



Aménagement et Valorisation du Front de Mer de Saint-Denis

Etudes routières de la traversée du Barachois

Avant-Projet Sommaire

2. Les études techniques



Version 1
Mars 2006



1. LES OBJECTIFS	3
2. LES NORMES PRISES EN COMPTE	5
Normes routières	5
Circulaire sur les tunnels	6
3. LA SOLUTION ETUDIEE : TRANCHEE A 2X2 VOIES PARTIELLEMENT COUVERTE.....	7
Trafic et Stationnement.....	7
Géométrie – Ouvrages d’Art	8
Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées.....	17
Tranchée – Equipements	34
Environnement.....	40
Réseaux.....	58
Proposition d’intégration architecturale et paysagère	60
Phasage de l’opération	64
Estimation sommaire	67

1. LES OBJECTIFS

Ce chapitre permet de rappeler et préciser les hypothèses retenues à la fin de la phase d'études préliminaires et de concertation, et de définir les pistes d'optimisation envisagées.

Horizon d'étude

Les études préliminaires et la concertation ont permis de situer l'horizon d'étude à 2017.

Cette vision à long terme permet de définir des objectifs ambitieux pour le projet.



Pour mémoire, la solution envisagée en conclusion des études préliminaires est optimisée et présentée en annexe au présent dossier.

2x2 voies

La phase de concertation a permis de conclure sur l'intérêt de prévoir une traversée du Barachois à 2x2 voies afin de répondre durablement au trafic croissant.

Ce choix intègre également la traversée de façon homogène dans le schéma global d'une route nationale à 2x2 voies de part et d'autre de Saint-Denis.

Une tranchée partiellement ouverte

L'ouverture partielle de la tranchée répond à 2 objectifs :

- proposer des éléments de couverture inférieure à 300 m, afin de s'affranchir de contraintes fortes de ventilation liées à la circulaire 2000-63 et génératrices de sur-gabarit,
- limiter le coût du Génie Civil de la tranchée.

La localisation des ouvertures s'est faite en cohérence avec les projets connexes (aménagements urbains, projet d'Aquaparc) et les propositions d'intégration paysagère proposées dans le présent dossier.

Des échanges dénivelés

L'étude de trafic (intégrée aux études préliminaires) montrait la nécessité de déniveler le carrefour de la route de la Montagne.

Afin d'assurer la cohérence du traitement des échanges avec les routes nationales (RN1 et RN2) sur l'ensemble de la traversée du Barachois, il est proposé de déniveler tous les dispositifs d'échange :

- carrefour route de la Montagne,
- carrefour rue de Nice,
- échangeur Labourdonnais / Pasteur, dans la solution de base,
- échangeur Labourdonnais et échangeur Mac Auliffè / Pasteur, dans la solution de base « bis ».

Des échanges dénivelés (suite)



Le dispositif d'échange Labourdonnais / Pasteur, proposé lors des études préliminaires, comporte plusieurs points améliorables :

- concentration de l'entrée de ville sur la rue Labourdonnais,
- échangeur incomplet (pas d'entrée sur la route nationale dans le sens Est/Ouest),
- dispersion des bretelles de l'échangeur sur plusieurs zones.

Ce dispositif reste la solution de base du présent dossier.

Une variante imaginée en parallèle de la réflexion sur l'intégration paysagère permet d'envisager une solution complète plus urbaine et plus lisible. Elle est présentée en solution de base « bis ».

Une intégration paysagère renforcée

Afin d'intégrer un projet aux caractéristiques routières fortes dans le contexte urbain du Barchois et de Saint-Denis, une réflexion axée sur les éléments remarquables du projet a été menée.

Cette démarche a également permis d'aborder le projet technique sous un angle différent et d'envisager de nouvelles pistes d'optimisation.

Il en ressort des propositions d'insertion ambitieuses et cohérentes, principalement réparties sur les éléments suivants :

- carrefour route de la Montagne,
- talus aménagés des sections de tranchée ouverte,
- carrefour rue de Nice,
- échangeur Pasteur, dans la solution de base « bis ».

Sécurité des piétons et qualité environnementale à proximité des pôles d'attraction

Pour que la réappropriation du Littoral puisse se faire sans déconvenue en terme de sécurité et de nuisances sonores et aériennes, l'accessibilité aux pôles d'attractivité (base nautique, plage, port, Aquaparc) a été particulièrement étudiée.

Ainsi la protection contre le bruit et la pollution de l'air est maximum au droit de la tranchée couverte devant la plage et l'Aquaparc.

Les liaisons piétonnes entre la ville et le Littoral sont renforcées au niveau de la plage et de l'Aquaparc par :

- des tranchées couvertes,
- le prolongement de l'avenue de la Victoire, de la rue Jean Châtel et de la rue Juliette Dodu par des môles piétons et par des passerelles « légères » reliant les Jardins du Barchois au port.

2. LES NORMES PRISES EN COMPTE

Normes routières

Les études d'APS ont été établies sur les bases normatives détaillées ci-après.

ICTAVRU

Le projet de traversée du Barchois se raccorde de part et d'autre sur la route nationale à 2x2 voies. Bien que la RN1 et la RN2 de part et d'autre du Barchois n'aient pas le statut de voie express, l'objectif d'absorption du trafic assigné au projet a conduit à prendre comme instruction de référence l'ICTAVRU (catégorie U60).

Vitesse de référence

Au stade des études préliminaires, la vitesse de référence était prise égale à 60 km/h (correspondant à une limitation de vitesse à 50 km/h, suivant la norme ICTAVRU).

Pour les présentes études d'Avant-Projet Sommaire, la vitesse de référence est prise égale à 50 km/h.

Ce choix correspond à une volonté forte d'obtenir une vitesse de circulation adaptée au contexte urbain.

Afin d'atteindre cet objectif, des adaptations du projet sont proposées, notamment en ce qui concerne les largeurs de voies.

Caractéristiques

Les principales caractéristiques géométriques découlant des hypothèses normatives retenues sont les suivantes :

Caractéristiques ICTAVRU – U60		Valeurs limites
Section courante	Rayon minimal non déversé en plan	200 m
	Déclivité moyenne maximale	6 %
	Rayon minimal en angle saillant	1 500 m
	Rayon minimal en angle rentrant	800 m
Bretelles	Déclivité maximale en entrée	8 % en pente 5 % en rampe
	Déclivité maximale en sortie	6 % en pente 7 % en rampe

Circulaire sur les tunnels

Préambule

La circulaire interministérielle 2000-63 concerne les tunnels dont la longueur est supérieure à 300 mètres.

Sont considérés comme tunnels toutes les voies routières couvertes quel que soit leur mode de construction. Les tranchées qui ont une couverture totale ou une couverture partielle présentant une surface d'ouverture vers l'extérieur inférieure à 1m² par voie de circulation et par mètre linéaire sont considérées comme un tunnel.

Champ d'application

Le champ d'application de la circulaire précise que « *Les tunnels de longueur comprise entre 200 et 300 m devront en tout état de cause disposer de deux niches de sécurité, de préférence, implantées à l'extérieur du tunnel, qui seront équipées d'un poste d'appel d'urgence et d'extincteurs. S'ils sont urbains, ces tunnels devront en outre disposer à chaque tête d'un point d'alimentation en eau.* »

De plus, la longueur des ouvrages ne dispense pas d'examiner les problèmes de sécurité et d'adopter les dispositions nécessaires.

3. LA SOLUTION ETUDIEE : TRANCHEE A 2x2 VOIES PARTIELLEMENT COUVERTE

Trafic et Stationnement

Etudes de trafic et de stationnement

Les études préliminaires ont permis d'évaluer la demande de trafic sur la nouvelle infrastructure sur la base du modèle de trafic de la ville de Saint Denis mis à jour (utilisation du logiciel DAVISUM).

Elles ont également permis d'évaluer la capacité actuelle de stationnement au niveau du Barachois.

Capacité et charge de la nouvelle infrastructure

La création d'une nouvelle infrastructure à 2x2 voies, hors emprise du Boulevard G.Macé réhabilitée en voirie urbaine, offre une capacité pour la traversée du Barachois largement supérieure à la demande prévisionnelle à l'horizon d'étude (2017).

Rappel : le modèle de trafic utilisé dans les études préliminaires a évalué le trafic sur la nouvelle voie à l'heure de pointe du matin en 2017 à un niveau compris entre 1500 et 2000 véhicules par sens.

Niveau de service

Par ailleurs,

- la séparation des flux d'entrée de ville et de transit au niveau de l'échangeur de la RD41,
- la construction d'un nouveau pont sur la rivière Saint Denis,

permettent d'assurer une continuité à 2 voies pour chaque sens entre la Route du Littoral et la RN2

Bilan du stationnement

L'emprise de cette nouvelle infrastructure s'inscrit dans un espace « gagné sur la mer ». Elle soulage de ce fait les voiries actuelles qui peuvent être aménagées en favorisant le stationnement.

C'est ce qui est proposé notamment au niveau du carrefour de Nice (50 places créées), dans le prolongement des rues J. Châtel (80 places créées) et J. Dodu (80 places créées).

Géométrie – Ouvrages d'Art

Le présent chapitre présente la démarche de définition des profils en travers du projet, puis, d'Ouest en Est, les optimisations géométriques de la solution retenue permettant de répondre aux objectifs fixés au chapitre 1.

Profil en travers

La définition du profil en travers type de la traversée du Barachois s'appuie sur 2 contraintes principales :

Niveau de service Le passage dans une tranchée constitue un point dur. En cas d'incident, il s'agit d'assurer un niveau de service satisfaisant pour les services de secours et l'utilisateur.

Le Guide pour la conception générale du génie civil des tranchées couvertes, édité par le Setra, permet de définir une largeur roulable minimale de 8.25 m assurant un niveau de service satisfaisant (correspondant à un Poids Lourds en panne pouvant être dépassé par 2 véhicules légers circulant à vitesse prudente).

Vitesse pratiquée Afin d'inciter les usagers à réduire leur vitesse pour atteindre l'objectif d'une vitesse pratiquée fixée à 50 km/h, il est proposé de réduire la largeur des voies à 3.25 m.

Les études de sécurité et le retour d'expérience démontrent en effet que cette option est la meilleure solution afin de réduire la vitesse. L'efficacité des autres dispositifs (signalisation, balisage...) est moindre.

Un profil homogène Le profil en travers type proposé dans la tranchée se décompose en :

- 2 voies de 3.25 m.
- une Bande Dérasée de Gauche de 0.75 m,
- une Bande Dérasée de Droite de 1.00 m.

Pour des questions de sécurité dans les zones de transition entre tranchée et section courante, il est proposé de conserver un profil en travers homogène sur l'ensemble de la section courante.



Les bretelles de dispositif d'échange présentent un profil en travers classique se décomposant en :

- 1 voie de 4.00 m,
- une Bande Dérasée de Gauche de 0.75 m,
- une Bande Dérasée de Droite de 1.00 m.

Géométrie – Ouvrages d'Art (suite)

Profil en travers (suite)

Aucune surlargeur nécessaire

Le rayon en plan minimal implanté dans les zones de tranchée ou de trémie est de 250 m.

Pour une vitesse de référence fixée à 50 km/h, aucune surlargeur n'est nécessaire sur la zone d'étude.



Il est proposé d'adopter un profil en travers en toit sur l'ensemble de la section courante.



2.4. Cahier des profils en travers types

Un gabarit fiabilisé

Le gabarit retenu sur la traversée du Barachois est défini par la hauteur maximale des « cachalots » (poids lourds transportant la canne à sucre). Cette hauteur libre minimale H_m est de 4.95 m.

Dans les zones de tranchées couvertes, des éléments complémentaires sont à prendre en compte en respectant les recommandations du CETU :

Caractéristiques	Valeurs (en m)
Hauteur libre minimale = H_m	4,95
Revanche d'entretien et de construction	0,10
Revanche de protection (des équipements)	0,10
Taille équipement (éclairage)	0,30
Hauteur totale	5,45

Carrefour route de la Montagne

Le carrefour de la route de la Montagne constitue un échange important entre la RN1 et la RD41 (route de la Montagne).

Actuellement, le carrefour plan en T arrive à ses limites capacitives. Le principe d'aménagement proposé est détaillé ci-après :

Un carrefour dénivelé

Les simulations de trafic indiquent qu'il est préférable de déniveler le carrefour à l'horizon 2017.

Les emprises étant localement fortement réduites, la solution de carrefour retenue est un giratoire dénivelé.

Cette solution est :

- d'emprise plus réduite qu'un dispositif d'échanges à 2 giratoires,
- plus conforme au contexte urbain du site.

Géométrie – Ouvrages d'Art (suite)

Carrefour route de la Montagne (suite)

Une emprise réduite La présente étude d'APS optimise la configuration géométrique de l'ensemble du dispositif pour imaginer un ensemble compact et rétablissant tous les échanges actuels.

La liaison entre le carrefour et le boulevard Gabriel Macé se raccorde sur le giratoire dénivelé par un encorbellement permettant d'optimiser la compacité de l'échange.

Ceci implique une surlargeur de la dalle de l'ouvrage d'art où des aménagements paysagers pourront être intégrés.

Une géométrie contrainte L'optimisation de ce dispositif d'échange en terme d'emprises génère des contraintes géométriques pour les bretelles de sortie, dans chaque sens.

Elles dérogent aux caractéristiques ICTAVRU U60 en présentant des rampes à 8%.



2.1. Vue en plan – 1 : 1 000

2.2. Profil en long Traversée du Barachois

2.3. Cahier des profils en long des bretelles

Pont sur la Rivière Saint-Denis

Les principes de rétablissement des circulations au droit de la rivière Saint-Denis sont les suivants :

Un ancien pont à conserver Le pont sur la rivière Saint-Denis est conservé en l'état pour rétablir le boulevard Gabriel Macé.

Les études préliminaires avaient diagnostiqué un mauvais état structurel de l'ouvrage et indiquaient la nécessité d'un renforcement.

Cette opération est indépendante de la présente étude et est évoquée pour mémoire.

Un nouvel ouvrage Un nouveau pont à 2x2 voies est construit en parallèle à l'existant, côté aval.

Par rapport aux études préliminaires, le projet s'est sensiblement rapproché de l'ancien pont, afin de limiter les emprises foncières utilisées et d'optimiser l'aspect esthétique de l'ensemble constitué par les 2 ouvrages.

Le profil en long du nouveau pont est constitué d'un unique rayon de 1500 m, qui lui donne un tirant d'air variable.

Les études ultérieures devront intégrer une étude hydraulique spécifique permettant de vérifier le tirant d'air à assurer et les dispositions de protections à prévoir (protections des berges, protections des piles...).

