nouvelle jetée et du quai pétrolier, un convoyeur à bande et une voie ferrée seront construits pour transporter les cargaisons en vrac de la jetée à l'usine d'Ambatovy.



Source : SPAT, révisé par le groupe d'étude

Figure 4-4-5 Nouvelles installations planifiées dans le port de Toamasina pour le projet d'Ambatovy

Comme on voit dans la figure 4-4-5, une nouvelle voie ferrée sera construite le long du côté nord des entrepôts du Môle B et elle est interconnectée à la voie ferrée existante conduisant à la gare de triage de Madarail. On prévoit de construire les installations qui chargent les cargaisons en vrac sur les wagons à la petite espace entre les entrepôts. Lorsqu'un train d'une longueur de 160m entre à l'extrémité de la nouvelle voie ferrée, le premier wagon du train se trouve au matériel de chargement, alors que le dernier sera au môle B. Les 14 wagons seront remplis un à un par des cargaisons en vrac, de charbon ou de calcaire, pendant que le train sort lentement. On estime que le temps de rotation du chargement d'un train est d'environ 15mn.

2) Expansion de la capacité de l'usine de céréales

Mana Madagascar, une compagnie de farine, se situe à une parcelle à côté du quai C1. Il a une capacité de traitement de 400 tonnes de céréales par jour. Maintenant la compagnie installe une chaîne de fabrication supplémentaire ayant une capacité de 600 tonnes par jour, et qui produira la farine pour l'exportation. La capacité de stockage actuelle du silo à céréales est de 32.000 tonnes, alors que les

silos supplémentaires de 28.000 tonnes. La compagnie veut utiliser le vraquier de 32.000 TPL si un quai assez profond est disponible.

Par la même occasion, le système de déchargeur pneumatique et de convoyeur à bande qui mène aux silos a été achevé. A cause de ce nouveau système de déchargement, aucun matériel de manutention de cargo lourd ne peut entrer au quai C1. Par conséquent, C1 sera utilisé principalement pour le déchargement du ciment et de blé. Quand le quai est utilisé pour d'autres cargaisons, les apparaux de bord sont les seuls moyens possibles de les traiter.

3) Exportation de copeaux par la Compagnie Oji-Paper, Japon

Oji Paper, une compagnie japonaise de production de papier, prévoit d'exporter les copeaux à partir du port de Toamasina. Oji Paper a commencé la plantation des arbres et prévoit d'utiliser des navires porte copeaux de 55.000 TPL pour l'exportation au Japon. L'opération intégrale commencera en 2016 et un quai à profond tirant d'eau ainsi qu'un parc de stockage ayant une superficie d'au moins 2ha sont requis à ce moment-là.

4-4-2 Identification des problèmes à régler dans le plan de développement urgent

Résumant l'analyse ci-dessus sur la situation actuelle, les problèmes à régler ou à être améliorer sont résumés comme suit

(1) problèmes existants

1) Conflits du flux de la circulation dans la zone portuaire

En raison du manque de séparation claire parmi les cargaisons, le flux de trafics de celles-ci est très compliqué, dont l'état le plus grave est l'existence de plusieurs intersections de chemin de fer. Juste à l'intérieur de l'entrée principale du port, tous les camions traversent le chemin de fer et puis le retraversent de nouveau dans le port.

2) Aucune voie d'accès au quai C1

Le quai C1, qui est l'une des installations principales pour accueillir les bateaux de cargo général international et les vraquiers, est entouré par le terminal à conteneurs et les usines de céréales et de ciment. Le quai est utilisé pour le déchargement et le chargement de diverses cargaisons, c.-à-d., minerai de chrome/concentré, véhicules et d'autres cargaisons générales aussi bien que le blé et le ciment en vrac. Tous les camions de cargaison et les véhicules importés passent alors par la route étroite entre l'entrepôt sur le môle B et la clôture de l'usine de céréales de Mana, qui est fermée pour la construction du convoyeur à bande et du chemin de fer pour les cargaisons en vrac d'Ambatovy. Ainsi, le quai B est le seul passage pour accéder au C1. L'aire de stationnement du quai B est très désordonnée en raison du passage de nombreux véhicules vers et depuis le C1 même pendant que le quai B est en service pour l'amarrage d'un bateau.

3) Aucune politique et ni directive pour l'utilisation des terrains dans la zone portuaire

Tandis que quelques immeubles tels que les entrepôts dans la zone portuaire ne sont pas utilisés ou sous utilisés, les conteneurs et d'autres véhicules lourds importés occupent tous les terrains disponibles dans le port dû au manque de parcs de stockage libre. Pour une utilisation maximum des ressources limitées, on devrait rénover la zone portuaire dans le cadre d'une politique et de directives appropriées de « scrap and build ».

4) Insuffisance de la profondeur des quais

Les tailles des bateaux faisant escale au port de Toamasina tendent à augmenter. En fait, 20 % des touchées de navires en 2007 ont été incommodés par la restriction de la profondeur ou de la longueur du quai. Ces navires de plus de 30.000 TPL ont dû ajuster leur tirant d'eau en réduisant les chargements avant de faire escale au port. Ceci implique que les bateaux n'ont pas été entièrement utilisés, et ceci pourrait être l'explication du frais de transport élevé.

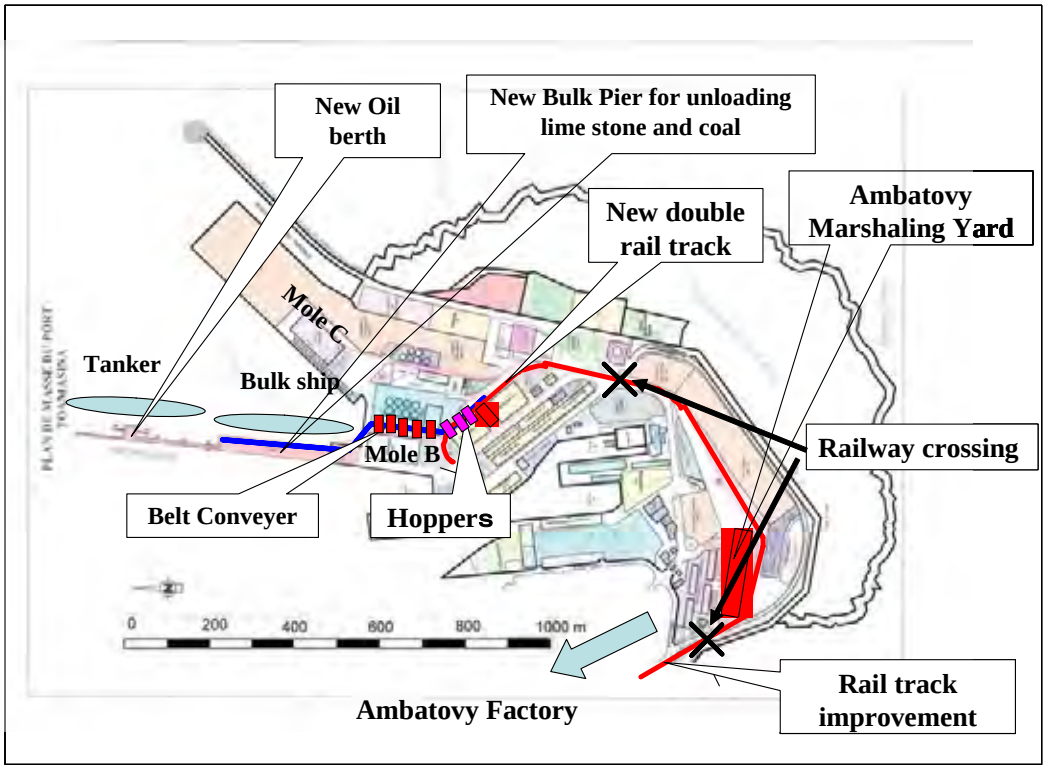
(2) Problèmes attendus

1) Demande de trafic de cargo dans les années à venir

On estime la capacité de manutention de conteneurs du terminal existant, qui comprend les quais C2 et C3, la gare de triage de conteneurs sur le Môle C et le parc de stockage des conteneurs vides, à 170.000 EVP par an. On estime que le volume de trafic de conteneurs s'élève à 426.000 EVP en 2020. En tenant compte du fait que le trafic de conteneurs en 2008 était de plus de 140.000EVP, il est très probable que le volume de cargaison de conteneurs dépassera la capacité du terminal conteneurs bientôt.

2) Début de l'opération intégrale du projet d'Ambatovy

Quand Ambatovy commence l'opération intégrale, l'utilisation des trains de marchandises sur le môle B bloquera complètement les voies d'accès existantes au môle C y compris le terminal conteneurs, les usines de ciment et de céréales. La fréquence de l'opération du train vers et à partir du port augmentera de quelques fois par jour jusqu'à plusieurs fois par heure. Ainsi, le passage à niveau dans le port entraînera de grave restriction du flux de trafic de cargaisons dans la zone portuaire (voir la figure 4-4-6). Ainsi, les terrains dans la zone portuaire seront divisés en deux partis : le bord de la mer et le terrain proprement dit, et le mouvement à travers le chemin de fer seront difficiles et dangereux. Par conséquent, le port a besoin de classer des zones respectives de sorte qu'aucun trafic ne nécessite la traversée du chemin de fer.



Source : Equipe d'étude

Figure 4-4-6 Exploitation de la voie ferrée pour le transport des cargos en vrac du projet d'Ambatovy

(3) Résumé des problèmes à régler dans le plan de développement urgent

A partir des analyses ci-dessus, les problèmes à régler dans le plan urgent sont identifiés comme suit :

1) Zonages

Le port manque d'orientation politique pour le développement du port. Cela se traduit par l'utilisation des terres par parcelle dans la zone portuaire, qui s'est avérée être un système compliqué de flux de cargaisons. Comme le projet d'Ambatovy commence, le terrain de la zone portuaire est divisé en deux partis, un zonage approprié est indispensable pour éviter le conflit des flux de cargaison dans l'enceinte du port. Le réseau routier doit être réaménagé de sorte que chaque zone soit utilisée de façon profitable pour des fonctions désignées.

2) Manque de parcs

La prévision indique que le volume de cargo de conteneurs sera triplé dans la prochaine décennie. Plusieurs nouveaux usagers ont demandé à la SPAT l'autorisation d'utiliser les quais et les parcs pour des activités d'importation et d'exportation. Il s'agit par exemple de la Compagnie japonaise Oji Paper et d'une autre compagnie de ciment. Pour faire face à cela, le port a besoin d'un terrain supplémentaire pour rendre efficace l'opération de manutention de cargaisons. Bien qu'il y ait une possibilité de reconstruire la zone portuaire existant par le système « scrap and build », le terrain supplémentaire qui est utilisée comme la zone de sauvegarde du môle C devrait être fourni du côté de la mer du chemin de fer.

3) Manque du tirant d'eau des quais

Environ 20 % des bateaux faisant escale au port possèdent des dimensions supérieures à la capacité des quais existants, c.-à-d., profondeur d'eau et longueur des quais. En tenant compte de telles tendances que les lignes maritimes utilisent de plus en plus de grands bateaux pour la valeur en échelle, le port a besoin d'un quai à tirant d'eau profond pour les navires porte-conteneurs et les vraquiers.

4-4-3 Besoins urgents pour l'infrastructure matérielle du port

(1) Besoins d'installation

Sur la base des discussions du plan de développement urgent, le but pour résoudre les problèmes identifiés doit être tiré.

Les installations portuaires qui devraient être comprises dans le plan de développement urgent sont les suivantes :

Pour les expéditions internationales

- Parc à conteneurs
- Vraquiers (copeaux et minerai de chrome/concentré)
- Cargo général (entrepôts pour les céréales et le ciment et zone de stockage en plein air pour les véhicules importés)

Le commerce intérieur

- zone de manutention de cargaisons pour le transbordement de cargaisons en sac (telles que sel, riz et ciment), cargaisons générales (telles que sisal, matériaux de construction, consommables en cartons)

Résumé des besoins d'installation pour le développement urgent

Quais

Quai international:

Modèle de Bateau: Bateaux porte-conteneurs et vraquiers de 55.000 TPL

Quai : Quai pour conteneurs avec 320 m de long avec des grues de portique, profondeur d'eau -14m.

Quai pour vraquiers ayant une longueur totale de500 m, profondeur d'eau -14m

Ciment & blé (approfondissement du quai C1 à-14 m)

Intérieur: Installations existantes au môle A et môle B

Quai supplémentaire au côté Ouest du quai de la nouvelle jetée B

Espace de terre-pleins :

Conteneurs: 10 ha(minimum):

Vrac : 3 ha (copeaux 2ha, minerais de chrome 1 ha, minimum)

Route portuaire :

Voies d'accès séparées pour les conteneurs, vraquiers et généraux sans intersection avec la voie ferrée.

(2) Les prémisses pour la préparation du plan de développement urgent du port de Toamasina

Le plan de développement urgent du port de Toamasina a été élaboré sur la base des prémisses suivantes :

a. Il semble être très prometteur que le port de Toamasina restera le principal port d'entrée de Madagascar. Même si l'étude de plan directeur réalisé par le biais des fonds de la Banque Mondiale avait recommandé le développement d'un autre port maritime en eau profonde à proximité de Nosy Be, qui est situé sur la côte du nord-ouest de Madagascar, Toamasina présente l'avantage de sa proximité d'Antananarivo, le capital, ainsi que ses infrastructures de transport existantes et ses services de transport établis.

b. Le plan de développement urgent devrait être préparé sans politique de développement ni de plan directeur du réseau de transport national. Par conséquent, la présente étude devrait se concentrer sur la résolution des problèmes existants et prévus et sur la maximisation de l'utilisation des ressources existantes du port de Toamasina par la rénovation et la reconstruction et puis par l'investissement sur quelques nouvelles installations pour augmenter la capacité des infrastructures existantes. Le plan de développement urgent devrait être à la portée de sorte qu'il maintient la flexibilité autant que possible pour le développement à long terme du port.

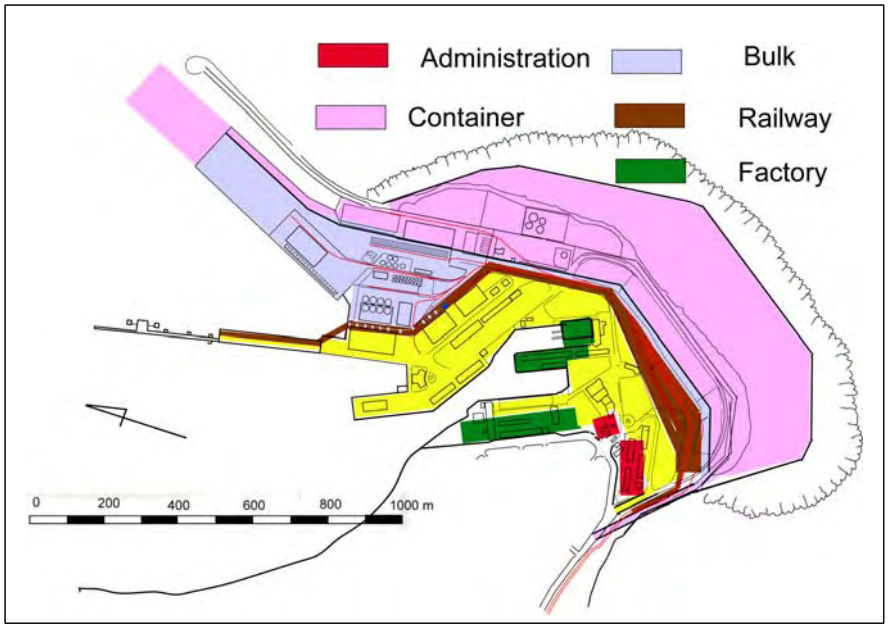
c. On suppose pour le plan de développement urgent que les structures existantes, telles que réservoirs, hangars, silos, grues fixes et convoyeurs à bande et immeubles de bureau, restent comme elles sont. Cependant, la route, les chemins de fer et les entrées du port doivent être déplacés ou renouvelés si nécessaires.

d. La séparation complète des flux de trafic de cargaisons dans la zone portuaire est le facteur clé dans le plan d'aménagement des installations. Par conséquent, la zone pour conteneurs, la zone pour les vracs, la zone ferroviaire, la zone pétrolière, la zone de cargaison générale pour les cargos internationaux et nationaux sont définies. Celles des ferroviaires et pétrolières ont été déjà désignées et le développement des infrastructures nécessaires est en cours. On suppose également que toutes les cargaisons en vrac à l'importation liées au projet d'Ambatovy seront traitées au quai côté Est de la nouvelle jetée B et tout les pétroliers sont traités au nouveau quai pétrolier dont l'opération commence en septembre 2009.

(3) Répartition de la zone portuaire

Avant le plan d'aménagement des installations, le plan de zonage devrait être préparé pour un flux régulier de divers types de cargaisons de façon à éviter le conflit. L'élément clé à considérer est de séparer les zones pour les vrac, les conteneurs et le chemin de fer entre eux. Le plan de zonage conceptuel est montré dans la figure 4-4-7. Le plan a été établi comme le plus réaliste, ne nécessitant la délocalisation à grande échelle des structures existantes pour le développement urgent.

À condition que la nouvelle voie d'accès aux zones de cargaisons en vrac et générales soit construite, les zones pour les vrac, conteneurs, chemin de fer et cargaisons générales sont complètement séparées et chaque cargaison a une voie d'accès respective à partir de l'entrée principale du port. Le seul conflit entre le chemin de fer et les camions reste au passage à niveau juste à l'intérieur de l'entrée principale. Ce conflit peut être résolu par la construction de viaduc ferroviaire.



Source : équipe d'étude

Figure 4-4-7 Plan de zonage du port

4-4-4 Plan d'aménagement du développement urgent

(1) Composantes du plan de développement urgent

Les éléments suivants doivent être développés de toute urgence pour faire face aux demandes de trafic de cargo conteneurs et vraquier jusqu'en 2020 :

a. - Remblayage du récif de la pointe Hastie (10ha)
- Construction de revêtement
- Remblai par enfouissement des déchets
- Revêtement du terminal conteneur incluant le nouveau remblayage
- construction d'un parc à conteneurs et d'installations auxiliaires

b. Prolongement du brise-lames (354 m)

c. - Construction d'un nouveau poste à quai 320 m x 150m
- Construction de quai
  - 14 m de quai pour conteneurs
  - 14 m de quai pour vraquiers
- Remblayage du quai
- Fondation des grues de quai de conteneurs
- Revêtement de la surface remblayée
- Construction d'une voie d'accès au nouveau quai
- Dragage du quai et du bassin

d. Construction d'une nouvelle voie d'accès à partir de l'entrée principale au quai C1 (pour les cargaisons en vrac)

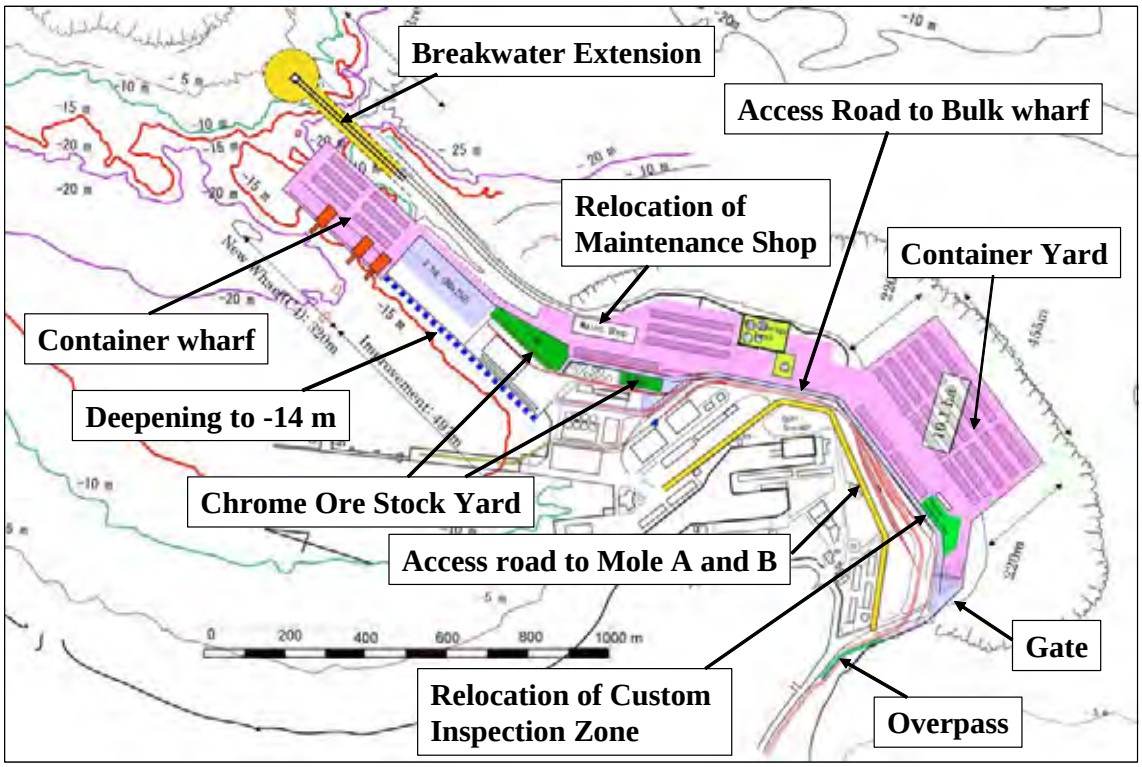
e. Approfondissement des quais C3, C2 et C1

f. Construction d'un viaduc routier à l'entrée principale

g. Installation de trois unités de grues de quai de conteneurs et d'un nombre suffisant de RTG au parc

(2) Plan d'aménagement des installations

Le plan d'aménagement des installations du développement urgent est montré dans la figure 4-4-8. Les emplacements de ces éléments à aménager dans le plan y sont indiqués.



Source : Equipe d'étude

Figure 4-4-8 Aménagement des installations du plan de développement urgent

Chapitre 5. Opération et Gestion de manutention du Cargo

5-1 Opération de conteneurs

La capacité de manutention de cargo à conteneurs du port de Toamasina avec les installations existantes est d'environ 175 000 EVP par an selon MICTSL, l'opérateur exclusif de manutention de conteneur du port. Le volume de cargo conteneurs atteindra la capacité d'ici 2011, selon les prévisions de cette étude, avec l'hypothèse que le volume de cargo à conteneurs continue d'augmenter au taux annuel de 10% de 2005 à 2020. Ainsi, La SPAT doit développer dès maintenant ses nouvelles installations de manutention de conteneurs; quai et terre pleins pour conteneurs (CY).

Tableau 5-1-1 Prévision de Volume de Container du port de Toamasina

Unité: 1.000 TEU

Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Actuel	141,9	123,0											
Estimation	135,8	149,3	164,3	189,7	198,8	218,6	240,5	264,6	291,0	320,1	352,1	387,3	426,1

Variance: 4,5% -17,6%

Source: MICTSL et Equipe d'Etude

Le plan d'urgence proposé dans le chapitre précédent avance le développement d'un nouveau quai à conteneurs en étendant le Mole C de 320 mètres avec une profondeur de 14 mètres. Ce nouveau quai est suffisamment convenable pour le traitement des navires porte-conteneurs ayant une capacité de charge de 4.000 ~ 5.000 EVP. Le plan propose également la création d'un terre- plein supplémentaire pour entreposage de conteneurs (PC) sur le Récif Hastie.

Avec trois (3) unités de Grues Portiques de Quai (GPQ) sur le nouveau quai long de 320 mètres, la capacité du nouveau quai à conteneur devient 448.000 EVP par an sous condition que la productivité nette de ces GP soit de 30 levées par heure et par unité, et leur taux d'utilisation net est de 45%. La capacité du quai suffit amplement pour faire face à l'augmentation des cargos à conteneurs à l'horizon de 2020 selon nos prévisions.

D'autre part, la capacité du terre-plein à conteneurs (PC) sur le quai C4 n'est pas suffisante pour permettre le rassemblement de 448.000 EVP de conteneurs par an car la largeur du quai est limitée à seulement 150 mètres due à l'existence du brise-lames. Le PC sur le quai C4 a seulement un maximum de 700 emplacements d'EVP au sol avec le système opérationnel RTG, ce qui équivaut à la capacité opérationnelle annuelle de 230.000 EVP pour le stockage de charge à l'exportation et des conteneurs vides avec comme hypothèse que le séjour moyen est de trois jours.

Par conséquent, la SPAT a besoin de trouver un espace supplémentaire de PC capables de recevoir 220.000 EVP ou plus de conteneurs par an dans un endroit préférablement non loin du Mole C4, ce qui équivaut à 10 hectares pour le stockage des conteneurs d'importation par le système de RTG. L'emplacement a été choisi sur le récif Hastie qui offre un assez grand espace à cet effet.

Une fois que la SPAT y développe ces 10 hectares de PC (455 x 220 mètres comme proposé dans le plan), un autre 2.088 emplacements d'EVP au sol devient disponible, qui est suffisamment assez pour stocker 220.000 EVP de conteneurs chargés d'importation par an en admettant que le total de séjour est de 7 jours en moyenne.

Résumant la capacité des deux PC, la capacité annuelle de manutention du port atteindra environ 450.000 EVP, excluant celle du parc à conteneurs vides, ce qui représente le même volume que la capacité annuelle de manutention de conteneurs au quai. Ainsi, on peut dire que la capacité des nouvelles installations du terminal à conteneur dans le port de Toamasina serait de 450.000 EVP par an, ce qui est suffisamment large pour manipuler les conteneurs jusqu'à l'horizon de l'an 2020.

Étant donné que les nouvelles installations pour conteneurs du port devraient être achevées en 2016 (pour le PC hors quai) et en 2017 (pour le quai et le PC sur quai) au plus tôt, ainsi, la SPAT ou

MICTSL doivent aménager un PC supplémentaire capable de traiter 120.000 EVP de conteneurs par an préférablement à proximité du terminal C3 dans le but de faire face à l'augmentation de nombre de cargos à conteneurs et ce, jusqu'à ce que les nouvelles installations soient opérationnelles.

[291.000 (volume estimé en 2016) -175.000 (capacité maximale des installations existantes) = 116.000]

En plus d'obtenir la capacité de PC nécessaire, MICTSL doit faire un effort pour accroître la productivité de leurs trois (3) unités de grues mobiles existantes de 14 levées par heure et par grue en moyenne à 16 ou plus, visant à accroître la capacité du quai et de développer le PC supplémentaire pour équilibrer la capacité susmentionnée du nouveau PC (295.000 EVP). Lorsque MICTSL augmente la productivité jusqu'à 16 et 17 levées par heure et par grue en moyenne, la capacité du quai C3 atteindra respectivement 280 000 EVP et 297.000 EVP par an.

En outre, la SPAT aura à construire un autre terminal à conteneurs opérationnel d'ici la fin de 2020 car à partir de cette année, le PC du quai C4 et ses PC hors quai construits sur le Récif Hastie seront pleins en excès.

Le Grand Récif restera la seule frontière pour développer un certain nombre de terminaux à conteneurs modernes à grand envergure (La taille recommandable du quai pour terminal est de 320-350 mètres de long avec un PC de 500-600 mètres de large chacun) et à but multiple pour le port, la principale porte d'entrée de la République de Madagascar. Ces terminaux devraient certainement soutenir la croissance de l'économie de Madagascar pour de nombreuses décennies à venir, y compris la manutention de nombreux transbordement de conteneurs, et permettra la concurrence avec Port-Louis à Maurice.

5-2 Opération sur cargo générale, vraquier et autres

Le port de Toamasina dispose actuellement de 2,5 quais pour la manutention de CG international, vraquier et d'autres cargos : le B, C1 et C2. Comme décrit ci-dessus, C2 est considéré comme 1/2 quai en raison de sa faible longueur de 134,5 mètres seulement. Ces quais ont manipulé 793.818 tonnes de tels cargos en 2008, et le total de séjour était de 437,4 jours ou 2,62 jours par bateau en moyenne comme le montre le tableau suivant.

Tableau 5-2-1 Port de Toamasina; Utilisation des quais en 2008, sauf le Mole A et le point B

Quai	Détails (Long et profondeur)	Nbre de navires enregistre	Séjour en quai Total	Séjour en quai/moy	Productivité levée/quai/Heure	Utilisation du quai Taux (%)	Type de navires enregistres
B	190m, -9,7m	71	157,13	2,21		43,0%	Vraquier, voitures d'occasion
*B		21	11,17	0,53	0,78	3,1%	Vraquier, enregistre par MICTSL
C1	219m, -9,5m	46	195,38	4,25		53,5%	Vraquier, Conteneur, voitures d'occasion, et
C2	134,5m, -10m	46	84,01	1,83		23,0%	Vraquier, voitures, petrole etc
*C2		16	12,14	0,76	7,03	3,3%	Conteneur, enregistre par MICTSL
C3	172,5m, -12,0m	29,3	213,07	0,73	20,54	58,4%	Conteneur, GC mais conteneur enregistre
		4	0,85	0,21		0,2%	Roro
S total		460	650,38	1,41		178,2%	
Sauf porte-conteneur au C3		167	437,4	2,62		119,8%	

Ce tableau indique que le taux d'utilisation de ces 2,5 quais s'élevait à 47,9% en 2008, qui était un peu plus élevé que le niveau souhaitable pour des navires en escale au port. Cela explique la raison pourquoi les navires sont insistés à attendre que les quais soient libres, parfois au large de port.

Bien que l'utilisation des quais est évaluée d'être un peu haute en 2008, le Port de Toamasina entamera l'exploitation d'un autre quai, mieux qualifié pour les grands navires conventionnels et qui

est en extension à l'extrémité du quai B, à la fin de 2010. (Le côté Est du quai de la nouvelle jetée serait exclusivement utilisé pour les cargos d'Ambatovy).

Par ailleurs, dés que le quai C4 sera achevé au plus tôt en 2017, l'opération toute entière de bateaux porte-conteneurs peut y être effectuée. Par conséquent, le quai C3, qui est actuellement utilisé pour les bateaux porte-conteneurs, peut être utilisé pour le chargement et le déchargement d'autres types de cargos, y compris le cargo de copeaux de bois en vrac d'Oji Paper qui devrait commencer en 2016.

Alors que la tendance du volume total de la CG, vraquier et d'autres cargos traités au port a montré un accroissement continu au taux annuel de 3%, le volume total hors ciment et blé en vrac a tendance à diminuer depuis 2005 comme le montre le tableau 5-2-2 - B. Ainsi, on peut dire que l'augmentation de ciment et le blé en vrac a fortement contribué à l'augmentation de ces cargos traités au port.

Tableau 5-2-2 Volume de manutention de CG/vraquier à l'exclusion de ciment et du blé en vrac

	2005	2006	2007	2008	2009
Exclu Ciment/blé en vrac + Domestique	522,066	372,064	419,128	446,203	436,507
hausse% par rapport au volume en 2005	Base	-28.7%	-19.7%	-14.5%	-16.4%