Géométrie – Ouvrages d'Art (suite)

Pont sur la Rivière Saint-Denis (suite)

Caractéristiques techniques Afin de limiter l'impact du projet sur l'écoulement hydraulique de la rivière Saint-Denis, les appuis sont implantés hors lit mineur : la travée déterminante est de 35 m.

Le balancement de la travée de rive choisi est de 0,8 (balancement économique qui permet d'éviter les soulèvements d'appui sur culée lorsque les charges d'exploitation agissent sur la travée adjacente). La travure suivante est obtenue : 28 m – 35 m – 28 m.

Les portées choisies permettent de choisir une typologie Pont Dalle Précontrainte à Encorbellement (solution économique compte tenu de la portée déterminante de 35m).

La largeur de l'ouvrage implique la pose de 2 tabliers séparés par un vide central de 0,5 m.



2.1. Vue en plan – 1 : 1 000

2.2. Profil en long Traversée du Barachois

Trémie Ouest

La trémie Ouest, hormis un léger recalage en plan généré par l'optimisation de l'emplacement du Pont sur la Rivière Saint-Denis, n'a pas connue d'évolution.

La finalisation des études connexes relatives aux aménagements paysagers a toutefois conduit à allonger la longueur de la trémie Ouest (portée à 116 m) : cette modification permet à la tranchée couverte Ouest d'être compatible avec le projet connexe validé, sans allonger la longueur de couverture majorée à 300 m.

La déclivité maximale du profil en long dans cette trémie est de 7% (dérogation aux caractéristiques ICTAVRU U60).



2.1. Vue en plan – 1 : 1 000

2.2. Profil en long Traversée du Barachois

Tranchée

Comme indiqué dans les objectifs de l'APS, la tranchée a été partiellement ouverte. La décomposition s'organise de la façon suivante, d'Ouest en Est :

- tranchée couverte Ouest de 290 m,
- tranchée ouverte de 146 m,
- passage supérieur rue Jean Châtel de 25 m,
- tranchée ouverte de 121 m,
- passage supérieur rue Juliette Dodu de 25 m,
- tranchée couverte Est de 290 m.

Géométrie – Ouvrages d'Art (suite)

Tranchée (suite)



Dans l'éventualité d'un projet connexe d'Aquaparc intégrant un bâtiment entre le front de mer et les activités aquatiques, il est envisageable d'imaginer une autre répartition des ouvertures de la tranchée.

Cette solution est illustrée en encart de la solution de base.



2.1. Vue en plan – 1 : 1 000

Le découpage tranchée couverte – tranchée ouverte sera évoqué plus en détails dans le chapitre spécifique à la tranchée.

Les caractéristiques géométriques de la tranchée sont les suivantes :

Tracé en plan Les modifications du tracé en plan sont minimales. Les fortes contraintes foncières et la proximité de nombreux projets connexes limitent la latitude de recherche de tracé.

La partie Ouest de la tranchée a été légèrement déviée pour suivre l'implantation du Pont sur la Rivière Saint-Denis qui a été juxtaposé au pont existant.



2.1. Vue en plan – 1 : 1 000

Profil en long Le profil en long de la tranchée a été optimisé par rapport aux solutions présentées lors des études préliminaires.

Afin de fiabiliser la faisabilité du Génie Civil de la tranchée (voir chapitre relatif à la Tranchée), le profil en long a été globalement remonté pour limiter les contraintes de poussée hydrostatique.

Pour ce faire, il est proposé d'opter pour un profil en long comportant un point haut central et un point bas à chaque extrémité.



2.2. Profil en long Traversée du Barchois

Géométrie – Ouvrages d'Art (suite)

Trémie Est

Les modifications du profil en long de la section courante et de la configuration générale du carrefour rue de Nice impliquent une modification de la trémie Est, dont la longueur est portée à 130 m.

La déclivité maximale du profil en long dans cette trémie est de 7% (dérogation aux caractéristiques ICTAVRU U60).



2.1. Vue en plan – 1 : 1 000

2.2. Profil en long Traversée du Barchois

Carrefour rue de Nice

L'optimisation de la solution envisagée durant les études préliminaires a conduit à remplacer un système à feux par un échange dénivelé.

Une géométrie contrainte

Un carrefour giratoire est projeté sur la tranchée couverte, en extrémité Est. Il permet la liaison entre les bretelles d'entrée et de sortie sur la RN1, la rue de Nice, la rue Jules Auber et le boulevard Gabriel Macé.

L'ensemble de la zone a fait l'objet d'une réorganisation spatiale en coordination avec le projet d'intégration paysagère.

Cette réorganisation est contraignante pour la géométrie des bretelles du dispositif d'échanges.

Des conséquences sur le bâti

Afin de se rapprocher des caractéristiques géométriques ICTAVRU U60, il est nécessaire de décaler vers l'Est les points de raccordement des bretelles sur la section courante.

Pour conserver l'intégrité du projet de gare routière, cette modification du projet implique un décalage général du tracé vers la ville.

La rénovation d'îlots de bâti est nécessaire au droit du projet de gare routière.



2.1. Vue en plan – 1 : 1 000

2.2. Profil en long Traversée du Barchois

2.3. Cahier des profils en long des bretelles

Géométrie – Ouvrages d'Art (suite)

Echangeur Labourdonnais / Pasteur

Dans la solution de base proposée, l'échange entre la route nationale et la ville de Saint-Denis sur la partie Est s'effectue au niveau de 2 secteurs distincts :

Carrefour Labourdonnais

Le carrefour Labourdonnais est un échange dénivelé, avec une bretelle de sortie dans le sens Est-Ouest. Il permet la desserte de l'ancienne gare routière, du restaurant adjacent et du centre-ville.

L'ouvrage d'art, en passage supérieur de la route nationale, a une largeur totale d'environ 20 m. Ceci permet d'envisager un aménagement urbain de la zone et l'intégration de voies de type mode doux, sans toutefois équiper l'ouvrage de dispositifs d'éclairage.

Carrefour Pasteur

Le carrefour Pasteur est un échange dénivelé, avec une bretelle de sortie (située sur l'emprise de la rue Mac Auliffe existante) dans le sens Ouest-Est et une bretelle d'entrée dans le sens Ouest-Est. Il permet la desserte du centre-ville et la desserte de la bordure littorale (ancienne gare routière, restaurant, frange côtière non exploitée entre le restaurant et le futur pôle Océan).

L'ouvrage d'art, en passage supérieur de la route nationale, est le pont Pasteur conservé en l'état.

Entrecroisement

L'interdistance entre la bretelle d'entrée sur la RN1 (carrefour rue de Nice) et la bretelle de sortie (carrefour Pasteur) est réduite à 380 m.

Il est nécessaire d'implanter entre les 2 dispositifs d'échange une voie auxiliaire d'entrecroisement.

Cette voie supplémentaire augmente l'assiette du projet et son impact sur le bâti situé sur ses abords, côté ville.



2.1. Vue en plan – 1 : 1 000

2.2. Profil en long Traversée du Barchois

2.3. Cahier des profils en long des bretelles

Géométrie – Ouvrages d'Art (suite)

Echangeur

Mac Auliffe / Pasteur

Cet échange est présenté en solution de base « bis ». Il est issu d'une réflexion globale menée en parallèle, dans le cadre des études d'intégration paysagère.

Un échangeur complet regroupé

La solution proposée permet de regrouper sur un site unique le dispositif d'échange complet pour la partie Est du projet. Cette configuration permet une meilleure lisibilité de l'échangeur.

Une meilleure intégration urbaine

Le projet propose une lecture urbaine de l'échangeur Mac Auliffe / Pasteur, avec un fonctionnement général en « ring » dénivelé.

La principale caractéristique de l'échangeur est la création d'une entrée de ville principale par la rue Mac Auliffe, délestant la rue Labourdonnais.

Cette option constitue un changement important dans le fonctionnement actuel des échanges entre la route nationale et la ville. A ce jour, il est en effet impossible de rejoindre depuis la ville la route nationale en direction de l'Ouest entre la rue Juliette Dodu et le boulevard de l'Océan (à moins d'emprunter la voie latérale du bord de mer qui nuit au développement économique et touristique de cette frange littorale).

Un ouvrage d'art supplémentaire

La configuration proposée dans cette solution « bis » implique la création d'un nouvel ouvrage d'art, en passage supérieur de la section courante et dans le prolongement de la rue Mac Auliffe.

L'abaissement de la section courante

La faisabilité géométrique de l'échangeur Mac Auliffe / Pasteur est conditionnée à la reprise plus large de la conception de la section courante du projet.

Un abaissement du profil en long entre le passage supérieur rétablissant la rue Labourdonnais et le nouvel ouvrage d'art est ainsi nécessaire pour réaliser ce dernier et assurer son raccordement aux nouvelles bretelles créées.

Une géométrie contrainte

Les emprises foncières limitées du projet dans le secteur contraignent fortement les caractéristiques géométriques. Deux bretelles dérogent aux caractéristiques ICTAVRU U60 :

- la bretelle d'entrée dans le sens Est – Ouest présente une pente de 9 % (contre 8% préconisés par l'ICTAVRU),
- la bretelle de sortie dans le sens Ouest - Est présente une rampe de 8 % (contre 7% préconisés par l'ICTAVRU).

Géométrie – Ouvrages d'Art (suite)

Echangeur Mac Auliffe / Pasteur (suite)

2 voies auxiliaires d'entrecroisement

En complément à la voie auxiliaire d'entrecroisement créée côté ville et évoquée précédemment, la création d'une bretelle d'entrée sur la route nationale dans le sens Est-Ouest au Nord du nouvel ouvrage d'art génère la même problématique : l'interdistance entre cette bretelle et la bretelle de sortie sur le carrefour rue de Nice est d'environ 280 m.

Une nouvelle voie auxiliaire d'entrecroisement est nécessaire côté Océan.



Cette solution « bis » est présentée avec un ouvrage d'art de rétablissement de la rue Labourdonnais ramené à une largeur d'environ 10 m.

L'implantation d'aménagements de circulation de type modes doux sera répartie entre cet ouvrage et l'ouvrage créé dans le prolongement de la rue Mac Auliffe.



- 2.1. Vue en plan – 1 : 1 000
- 2.2. Profil en long Traversée du Barchois
- 2.3. Cahier des profils en long des bretelles

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées

Données et contraintes

Topographiques Le projet de Tranchée Couverte (TC) est lié à la réalisation préalable du Port de Saint Denis.

Le niveau fini d'aménagement du Port est : + 5,5 m NGR.

La topographie du terrain naturel est connue. Etant donné qu'une partie du projet se situe en terrain gagné sur la mer, il est nécessaire de connaître la topographie sous-marine. En effet, elle permet de situer la tranchée vis à vis du terrain naturel sous-marin et de conclure si l'environnement de la tranchée est un remblai (amené lors de la réalisation du port), si c'est le terrain naturel ou si c'est les deux. Ce point a un impact en terme de maintien en place des terrassements.

- **Document de référence :**

L'étude est basée sur les courbes TN présentées dans le document *Schéma directeur urbain et paysager de l'Aménagement et valorisation du front de mer de Saint Denis*, réalisé par le groupement J-F REVERT / ERAMM / INFRA-CONSULTING / SODIAC en date de mars 2004.

- **Interaction du projet avec la topographie :**

Cette interaction est présentée sur un plan spécifique.



2.11 Vue en plan avec topographie sous-marine

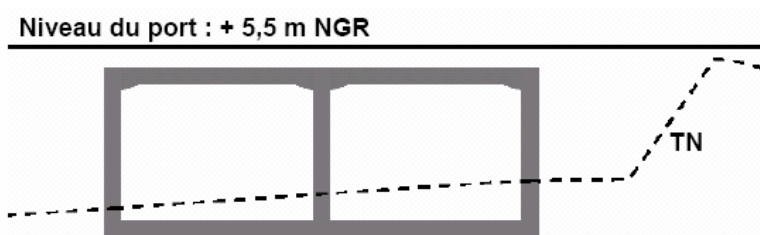
- **Observations :**

Au droit du mur historique du Barachois, le projet se situe en amont de la courbe de niveau -2,00 m NGR (de manière tangentielle). Le projet tangente (en aval) le décroché du TN du front de mer.

A partir du projet d'Aquaparc, le projet remonte dans le terrain naturel.

- **Conséquences :**

Le profil en travers topographique type suivant est retenu :



Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Données et contraintes (suite)

- **Réserve :**

Ce document donne la position des courbes de niveaux avec une équidistance de 2 m. Cette précision est suffisante à ce stade des études.



Un relevé plus précis sera nécessaire dans le cadre d'études ultérieures.

Géotechniques • Etude de référence :

L'étude est basée sur les documents :

- *Rapport géotechnique, Annexe III au Mémoire technique de l'Etude de faisabilité technique d'un tunnel sous le Barachois*, réalisé par le groupement SMM/SECMO/SIMECSOL daté du 23 juillet 1997.
- *Pièce 2.4.a : Profil en long-solution de base* de la même étude. Cette pièce indique la limite supérieure du substratum basaltique rocheux et scoriacé sain sur un profil en long d'un tracé similaire au présent projet.

- **Données entrantes :**

1. Géologie - géotechnique :

Les éléments suivants sont retenus du rapport cité ci-dessus, avec de haut en bas :

Couche	Nature du sol
1	Au Nord : alluvions littorales grossières avec des blocs de diamètre 1m (des intercalations de fines ne sont pas à exclure) Le front de mer est composé de récifs frangeants (corail). Sur la côte Est : alluvions littorales sablo-limoneuses à priori mécaniquement médiocres.
2	Manteau d'altération superficiel du basalte , extrêmement hétérogène du point de vue mécanique. Attention au risque de glissement d'ensemble de couches.
3	Substratum basaltique dit « sain », constitué de rocher dur à très dur, mais avec des intercalations fréquentes de matériaux meubles ou semi-meubles et généralement aquifères (couches de scories basaltiques, cendres, paléosols interstratifiés). Présence de ravines locales susceptibles de diminuer voire d'annuler localement la couverture rocheuse résistante.

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Données et contraintes (suite)

Géotechniques (suite) Le rapport fournit les caractéristiques des couches (Em, Pl, perméabilité) des alluvions de la vallée St-Denis située hors zone d'étude de la tranchée. Cependant, il soulève de nombreux points demandant des études complémentaires (cf. Réserves).

2. Niveau du toit du substratum :

La limite du substratum rocheux est reporté sur le profil en long.



2.10 Profil en long avec substratum rocheux.

Géotechniques • Réserves :



Des études géotechniques complémentaires sont nécessaires afin de valider :

- Les couches géotechniques rencontrées (caractéristiques, niveau) sur tout le linéaire du projet,
- La perméabilité des matériaux rencontrés (vérifier le problème d'anisotropie de perméabilité générale dans les alluvions abordé dans le rapport cité),
- La présence éventuelle de ravines locales sur le toit du substratum,
- La stabilité géotechnique d'ensemble (risque de véritables glissements de terrains).

A ce stade des études, l'aléa géotechnique est fort sans étude géotechnique complémentaire.

Hydrauliques • Etude de référence :

L'étude est basée sur le document *Etude de faisabilité géotechnique de l'Aménagement et valorisation du front de mer de Saint Denis*, réalisé par le bureau d'études SEGC en date d'octobre 2004.

• Données entrantes :

Le projet de TC est liée à la réalisation préalable du Port de Saint Denis. Il n'y a donc pas d'interaction directe avec l'Océan Indien.

Le niveau de la nappe est : + 0,9 m NGR avec des variations faibles.

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Données et contraintes (suite)

Hydrauliques (suite) • **Conséquences :**

La présence de l'eau est un paramètre de toute première importance tant pour l'exécution de l'ouvrage que pour sa conception et son dimensionnement. La construction même de l'ouvrage n'est pas sans conséquence sur l'hydrogéologie locale (écoulement de la nappe et modification des niveaux) et donc sur l'environnement et sur les constructions voisines.

La présence de la nappe entraîne des sous-pressions hydrostatiques au niveau inférieur de la structure et des poussées latérales supplémentaires sur les voiles latéraux.

• **Réserve :**



Des études hydrauliques complémentaires sont nécessaires :

- étude du niveau de la nappe au droit de tout le linéaire du projet,
- étude de l'évolution temporelle de la nappe afin de connaître précisément ses extremums,
- étude de l'interaction nappe-océan,
- étude de l'impact du projet sur l'écoulement de la nappe.

Emprise travaux Le site du Barachois est un site urbain en front de mer avec le Port et l'Aquaparc tangents au projet, du bâti proche (dont la Préfecture, bâtiment classé) et un trafic important sur les boulevards.

Les travaux devront :

- limiter leur emprise au sol,
- éviter impérativement de déstabiliser les fondations du port, du parc de loisirs et des bâtiments proches.

Architecturales Un chapitre spécifique est consacré à l'intégration architecturale et paysagère du projet.

Les principaux points impactant le génie civil de la tranchée sont :

- terrasses architecturales représentant le mur historique du Barachois au droit des deux tranchées ouvertes,
- ouverture totale des tranchées ouvertes (absence de butons définitifs),
- murs architecturés sur les faces latérales de la tranchée.

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Solution technique générale

Choix Le choix de la technique de réalisation de la structure dépend de nombreux paramètres dont :

- les caractéristiques hydrogéologiques du site,
- le mode de maintien en place des terrassements,
- l'emprise disponible pour réaliser l'ouvrage.

Lors de l'étude de faisabilité, la solution suivante a été retenue :

Cadre béton réalisé à l'abri d'un blindage de fouille étanche (création de l'horizon étanche par « bouchon » de béton immergé).

Complément Le projet risque d'intercepter ponctuellement le substratum rocheux avec l'ancrage du soutènement.



2.10 Profil en long avec substratum rocheux.

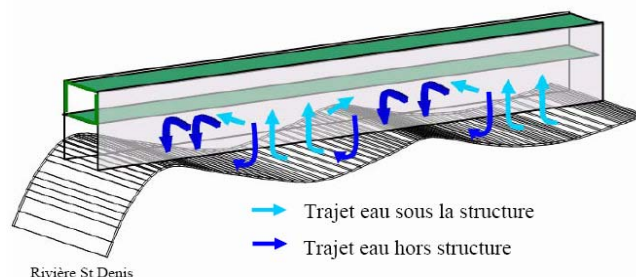
Il est légitime de s'interroger sur la solution retenue et sur l'intérêt économique d'aller chercher l'horizon étanche existant pour créer une enceinte étanche.

L'horizon étanche reste profond entre la trémie ouest et le PS Juliette Dodu. Ancrer le soutènement sur tout le linéaire impliquerait une augmentation importante des quantités.

De plus, la présence de ravines locales sur le toit du substratum peut entraîner des sous-pressions compte-tenu du risque de venues d'eau.

La solution envisagée à l'étude de faisabilité est donc conservée.

Les sous-pressions existent donc toujours :



Aléa Les études géotechniques complémentaires localisant le substratum rocheux pourraient remettre en question ce choix. Cependant, la distinction entre le substratum, le manteau d'altération et les alluvions grossières à gros blocs n'est généralement pas facile en sondages (y compris carottés). Il subsiste donc un aléa fort.

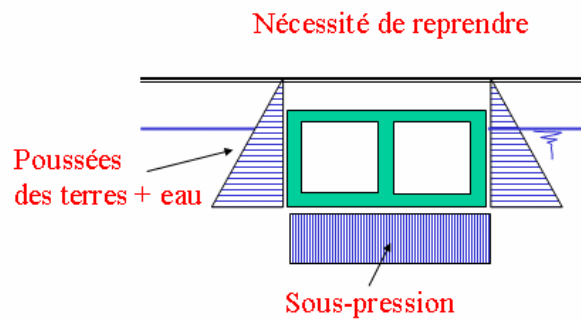
Si l'horizon se révélait être à un niveau plus élevé, la longueur des soutènements serait réduite et l'horizon étanche ne serait plus à créer (dans l'hypothèse où l'on arriverait à s'affranchir du problème des ravines locales).

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Problèmes à résoudre

Equilibre de la structure

L'équilibre de la structure doit être assuré en phase travaux et définitive. Il est donc nécessaire de reprendre les poussées des terres et hydrostatiques latérales ainsi que les sous-pressions inférieures selon le schéma suivant :

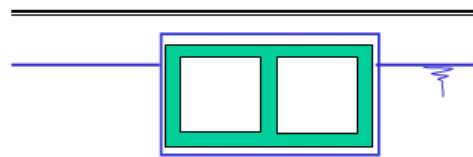


En phase travaux **et** définitive

Etanchéité de la structure

La présence de la nappe impose une étanchéité de la structure :

Nécessité d'assurer l'étanchéité du cadre

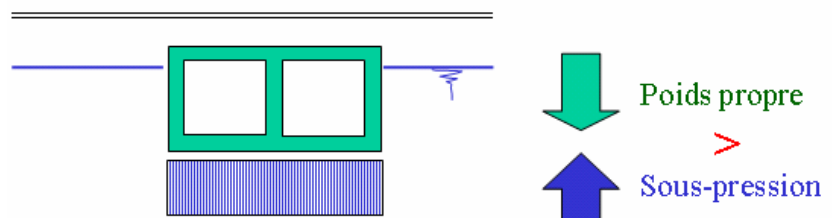


En phase définitive

Non flottaison de la structure

La structure ne doit pas se mettre en flottaison suite à la présence de la nappe autour de celle-ci.

Assurer la non flottaison de l'ouvrage



En phase définitive

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Solutions techniques particulières

La solution générale choisie est un cadre béton réalisé à l'abri d'un blindage de fouille étanche (création de l'horizon étanche par « bouchon » de béton immergé).

Le présent chapitre propose :

- d'expliquer le choix fait quant à l'horizon étanche artificiel,
- de justifier le choix du soutènement,
- d'expliquer de quelle manière l'équilibre de la structure est assuré en phases travaux et définitive.

Horizon étanche artificiel

Deux solutions sont possibles :

1. **Bouchon de béton immergé**
2. **Injection d'un horizon étanche.**

La solution de béton immergé est plus économique. Elle impose cependant un ancrage plus profond du soutènement. La fouille descendant au niveau inférieur du bouchon, le soutènement est ancré plus profondément afin d'assurer la stabilité à l'exécution.

L'injection de l'horizon étanche s'effectue depuis la surface, cette solution n'impose pas un ancrage plus profond du soutènement. Cependant, le coût d'une injection est supérieur au surcoût du soutènement supplémentaire entraînée par la solution 1.

La solution d'injection est plus rapide mais comme la tranchée est implantée hors voirie actuelle, cet argument n'a pas d'influence.

De plus, le rapport géotechnique de l'étude de 1997 mentionnait une perméabilité de l'ordre de $k = 10^{-3}$ m/s pour les alluvions de la rivière Saint-Denis. Si les études géotechniques concluaient sur la même perméabilité pour les alluvions au droit du barachois, l'injection pourrait s'avérer impossible. En effet, cette valeur de perméabilité est la limite très extrême du domaine d'emploi de cette solution (=> solution présentant donc un fort aléa technique).

Les avantages et inconvénients de chaque solution sont synthétisés dans le tableau suivant :

Solution	Avantages	Inconvénients
Bouchon de béton immergé	<ul style="list-style-type: none">• Economique	<ul style="list-style-type: none">• Ancrage plus profond du soutènement.
Injection horizon étanche	<ul style="list-style-type: none">• Ancrage moins profond du soutènement.	<ul style="list-style-type: none">• Domaine d'emploi non assuré• Prix élevé

La solution le bouchon de béton immergé est retenue.

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Solutions techniques particulières (suite)

Soutènement Deux solutions sont possibles :

1. Rideaux de palplanches

2. Parois moulées

Si les études géotechniques complémentaires confirment la présence de blocs de fort diamètre dans les alluvions, la mise en œuvre des palplanches s'avèrerait difficile (aléa).

La solution rideau de palplanches impose un bouchon de béton de 20 m de portée. Avec cette portée, le bouchon travaille en dalle. Ceci implique un ferrailage du bouchon ainsi qu'un épaissement.

De plus, la liaison bouchon de béton - palplanches doit être connectée afin d'améliorer la rigidité d'ensemble (coefficient de frottement béton-acier de 0,3). La connexion se fait après battage des palplanches.

Le principal avantage des parois moulées est leur réutilisation comme piédroits, ce qui diminue le coffrage et le béton coulé en place dans un second temps. Les parois moulées sont rabotées pour leur utilisation en piédroits.

La liaison parois moulées-bouchon de béton est meilleure avec un coefficient de frottement béton-béton de 0,5 (site maritime).

La réalisation de trois parois moulées permet de réduire de moitié la portée du bouchon de béton immergé. Le bouchon immergé n'est donc plus armé et son épaisseur est réduite.

De plus la participation des parois moulées à la stabilité d'ensemble (pour la reprise des sous-pressions) est plus importante, le poids propre des parois moulées étant supérieur à celui des palplanches.

Les avantages et inconvénients de chaque solution sont synthétisés dans le tableau suivant :

Solution	Avantages	Inconvénients
Palplanches	<ul style="list-style-type: none">néant	<ul style="list-style-type: none">Bouchon béton armé et plus épaisaléa géotechnique de mise en œuvre
Parois moulées	<ul style="list-style-type: none">Réutilisation des parois moulées comme piédroitsBouchon non armé et moins épaisMeilleure participation des parois moulées à la stabilité d'ensemble	<ul style="list-style-type: none">néant

La solution des parois moulées est retenue.

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Solutions techniques particulières (suite)

Reprise des pressions latérales

Lors des phases travaux et définitive, la structure est soumise aux pressions latérales suivantes :

- poussées des terres
- poussées hydrostatiques (étant donné que le niveau de nappe est supérieur au niveau inférieur de la structure)

En phase travaux, ces poussées ont lieu lors de l'excavation entre les parois moulées. Au fur et à mesure de la fouille, il est nécessaire de les reprendre progressivement en ajoutant des lits supplémentaires.

Deux solutions sont possibles :

1. **Tirants**
2. **Butons**

Les alluvions sablo-limoneux de la côte Est rendent difficiles l'ancrage des tirants. Cependant ce problème n'est que ponctuel. En effet la tranchée est implantée majoritairement dans du remblai amené lors de la réalisation du port.



Impact sur le projet du Port :

Il est nécessaire que le remblai du Port ait des caractéristiques permettant l'ancrage des tirants.

La mise en place de tirants dans les parois moulées est possible. Une réservation pour chaque tirant est à prévoir dans la cage d'armatures avant la mise en place de cette dernière. Cette réservation est provisoirement fermée pour le bétonnage des parois moulées.

Le butonnage permet de s'affranchir des caractéristiques du remblai.

Le butonnage est gênant en phase travaux. De plus, l'architecture des tranchées ouvertes est une ouverture totale sans butons (pas de butons définitifs).

Les avantages et inconvénients de chaque solution sont synthétisés dans le tableau suivant :

Solution	Avantages	Inconvénients
Tirants	<ul style="list-style-type: none">• Pas de gêne en phase travaux	<ul style="list-style-type: none">• Nécessité d'un remblai avec les caractéristiques adéquats
Butons	<ul style="list-style-type: none">• Affranchissement des caractéristiques du remblai du port	<ul style="list-style-type: none">• Gêne en phase travaux• Non souhaités par l'architecte en phase définitive

La solution tirants est retenue.

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Solutions techniques particulières (suite)

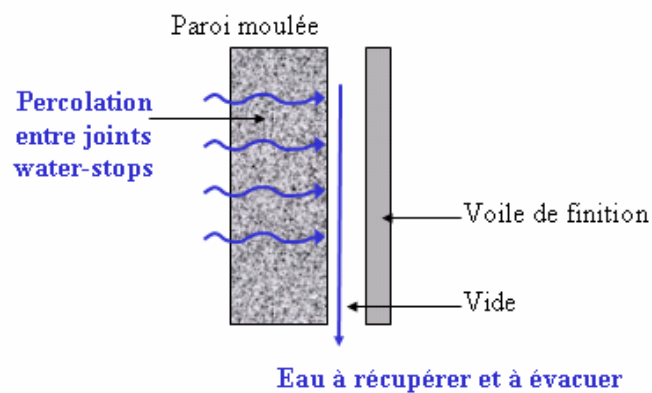
Étanchéité de la structure

Une étanchéité est mise en place entre le bouchon de béton immergé et le radier.

Pour les faces latérales, il y a une percolation entre les joints water-stops des parois moulées.

La solution retenue consiste à laisser un vide entre la paroi moulée et un voile-cache. Ainsi l'eau récupérée peut être évacuée.

Cette solution est illustrée sur le schéma suivant :

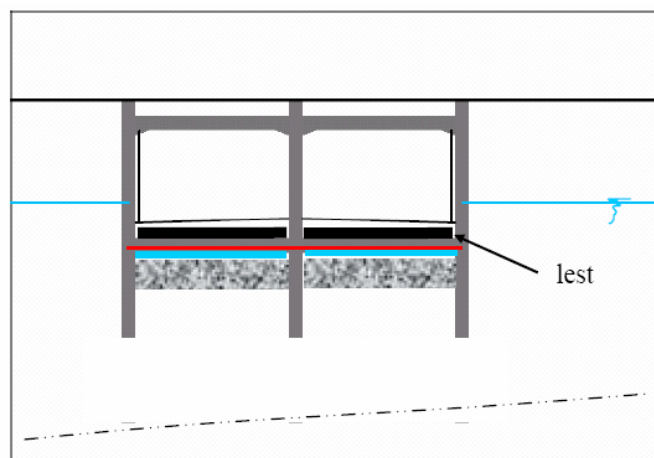


Non flottaison de la structure

En phase travaux, les sous-pressions sont reprises par le bouchon de béton immergé.