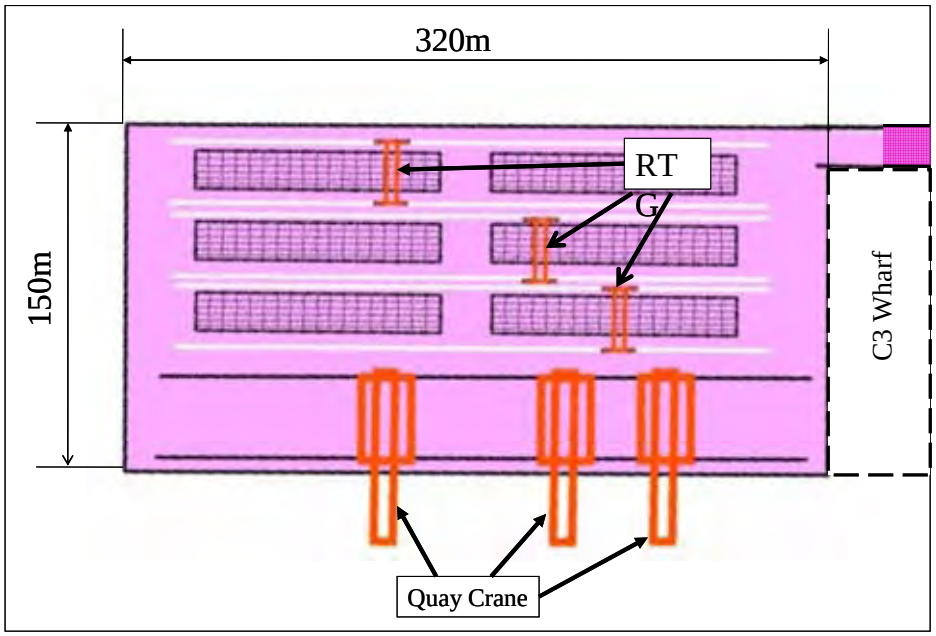


Figure 5-2-1 Container yard layout at the Wharf C4

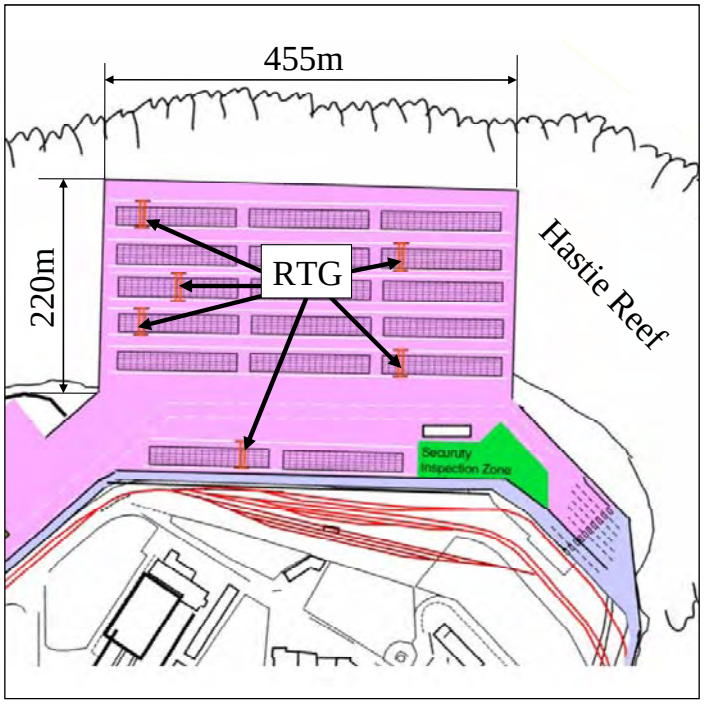


Figure 5-2-2 Container yard layout at the Hastie Reef Reclamation

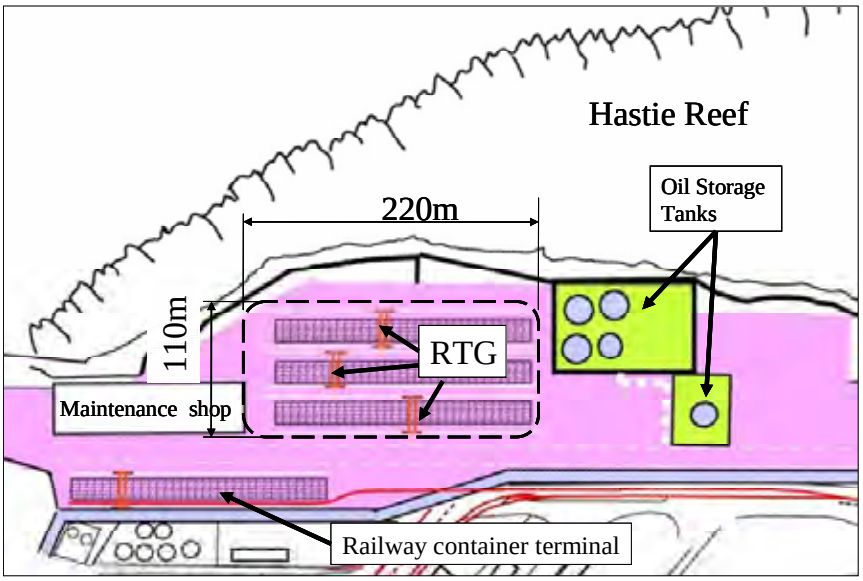


Figure 5-2-3 Container yard layout at the Existing Reclamation

Le taux moyen pondéré de l'utilisation de quai du port est projeté comme indiqué dans le tableau 5-2-2-C sur la base du volume actuel de manutention et le séjour à quai observé en 2008, aussi bien que les volumes de manutention de cargo jusqu'en 2020 en prévision avec un taux de croissance annuel constant de 3%.

Tableau 5-2-3 Prévision de taux d'utilisation de quai pour CG/ vraquier

Year	*Official Forecast*	Actual/2nd Forecast	Assumption	Total Berth days	Available Berth No.	Mean Berth Utili Rate	Remarks
2005	*613,000*	633,018	Actual				
2006	*631,390*	532,569	Actual				
2007	*650,332*	713,517	Actual				
2008	*669,842*	**793,818**	**Actual**	**437.4**	**2.5**	**47.9%**	**Base**
2009	*689,937*	817,633	3% hike	450.5	2.5	**49.4%**	
2010	*710,635*	842,162	3% hike	464.0	2.5	**50.9%**	
2011	*731,954*	867,426	3% hike	478.0	**3.5**	37.4%	Able to use Pier-B-West
2012	*753,913*	893,449	3% hike	492.3	3.5	38.5%	
2013	*776,530*	920,253	3% hike	507.1	3.5	39.7%	
2014	*799,826*	947,860	3% hike	522.3	3.5	40.9%	
2015	*823,821*	976,296	3% hike	537.9	3.5	42.1%	
2016	*848,535*	1,005,585	3% hike	557.1	3.5	**45.6%**	Commence Oji Chip biz
2017	*873,991*	1,035,752	3% hike	573.8	3.5	**46.9%**	*Impact is 2.0% as average
2018	*900,211*	1,066,825	3% hike	591.0	**4.5**	37.5%	Able to use C-3
2019	*927,218*	1,098,830	3% hike	608.7	4.5	38.6%	
2020	*955,034*	1,131,795	3% hike	627.0	4.5	39.7%	

Source: Équipe d'étude

***Autres sujets :**

1) L'<u>Exportation de copeaux de bois de Oji Paper</u> est prévu à commencer avec 25.200 tonnes en 2016, 50.400 en 2017, 100.800 en 2018, 151.200 en 2019 et 201.600 en 2020 et après. La productivité de l'opération de manutention de cargo est conçue à environ 9.000 tonnes par jour. Ainsi, le séjour à quai requis pour le chargement de ces volumes serait de trois (3) jours en 2016, de six (6) jours en 2017, de douze (12) jours en 2018, de dix huit (18) jours en 2019 et de vingt quatre (24) jours en 2020 et après.

* Très probablement, Oji Paper remettra à plus tard le commencement de l'opération de chargement de copeaux jusqu'à ce le terminal C-3 soient disponible, comme le port n'a d'autre quai disponible suffisamment large pour placer quelque unité de chargeur de copeaux mobile (ceci a besoin d'au moins 40-50 mètres de surface)

<u>2) Projet Ambatovy:</u>

Le projet est prévu d'entamer sa mise en service partielle à la fin de 2010, et commencera ses opérations intégrales vers la fin de 2012. Les principaux produits qu'ils manipulent sont les suivants;

a) Importation:

marchandises	Volume: Tonnes/an	Taille navire (TPL)	Touchée de navire par an	Total séjour (jour)	Taux d'ut. quai
calcaire	1.700.000	50.000	56	113	31%
Soufre	700.000	50.000	23	58	16%
houille	400.000	50.000	13	48	13%
Ammoniac	60.000	inconnu	inconnu	inconnu	inconnu
Total	2.860.000		92 +	219 +	60%+

b) Exportation:

Tous les produits du projet sont prévus pour l'exportation par conteneurs de 20 pieds tels que,

Nickel: 3.000 unités de conteneurs de 20" par an après l'opération intégrale
Cobalt: 280 unités de conteneurs de 20" par an après l'opération intégrale
Engrais: 10.500 unités de conteneurs de 20" par an après l'opération intégrale

---

Total 13.780 unités de conteneurs de 20" par an après l'opération intégrale

*** Problèmes anticipés:** Accès au môle C

Cinq (5) unités de trains de 150 mètres de long seront employés pour le transport de leur cargo de matériel à partir du port (côté Est du nouveau quai B) à l'usine d'Ambatovy à proximité. La trémie qui charge les matières à l'importation sur les wagons du train est installée sur le quai B existant et l'espace entre l'entrepôt et les silos à blé. Ainsi, la route d'accès au Môle C, y compris le terminal à conteneurs existant au C3 sera bloquée par l'opération fréquente des trains. Une fois l'opération intégrale démarre, la route d'accès soit bloquée pendant plus de 200 jours par an.

Par conséquent, la SPAT doit construire une nouvelle route d'accès à partir du terminal C3 sans intersection avec les rails utilisés par l'opération d'Ambatovy. La largeur de la route d'accès alternative mesurera 25 mètres ou plus, comme les RTG de MICTSL devrait s'y déplacer, dès que le PC hors quai sur le récif Hastie soit mis en place.

Ces RTG ne se déplacent pas entre les PC sur quai et hors quai très souvent, cependant ils doivent passer par la route pour l'installation du PC hors quai sur le récif Hastie lors de leur importation de l'étranger après le déchargement à partir des barges aux quais C3 ou C4.

En plus de la route d'accès de 25m de large menant au terminal à conteneurs C3, la SPAT doit construire une nouvelle route d'accès pour les quais C1 et C2 à partir de l'entrée du port. Cette route devrait être séparée de la route d'accès au terminal C3 et ne devrait pas traverser les rails pour l'opération

Ambatovy. Deux routes d'accès distincts pour le Mole C sont très nécessaires parce que le quai C3 et sa zone en arrière plan sont destinés à devenir un terminal à usage multiple pour le traitement des copeaux de Oji Paper et d'autres après l'achèvement du terminal C4.

Chapitre 6. Aspects de l'Ingénierie

6-1 Conception préliminaire

6-1-1 Brise-lames

(1) Tracé et prolongement nécessaire du brise-lames

1) Tracé du brise-lames

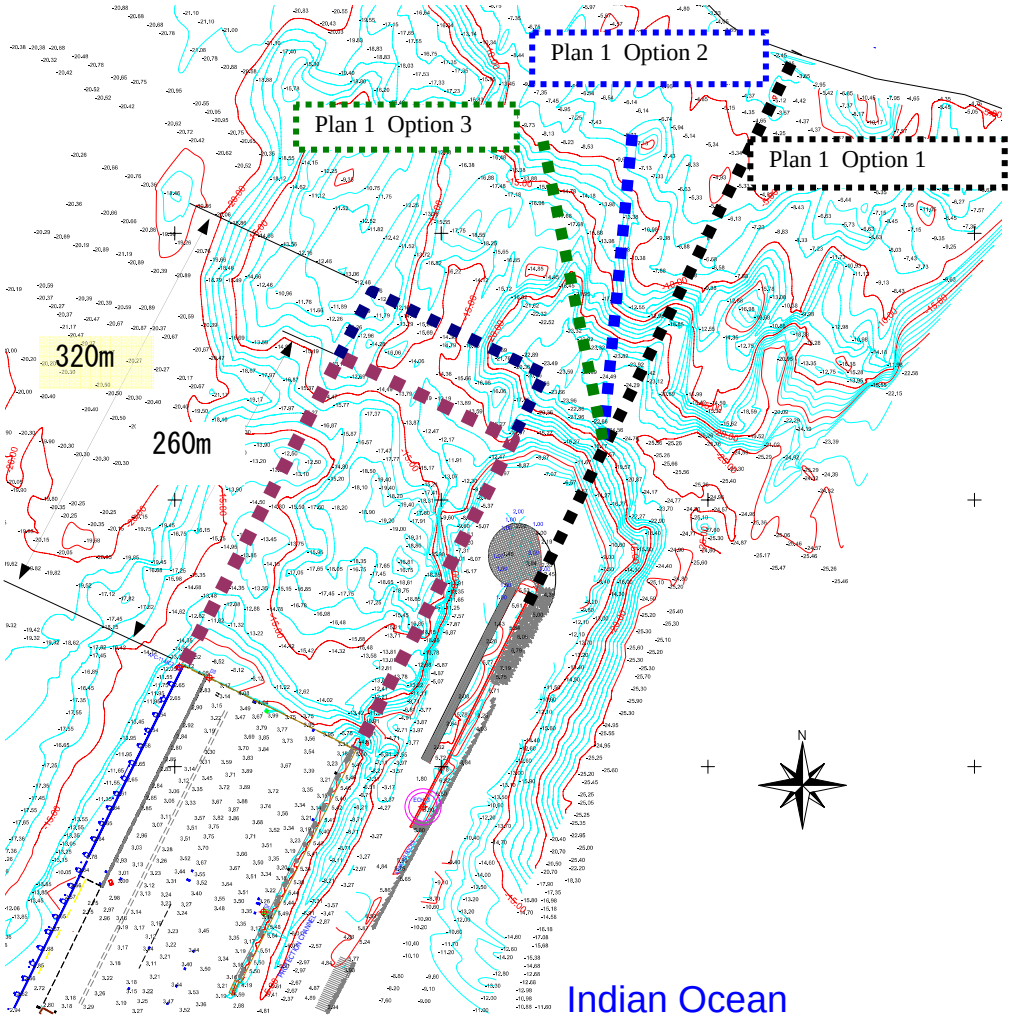


Figure 6-1-1 Options de tracé pour le brise-lames

Le prolongement en ligne droite du brise-lames illustré ci-dessus comme option 1 est déterminé en tenant compte de la topographie des fonds marins et de l'alignement de l'extension du parc a conteneurs.

2) Nécessité de prolonger le brise-lames

L'extension nécessaire du brise-lames est déterminée à 345m en fonction du calcul du taux de rendement du quai qui est basée sur la distribution combinée des hauteurs de vagues et des périodes; le critère actuel de la hauteur des vagues et des périodes pour la manutention du fret au quai qui est de 0,6m contre la hauteur de vagues sur la période de retour annuelle étant pris comme référence.

Tableau 6-1-1 Taux de rendement du quai

Longueur du brise-lames et Longueur du Quai	Quai	Rendement du Quai	
		Taux de rendement (%)	Nombre de jours d'opération annuelle
Brise-lames: 345m Quai: 320m	C4: 320m	94,5	345

(2) Structure du brise-lames

1) Critères de conception

i) Marée

	Quais	Brise-lames, digues
Normal	+1,0m	+1,5m
Enormément agitée	+1,5m	+2,0m
	+0,27m	+0,77m

ii) Vagues

Période	15 secondes		
Hauteur de vagues à chaque profondeur	Profondeur	−25m	-10m
	Hauteur de vagues	11,0m	8,5m

2) Coupe transversale typique du brise-lames

Les coupes transversales typiques du brise-lames prolongé aux différentes profondeurs sont illustrées dans les figures 6-1-2, 6-1-3 et 6-1-4.