En phase définitive, suite à la percolation à travers le bouchon de béton, les sous-pressions se retrouvent sous le radier.

Afin d'assurer la non flottaison, un lest est nécessaire entre le radier et le corps de chaussée selon le schéma suivant :



Ce lest est permanent et d'épaisseur variable selon le profil en long.

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Mode constructif Tranchée Couverte

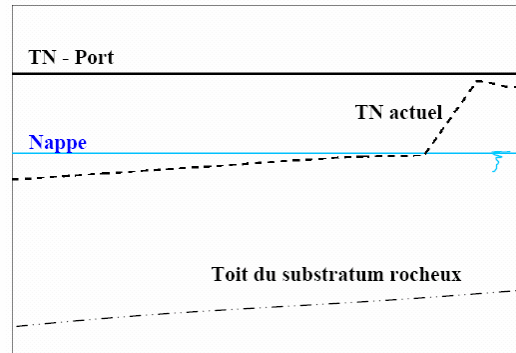
Ce mode constructif s'applique à la réalisation de la tranchée couverte.

Les compléments et différences pour les tranchées ouvertes (y compris trémies d'accès) seront détaillés à la suite.

Rappels (topographie, hydraulique)

Les différents niveaux sont :

- TN - Port : + 5,5 m NGR
- Nappe : + 0,9 m NGR
- TN actuel (variable + cf. topo.)
- Substratum rocheux (variable)



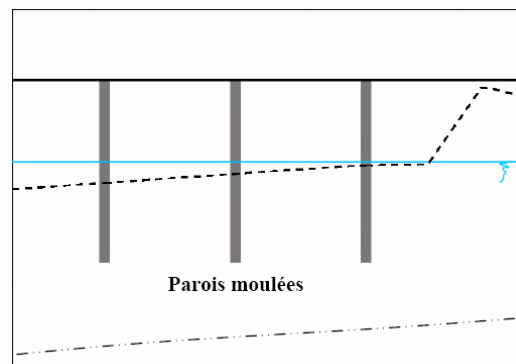
Entre le TN actuel et le niveau fini du Port, il est considéré la présence d'un remblai dont les caractéristiques permettront l'ancrage des tirants.

Construction Parois Moulées

Les 3 parois moulées sont réalisées à partir du niveau 5,5 m NGR.

Leur profondeur est variable suivant le profil en long de l'ouvrage.

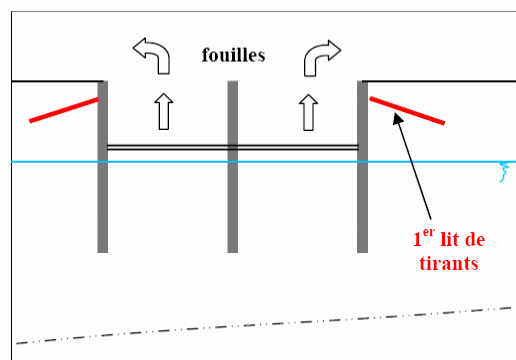
Elles interceptent le substratum rocheux sur une partie du linéaire.



Fouilles + Soutènement

L'excavation de la fouille est ensuite réalisée.

Un premier lit de tirants est nécessaire afin d'assurer la stabilité de la fouille.

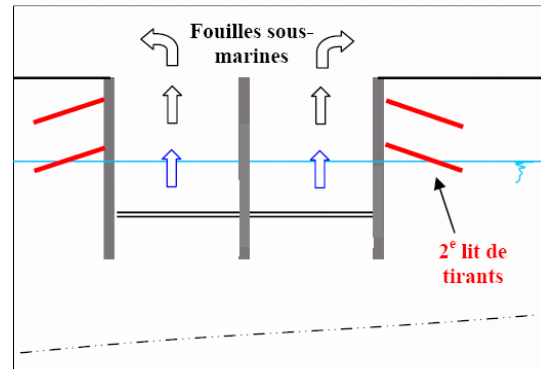


Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Mode constructif Tranchée Couverte (suite)

Fouille sous-marine

Le niveau fini des fouilles correspond au niveau inférieur du bouchon de béton nécessaire pour reprendre les sous-pressions provisoires.



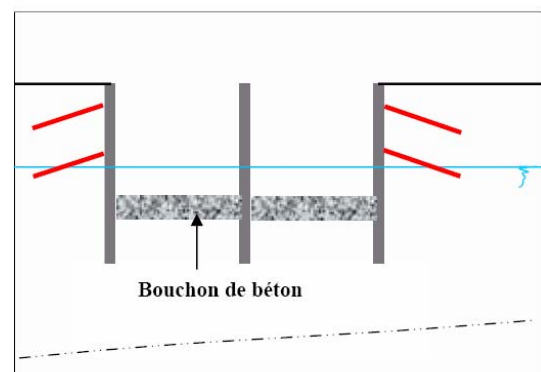
Des niveaux de tirants supplémentaires sont nécessaires afin d'assurer la stabilité de la fouille. Chaque lit est réalisé au fur et à mesure de l'avancement. Le nombre de lits est fonction de la profondeur de la fouille (reprise de la pression des terres qui n'est plus équilibrée à cause de la fouille). Les tirants sont provisoires et calculés en fonction.

Bouchon de béton

Le bouchon de béton est réalisé sous l'eau.

Il est composé d'un gros béton capable de résister au milieu agressif marin.

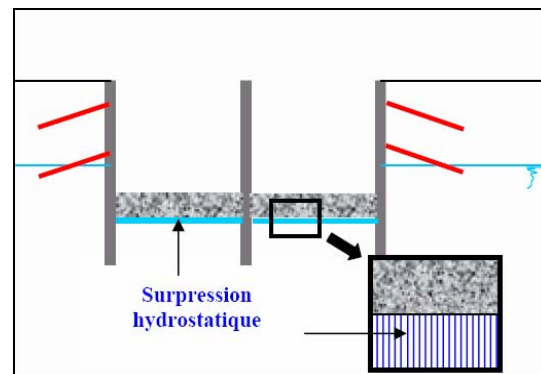
Sa formulation est renforcée en ciment à cause de l'omniprésence de l'eau. Le ciment doit être spécifique au milieu marin.



Epuisement de la fouille

La mise à sec de la fouille s'effectue par pompage.

Les sous-pressions sont reprises par le bouchon de béton.

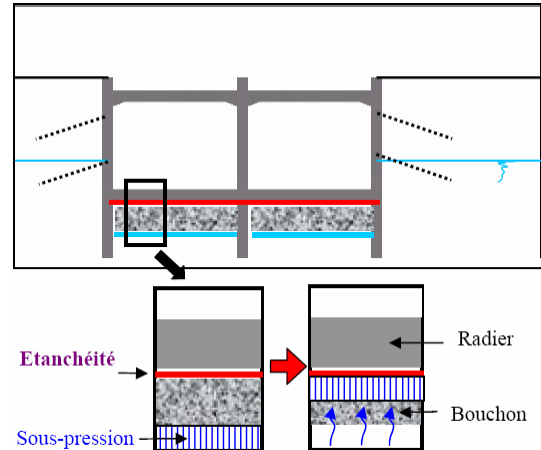


Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Mode constructif Tranchée Couverte (suite)

Réalisation de la structure génie civil

- Etanchéité
- Radier connecté aux parois moulées
- Reprise des parois moulées
- « Abandon » des tirants
- Réalisation de la traverse (dalle supérieure)

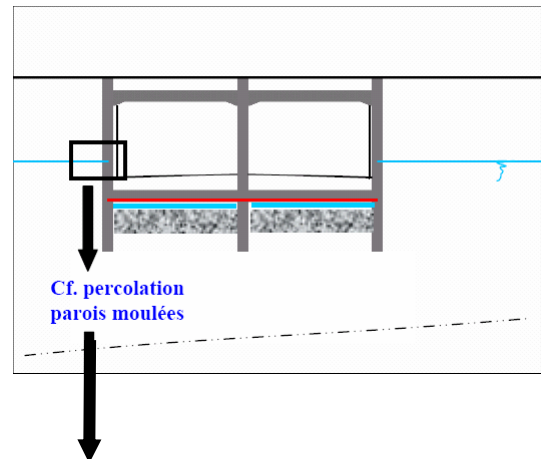


(➡) A terme, le radier reprend les sous-pressions .

En effet, les sous-pressions remontent jusqu'au radier suite à la percolation à travers le bouchon de béton.

Réalisation des superstructures

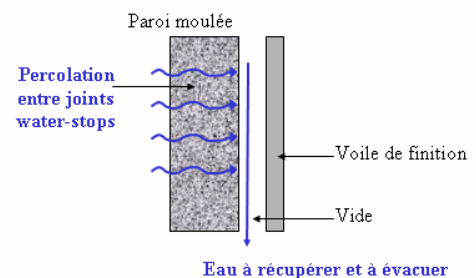
- Réalisation du corps de chaussée (avec un lest inférieur reprenant les sous-pressions)
- Voiles le long des parois moulées extérieures (les voiles cachent l'écoulement des eaux suite à la percolation à travers les parois moulées extérieures). Ces voiles sont compatibles avec l'aménagement architectural des murs proposé par l'architecte.



Percolation à travers les parois moulées

Entre les joints water-stops des parois moulées, l'eau va percoler.

Une solution consiste à réaliser un voile dégageant un vide qui permet la récupération et l'évacuation de l'eau.



Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Mode constructif Tranchée Ouverte

La géométrie des tranchées ouvertes suit la proposition architecturale de terrasses successives représentant le mur historique du Barachois.

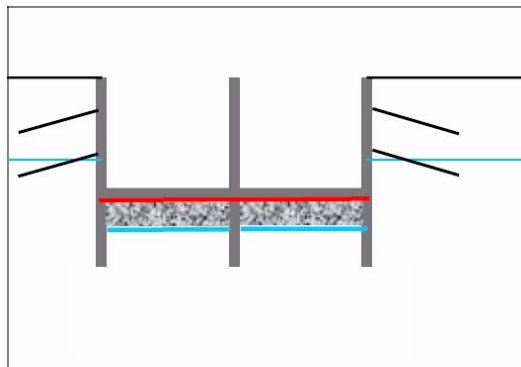
Dans un premier temps, le mode constructif est identique à celui de la tranchée couverte jusqu'à *l'épuisement de la fouille* (exception faite de la nécessité des tirants en phase définitive).

Il diffère donc à partir de la *réalisation de la structure génie civil*.

Réalisation de la structure génie civil

- Etanchéité au droit de la chaussée,
- Radier connecté aux parois moulées,
- Les tirants sont nécessaires en phase définitive.

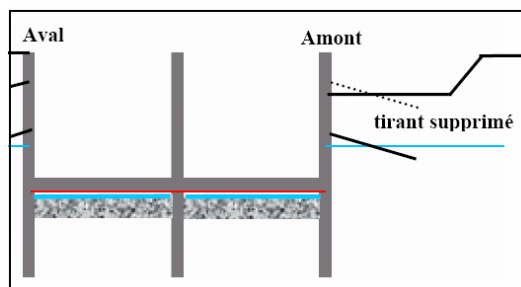
A terme, le radier reprend les sous-pressions. En effet, elles remontent jusqu'au radier suite à la percolation à travers le bouchon de béton.



Fouille latérale

La fouille latérale s'effectue par paliers successifs.

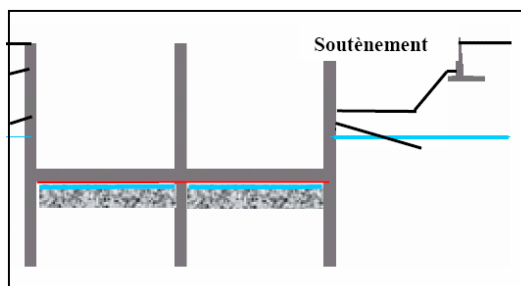
Les lits de tirants en amont sont supprimés au fur et à mesure de l'avancement de la fouille.



Soutènement

A chaque palier, un soutènement est mis en place.

Il peut s'agir soit d'un mur de soutènement classique soit d'un soutènement type « Terre armée ».

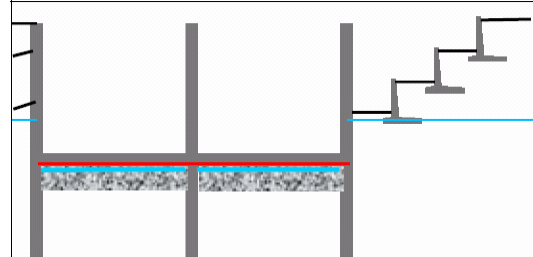


Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Mode constructif Tranchée Ouverte (suite)

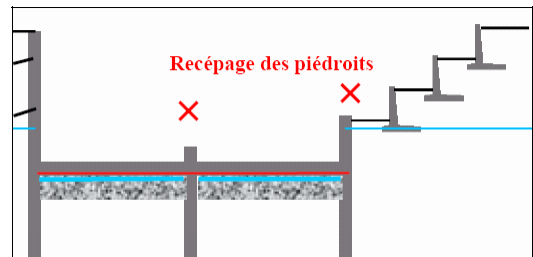
Soutènement final

Toutes les configurations sont possibles (le nombre de terrasses pouvant évoluer en fonction de l'architecture souhaitée et des contraintes géométriques).



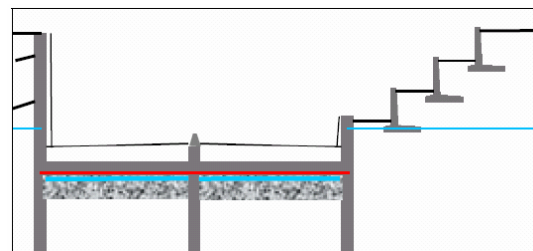
Recépage des piédroits

Le piédroit central et latéral amont sont à recéper.
Le piédroit amont est à recéper à 0,50 m (minimum) au-dessus du plus haut niveau de la nappe phréatique.



Réalisation des superstructures

- Réalisation du corps de chaussée (avec un lest inférieur reprenant les sous-pressions),
- Voiles le long des parois moulées (les voiles cachent l'écoulement des eaux suite à la percolation à travers les parois moulées extérieures).



Ces voiles sont compatibles avec l'aménagement architectural des murs proposé par l'architecte.

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

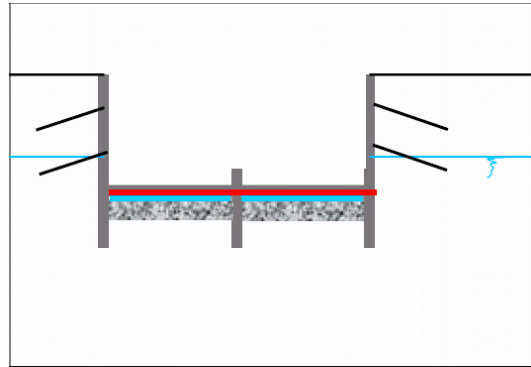
Mode constructif Trémies d'accès

Dans un premier temps, le mode constructif est identique à celui de la tranchée couverte jusqu'à *l'épuisement de la fouille* (exception faite de la nécessité des tirants en phase définitive)

Il diffère donc à partir de la *réalisation de la structure génie civil*.

Réalisation de la structure génie civil

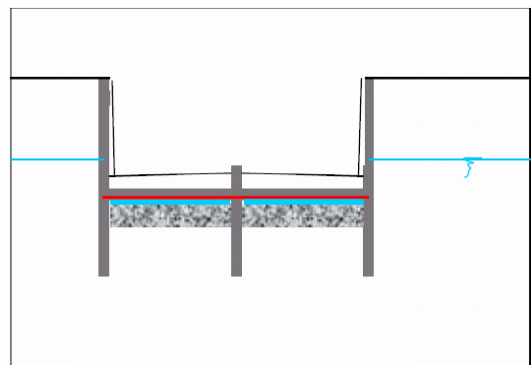
- Etanchéité,
- Radier connecté aux parois moulées,
- Reprise des parois moulées,
- Les tirants sont nécessaires en phase définitive. Le nombre de lits est variable suivant le profil en long,
- Recépage du piédroit central.



A terme, le radier reprend les sous-pressions. En effet, elles remontent jusqu'au radier suite à la percolation à travers le bouchon de béton.

Réalisation des superstructures

- Réalisation du corps de chaussée (avec un lest inférieur d'épaisseur variable reprenant les sous-pressions),
- Voiles le long des parois moulées extérieures (les voiles cachent l'écoulement des eaux suite à la percolation à travers les parois moulées extérieures).



Ces voiles sont compatibles avec l'aménagement architectural des murs proposé par l'architecte.

Tranchée – Génie Civil, terrassements, chaussées (suite)

Chaussées

Dans les études ultérieures, une réflexion stratégique sur les structures et techniques de chaussées sera menée sur l'ensemble du projet.

Pour l'estimation sommaire présentée dans le présent dossier, l'hypothèse retenue est celle d'une structure traditionnelle (couches de réglage et de roulement en matériaux hydrocarbonés).

Toutefois, une première approche, spécifique à la tranchée, peut être effectuée dans le cadre de la présente étude.

Un contexte particulier

Deux critères amènent à remettre en question le choix d'une chaussée traditionnelle en matériaux hydrocarbonés :

- un contexte local où le prix des matériaux hydrocarbonés, et notamment du bitume, est élevé,
- un contexte général où le prix du bitume, indexé sur le prix du pétrole, connaît une croissance forte et probablement durable.

2 solutions

Deux familles de solutions en chaussées se présentent :

- les chaussées en matériaux hydrocarbonés, dont les principaux arguments sont :
 - une économie à la mise en œuvre,
 - une technique très maîtrisée,
 - un confort pour l'utilisateur.
- les chaussées en béton, dont les principaux arguments sont :
 - une économie à long terme (entretien moindre),
 - une meilleure résistance en cas d'incendie,
 - un matériau plus clair permettant de limiter l'éclairage.

Dans les études ultérieures, une analyse globale devra permettre de faire un choix entre ces 2 options.

Tranchée – Equipements

Les hypothèses de conception sont les suivantes :

- tranchées couvertes urbaines à 2x2 voies,
- longueurs inférieures à 300 mètres (290 mètres chacune), pas d'obligation à suivre la circulaire.
- passages supérieurs inférieurs à 25 mètres.

Les hypothèses de dimensionnement de l'éclairage sont les suivantes:

- vitesse de référence égale à 50 km/h.
- distance d'arrêt correspondante égale à 60 mètres environ.
- largeur de chaussée éclairée égale à 8,25 mètres.
- luminaires répartis sur deux files situées au dessus des voies.

Ventilation

Il n'est pas prévu la mise en œuvre de cet équipement dans les ouvrages.

La circulaire interministérielle 2000-63 n'exige pas de ventilation dans un ouvrage de longueur inférieure à 300 mètres.

Alimentation et distribution électrique

Alimentation de puissance

Chaque bâtiment technique sera composé d'un local haute tension (HT) et d'un local basse tension (BT). Il recevra les équipements permettant :

- le raccordement au réseau de distribution EDF et sa transformation,
- le tableau général basse tension,
- l'onduleur (alimentation secourue sans coupure),
- les équipements de gestion du trafic et de la sécurité.

L'alimentation de puissance ne sera pas redondante ou secourue du fait de l'absence de ventilation dans l'ouvrage.

Il est prévu une arrivée haute tension pour une des deux tranchées couvertes, l'autre étant alimentée par une artère HT depuis cette dernière.

Les alimentations électriques basse tension chemineront soit dans des fourreaux noyés dans les trottoirs, soit sur des chemins de câble situés sous la dalle. Les liaisons entre les deux bâtiments techniques (artère HT, fibre optique, ...) se feront dans des réseaux multitubulaires longeant les tranchées couvertes et les trémies.

Alimentation secourue sans coupure

L'alimentation secourue sans coupure n'est pas obligatoire pour les tranchées couvertes inférieures à 300 mètres. Toutefois, la présence de TMD et le fort trafic ainsi que l'existence du CRGT, qui sera amené à surveiller d'autres ouvrages souterrains, conduit à prévoir une surveillance de l'ouvrage similaire à la tranchée couverte du Boulevard Sud (cf. équipements d'exploitation).

Tranchée – Equipements (suite)

Alimentation et distribution électrique (suite)

Alimentation secourue sans coupure (suite)

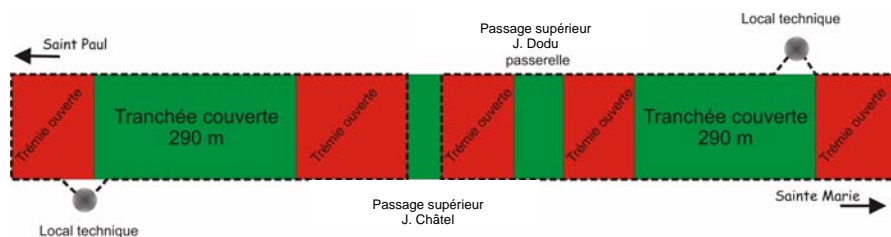
Une alimentation secourue sans coupure composée d'un ensemble de batteries/onduleur installé est prévue pour permettre d'assurer le fonctionnement d'un certain nombre d'équipements d'exploitation et de sécurité en cas de perte du réseau d'alimentation de puissance :

- La signalisation (position des niches de sécurité, R24),
- La vidéosurveillance,
- Les équipements de gestion et de transmission des données techniques.

L'onduleur disposera d'une autonomie minimum de 30 minutes et sera implanté dans une pièce climatisée du local technique.

Zone d'emprise des locaux techniques

L'emprise des locaux techniques sur les équipements se fera de chaque côté du passage supérieur Jean Châtel (voir synoptique pour l'implantation des locaux techniques).



Bilan de puissance

Chaque tranchée couverte aura une puissance installée de l'ordre de 180 kVA.

Eclairage

Eclairage de base en section courante

L'éclairage de base sera réalisé au moyen de luminaires étanches disposés sous la dalle suivant deux files sur toute la longueur de l'ouvrage. Il assurera un niveau d'éclairage installé égal à environ 90 lux (en déprécié).

L'éclairage de base comportera deux régimes d'éclairage :

- diurne (la totalité des luminaires)
- nocturne (un luminaire sur deux sur chaque file)

L'asservissement des régimes d'éclairage se fera en fonction de l'éclairage extérieur par cellule photo électrique (jour/nuit).

Eclairage de renforcement en entrée

L'éclairage de renforcement sera réalisé au moyen de luminaires étanches disposés sous la dalle suivant deux files sur une partie de l'ouvrage. Il facilitera, en période diurne et péri nocturne, l'adaptation visuelle de l'utilisateur aux variations de luminance entre l'extérieur et l'intérieur de l'ouvrage.

Tranchée – Equipements (suite)

Eclairage (suite)

Eclairage de renforcement en entrée (suite) L'éclairage comportera trois régimes d'éclairage fonctions des conditions extérieures de luminosité. Les niveaux d'éclairage seront définis suite à une campagne de mesures réalisée sur le site.

L'asservissement des régimes d'éclairage se fera en fonction de l'éclairage extérieur par luminancemètres.

Eclairage extérieur Les abords des locaux techniques seront éclairés par des moyens adaptés.

Eclairage des passages supérieurs Il n'est pas prévu d'éclairage de jour pour les ponts supérieurs de 25 mètres.

Eclairage des trémies L'éclairage sera implanté de manière à :

- assurer un bon niveau d'éclairage,
- respecter les contraintes environnementales et l'intégration dans le paysage,
- éviter au maximum la détérioration (vandalisme, ...).

Les luminaires seront de type étanche et tiendront compte des conditions d'influences externes. Le support sera fixé sur les parois des trémies ou sur des mâts de longueur adaptée pour uniformiser la hauteur du point d'éclairage.

L'alimentation se fera depuis le réseau de puissance et par au moins deux circuits pour éviter la mise au noir en cas d'incident.

La commande sera centralisée sur un des deux locaux techniques et l'information sera disponible via la GTC qui aura en charge la commande de marche ou d'arrêt de l'ensemble des éclairages.



2.5.1. Synoptique des équipements – Eclairage

Equipements de sécurité

Conformément à la circulaire, deux niches de sécurité seront installées à chacune des têtes des tranchées couvertes.

Niches de sécurité Chaque tube comprendra deux niches de sécurité côté droit de la chaussée (une en entrée et une en sortie). Elles seront fermées par des portes métalliques vitrées étanches avec détection d'ouverture, elles contiendront les équipements suivants:

- un Poste d'Appel d'Urgence normalisé,
- deux extincteurs portatifs normalisés de 6 kg, à eau avec additif, de performances au moins 13A et 183B, avec alarme en cas de décroché d'extincteur,

Tranchée – Equipements (suite)

Equipements de sécurité (suite)

- Niches de sécurité (suite)**
- un panneau de signalisation extérieur lumineux alimenté en permanence et secours,
 - une prise secteur 1P + N + T de 2,5 kVA et une prise de puissance 3P + N + T de 12 kVA pour les services d'interventions.

Les postes d'appel d'urgence seront raccordés directement à un poste de centralisation des appels à la gendarmerie.

Niches incendie Les niches incendie seront situées en piédroit côté droit dans le sens de la circulation, accolées aux niches de sécurité.

Elles ne seront pas fermées et contiendront un poteau incendie à 3 prises normalisées.

Systeme de lutte contre l'incendie

- Poteaux incendie :

Le système de lutte contre l'incendie sera constitué de 4 poteaux à (trois) bouches normalisées. Un poteau à chaque extrémité des deux tubes, dans les niches incendie et ce pour les deux tranchées couvertes. Ils seront raccordés au réseau communal de distribution publique.

- Extincteur :

Deux extincteurs seront installés dans les niches de sécurité.



2.5.2. Synoptique des équipements – Equipements de sécurité et d'exploitation

Equipements d'exploitation

Signalisation lumineuse fixe La tranchée couverte sera dotée de panneaux lumineux de signalisation de position des niches de sécurité.

Signalisation lumineuse dynamique Cette disposition non obligatoire est prévue pour fermer l'accès à l'ouvrage en cas de problème, ce qui permet un confort à l'exploitation. Les équipements mis en place sont des feux de barrage rouge clignotants (type R24) installés aux entrées.

Autre signalisation

- Signalisation fixe de "police" en entrée :

La consigne d'allumage des feux (B29) et la consigne de limitation de vitesse seront implantées en entrée de la section.

- Signalisation fixe de "police" en sortie :

Un panneau précisant la fin d'allumage des feux (B49) sera implanté en fin de la section.

Tranchée – Equipements (suite)

Equipements d'exploitation (suite)

Vidéosurveillance Les tranchées couvertes seront équipées d'un système de vidéosurveillance composé de caméras couleur fixes (sans tourelle ni zoom) permettant une surveillance vidéo complète de l'espace livré à la circulation dans l'ouvrage et d'une caméra couleur, mobile et avec zoom pour surveiller les entrées de la section soit une par tranchée couverte.

L'ensemble des images vidéo sera rapatrié au Poste Central de Surveillance.

Gestion technique centralisée et supervision La présence de TMD et le fort trafic ainsi que l'exigence du CRGT qui sera amené à surveiller d'autres ouvrages souterrains, conduit à prévoir un système de gestion technique centralisée, ce système apporte un réel confort à l'exploitation. Il aura pour rôle le contrôle du bon fonctionnement des équipements de sécurité, d'exploitation et la gestion des alarmes du site (ouverture porte, décroché extincteur, etc...).

Les informations seront contrôlées et gérées par le poste de supervision. Les données recueillies dans le local technique seront acheminées au poste de supervision par un réseau de transmission (réseau spécifique mis en place sur le linéaire de la section courante ou liaison de type France Télécom).

Le poste de supervision n'étant pas connu, le réseau de transmission n'a pas été intégré dans les estimations.

Dans la solution de base, un automate est prévu pour gérer l'asservissement :

- de l'éclairage de renfort à la luminance en entrée.
- de l'éclairage de base et l'éclairage des trémies à la cellule jour/nuit.

Les asservissements des éclairages en tranchée seront gérés à partir d'un local technique principal. La gestion de l'éclairage de renfort sera dissociée pour chaque tube. L'information jour/nuit sera commune aux deux tubes d'un même ouvrage.

Poste de supervision L'intégration de la GTC des tranchées couvertes à la supervision existante permettra de centraliser l'exploitation des ouvrages.

Le poste de supervision assurera la gestion et la supervision des installations techniques, la surveillance de l'état du trafic et déclenchera les diverses interventions de secours, de dépannage ou de maintenance selon les circonstances et les besoins.

En mode de fonctionnement dégradé (panne de transmission par exemple), les équipements du tunnel pourront être gérés localement depuis le local technique principal.

Tranchée – Equipements (suite)

Traitement du point bas

Le fait d'avoir un point bas à l'intérieur des tranchées couvertes favorise le stockage des eaux à cet endroit. Ce qui inclut le risque de fermeture de la section si cette situation se produit. Des équipements de relevage seront mis en œuvre et les conditions d'installation ci-dessous doivent être respectées.

Les équipements du bassin et de relevage seront alimentés depuis le réseau d'alimentation de puissance. Les pompes de relevage seront doublées pour assurer un niveau minimum de fonctionnement.