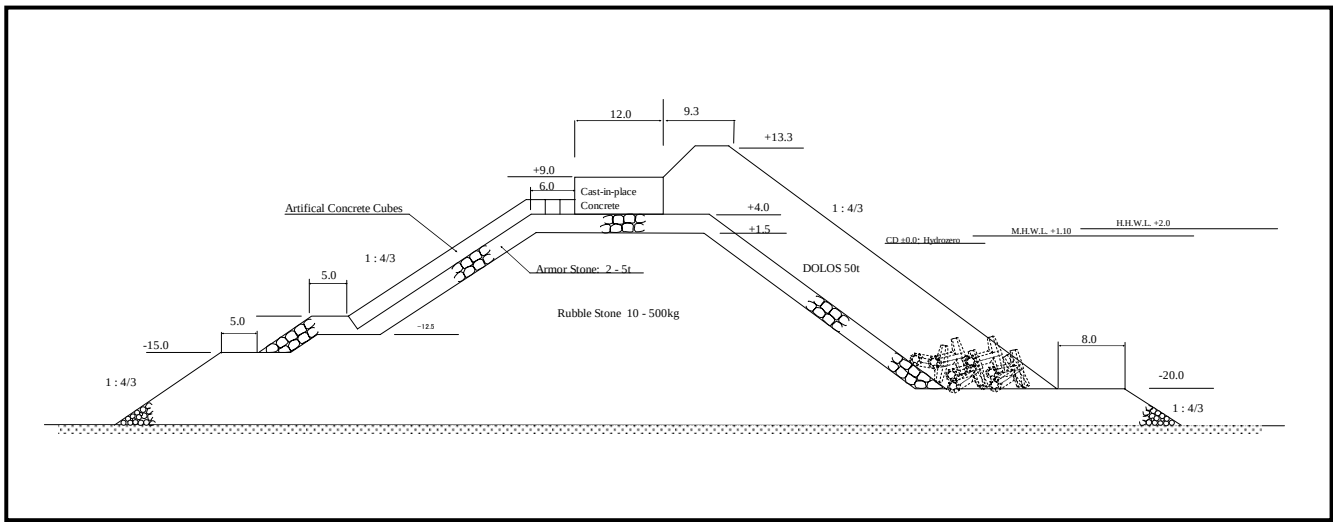


Figure 6-1-2 Coupe transversale typique du brise-lames à -25m de profondeur

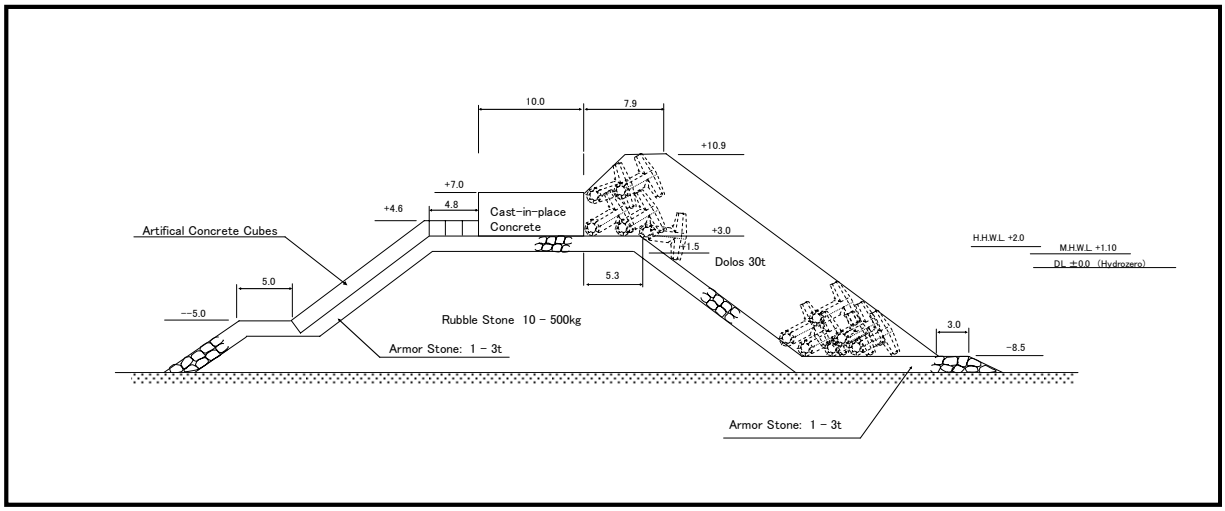


Figure 6-1-3 Coupe transversale typique du brise-lames à -10m de profondeur

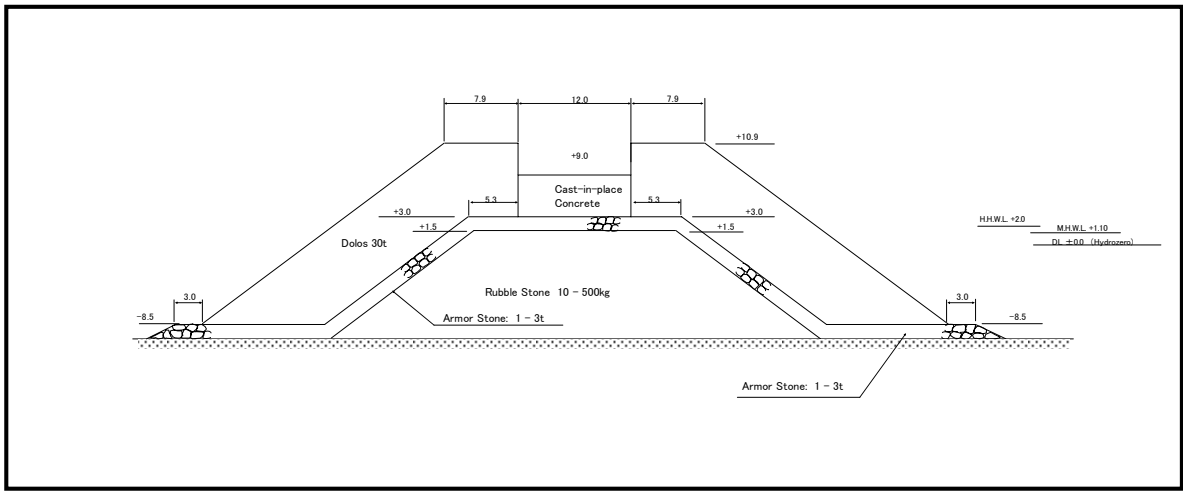


Figure 6-1-4 Coupe transversale typique du musoir

6-1-2 Conception préliminaire du nouvel Terminal (C4)

(1) Critères de conception

Un résume des critères de conception est indique dans le tableau suivant.

Particularités	Quai C4	
I. Conditions d'exploitation		
1. Genre de navires et profondeur de l'eau		
1.1 Genre de navires		
(1) Type	Navire porte-conteneurs	Vraquiers
(2) Tonnage (ton)	50.000 TPL	55.000 TPL
1.2 Longueur du quai (m)	330	280
1.3 Tirant d'eau (m)	14	14
1.4 Amarrage	100 tf/poste	100 tf/poste
1.5 Mouillage	0,10m/s	0,10m/s

2. Surcharge et charge mobile au tarmac		
2.1 Surcharge (kN/m2)		
(1) Normal	30	30
(2) Sismique	15	15
2.2 Charge mobile		
(1) Grue de quai (poids automatique)	1.000 tf	Option
(2) Equipement mobile	Camion porte-conteneurs de 40ft	T-load, L-load
II. Conditions Naturelles		
1. Météorologie		
1.1 Temperature	Moyenne mensuelle: 22~25℃	
1.2 Précipitation atmosphérique	Moyenne annuelle: plus de 4.000mm	
1.3 Vent	Environ 89 m/s pour 100 ans période d'observation	
2. Océanographie & Hydrographie		
2.1 Marée	CDL: 0.00, LWL: 0.27, MSL: 0.67, HWL: 1.10, HHWL: 2.0m	
2.2 Courant	0,1~0,3 m/s	
2.3 Vague	Négligeable	
3. Conditions Géotechniques	Voir Figure 5-2-1	
4. Condition Sismique	coefficient sismique: 0,1	
III. Conditions structurelles		
1. Matériels		
1.1 Béton		
(1) Teneur et Résistance (N/mm^2)	24 pour béton armé marin, 18 pour béton lisse et 10 pour béton maigre	
(2) Armatures (Teneur, contrainte admissible, N/mm^2)	SR295: fa=157 (Fer rond), SD345: fa=196 (Bar déformé)	
1.2 Structure de l'acier (Teneur, Elasticité & contrainte admissible N/mm^2)	SS400, SM400: fy=235, fa=140, SM490: fy=315, fa=185	
1.3 Pieu en tube d'acier (Teneur, Elasticité & contrainte admissible N/mm^2)	SKK400, SHK400, SKY400: fy=235, fa=140, SKK490, SHK490, SKY490: fy=315, fa=185	
1.4 Palplanche en acier (Grade, Elasticité & Contrainte admissible N/mm^2)	SY295: fy=295, fa=180, SY390: fy=390, fa=235	
1.5 Taux de corrosion de l'acier (mm/an.)	Côté mer: au dessus de HWL: 0,3, HWL~LWL-1m: 0,2, LWL-1m ~fonds marins: 0,15 en dessous du fonds marins: 0,03 Côté terre: au dessus de GL: 0,1, GL~GWL: 0,03, au dessous de GWL: 0,02	
1.6 Poids unitaire (kN/m^3)	PC, RC: 24, bitume: 22,6, pierre: 26, sable: 18, acier: 77	
1.7 Matériel de remblais	Sable, Poids unitaire 18 kN/m^3, Angle de friction intérieur 30 degrés.	
2. Autre Considération		
2.1 Augmentation de la contrainte	condition sismique: 50%, condition de chargement temporaire: 33%	
2.2 Facteur de sécurité (Facteurs entre parenthèses: condition sismique)		
(1) Talus	1,3 (1,0)	
(2) Structures de type à gravité	Glissement: 1,2 (1,0), Renversement: 1,2 (1,1), Capacité de portage: 1,2 (1.0)	
(3) Plaque de poutre	Stabilité du moment d'équilibre : 1,5 (1,2), Stabilité du bloc d'ancrage: 2,5 (2,0)	
(4) Fondation en bas-fonds	Capacité de portage: 2,5 (1,5)	
(5) Fondation sur pilotis	Capacité de portage: 2,5 (1,5), Pull out: 3,0 (2,5)	

2.3 Période de service	50 ans

+3 m Surface de terrain existant
Sable pour remblayage
γ = 18 kN/m^3 γ '= 10 kN/m^3 ϕ = 30°

-12 m
Sable & Corail
γ = 18 kN/m^3 γ '= 10 kN/m^3 ϕ = 35°
N moyenne = 25

-19 m
Sable & Corail
γ = 18 kN/m^3 γ '= 10 kN/m^3 ϕ = 35°
N moyenne = 30

-29 m

Figure 6-1-5 Conditions du sous-sol

(2) Conception préliminaire du nouveau quai

Le type de quai à pont ouvert bâti sur pilotis couplé présenté sur la figure 6-1-6 est recommandé comme le structure du quai C4 et un type de quai à tuyau de palplanche métallique avec berme est considéré comme une autre alternative pour réduire le coût de construction.

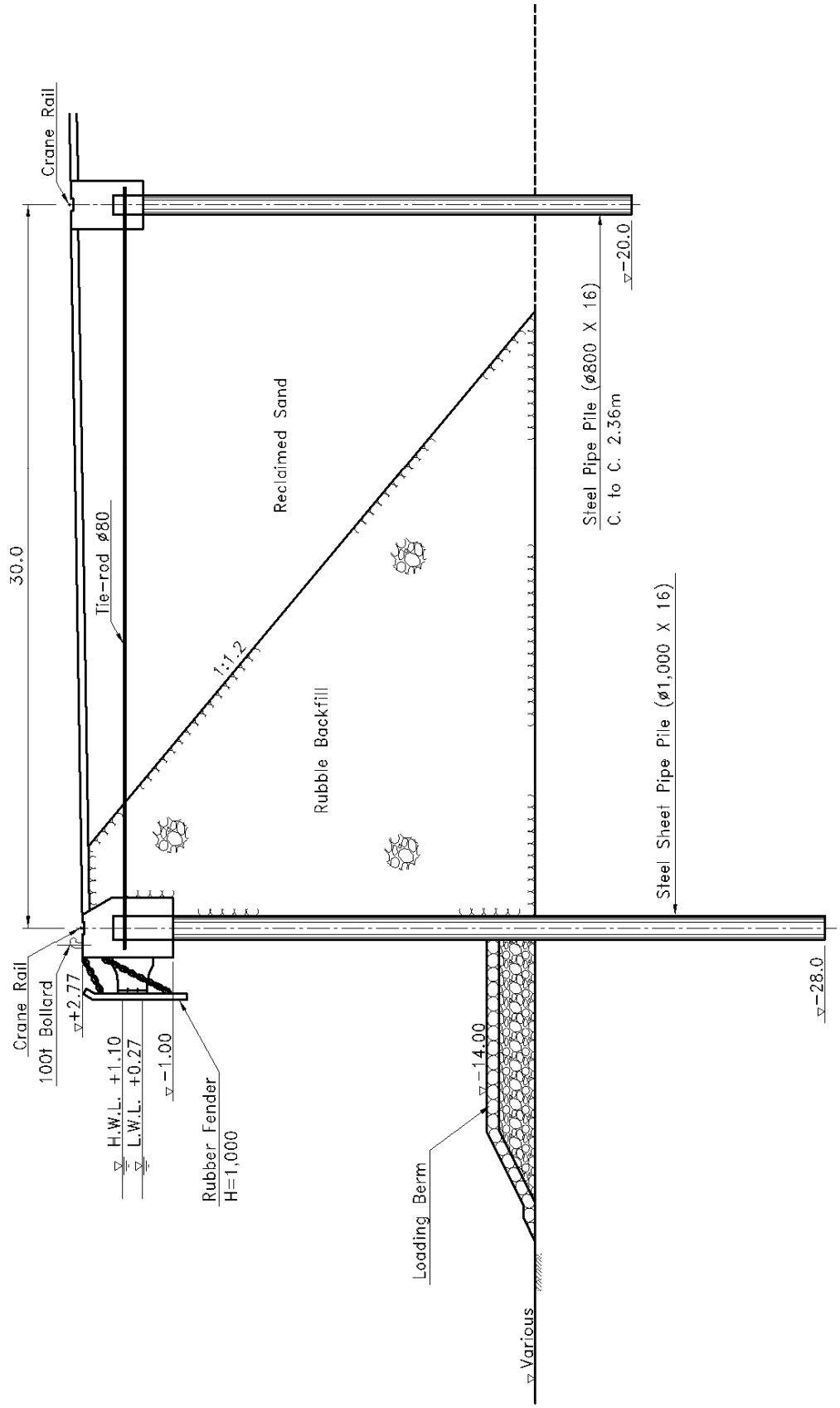


Figure 6-1-6 Type de quai à tuyau de palplanche métallique avec berme

(3) Amélioration des quais existants (C1, C2 et C3)

1) Critères de conception

Le résumé des critères de conception est présenté dans le tableau 6-1-2.

Tableau 6-1-2 Résumé des critères de conception

Particularités	Quai C2~C3	Quai C1
I. Conditions d'exploitation		
1. Genre de navires et profondeur de l'eau		
1.1 Genre de navires		
(1) Type	Navire porte-conteneurs	Vraquiers
(2) Tonnage (ton)	50.000 TPL	55.000 TPL
1.2 Longueur du quai (m)	330	280
1.3 Tirant d'eau (m)	14.0	14.0
1.4 Amarrage	100 tf/post	100 tf/post
1.5 Mouillage	0,10m/s	0,10m/s
2. Surcharge et charge mobile au tarmac		
2.1 Surcharge (kN/m2)		
(1) Normal	30	20
(2) Sismique	15	10
2.2 Charge mobile		
(1) Grue de quai (poids automatique)	N. A.	N. A.
(2) Equipement mobile	40 ft Camions porte-conteneurs	T-load, L-load
II. Conditions naturelles		
1. Météorologie		
1.1 Temperature	Moyenne mensuelle: 22~25℃	
1.2 Précipitation atmosphérique	Moyenne annuelle: plus de 4.000mm	
1.3 Vent	Environ 89 m/s pour 100-ans de période d'observation	
2. Océanographie & Hydrographie		
2.1 Marée	CDL: 0.00, LWL: 0,27, MSL: 0,67, HWL: 1,10, HHWL: 2 m	
2.2 Courant	0,1~0,3 m/s	
2.3 Vagues	Négligeable	
3. Conditions géotechniques	Voir **Figure 5-3-1**	
4. Condition sismique	Coefficient sismique de conception : 0,1	
III. Conditions structurelles		
1. Matériels		
1.1 Béton		
(1) Teneur et Contrainte (N/mm^2)	24 pour béton arme marin, 18 pour béton lisse et 10 pour béton maigre	
(2) Armatures (Teneur, contrainte admissible N/mm^2)	SR295: fa=157 (Fer Rond), SD345: fa=196 (Bar Deformé)	
1.2 Structure de l'acier (Teneur, élasticité et contrainte admissible	SS400, SM400: fy=235, fa=140, SM490: fy=315, fa=185	

N/mm^2)	
1.3 Pieu en tube d'acier (Teneur, Elasticité & contrainte admissible N/mm^2)	SKK400, SHK400, SKY400: fy=235, fa=140, SKK490, SHK490, SKY490: fy=315, fa=185
1.4 Palplanche en acier (Teneur, Elasticité & Contrainte admissible N/mm^2)	SY295: fy=295, fa=180, SY390: fy=390, fa=235
1.5 Taux de corrosion de l'acier (mm/an.)	Côté mer: au dessus de HWL: 0,3, HWL~LWL-1m: 0,2, LWL-1 m ~fonds marins: 0,15 au dessous du fonds marins: 0,03 Côté terre : au dessus de GL: 0,1, GL~GWL: 0,03,au dessous de GWL: ,.02
1.6 Poids unitaire (kN/m^3)	PC, RC: 24, bitume: 22,6, Pierre: 26, Sable: 18, acier: 77
1.7 Matériel de remblais	Sable, Poids unitaire 18 kN/m^3, Angle de friction intérieure 30 deg.
2. Autre Considération	
2.1 Augmentation de la contrainte	condition sismique: 50%, Condition de chargement temporaire: 33%
2.2 Facteurs de sécurité (Facteurs entre parenthèses: Condition sismique)	
(1) Talus	1,3 (1,0)
(2) Structures de type à gravite	Glissement: 1,2 (1,0), Renversement: 1,2 (1,1), Capacité de portage: 1,2 (1,0)
(3)Plaque de poutre	Stabilité du moment d'équilibre: 1,5 (1,2), Stabilité du bloc d'ancrage: 2,5 (2,0)
(4) Fondation en bas-fonds	Capacité de portage: 2,5 (1,5)
(5) Foundation sur pilotis	Capacité de portage: 2,5 (1,5), Pull out: 3,0 (2,5)
2.3 Période de service	50 ans

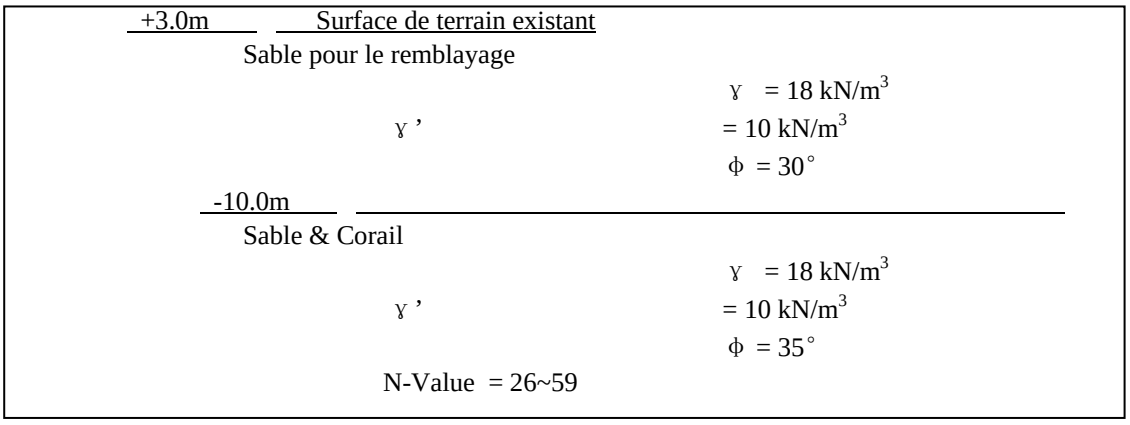


Figure 6-1-7 Conditions du sous-sol

2) Conception préliminaire pour améliorer les quais existants

Les figures 6-1-8 et 6-1-9 sont proposées pour la conception de la structure des quais existants.

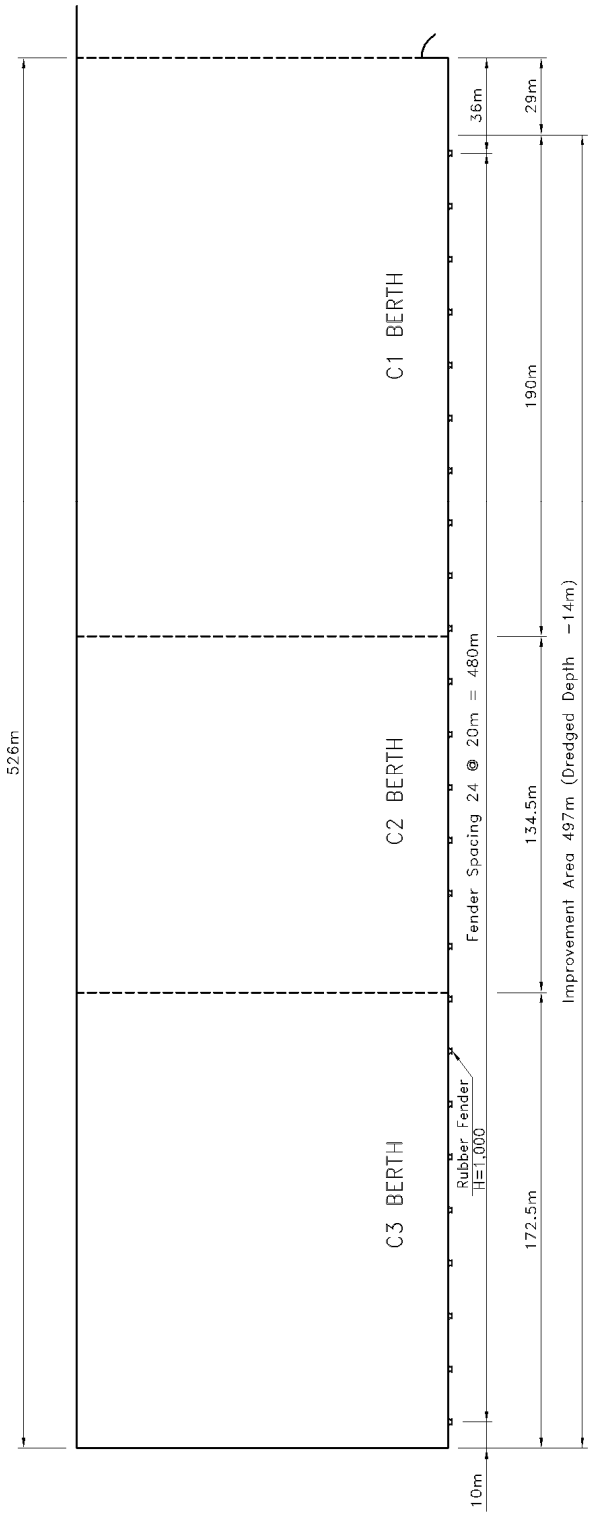


Figure 6-1-8 Plan du tracé pour les travaux d'amélioration

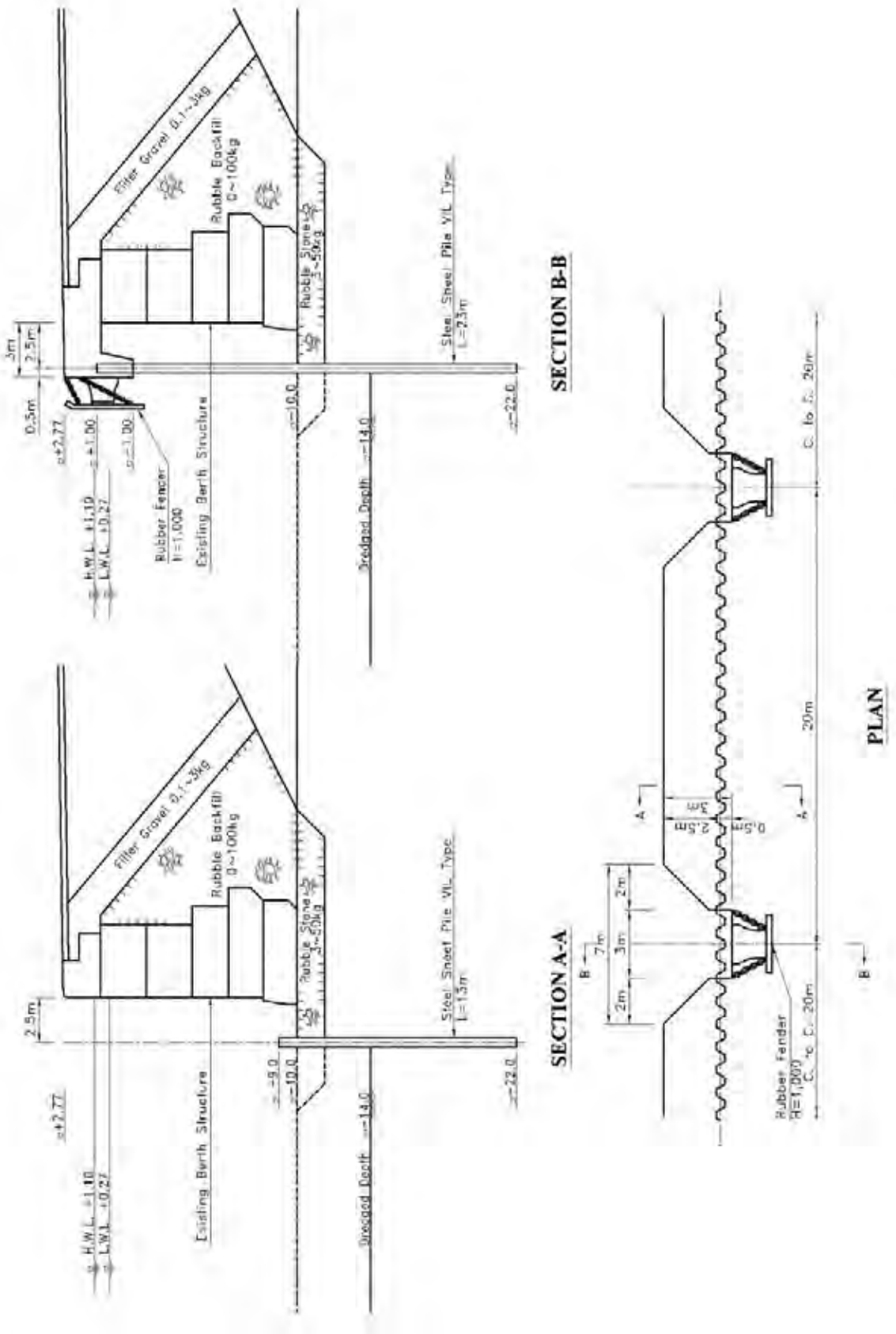


Figure 6-1-9 Plan et Sections pour les Structures améliorées

6-1-3 Conception préliminaire pour le réaménagement de la digue.

La structure de la digue est conçue sur la base des critères suivants et une coupe transversale est présentée dans la figure 6-1-10.

Distance à partir du bord du récif	Hausse de niveau de la mer	Hauteur significative des vagues	Hauteur spécifique des vagues
20	2,3	2,32	2,4

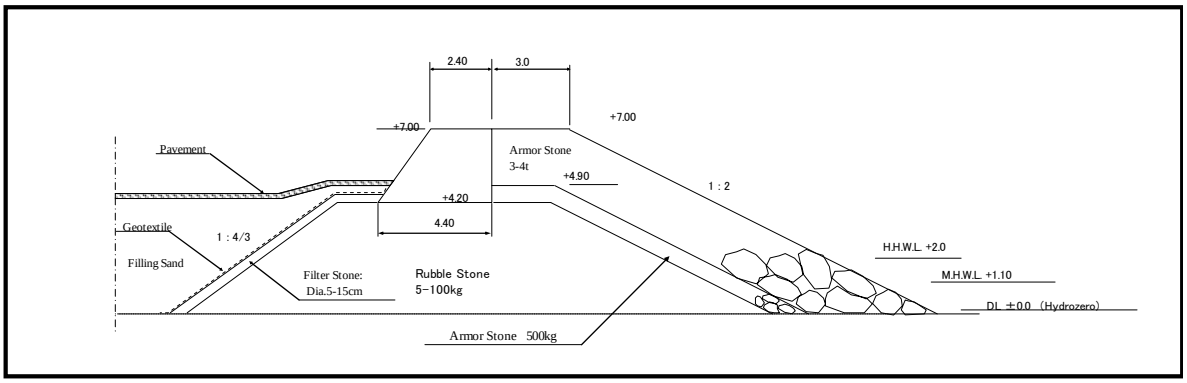


Figure 6-1-10 Coupe transversale typique de la digue sur le récif

6-1-4 Conception préliminaire de la route et du Passage Supérieur

Le résumé de la norme géométrique se trouve au Tableau 6-1-3.

Tableau 6-1-3 Résumé des Normes Géométriques

	Norme Japonaise	**Norme appliquée**	Note
Vitesse conception	40 km/h	**40 km/h**	
Nombre de voie	2 voies	**2 voies**	
Cross Section	7,0 m	**8,0 m**	
Chaussée	3,0 m	**3,5 m**	En cas de grand volume de circulation de gros véhicules, une chaussée de 3,5 m est appliquée.
Accotement	0,5 m	**0,5 m**	
Pente transversale	2,0 %	**2,0 %**	
Rayon Horizontal Min.	60 m	**60 m**	
Rayon Horizontal Min. sans Courbe de Transition	500 m	**500 m**	
Longueur de Courbe Min.	70 m	**70 m**	
Super élévation Max.	6,0 %	**6,0 %**	
Grade Max.	7,0 %	**4,0 %**	Dans le but d'assurer une circulation fluide des gros véhicules, une grade de 4.0 % est appliquée.
Courbe Verticale Min.			
Crête	450 m	**450 m**	
Affaissement	450 m	**450**	

Un passage supérieur est planifié à l'intersection entre la route et la voie ferée pour assurer une circulation fluide dans le port. Le résumé du passage supérieur sur le chemin de fer se trouve dans le Tableau 6-1-5.

Tableau 6-1-4 Résumé du passage supérieur

Article	Description
Longueur totale	290 m
Pont	10 m
Route d'approche	140 m + 140 m
Type de pont	Pont en dalle de PC à Prétention
Hauteur du poutre	0.6 m
Cross Section	8.0 m
Chaussée	3.5 m x 2
Accotement	0.5 m x 2
Grade	4.0 %
Type de Fondation	Pieux de Fondation en béton

Un profile et une vue générale du passage supérieur sont respectivement montrées dans les figures 6-1-11 et 6-1-12.

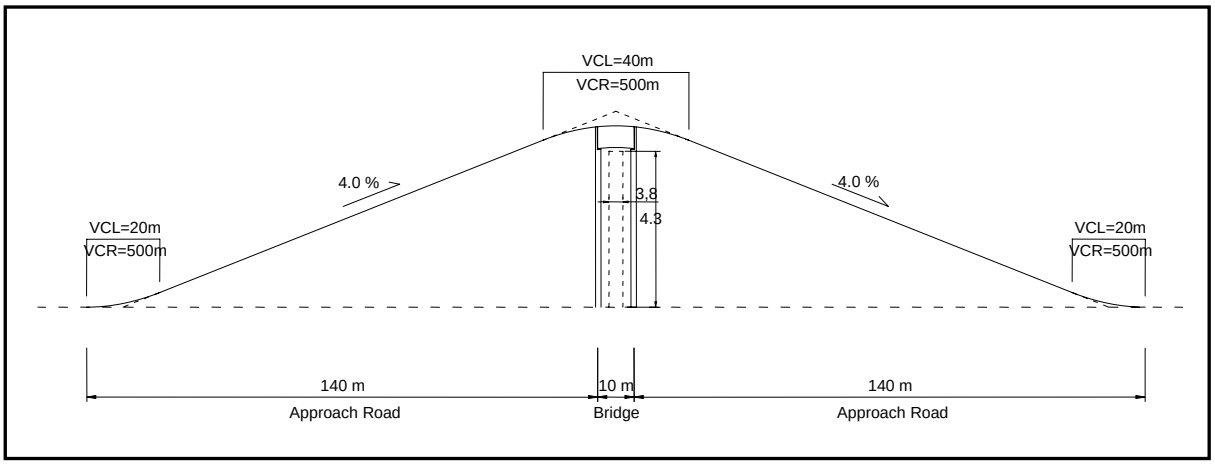


Figure 6-1-11 Profile Général du passage supérieur

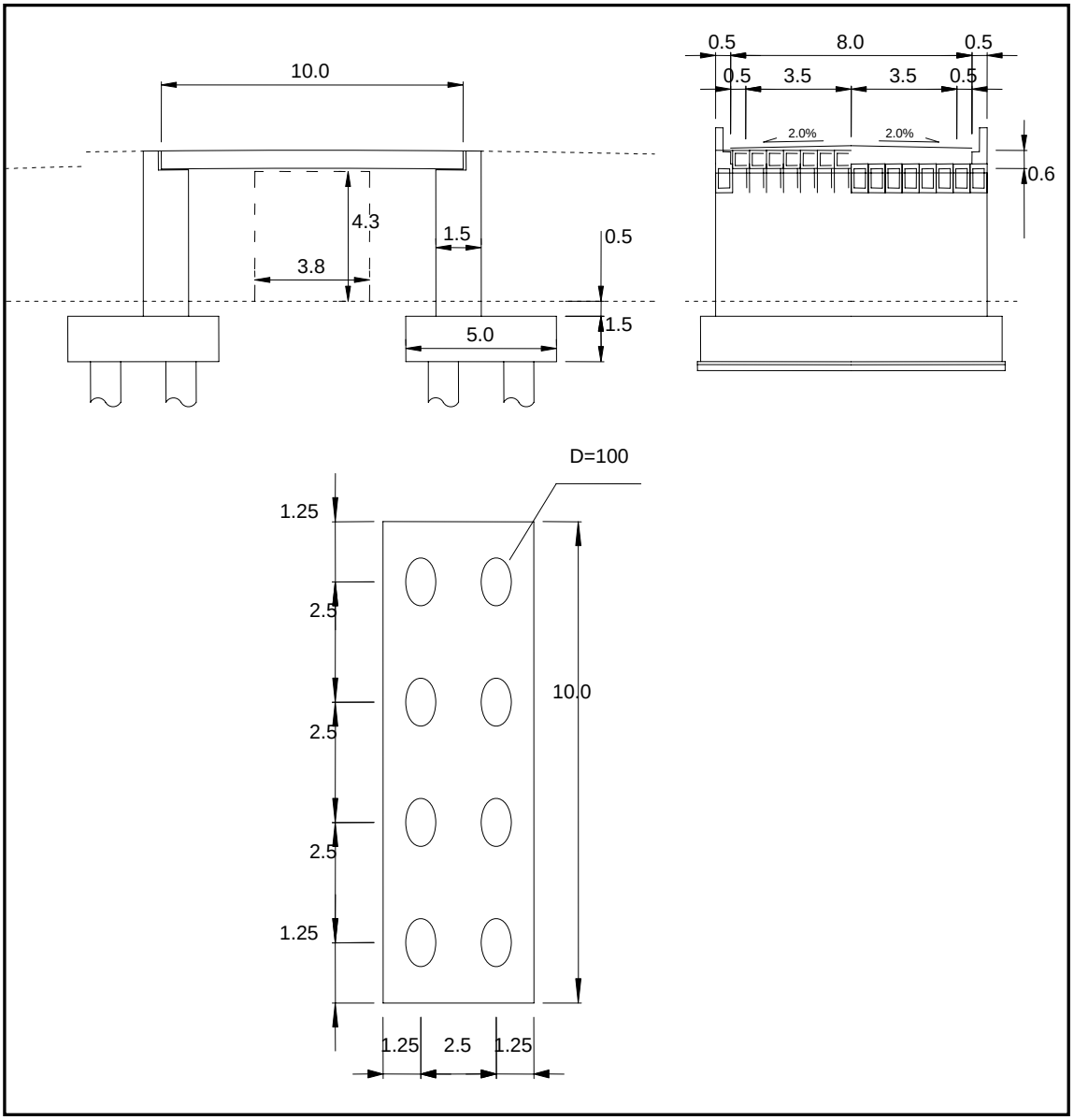


Figure 6-1-12 Conception préliminaire du passage supérieur

6-2 Planification de la Construction et Coût estimatif du Plan Urgent de Développement

6-2-1 Prémisses pour la Planification de la Construction et l'Estimation des coûts

La planification de la construction et l'estimation de coût sont établies sur la base des prémisses préparées selon les situations des entreprises de constructions à Madagascar et spécialement à Toamasina.