Le réseau de distribution haute tension n'étant pas sécurisé, il serait bon de prévoir l'installation d'un groupe électrogène reprenant l'alimentation des pompes de relevage avec une autonomie de fonctionnement de 2 heures.

Les tranchées étant accessibles aux TMD, les pompes seront de type antidéflagrant.



2.5.2. Synoptique des équipements – Equipements de sécurité et d'exploitation

Répartition de l'estimation

La solution minimale englobe les postes suivant :

- Raccordement EDF.
- Distribution électrique.
- Eclairage et automatisme de gestion.
- Equipement de signalisation.
- Réseau incendie.
- Gestion du point bas.
- Réseau d'appel d'urgence.
- Métallerie.
- Peinture.

La solution "confort d'exploitation" englobe les postes suivant :

- Equipement de signalisation Feux R24.
- Vidéo surveillance.
- Gestion technique centralisée (Hors liaison au centrale de supervision).
- Onduleur.
- Groupe électrogène.

Environnement

Assainissement

Les différents éléments du projet d'assainissement, établi à partir de la solution de base, sont détaillés ci-après.

Principe de collecte

Les eaux ruisselées sur la plate-forme du projet (section courante et bretelles d'échangeurs) sont collectées dans des dispositifs latéraux. La création de ce dispositif séparatif permet d'isoler les eaux de la plate-forme et d'en proposer une gestion indépendante.

Principe de traitement

Avant rejet dans le milieu naturel, il est proposé de traiter les eaux collectées grâce à des bassins multi-fonctions pouvant associer les fonctionnalités suivantes :

- écrêter les débits de pointe,
- décanter et déshuiler (traitement de la pollution chronique),
- confiner une pollution accidentelle éventuelle.

Le niveau de traitement à retenir est à définir au cas par cas, selon la sensibilité environnementale du milieu récepteur.

Le choix d'un traitement adapté permet d'établir un projet dans le respect des réglementations, notamment en ce qui concerne la Loi sur l'Eau.



L'implantation des bassins nécessite probablement la réservation d'emprises complémentaires à définir.

Dans le présent dossier, la taille et l'implantation des bassins sont données à titre indicatif.

4 bassins versants

La géométrie du projet définit 4 bassins versants (BV) dont les principales caractéristiques sont détaillées dans le tableau suivant :

	Chemin hydraulique⁽¹⁾	Surface active	Exutoire
BV n°1	260 m	10 000 m ²	Océan Indien
BV n°2	460 m	12 500 m ²	Rivière Saint-Denis
BV n°3	400 m	14 500 m ²	Océan Indien
BV n°4	220 m	10 000 m ²	Océan Indien

Ces 4 bassins versants sont identifiés au dossier de plans.



2.6.1. Assainissement – schéma de collecte

⁽¹⁾ distance maximale entre point haut et point bas

Environnement (suite)

Assainissement (suite)

Rejets Le point bas de chacun des 4 bassins versants décrits ci-dessus constitue un point de rejet privilégié.

Dans le cas des BV n°1 et BV n°4, les points bas se situent au dessus du niveau de l'Océan. Aucun autre exutoire n'étant possible localement, les eaux sont rejetées gravitairement dans l'Océan par un émissaire, après transit dans un bassin multi-fonctions.

En ce qui concerne les BV n°2 et BV n°3, le point bas est situé à chacune des extrémités de la tranchée, afin :

- d'être situé à proximité d'un exutoire privilégié (rivière Saint-Denis pour le BV n°2 et Océan Indien pour le BV n°3),
- de limiter le linéaire de collecteurs à mettre en œuvre entre le point bas et le point de rejet,
- de s'affranchir au maximum des interactions potentielles avec le projet du Port.

Le point bas des BV n°2 et BV n°3 se situe sous le niveau de l'Océan : dans chacun des cas, une pompe de relevage (dont l'alimentation pourra être couplée avec l'alimentation des équipements de la tranchée) est nécessaire pour acheminer les eaux dans un bassin multi-fonctions avant rejet dans le milieu naturel.

Impact du projet Le projet imperméabilise peu de nouvelle surface (contexte actuel urbain) et ne génère donc pas de débits de pointe significativement supérieurs à ceux existants à ce jour.

Au contraire, le traitement des eaux collectées sur le projet permet **d'améliorer la qualité des rejets et la situation générale actuelle.**

Bassins Le contexte urbain du site conduit à envisager l'intégration paysagère des bassins multi-fonctions. La présente étude et l'estimation des ouvrages sont établies sur l'hypothèse de bassins entièrement enterrés .

Le choix d'un niveau de traitement adapté à la sensibilité du site implique également l'entretien, la surveillance et l'intervention d'urgence éventuelle des services du gestionnaire de l'infrastructure.

Les moyens qui pourront être mis en œuvre par ce dernier sont à définir pour préciser le projet et permettre un pré-dimensionnement fiable des ouvrages.

Environnement (suite)

Assainissement (suite)

Bassins Dans l'attente de ces éléments méthodologiques, des hypothèses indicatives de pré-dimensionnement sont formulées ci-dessous afin d'évaluer l'impact foncier et financier des bassins.

	Evénement pluvieux de référence	Hypothèses
Ecrêtement	Occurrence décennale	<ul style="list-style-type: none"> Pas de contrainte quantitative (rejet dans l'Océan).
Décantation	<ul style="list-style-type: none"> Occurrence biennale. Durée 2 heures. 	<ul style="list-style-type: none"> Limitation du débit de fuite à 150 L/s, Objectif de décantation : abattement de la frange de MES > 100 µm, Bassin de forme allongée ($L / l > 3$),
Déshuilage		<ul style="list-style-type: none"> Cloison siphonée en sortie d'ouvrage.
Confinement pollution accidentelle	<ul style="list-style-type: none"> Occurrence biennale. Durée 2 heures. 	<ul style="list-style-type: none"> Stockage d'une pluie d'un volume équivalent à 1 h de pluie (permettant l'intervention des services de sécurité pour court-circuiter le bassin).

Les caractéristiques indicatives des bassins découlant de ces hypothèses sont les suivantes :

	Volume	Surface	Dimensions
bassin n°1	325 m ³	150 m ²	25 m x 6 m
bassin n°2	405 m ³	150 m ²	25 m x 6 m
bassin n°3	470 m ³	150 m ²	25 m x 6 m
bassin n°4	325 m ³	150 m ²	25 m x 6 m

Environnement (suite)

Acoustique

Une étude acoustique, établie à partir de la solution de base, est réalisée et explicitée ci-après.

Réglementation

La réglementation relative au bruit du trafic routier découle des articles 12 et 13 de la loi n°92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit.

Les articles 12 et 13 de la loi n°92-1444 sont désormais codifiés aux articles L.571-9 et L.571-10 du Code de l'environnement.

La réglementation acoustique est basée sur la connaissance des niveaux sonores qui préexistent au projet pour déterminer les objectifs acoustiques. En fonction des niveaux sonores préexistants, l'aire d'étude se divise en deux zones : les zones à ambiance sonore préexistante modérée et les zones à ambiance sonore préexistante non modérée.

La définition des zones d'ambiance sonores préexistantes et les seuils réglementaires à respecter sont définis dans l'Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières.

Le caractère modéré ou non de la zone d'étude détermine les seuils à respecter pour la suite de l'étude.

Définition de la zone d'ambiance	Niveaux sonores L_{Aeq}	
	6h-22h	22h-6h
Zone d'ambiance modérée	< 65 dB(A)	< 60 dB(A)
Zone d'ambiance modérée de nuit	> 65 dB(A)	< 60 dB(A)
Zone d'ambiance non modérée	-	> 60 dB(A)

Les seuils à respecter par la suite sont récapitulés ci-après :

Usage et nature des locaux	Niveaux sonores admissibles L_{Aeq}	
	6h-22h	22h-6h
Logements en zone d'ambiance préexistante modérée	60 dB(A)	55 dB(A)
Logements en zone d'ambiance préexistante modérée de nuit	65 dB(A)	55 dB(A)
Etablissements d'enseignement	60 dB(A)	-
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Bureaux en zone d'ambiance préexistante modérée	65 dB(A)	-

Environnement (suite)

Acoustique (suite)

Méthodologie de l'étude

Une mesure de l'ambiance sonore est réalisée sur le site.

Un **modèle numérique de terrain** est réalisé à l'aide du logiciel Mithra v5.1.12.

La similitude de la mesure réalisée et des résultats sous le modèle Mithra est vérifiée afin de caler et de valider le modèle.

Une fois le modèle validé un **état initial** est réalisé afin de connaître l'ambiance sonore préexistante sur tout le site et ainsi déterminer les seuils de protection à respecter pour la suite de l'étude.

Une étude d'impact est réalisée sur l'année de mise en service soit 2017 et sur l'année de mise en service + 20 ans soit en 2037.

Sur les résultats obtenus en 2037, les **solutions de protections** nécessaires au respect de la réglementation sont modélisées.

Calage du modèle

Une mesure de l'ambiance sonore a été réalisée sur le site par la société « SOCOTEC ».

Cette mesure a été réalisée le 13 décembre 2005 de 6h00 à 20h00 à une hauteur de 4,50 m et à 2 m de la façade du bâtiment de la DDE à Saint-Denis.

Cette mesure indique que le niveau de bruit L_{Aeq} est de 68.0 dB(A).

Parallèlement à cette mesure, les comptages réalisés par la boucle située au niveau du Pont Pasteur à Saint Denis sont récupérés. Cette boucle donne le trafic suivant pendant la mesure :

- Sens Saint Denis / Sainte Marie : TMH (Trafic Moyen Horaire) = 1396 véhicules.
- Sens Sainte Marie / Saint Denis : TMH = 1266 véhicules.

Le % PL a été estimé à 4 % pour l'ensemble de l'étude.

La vitesse du trafic a été estimée à 7.5 km/h.

L'ensemble des données de trafic est intégré au modèle réalisé sous Mithra.

Si la différence entre la valeur mesurée et la valeur calculée du modèle est inférieure à 2 dB(A), le modèle est considéré comme calé.

Dans le cas présent, la vitesse du trafic est de 7.5km/h. Le logiciel Mithra ne permet pas d'intégrer un trafic avec une vitesse inférieure à 30km/h.

Le trafic a donc été intégré à une vitesse de 30km/h, ceci ayant pour effet de surévaluer la valeur calculée.

La valeur calculée par le modèle est de 70.4 dB(A).



2.6.2. Acoustique – Etat initial et étude d'impact.

Environnement (suite)

Acoustique (suite)

La différence entre la valeur mesurée et la valeur calculée du modèle est supérieure à 2 dB(A) (2.4dB). Toutefois la vitesse du trafic intégrée au modèle étant de 30km/h contre une vitesse réelle de 7.5km/h, la différence est justifiée.

Le calage du modèle est considéré comme validé.

Paramètres Mithra Le logiciel de calcul Mithra tient compte des effets météorologiques sur la propagation sonore selon la NMPB (Nouvelle Méthode de Prévision du Bruit - Edition 1997).

N'ayant pas les occurrences météorologiques de St-Denis, nous avons retenu une occurrence météo 50% favorable de jour et 100% favorable de nuit. Signalons que des écarts de quelques % sur ces facteurs n'auraient pas d'incidence significative sur les résultats de calculs.

Les autres réglages des paramétrages du logiciel Mithra sont les suivants :

The screenshot shows the Mithra software interface with the following parameters:

Type de sol	G=1.00 S=300 champ labouré
Nombre de rayons	100
Distance de propagation (m)	1500.00
Nombre d'intersections	999
Nombre de réflexions	3
Température (°C)	30.00
Humidité (%)	100.00
Mode de calcul :	Paramètres météo...
◆ CSTB.92	◆ NMPB.96
◆ ISO.9613	◆ CSTB.METEO
	◆ MM
Indice :	Leq

Etat initial Le modèle étant calé, un état initial calculé est réalisé sur l'ensemble du site afin de déterminer l'ambiance sonore préexistante. Pour ce faire, les trafics actuels de la route nationale ainsi que des voies adjacentes ont été intégrés au modèle.

Ces trafics proviennent de l'étude de trafic réalisé par la société « ISIS » en 2005.

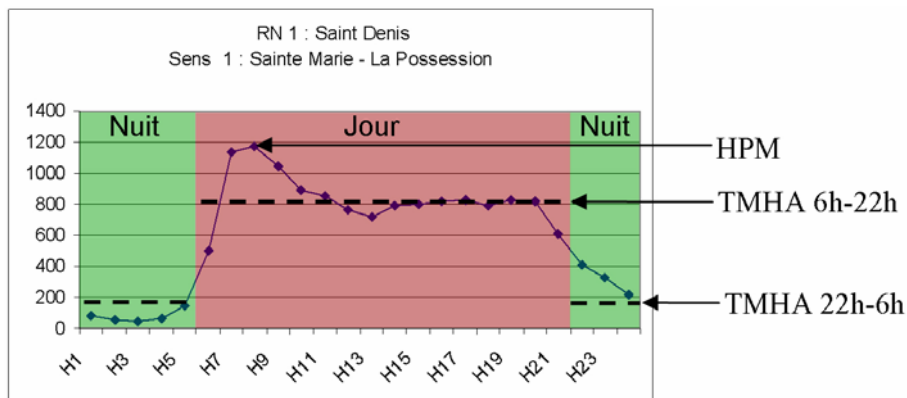
Les valeurs de trafics de la situation actuelle (2004) sont exprimées dans l'étude en HPM (Heure de Pointe Matin).

Les données exploitables sous Mithra doivent être exprimées en TMHA (Trafic Moyen Horaire Annuel), réparties sur les périodes horaires L_{Aeq} (6h-22h) pour la période de jour et L_{Aeq} (22h-6h) pour la période de nuit.

Environnement (suite)

Acoustique (suite)

Une conversion des HPM en TMHA a été réalisée en s'appuyant sur la répartition du trafic sur la route nationale représentée sur le graphique ci-dessous provenant de l'étude de trafic.



Cette évolution temporelle a été considérée comme identique pour toutes les conversions HPM/TMHA de l'étude.

Les résultats de l'état initial sont présentés sous formes de carte isophonique à une altitude de 4m par rapport au sol de nuit et de jour, ainsi que par des calculs sur récepteurs indiquant de manière plus précise le niveau sonore en façade.



2.6.2. Acoustique – Etat initial et étude d'impact.

Les planches de calcul sur récepteurs font clairement apparaître que les niveaux sonores actuels aux abords de la route nationale sont supérieurs à 65dB(A) de jour et 60dB(A) de nuit, et cela sur l'ensemble du site.

Conformément à l'arrêté du 5 Mai 1995, l'ensemble de la zone d'étude est classée en **zone d'ambiance sonore préexistante non-modérée**.