- Les matériaux de construction seront importés sauf les granulats et les matières en pierres.
- Les équipements et matériels de construction à faible émission et les installations pour la production de béton seront achetés à l'étranger.
- Les techniciens qualifiés et les ingénieurs spécialistes en provenance des pays tiers seront nécessaires et les travailleurs non qualifiés locaux seront employés pour ce projet.

6-2-2 Calendrier d'exécution

La période totale de construction incluant la phase de préparation est comptée être à environ 4 ans. Les jours de travail étaient calculés 223 jours en tenant compte les jours de pluie, les jours fériés et les autres jours de congé.

Le calendrier d'exécution est présenté dans la figure 6-2-1.

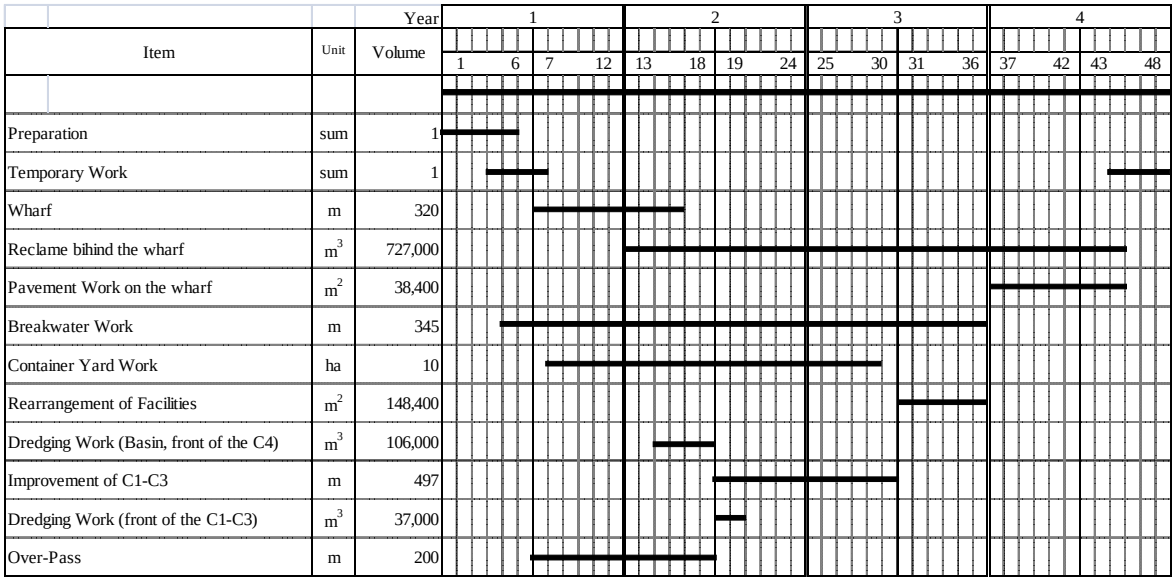


Figure 6-2-1 Calendrier d'exécution

6-2-3 Coût Estimatif du Projet

Le coût du projet est estimé approximativement à 226.751.000 euros. Cette estimation de coût est provisoire et sera encore examinée par le Gouvernement du Japon pour l'approbation de l'aide sous forme de prêts.

(1) Estimation des coûts

Tableau 6-2-1 Estimation des coûts

Détails		Estimation des coûts (euro)
Installations		
	Brise-lames	42.666.000
	Quai C4	55.380.000
	Parc à conteneurs au récif Hastie	25.601.000
	Réarrangement des installations	15.368.000
	Dragage	3.845.000
	Amélioration des quais C1, C2 et C3	9.809.000
	Passerelle	10.528.000
	Considération de l'environnement	4.188.000
	Total Estimation des coûts de construction	**167.385.000**
Equipement de manutention des cargaisons		
	MICTSL	41.112.000
	Total Estimation des coûts des équipements	**41.112.000**
Estimation des coûts de Construction + Equipement		**208.497.000**
Frais d'ingénierie		9.885.000
Imprévus		8.369.000
Total Estimation des coûts		**226.751.000**

(2) Conditions de l'Estimation des coûts

1) Base de l'estimation des coûts: au 7 Septembre 2009
2) Taux de change: 1euro = 132,79 ¥, 1 MGA (Ariary)=0,049 ¥
3) Période de la construction: selon le calendrier d'exécution
4) Imprévus: 5% du coût estimatif de construction
5) Frais d'ingénierie: Plan détaille et période de construction inclus
6) Augmentation: non inclus

6-3 Analyse sur le processus de la plage

La topographie de la rive de la ville de Toamasina est caractérisée en forme d'un saillant et d'un tombolo qui se forment derrière le Grand récif et le récif Hastie respectivement (voir figure 6-3-1). Le port de Toamasina est construit derrière le récif Hastie. Un brise-lames a été construit du récif Hastie vers le Grand récif comme on le voit sur la figure 6-3-1.A cause de cette construction, l'érosion des plages a eu lieu à la pointe Tanio et à la plage nord, le sable s'accumule sur la plage entre la pointe Tanio et le port, et le phénomène de sédimentation de la zone de mouillage au môle A continue. L'extension du brise-lames, qui est prévue actuellement, accélérera ces changements topographiques. Ainsi l'impact de l'extension du brise-lames sur la plage a été prédit quantitativement et les contre-mesures pour réduire les modifications du littoral ont été examinées par une simulation numérique qui est un modèle de simulation en ligne.

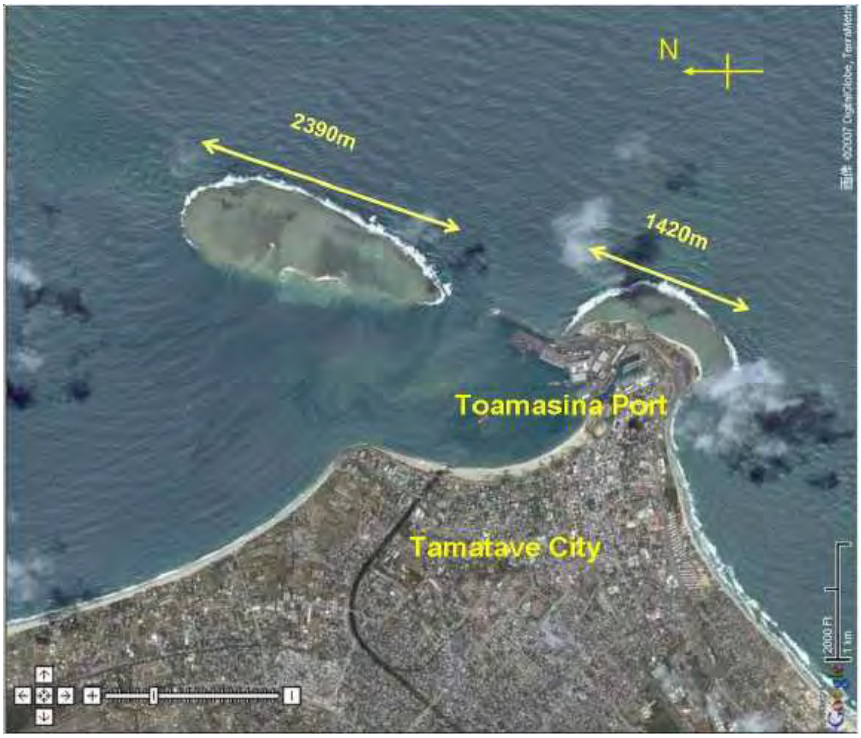


Figure 6-3-1 Port de Toamasina

6-3-1 Caractéristiques topographiques à l'entour du Port de Toamasina et du processus de la plage

(1) Compréhension macroscopique de la topographie à l'entour du port de Toamasina

Il y a une longue et droite côte de sable fin d'environ 800km de long sur la côte Est de Madagascar comme indiquée par une ligne rouge dans la figure 6-3-2. La figure 6-3-3 montre les caractéristiques des vagues à la profondeur d'eau de 40 mètres au large du Port de Toamasina. En mettant la figure 6-3-2 et la figure 6-3-3 côte à côte, il est facile de comprendre que la direction moyenne des incidences des vagues est presque perpendiculaire à la côte colorée en rouge. Par conséquent, on en déduit qu'il n'y a aucun transport net de débardage de sable sur cette plage.

Figure 6-3-2 Côte droite sut la côte Est

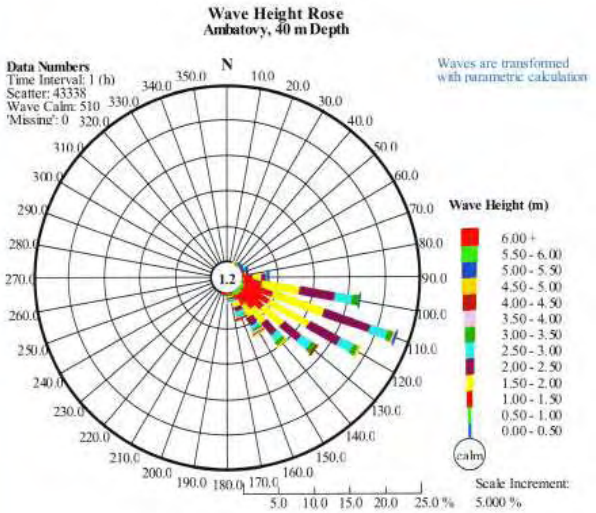


Figure 6-3-3 rose à vague (hindcasted, 2006)

Deux topographies convexes sont développées sur la plage de sable derrière les deux récifs au port de Toamasina, comme on les voit dans la figure 6-3-1. Le brise-lames a été construit du récif Hastie vers le grand récif. Apres la construction, le rivage avait changé en une nouvelle configuration d'équilibre dans la plage entre le port de Toamasina et la pointe Tanio. Cette plage est dénommée ci-après la plage du port.

(2) Historique de la construction du brise-lames

La figure 6-3-4 montre l'historique de la construction du brise-lames. Le premier brise-lames était construit sur le récif Hastie pendant la période des années 1920 à 1930. Puis il était prolongé de 500 mètres vers le grand récif durant les années 1930 à 1937. La profondeur d'eau à l'extrémité du brise-lames était environ 20 mètres et la largeur de la passe du récif a été réduite à 600 mètres.

Après le désastre causé par le cyclone en 1943, les sections ravagées du brise-lames étaient réparées, ou nouvellement construites. Cependant une partie au bout du brise-lames d'une longueur de 80 mètres n'était pas réhabilitée. Le brise-lames était prolongé de 225 mètres en plus dans les années 1972 à 1974 qui avait réduit la largeur de la passe du récif à 455 mètres.

Comme la construction du brise-lames était faite dans la zone d'eau profonde et que la passe du récif devenait étroite, l'énergie des vagues y passant pour aller dans la baie avait diminuée, ce qui avait induit un impact important sur la plage.

Aussi, les topographies de la plage avant et après la construction du brise-lames de 1972 à 1974, qui est dénommé ci-après "brise-lames 72/74", étaient comparées entre elles dans le but de comprendre les effets de la construction du brise-lames.

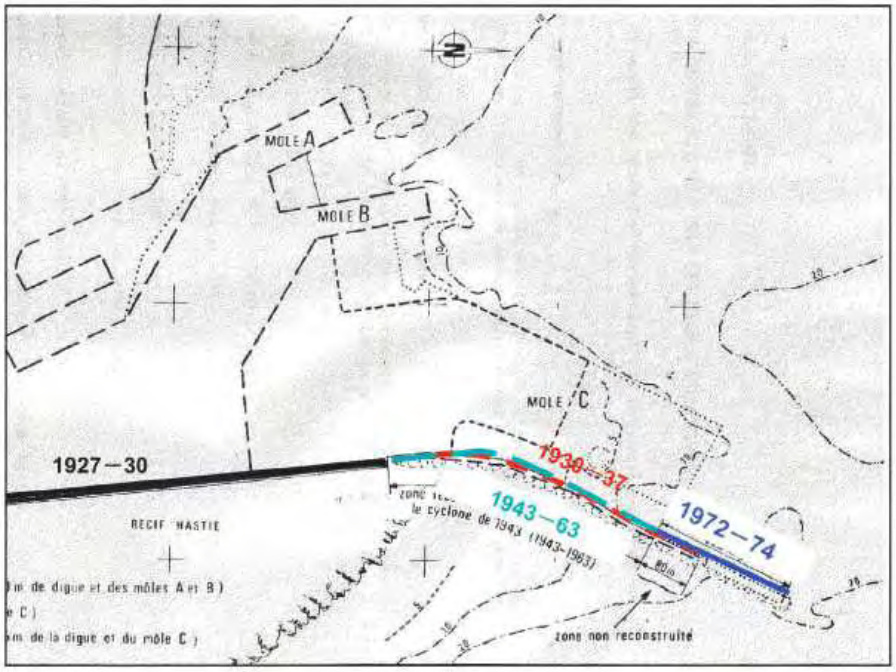


Figure 6-3-4 Historique de la construction du brise-lames au port de Toamasina

(3) Le processus de la plage à cause de l'extension du brise-lames 72/74

La figure 6-3-5 montre la superposition du rivage en 1961 sur la présente photographie aérienne. La plage à l'entour de la pointe Tanio, de la pointe saillante, est érodée et une accumulation de sable a eu lieu dans la plage du port, en particulier à ses environs. Cette évolution de la plage peut être considérée comme due à la construction du brise-lames 72/74.

La figure 6-3-6 montre le volume de sable accumulé dans la plage du port, qui est estimé à partir des photographies aériennes (et la carte topographique en 1975) en multipliant l'augmentation de la superficie de la plage comparée à celle de 1961 et en supposant une profonde fermeture. Le taux d'accumulation de sable avait augmenté après la construction du brise-lames 72/74.

Figure 6-3-5 Superposition du rivage en 1961 sur une récente photographie aérienne

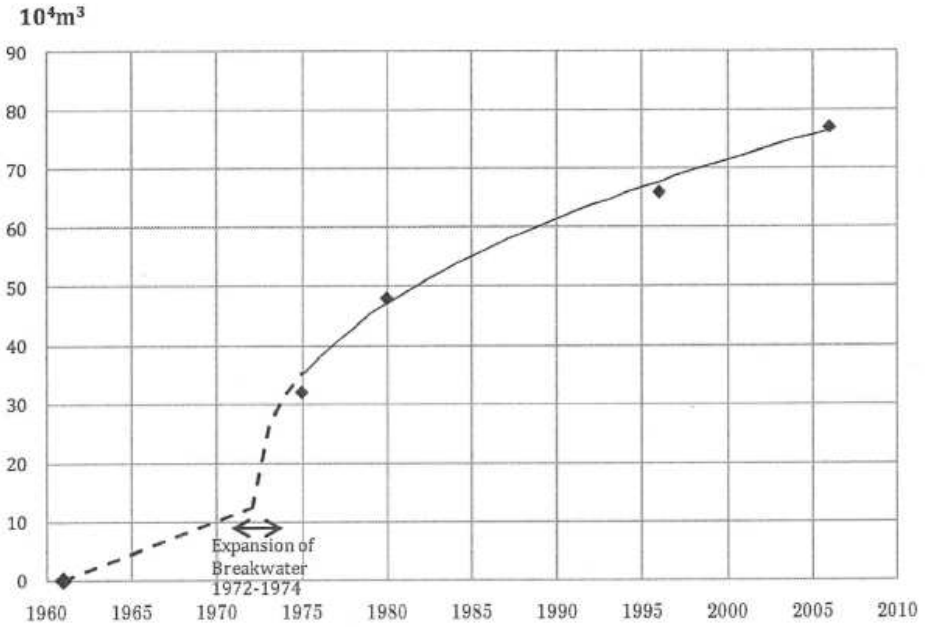


Figure 6-3-6 Volume de sable accumulé dans la plage du port, estimé en utilisant les photographies aériennes et la carte topographique

(4) Route du sable pour aller à la plage du port

En comparant les deux zones d'érosion et d'accumulation dans la figure 6-3-5, c'est évident de constater que celle de l'accumulation est plus large que celle de l'érosion. Le volume de sable accumulé dans la plage du port augmente d'année en année, comme explique dans la figure 6-3-6. La

figure 6-3-7 montre la plage érodée sur la plage nord et l'accumulation de sable sur la plage du port pendant 7 années de 1972 à 1981.

Cette évidence, l'apparition simultanée de l'érosion et de l'accumulation au cours de la même durée, suggère que le sable était transporté de la plage nord vers la plage du port à l'entour du bout de la pointe Tanio.

Figure 6-3-7 Changement topographique dans la plage nord et la plage du port

6-3-2 Mécanisme du transport de sable à la plage du port à travers la pointe Tanio

En se referant a la figure 6-3-8, on peut expliquer comment le sable est transporté de la plage nord à la plage du port à l'entour du bout de la pointe Tanio. La ligne continue et la ligne pointillée sont respectivement les rivages avant et après la construction du brise-lames. La ligne continue est en position d'équilibre sans le brise-lames.

En premier lieu, (A) le brise-lames est construit.

(B) Le mouvement de sable a eu lieu au brise-lames.
(C) Comme résultat, l'accumulation de sable a eu lieu à la plage à côté du port.
(D) Au même moment, l'érosion a eu lieu dans les environs de la pointe saillante, qui s'étend au côté gauche de la plage en traversant la ligne centrale du grand récif.
(E) Sur la plage gauche, le rivage est dévié de l'équilibre à cause de l'érosion et qui induit le mouvement du sable au bout de la pointe saillante comme indiqué par une flèche sur la figure 6-3-8.
(F) Comme résultat du transport de sable à la pointe saillante, le rivage retrouve sa position originale.

A partir d'ici, le processus revient à (B) et la boucle sans fin s'établira.

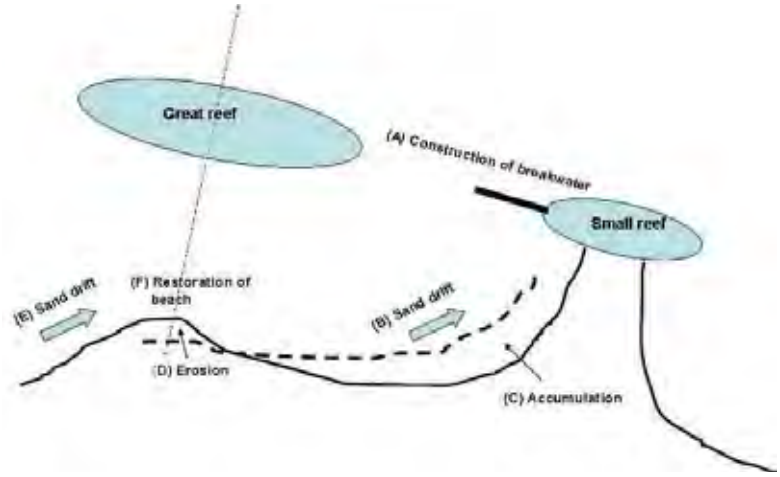


Figure 6-3-8 Illustration conceptuelle du mécanisme de transport de sable de l'entour de la pointe saillante à la plage du port

6-3-3 Prédiction du changement de rivage par simulation en ligne

(1) Conditions de la simulation numérique

【Zone de calcul】: La figure 6-3-9 montre la zone de calcul.. La grande zone de 19,5km x 10,8km est pour le calcul des vagues tandis que la petite de 10,6km x 4,7km entourée d'un rectangle est pour le calcul par simulation en ligne du changement de rivage. Le calcul des vagues est basé sur l'équation d'équilibre de l'énergie.

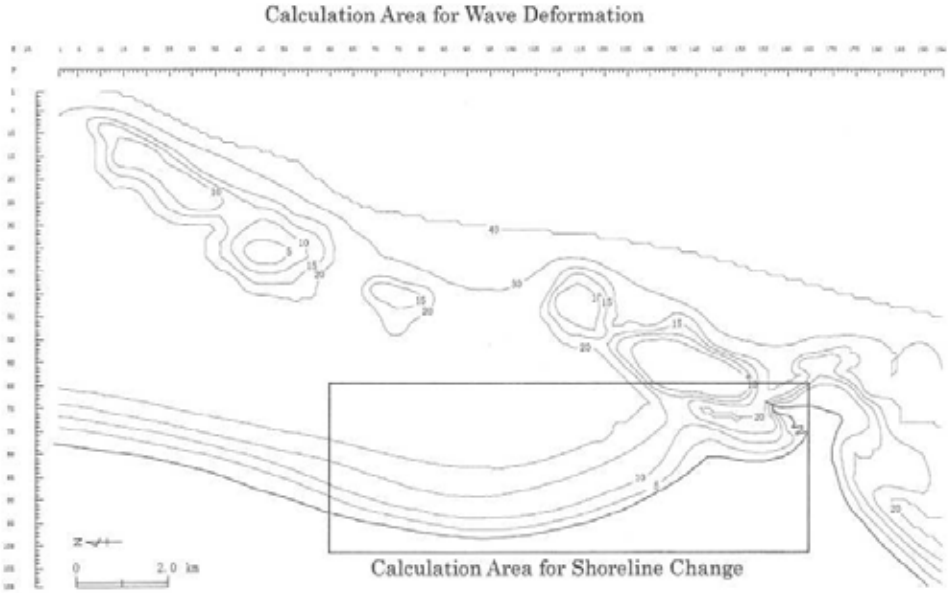


Figure 6-3-9 Zone de calcul

【Conditions des vagues】: Basée sur cette information concernant les caractéristiques des vagues dans la figure 6-3-3, huit représentations des vagues sont déterminées pour chaque direction de 10 degrés., Voir tableau 6-3-1.

Tableau 6-3-1 Représentation des vagues pour simulation

No.	Direction	Hauteur (m)	Période(s)	fréquence régulière (%)
1	N90° E	1,74	9,8	5,0
2	N100° E	2,13	9,9	16,8
3	N110° E	2,09	9,9	23,1
4	N120° E	2,02	9,9	19,1
5	N130° E	2,04	9,9	13,9
6	N140° E	2,06	10,0	22,0
7	N150° E	2,13	10,.0	6,9
8	N160° E	2,09	10,0	5,2

【Marée】: Le niveau de la marée est fixé comme le niveau moyen de l'eau qui est de +0,67 mètres au dessus de la ligne de référence..

【Formule de débardage du transport de sable】: Dans la simulation de changement de rivage, le formule suivant est utilisé pour estimer le taux de transport de sable sur la plage qui abrite les structures tel le brise-lames,

$$Q_y = \frac{(ECn)_b}{(1-\varepsilon)(\rho_s-\rho)g}\left(K_1 \cos\alpha_b \sin\alpha_b - \frac{K_2}{\tan\beta}\cos\alpha_b \frac{\partial H_b}{\partial y}\right),$$

Où K_1 (=0.028) et K_2 (=0.022) sont les coefficients, EC_n: flux de l'énergie des vagues、 ε : contenu à vide du sable、 ρ_s: densité du sable、 ρ : densité de la mer、 α : angle d'incidence de la vague 、tan β : pente de la plage、H: hauteur de l'onde. Suffixe "*b*" est la valeur au point de rupture de l'onde.

(2) Prédiction du changement de rivage en l'état actuel, sans l'extension du port

Tout d'abord, la prédiction du changement du rivage a été faite en l'état actuel sans le développement du port. La figure 6-3-10 montre le résultat de cette prédiction, dans laquelle on voit l'avancement du rivage avec une vitesse quasiment constante dans la plage du port. D'autre part, le rivage va descendre légèrement dans la plage nord.

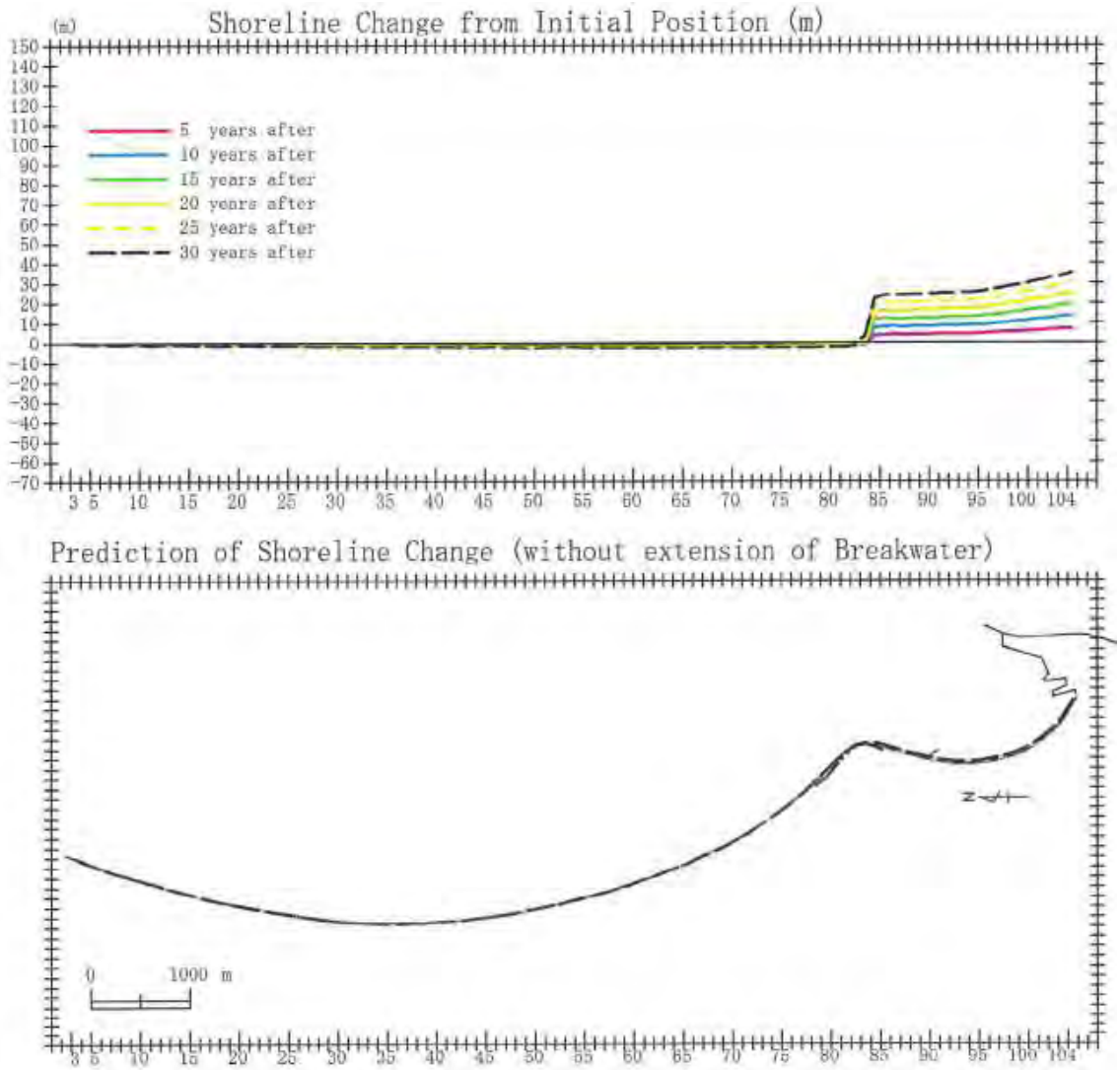


Figure 6-3-10 Prédiction de changement de rivage sans l'extension du port (Sous l'état actuel)

(3) Prédiction des changements de rivage pour le plan 3 de substitution

(Les détails et arrangements des installations dans le plan 3 de substitution sont dans le chapitre 4 et dans les annexes)

Dans le cas du plan 3 de substitution, un quai est nouvellement construit au côté sol du grand récif qui est relié avec le quai existant par une jetée. Comme les vagues passent à travers la jetée sans aucune perte d'énergie, ledit plan n'introduit pas les changements de rivage dans la plage du port qui restent donc les mêmes que ceux présentés dans la figure 6-3-10.

(4) Prédiction des changements de rivage pour le plan 1 de substitution

(Les détails et arrangements des installations du plan 1 de substitution sont dans le chapitre 4 et dans les annexes.)

La figure 6-3-11 montre la prédiction des changements de rivage pour le plan 1 de substitution dans laquelle le brise-lames est prolongé de 480 mètres et la passe du récif entre le port et le grand récif est fermé.

L'érosion de la plage avance davantage a la plage nord et le sable est transporté a la plage du port à l'entour de la pointe Tanio. Le sable ainsi transporté est prévu être déposé aux alentours de la zone X93 où le rivage avance à peu près de 50 mètres pendant les 5 premières années. Comme il y a

l'embouchure du canal dans la zone X91, cette avance de rivage peut induire la fermeture de cette embouchure. Le rivage X104 près du port avance graduellement dans un premier temps, et sa vitesse tend à augmenter avec le temps. Bien que la plage soit érodée et le rivage remonte à environ 40 mètres durant les années à venir, il se rétablit progressivement en raison de l'apport de sable venant de la plage nord.

Le rivage ne s'enfonce pas à la pointe Tanio X83 car la plage est protégée par la digue.

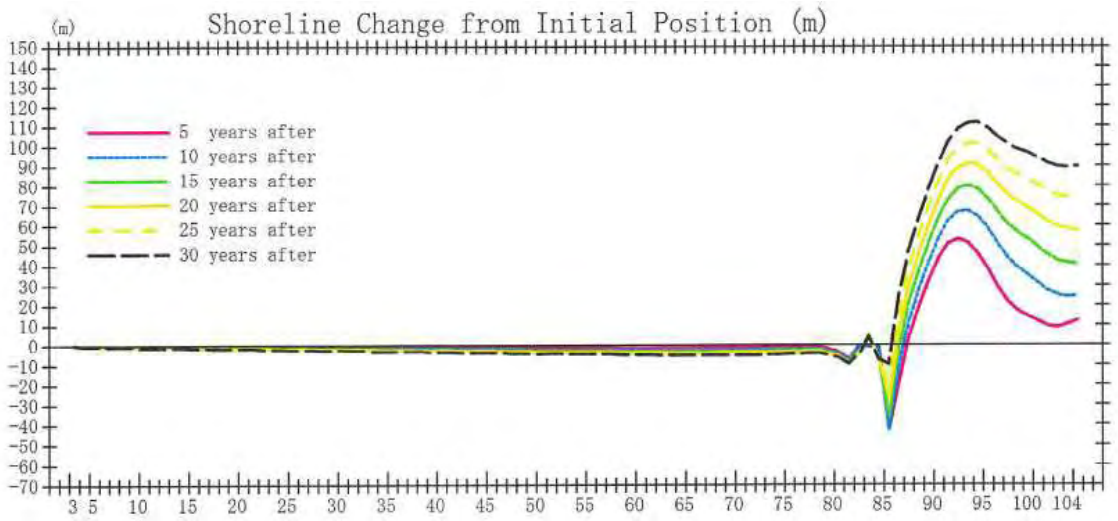


Figure 6-3-11 Prédiction des changements du rivage pour le plan 1 de substitution

(5) Prédiction des changements du rivage pour le plan 2 de substitution

(Les détails et arrangements des installations dans le plan 2 de substitution sont dans le chapitre 4 et dans les annexes)

La figure 6-3-12 montre la prédiction des changements du rivage pour le plan 2 de substitution dans laquelle l'extension de la longueur du brise-lames est de 345 mètres qui est 135 mètres plus courte que celle dans le plan 1. Il y a une petite ouverture de la passe du récif entre le port et le grand récif.

Même si les figures 6-3-12 et 6-3-11 sont comparées, il n'y a pas de différence entre elles sur ces figures, ce qui signifie que les mêmes modifications de rivage se produisent pour les plans 1 et 2 de substitution. Il est considéré que comme l'eau à l'ouverture du récif est peu profonde dans le plan 2, presque toutes les énergies des vagues sont dissipées quand elles passent à travers cette ouverture. Ainsi les changements de rivage sont les mêmes dans les deux cas.

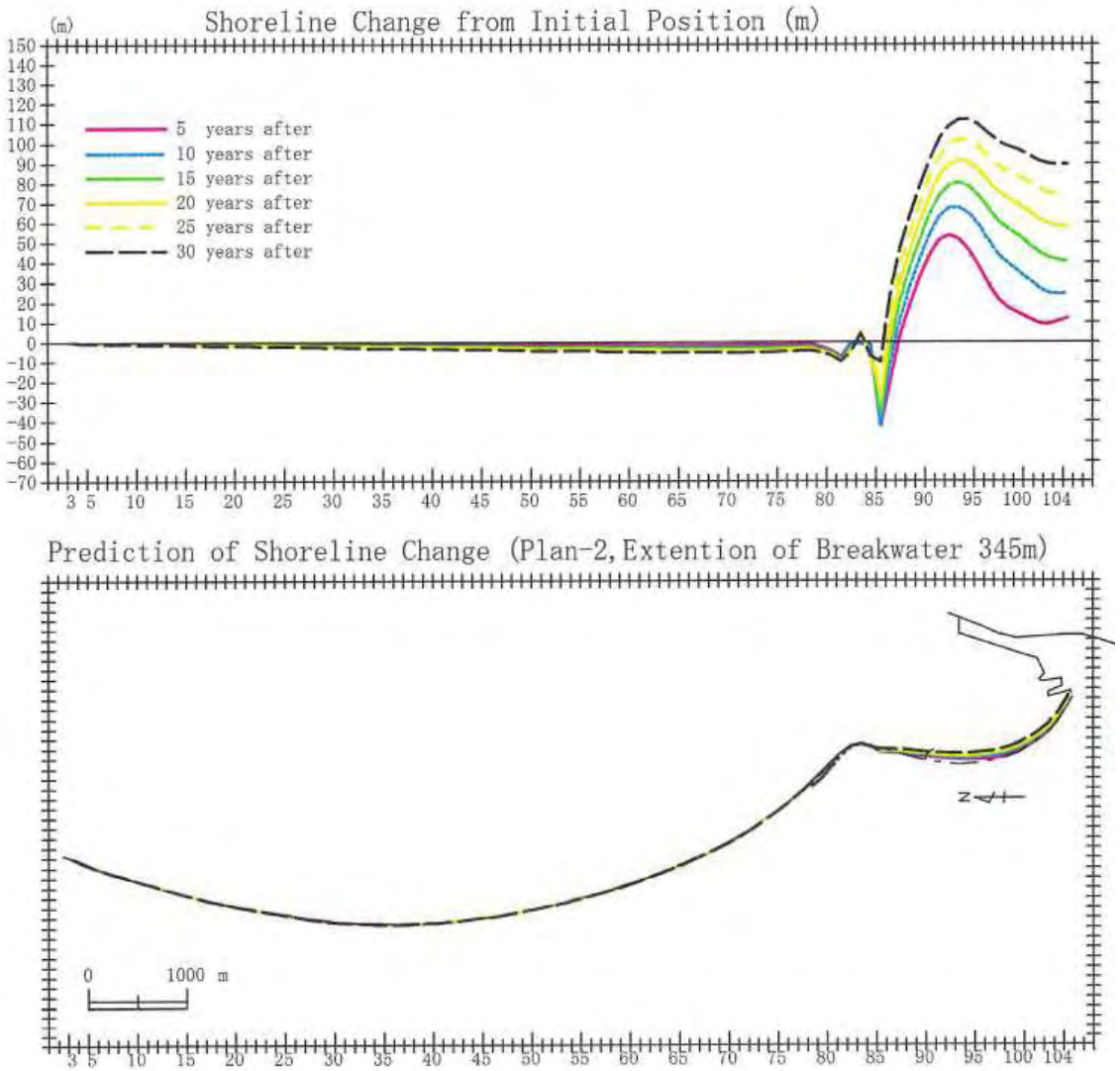


Figure 6-3-12 Prédiction des changements de rivage pour le Plan 2 de substitution

6-3-4 Contre mesures pour parer aux changements de rivage pour le Plan 2 de substitution

(Les détails et arrangements des installations pour le Plan 2 de substitution sont dans le chapitre 4 et dans les annexes.)