Il s'agit de respecter en façade d'habitation et en **contribution seule** de l'infrastructure les objectifs réglementaires suivants :

$$L_{Aeq} (6h-22h) = 65 \text{ dB(A)},$$

$$L_{Aeq} (22h-6h) = 60 \text{ dB(A)}.$$

Environnement (suite)

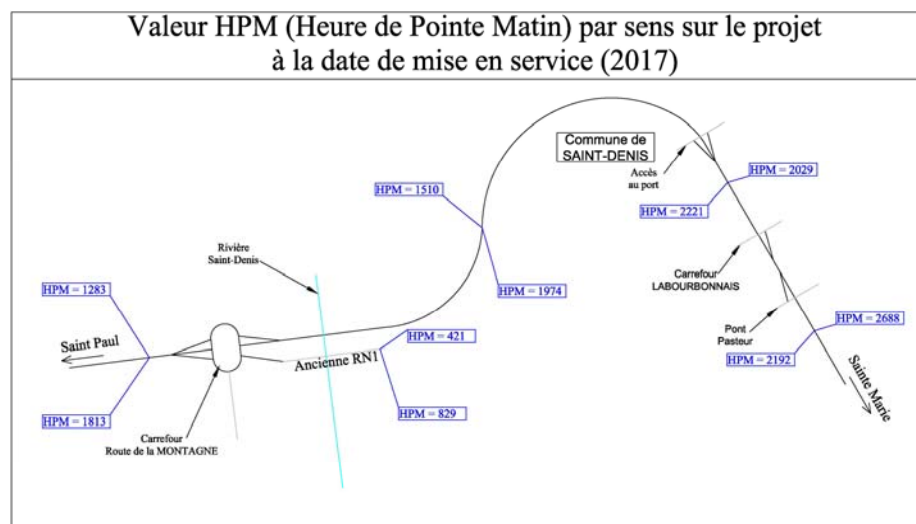
Acoustique (suite)

Etude d'impact L'étude d'impact du futur projet est réalisée en 2 parties.

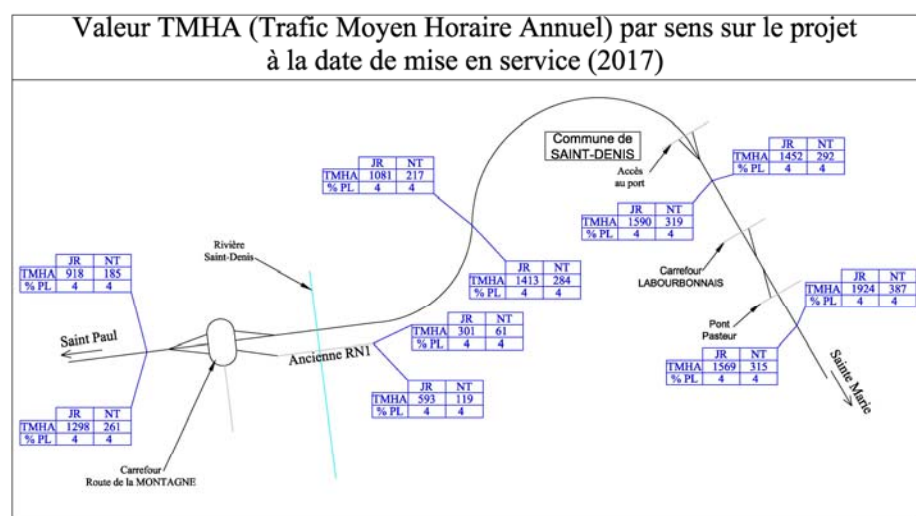
- La première partie consiste à indiquer les niveaux sonores avec la seule contribution de l'infrastructure à sa date de mise en service soit 2017.
- La deuxième partie consiste à indiquer les niveaux sonores avec la seule contribution de l'infrastructure à sa date de mise en service + 20 ans soit 2037.

C'est sur cette deuxième partie que les éventuelles protections seront dimensionnées.

Les trafics intégré dans ces modèles sont tirés de l'étude de trafic réalisée par la société « ISIS » en 2005.



Sur le même principe que pour l'état initial, les données de trafic ont été converties en TMHA, les résultats obtenus sont :



Environnement (suite)

Acoustique (suite)

Les valeurs de trafics sont désormais exploitables sous Mithra.

Ces trafics ont été intégrés sous Mithra avec une vitesse réglementaire de 50 km/h.

Les résultats de l'étude d'impact à l'horizon 2017 (date de mise en service) sont présentés sous formes de carte isophonique à une altitude de 4 m par rapport au sol de nuit et de jour, ainsi que par des calculs sur récepteurs indiquant de manière plus précise le niveau sonore en façade.

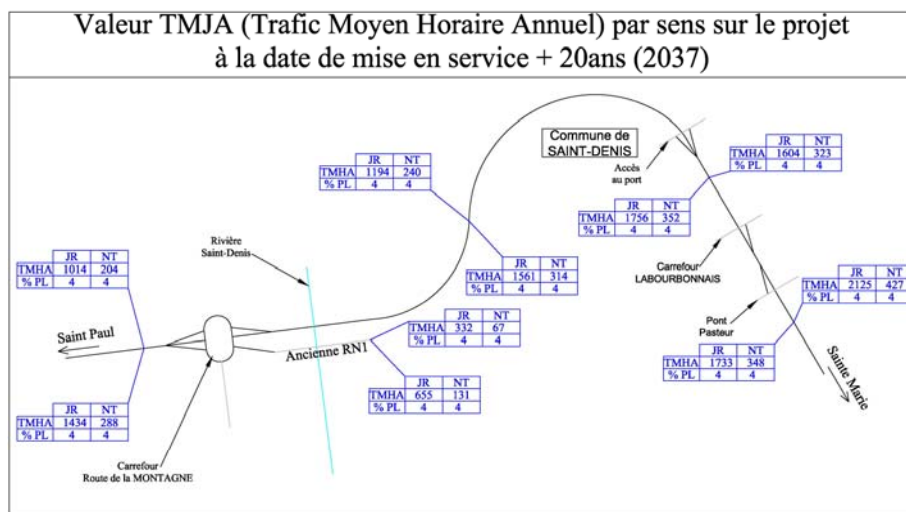


2.6.2. Acoustique – Etat initial et étude d'impact.

Pour la deuxième partie, il faut intégrer les trafics estimés à terme (2037). Afin d'obtenir une estimation de ce trafic, un taux de croissance est à appliquer au trafic 2017.

La circulaire n°98-99 du 20/10/98 « Méthodes d'évaluation économique des investissements routiers », avec un taux de croissance moyen de 2.5% par an, est appliquée. Sur cette circulaire, il est stipulé que ce taux de croissance est applicable jusqu'en 2015, puis ce taux est à diviser par 2 soit 1.25% jusqu'en 2025, et au delà de 2025 le trafic est supposé ne plus croître.

Les résultats suivants sont obtenus :



Environnement (suite)

Acoustique (suite)

Les résultats de l'étude d'impact à l'horizon 2037 (date de mise en service + 20 ans) sont présentés sous formes de carte isophonique à une altitude de 4 m par rapport au sol de nuit et de jour, ainsi que par des calculs sur récepteurs indiquant de manière plus précise le niveau sonore en façade.



2.6.2. Acoustique – Etat initial et étude d'impact.

On peut constater que ce projet contribue à diminuer fortement l'impact sonore au Nord de Saint Denis grâce à une série de tranchées/trémies très bénéfique acoustiquement.

Toutefois, au niveau des raccordements avec la route nationale actuelle, les niveaux sonores sont au-dessus du seuil réglementaire et des protections sont à prévoir dans la mesure où les bâtis impactés ne sont pas l'objet de réhabilitation future.

On constate une différence du niveau sonore de jour et de nuit supérieure à 5 dB(A). La période dimensionnante est de jour.

Protections 3 zones nécessitant une protection à la source sont définies :

- du côté Terre entre le PK 0.2 et le PK 0.4
- du côté Terre entre le PK 1.5 et le PK 1.8
- du côté Terre entre le PK 2.0 et la fin du projet

L'ensemble des cartes de calcul sur récepteurs est présenté au dossier de plans.



2.6.2. Acoustique – Etat initial et étude d'impact.

Dans la première zone, 2 écrans réfléchissants ont été dimensionnés. L'un se situe le long de la section courante du PT 14 au PT 19 sur une hauteur de 2m50 par rapport au TN. L'autre écran se situe le long du rétablissement de l'ancienne route nationale du PT 05 au PT 12 sur une hauteur de 2m50 par rapport au TN. Ces 2 écrans sont positionnés avant les OA de franchissement de la rivière Saint Denis afin d'amoindrir les coups d'écrans sur OA. Ces écrans ont été dimensionnés en réfléchissant afin de permettre la pose éventuelle d'écrans transparents probablement plus adéquats à un secteur en bord de mer.

Environnement (suite)

Acoustique (suite)

Dans la deuxième zone, un écran réfléchissant a été dimensionné. Il se situe le long de la bretelle d'entrée au PT 06 (de la bretelle) jusqu'au PT 90.5 de la Section Courante, en haut du mur de soutènement du carrefour « Labourdonnais ». Il a une hauteur constante de 3,5m par rapport au TN. Cet écran a été dimensionné en réfléchissant afin de permettre la pose éventuelle d'un écran transparent probablement plus adéquat à un secteur en bord de mer. Il est à noter également le traitement de façade sur 2 niveaux d'habitations et l'acquisition de 2 habitations dont la protection acoustique n'est pas réalisable.

Dans la troisième zone, 2 écrans absorbants ont été dimensionnés. L'un se situe avant le pont « Pasteur » du PT 101 jusqu'au PT 108.5 en haut du mur de soutènement du pont. L'autre se situe après le pont « Pasteur » du PT 110 en haut du mur de soutènement du pont, au PT 117 soit la fin du projet. Ces écrans ont été dimensionnés en absorbant afin d'estomper la réflexion des bretelles d'entrée / sortie situées entre les écrans et les habitations à protéger.

Sur cette zone, 5 niveaux d'habitations devront subir une isolation de façade. Toutefois ces bâtiments se situent en limite de la zone de projet et ne sont pas tenus à être protégés. De plus ces bâtiments ne sont peut-être pas à vocation d'habitation, et une vérification de leur nature est à prévoir.

Conformément à la réglementation, cette étude porte sur les bâtiments existants. Certaines constructions sont délabrées et feront éventuellement l'objet de modifications (réhabilitation ou destruction). Compte tenu de la date éloignée de la mise en service du projet, une mise à jour de l'étude sera à prévoir afin de prendre en compte ces modifications.

Les protections proposées ici permettent de répondre aux exigences réglementaires minimales vis à vis des bâtiments existant le long de l'infrastructure. La définition même de ces protections, leurs caractéristiques architecturales ainsi que le choix des matériaux constitutifs devront néanmoins être discutés de façon concertée avec l'ensemble des partenaires en lien avec l'aménagement plus global du front de mer, de façon à ne pas créer d'incompatibilité entre les différents aménagements.

Environnement (suite)

Air

Contexte réglementaire de l'étude

La mission s'inscrit dans le référentiel réglementaire constitué par l'ensemble des textes législatifs et réglementaires en vigueur relatifs à la prise en compte de l'environnement dans la conception des infrastructures routières.

La problématique liée à la « pollution atmosphérique » doit être appréhendée à 2 niveaux d'échelle :

- A l'échelle de la zone d'étude, dont le dimensionnement doit être suffisamment large pour inclure l'ensemble du réseau routier subissant une modification des flux de trafic de plus de 10 % du fait de la réalisation du projet et le projet lui-même. La modification de trafic doit être évaluée en comparant les situations avec et sans aménagement au même horizon futur (+10 ans ou + 20 ans).
- A l'échelle d'une bande d'étude, dont la largeur est proportionnelle à la nature des études à réaliser, définie par le plus contraignant des trois critères suivants :
 - Le trafic moyen journalier prévu à terme ;
 - En milieu urbain, le trafic à l'heure de pointe la plus chargée ;
 - La valeur maximale en dioxyde d'azote (NO₂) en limite de bande.

Il existe quatre niveaux d'études, ce niveau étant établi en fonction du trafic prévisionnel et du bâti compris dans la bande d'étude.

Cette étude correspond à un niveau de **type III** au regard des trafics (environ 30 000 véh/j), de la faible densité du bâti et de la longueur du tracé (1,5 kilomètres). L'étude présentée dans ce document ne prétend pas se substituer à une étude réglementaire notamment du fait de l'état d'avancement du projet et des études trafic (voies qui subissent +/- 10% à valider). Cette étude devra être complétée conformément aux textes lors de l'étude d'impact du projet.

Qu'est-ce que la pollution atmosphérique ?

La définition de la pollution atmosphérique retenue est celle indiquée dans la loi sur l'air (articles L.222-1 à 3 du code de l'environnement), considérant comme pollution atmosphérique « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives ».

Au sens de cette définition, de nombreux composés sont susceptibles d'être suivis en qualité de polluants atmosphériques. Les teneurs dans l'atmosphère en dioxyde de soufre (SO₂), oxydes d'azote (NO_x), particules, ozone (O₃), plomb (Pb) et dioxyde de carbone (CO₂), sont suivies depuis quelques années et sont réglementées dans l'air ambiant. Le choix de ces polluants résulte de leur caractère nocif et du fait qu'ils constituent de bons indicateurs généraux de la pollution atmosphérique globale.

Environnement (suite)

Air (suite)

Les polluants atmosphériques

Les transports routiers consomment près du quart de la consommation énergétique française annuelle et les transports représentent près de 60% de la consommation nationale de produits pétroliers. Cette consommation de produits pétroliers par les moteurs à explosion est à l'origine de 60% des rejets d'émissions polluantes en milieu urbain.

Compte tenu de leur mode d'élaboration, on peut distinguer deux principaux types de polluants émis :

- **Les polluants primaires**, directement émis par toute source de pollution, ils correspondent à des composés chimiques plus ou moins stables,
- **Les polluants secondaires**, formés dans l'air ambiant après une suite de réactions parfois complexes avec d'autres composés présents dans l'atmosphère, notamment sous l'effet du rayonnement solaire.

Bien que certains polluants secondaires puissent avoir un effet non négligeable sur la santé humaine ou participer aux épisodes de pollution en milieu urbain (c'est le cas de l'ozone par exemple), la quantification de la part imputable au projet dans les concentrations à l'air ambiant reste quasi impossible à déterminer à cause de leur réactivité ou transformation en d'autres produits.