Les résultats des prédictions des changements de rivage pour les trois plans de substitution sont résumes comme suit;

1) Plan 3 de substitution : Il n'y a pas d'influence sur la plage du port.
2) Plan 1 et Plan 2 de substitution: Les deux plans ont à peu près le même effet sur la plage du port dont l'avancement de rivage dans la plage du port et le retrait dans la plage nord.

Ainsi donc pour le Plan 2, les contre mesures afin de réduire le changement de rivage sont examinés par la simulation en ligne.

Contre mesure 1 : Jetée à la pointe Tanio

Puisque le sable transporté à l'entour de la pointe Tanio vers le sud est obstrué par la jetée, le rivage avance au côté nord de la jetée tandis que l'érosion ne se produise pas dans la plage nord.

Le sable n'est pas transporté dans la plage du port. Aussi le rivage change seulement avec la quantité du sable dans la plage du port. Le volume de l'accumulation de sable dans la plage du port est

petit, de même pour l'avancement du rivage dans la zone à l'entour de l'embouchure du canal est moindre. Toutefois, l'érosion de la plage se produit au côté sous le vent de la jetée.

Contre mesure 2: Jetée de type-L à la pointe Tanio

En changeant la forme de la jetée en type-L, le rythme d'avancement du rivage à proximité du port sera diminué. Cependant, la récession du rivage se produit encore au côté sous le vent de la jetée. Comme le calcul de la propagation des vagues est basé sur l'équation de l'équilibre d'énergie, l'effet de la diffraction n'est pas totalement estimé et la précision de la prédiction des changements de rivage peut ne pas être assez bonne. Ensuite, l'érosion dans la zone abritée derrière la jetée de type-L devrait être diminuée.

Contre mesure 3 : Jetée de type-L à la pointe Tanio et deux jetées dans la plage du port

La figure 6-3-13 montre la prédiction des changements de rivage pour la contre mesure 3, dans laquelle la jetée de type-L est construite à la pointe Tanio et deux jetées dans la plage du port à titre d'essai. Bien que la configuration de rivage soit discontinue aux points où les jetées sont construites, non seulement du côté port X85 de la jetée de type-L, mais aussi dans la zone près du port de X100 a X104, les rythmes de changement de rivage diminuent. Par ailleurs, les changements de rivage atteindront la configuration finale d'équilibre dans 5 à 10 ans.

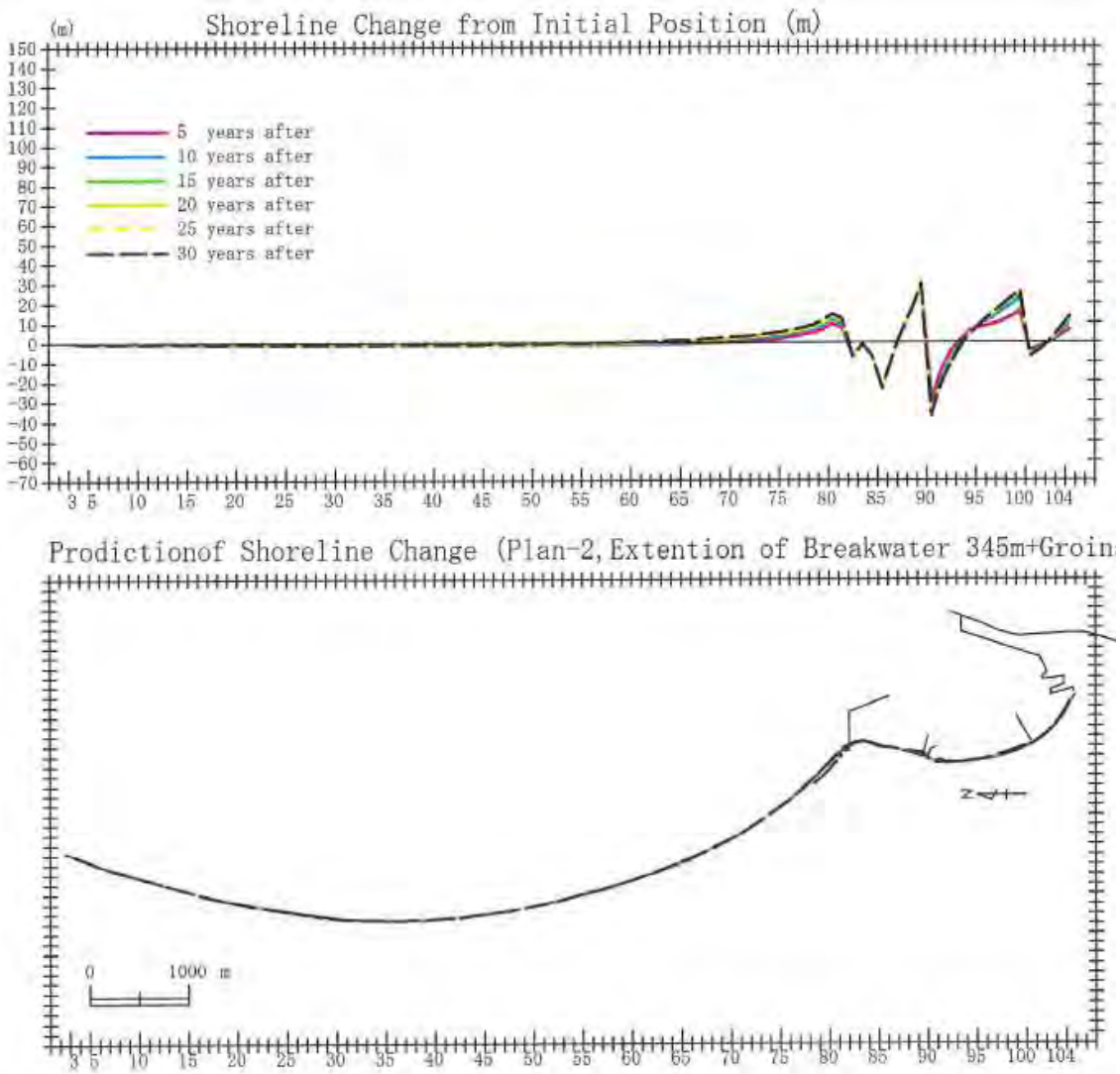


Figure 6-3-13 Contre mesure 3 (Jetée type-L et deux jetées)

6-4 Analyse des temps d'attente des navires

6-4-1 Objet de l'analyse

Actuellement, le port de Toamasina s'opère avec un canal avec une seule voie d'approche, où il y a peu de temps d'attente des navires. Cependant, l'attente des navires pourrait se produire à l'avenir si le nombre des touchées de navires augmentera. L'analyse de ce temps d'attente des navires est conduite afin de prévoir les temps d'attente en 2020 pour les différents types de bateaux et d'estimer l'effet du plan de développement urgent.

6-4-2 Méthode d'analyse

(1) Logiciel

Le logiciel suivant a été utilisé pour l'analyse

Nom: WITNESS (Lanner Group Ltd.)
Version : 2001
Caractéristiques : Le programme est un programme informatisé multifonction applicable pour simuler la fabrication, la logistique et les processus de transport etc. Dans le programme, différents procédés peuvent être modélisés et le calcul peut être surveillé avec une animation visuelle sur l'écran d'ordinateur. Le résultat calculé est nécessaire pour comprendre et évaluer l'effet des processus.

(2) Cas d'analyse

Les quatre cas suivants ont été sélectionnés pour l'analyse.

1) Reproduction des arrivées réelles des navires en 2007

En utilisant les données des touchées de navires en 2007, l'étalonnage du modèle a été réalisé en analysant le temps d'attente et le taux d'occupation de quai.

2) Prévision pour « le cas sans projet »

La prévision de demande de cargaison montre que les trafics de conteneur, cargaison en vrac/générale et cargaison liquide augmentera avec un taux de croissance de 10%, de 3% et de 2%, respectivement. Dans l'analyse, les touchées de navires de chaque catégorie a été augmenté conformément aux taux de croissance, et les temps d'attente en 2020 ont été calculés.

Puisque la capacité de manutention du terminal actuel est estimée à 200.000 EVP, on assume que les conteneurs excédents au delà de la capacité sont acheminés par des navires porte-conteneurs de petite taille avec environ 500EVP. Ces petits navires sont en mesure de charger/décharger des conteneurs au mole A, B et C bien que les navires porte-conteneurs de grande taille s'amarrent seulement d'habitude aux quais au C2 et au C3. Les cargaisons pour les navires de petite taille sont supposées être transbordées au Port Louis en Maurice.

Concernant la cargaison liquide, les tailles des navires seront plus grandes quand le nouveau quai en cours de préparation est en service. On suppose que le nombre de touchées de navires diminuera parce que la taille de bateau sera plus grande.

3) Prévision pour « le cas avec projet » - un Canal avec une voie d'approche

Quand le projet de développement urgent sera achevé, le nouveau quai pour conteneur C4 avec une profondeur de -14m sera installé. Comme résultat, la taille des navires porte-conteneurs seront plus grandes, qui est estimé à 3.000EVP en moyenne. La touchée de ces navires porte-conteneurs de grande taille est assumé à 300 fois en 2020.

4) Prévision pour « le cas avec projet » - un Canal à 2 voies d'approche

Dans le cas où les touchées de navires seront augmentés, la congestion pourrait être induite par la limite de la voie du canal. Par conséquent, le modèle de canal à 2 voies a été également analysé avec les mêmes caractéristiques des touchées de navires de 3) « cas avec projet ».

(3) Données d'entrée

Les données d'entrée de chaque cas sont montrées dans le tableau 6-4-1.

Tableau 6-4-1 Données d'entrée

	Shiptype	Bulk/ General (1)	Bulk/ General (2)	Bulk/ General (3)	Container	Container Small Vessels	Pass./ Ferry	Car Carrier	Tanker	Bulk Ambatovy	Bulk Oji Paper	Others	Total
Ship Types & Sizes	LOA(m)	60	130	150	160	100	110	200	130	210	210	45	-
	B(m)	12	19	23	25	18	18	33	23	30	30	8	-
	Draft(m)	3.5	8	10	10	6	6.2	10	9	12	12	2.5	-
	DWT	1,300	10,000	20,000	20,000	5,000	3,500	20,000	20,000	48,000	50,000	-	-
	Average Berthing Hrs	290.0	160.0	80.0	20.0	60.0	18.0	10.0	40.0	71.0	120.0	24.0	-
Shipcall	2007 Shipcall	89	35	38	227	-	24	22	54	-	-	832	1321
	Without Project Case	131	48	48	400	450	24	22	50	71	5	832	2081
	With Project Case (1Lane)	131	48	48	300	-	24	22	50	71	5	832	1531
	With Project Case (2Lane)	131	48	48	300	-	24	22	50	71	5	832	1531

6-4-3 Résultat de l'analyse

Le résultat de l'analyse pendant le temps d'attente moyen des navires est indiqué dans le tableau 6-4-2. Le résultat pour le taux d'occupation de quais est affiché dans le tableau 6-4-3.

Tableau 6-4-2 Résultat de l'analyse – temps d'attente des bateaux

	Temps moyen d'attente de bateau (jour)			
	2007	Sans projet 2020	Avec projet 2020 (1 voie)	Avec projet 2020 (2 voies)
Cargo/Général (1)	0,15	2,09	0,49	0,51
Cargo/Général (2)	0,00	3,65	0,55	0,55
Cargo/Général (3)	0,00	0,82	0,36	0,33
Conteneur	0,01	3,38	0,01	0,01
Conteneur petite navire	-	1,28	-	-
Paquebot/Ferry	0,04	2,41	0,21	0,19
Transport de voitures	0,02	2,63	0,43	0,40
Pétrolier	0,22	0,01	0,01	0,00
Cargo Ambatovy	-	0,00	0,00	0,00
Cargo Oji Paper	-	1,18	0,46	0,44
Autres	0,32	0,02	0,01	0,01

Tableau 6-4-3 Résultat de l'analyse - taux d'occupation des quais

	Taux d'occupation des quais (%)			
	2007	Sans projet 2020	Avec projet 2020 (1 voie)	Avec projet 2020 (2 voies)
MOLE A OUEST (A O)	45,7	67,3	39,6	39,6
MOLE A EST (AE)	37,4	66,6	39,6	39,6
MOLE B OUEST (BO)	24,4	82,1	62,8	62,9
MOLE B OUEST (nouveau quai)	28,0	80,6	37,2	34,6
MOLE B EST (Ambatovy)	-	64,8	58,4	58,4
MOLE B Nouvelle jetée	-	25,5	23,2	23,1
MOLE C1 (C1)	39,3	66,3	21,6	21,7
MOLE C2 (C2)	33,5	89,6	18,5	18,5
MOLE C3 (C3)	33,7	89,7	38,5	38,5
MOLE C4 (C4)	-	-	34,6	34,6

La figure 6-4-1 montre l'histogramme montrant les résultats des calculs ci-dessus. Dans le schéma, les valeurs calculées pour les vrac/générale et conteneurs qui ont 2 ou 3 catégories de taille sont représentés par les valeurs moyennes. Le temps d'attente des navires pour «le cas sans projet » est estimé à 2~3 jours en moyenne. Si le plan de développement urgent sera exécuté, l'attente des navires porte-conteneurs sera presque zéro, alors que l'attente d'autres navires peut être réduite environ à une demi-journée.

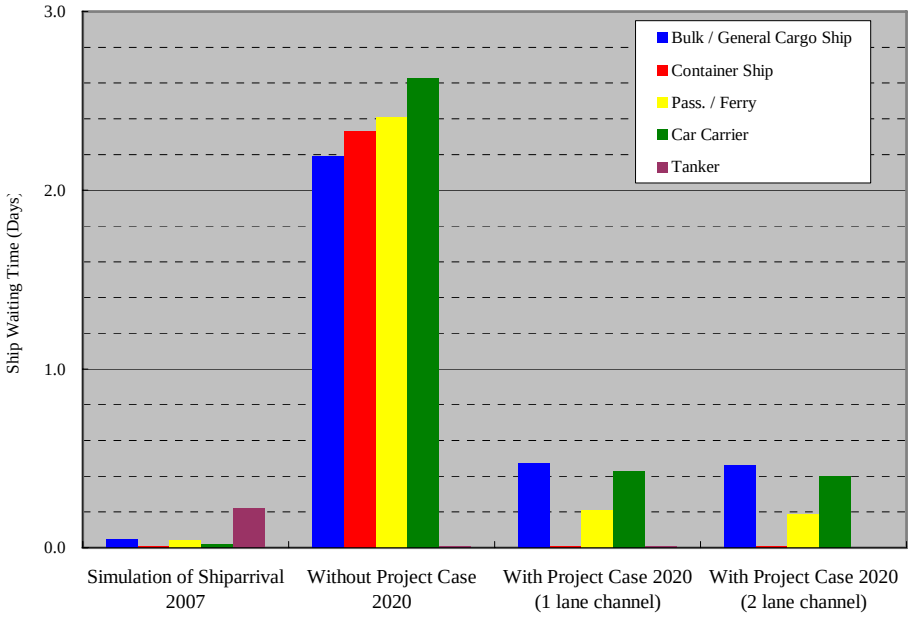


Figure 6-4-1 Résumé de l'analyse du temps d'attente des navires