De ce fait, dans l'état actuel des connaissances, **seuls les polluants primaires peuvent servir à quantifier l'impact d'un projet d'infrastructure routière.**

Les principaux polluants routiers sont présentés ci-dessous :

- les oxydes d'azote (NO), émis principalement par les véhicules, les combustibles fossiles solides, liquides ou gazeux et par certains processus industriels (fabrication de l'acide nitrique...), ainsi que par l'utilisation d'engrais et lisier.
- le monoxyde de carbone (CO), émis principalement par les moteurs thermiques, les combustibles fossiles, la sidérurgie...
- les hydrocarbures et aldéhydes, émis par les véhicules, le raffinage du pétrole, le stockage et la distribution des produits pétroliers, l'industrie du caoutchouc, des matières plastiques, des peintures, vernis et laques, les industries métallurgiques et mécaniques...
- le plomb (Pb), émis principalement par les moteurs thermiques des véhicules, et la métallurgie du plomb.
- les composés organiques volatils (COV), hydrocarbures et solvants intervenant avec d'autres éléments (ozone, oxyde d'azote...) pour créer une pollution photochimique.

Environnement (suite)

Air (suite)

Les polluants atmosphériques (suite)

- les particules, qui peuvent être solides (plomb, brome, cadmium, amiante), semi-liquides ou même liquides et très finement dispersées dans l'air (aérosols). Ces particules constituent des fumées, poussières, buées ou brouillards et peuvent se charger de gaz toxiques.
- l'ozone (O₃), polluant secondaire formé sous l'action du rayonnement ultraviolet par réaction avec les NO_x et COV dans les basses couches de l'atmosphère.

La qualité de l'air dans la zone d'étude

L'étude se base sur les données disponibles du réseau local de surveillance de la qualité de l'air : l'ORA.

Saint Denis comporte trois stations de mesures représentatives de l'aire d'étude :

- Une station urbaine qui mesure depuis mai 2001 le SO₂, NO₂, CO, O₃ et les particules,
- Une station périurbaine : Montgaillard, qui mesure depuis novembre 1999 l'O₃,
- Une station urbaine de proximité automobile, à Sainte Clotilde qui mesure depuis novembre 1999 le SO₂, NO₂, O₃ et les particules.

Les données étudiées concernent les stations de Sainte Clotilde et de Montgaillard pour les années 2004 et 2005.

On peut constater que les objectifs de qualité de l'air ne sont pas dépassés pour les polluants mesurés sur les années 2004-2005. Cette analyse mensuelle permet de mettre en relation les concentrations de polluants dans l'air ambiant en fonction des saisons.

- Pour le NO₂, l'objectif de qualité de l'air de 40 µg/m³ est respecté pour tous les mois de l'année. Les concentrations les plus élevées dans l'air ambiant sont relevées en hiver comme en juillet 2005 où on a pu observer une concentration de 12 µg/m³. On remarque pour le NO un pic en avril 2005 à 7 µg/m³.
- Pour le CO, les concentrations sont constantes et basses, entre 0 et 0.1 mg/m³ ce qui est largement en dessous des valeurs limites.
- Pour le SO₂, l'objectif de qualité de 50µg/m³ est respecté puisque les concentrations varient entre 0 et 2 µg/m³ pour l'année 2004 et entre 1 et 2 µg/m³ pour l'année 2005.
- Pour les particules, malgré une légère hausse en décembre 2004 (22 µg/m³) et en mars 2005 (21 µg/m³), l'objectif de qualité est respecté toute l'année (30µg/m³).
- Pour l'ozone, on constate tout de suite que ces concentrations sont liées à ses conditions de formation c'est-à-dire le beau temps. Autrement dit, les plus fortes concentrations sont observées en hiver. Pour ce polluant, l'objectif de qualité de l'air de 65 µg/m³ est respecté puisque le pic au mois de juillet 2004 est de 60 µg/m³.

Environnement (suite)

Air (suite)

La qualité de l'air dans la zone d'étude (suite)

La région étudiée est une région peu industrialisée, les polluants observés dans l'air sont émis essentiellement par le trafic urbain, mais aussi par le biais des migrations pendulaires qui participent à la congestion d'un pôle économique attractif comme Saint-Denis.

La qualité de l'air de la zone d'étude est très satisfaisante pour tous les mois de l'année. Les concentrations en polluants sont faibles par rapport aux objectifs de qualité de l'air.

Définition du domaine d'étude

Compte tenu de l'état actuel des données trafic, et compte tenu de l'état d'avancement des études techniques, l'aire d'étude se restreint ici aux abords directs de la voie.

Les études menées tant en France qu'à l'étranger montrent que les effets directs de la pollution atmosphérique ne sont plus significatifs au-delà de 100 m pour la plupart des infrastructures routières. Cependant, en application du principe de précaution, la largeur de la bande de part et d'autre de l'axe de la voie retenue pour cette étude est de 300 mètres pour tous les polluants.

Horizons d'études retenues

Afin de pouvoir prendre en compte les évolutions de trafic sur les RN1 et RN2 et les évolutions technologiques des véhicules, nous avons choisi d'évaluer les émissions de polluants atmosphériques aux différents horizons suivants :

- l'état initial (situation actuelle), pour l'année 2004,
- l'état futur sans aménagement pour l'année 2017 appelé l'état de référence,
- l'état futur avec aménagement pour l'année 2017 appelé état projeté.

Les polluants pris en compte

En l'état actuel des connaissances sur les différents polluants et leurs effets sur l'environnement et sur la santé, il serait présomptueux de vouloir intégrer tous les polluants dans une étude d'impact. En conséquence, les polluants qui peuvent être raisonnablement pris en compte dans une étude sont les suivants :

- les oxydes d'azotes (NO et NO₂, couramment appelés NO_x) ;
- les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) ;
- le benzène (C₆H₆) ;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- les particules émises par la circulation des véhicules (PM) ;
- les métaux représentés par le plomb (Pb) ;
- le dioxyde de soufre (SO₂).

Environnement (suite)

Air (suite)

Les polluants pris en compte (suite) On retiendra en outre le dioxyde de carbone (CO₂) pour appréhender l'aggravation de l'effet de serre.



L'ozone (O₃) est un polluant secondaire qui n'est pas émis directement par les véhicules. Sa formation résulte d'un mécanisme très complexe faisant intervenir de nombreuses espèces chimiques et de nombreux paramètres climatiques. En l'état actuel des connaissances scientifiques, il est très difficile d'évaluer la contribution du trafic automobile à la formation de ce polluant.

Méthodologie des bilans d'émissions L'évaluation des émissions polluantes a été réalisée à l'aide du logiciel **IMPACT** (version 2.0) de l'ADEME, actualisé par le ministère de l'Équipement. Ce logiciel permet de réaliser le bilan des émissions et des consommations de carburant pour une infrastructure routière et ainsi de comparer en première approche les différents horizons d'étude ou scénarios du point de vue de leur impact sur la qualité de l'air.

Les bilans des émissions ont été établis sur la base des données de trafic extrapolées des études trafics conduites lors de la phase précédente. Cette extrapolation a notamment consisté à transformer les données trafics exprimées en Heure de Pointe en données exploitables par le logiciel IMPACT travaillant en Trafic Moyen Journalier Annuel.

Nous avons de plus considéré une augmentation du trafic de 2.5% par an afin d'évaluer les données trafic de l'état de référence.

Les résultats Dans les tableaux de synthèse qui suivent, les bilans des émissions sont exprimés en kg de polluants émis à la journée. Les émissions de NO_x correspondent aux émissions de NO et NO₂, exprimées en équivalent NO₂.

Les émissions de GES (Gaz à effet de serre) sont évaluées en équivalent CO₂ par le logiciel Impact 2.0 de l'ADEME.

Ces impacts ont été déterminés conformément à la méthode préconisée par le guide SETRA-CERTU relatif aux études d'environnement dans les projets routiers, établi par le ministère de l'Équipement en coopération avec le ministère chargé de l'Environnement.

Environnement (suite)

Air (suite)

Etat actuel Le tableau suivant présente le bilan global des émissions journalières sur le tronçon en 2004.

Polluant	NOx	PM	HAP	Pb	COVNM	Benzène	GES	CO2
Etat initial	81.26	7.91	1.19 10 ⁻³	8.08 10 ⁻³	34.64	1.40	21 910.3	21 437.9

Actuellement, il n'existe aucune norme ou directive qui permet de qualifier des niveaux d'émissions générées par le trafic automobile. Ceci est essentiellement lié au fait que le devenir de cette quantité de polluants dépend des conditions météorologiques et topographiques. Les émissions sont surtout utiles comme indicateur de comparaison entre les différentes situations.

En application du principe de précaution et de proportionnalité évoqué par la circulaire 98-36 du 17 février 1998 du ministère chargé de l'Environnement, la situation la plus contraignante a été retenue comme horizon d'étude de l'état de référence et des états futurs.

En outre, le renouvellement du parc automobile avec des véhicules moins polluants fait que les émissions de polluants générées par l'infrastructure autoroutière diminuent d'année en année.

Etat de référence Le tableau ci-après présente le bilan global des émissions moyennes à la journée avec l'évolution estimée entre l'état initial en 2004 et l'état de référence en 2017.

Polluant	NOx	PM	HAP	Pb	COVNM	Benzène	GES	CO2
Etat initial	81.26	7.91	1.19 10 ⁻³	8.08 10 ⁻³	34.64	1.40	21 910.3	21 437.9
Référence	35.97	3.08	1.17 10 ⁻³	4.43 10 ⁻³	8.33	0.18	15 791.9	15 425.8
Evolution	- 56 %	- 61 %	- 2 %	- 45%	- 76%	- 87 %	-28 %	-28 %

La comparaison entre l'état initial et l'état de référence montre que malgré une augmentation du trafic, les émissions de polluants devraient être réduites de façon considérable. Même au niveau des consommations de carburants, le logiciel Impact permet de prévoir une réduction de 29 %.

Cette évolution des émissions s'explique par le renouvellement du parc automobile pour des véhicules plus propres (généralisation du pot catalytique sur l'ensemble des véhicules dans les années à venir et reformulation des carburants). Pour la grande majorité des polluants étudiés (CO, NOx, COV, PM, SO2, benzène), les effets réducteurs dus aux améliorations technologiques sur les véhicules sont beaucoup plus forts que les effets pénalisants des augmentations de trafic sur le réseau étudié.

Environnement (suite)

Air (suite)

Impact du projet sur les émissions de polluants

Le tableau ci-dessous synthétise l'évolution estimée des émissions globales entre l'état de référence et l'état futur avec projet (état projeté) à l'horizon 2017.

Polluant	NOx	PM	HAP	Pb	COVNM	Benzène	GES	CO2
Référence	35.97	3.08	1.17 10 ⁻³	4.43 10 ⁻³	8.33	0.18	15 791.9	15 425.8
Etat Projeté	8.07	0.69	2.2 10 ⁻⁴	9.9 10 ⁻⁴	1.87	0.04	3 542.89	3 460.76
Evolution	-77%	-78%	-81%	-79 %	-77%	-78 %	-79%	-78%

La comparaison de la situation future avec le projet à l'horizon 2017 avec l'état de référence montre une forte diminution globale des émissions des polluants considérés. Cette baisse des émissions est accompagnée d'une diminution de la consommation énergétique.

En conclusion, le projet, en fluidifiant le trafic permet une baisse des émissions de polluants routiers donc participe à l'amélioration de la qualité de l'air.

Réseaux

A ce jour, il est difficile de définir un projet de rétablissement précis des réseaux : les travaux de modification des réseaux réalisés à la fin de l'année 2005 sur la zone d'étude peuvent fortement modifier la connaissance actuelle des réseaux. Une mise à jour des plans de récolement des réseaux transmis par les concessionnaires au début du projet est donc indispensable avant tout projet détaillé.



L'établissement d'un projet détaillé nécessite également d'intégrer le rétablissement des réseaux opéré lors des travaux de projets connexes à venir (et notamment les émissaires qui se déversent actuellement au droit de la future plage) et antérieurs aux travaux de l'opération objet du présent dossier.

Le présent dossier est établi sur la base des documents transmis par les concessionnaires.

Réseaux intersectés

Dans la zone d'étude, plusieurs réseaux aériens et souterrains existants sont intersectés par le projet et sont à prendre en compte dans les études techniques.

- eaux pluviales,
- eaux usées,
- adduction d'eau potable,
- France Télécom,
- EDF (basse et moyenne tension, en aérien et souterrain),
- fourreaux.

Le rétablissement de ces réseaux ne conditionne pas la faisabilité du projet. Cependant, les réseaux d'eaux pluviales et d'eaux usées, dont le calage est soumis à des contraintes altimétriques, peuvent avoir une interaction forte avec le projet.

Le principe de rétablissement de ces réseaux, établi à partir de la solution de base, est illustré au dossier de plans et détaillé ci-après.



2.7. Réseaux – Principe de rétablissement

Eaux pluviales

Les eaux pluviales sont actuellement collectées dans un réseau spécifique puis rejetées dans l'Océan Indien en plusieurs points, sans traitement préalable.

Les principes de rétablissement retenus sont les suivants :

Limiter les modifications

Dans la mesure du possible, les rétablissements de réseaux d'eaux pluviales seront effectués de manière à limiter les modifications de réseaux et à retrouver les conditions actuelles.

Réseaux (suite)

Eaux pluviales (suite)

Rétablir par des siphons Les principaux émissaires sont intersectés au droit de la tranchée. Ils seront rétablis en siphons sous la tranchée, et raccordés en aval sur les émissaires existants.



Les émissaires secondaires intersectés pourront être rediriger, en amont du projet, vers les émissaires principaux rétablis, afin de limiter le nombre de traversées à aménager.

Eaux usées

Le principal réseau d'eaux usées est impacté en 2 zones identifiées, aux problématiques distinctes.

Une section gravitaire En amont de la pompe de refoulement existante, le réseau est intersecté le long du boulevard Joffre sur environ 700 m.

Dans cette zone, le réseau devra être déplacé latéralement et rétabli le long du projet, en respectant les conditions d'écoulement gravitaire.

Une section refoulée En aval de la pompe de refoulement existante, le réseau longe actuellement le boulevard Gabriel Macé. Il est intersecté une seule fois, au droit de la rue de Nice.

Un siphon sera réalisé pour assurer le rétablissement.



Les émissaires secondaires intersectés pourront être rediriger vers les émissaires principaux rétablis, afin de limiter le nombre de traversée à aménager.

Par ailleurs, l'implantation d'un siphon sur le réseau d'évacuation des eaux usées génère des pertes de charge importantes qui nécessiteront de vérifier le dimensionnement de la station de refoulement existante et éventuellement de la mettre à niveau.

Proposition d'intégration architecturale et paysagère

La tranchée couverte

La tranchée ouverte dont la localisation a été étudiée en cohérence avec les projets en cours et les aménagements existants a fait l'objet d'une réflexion spécifique visant à favoriser son intégration et son insertion dans le futur paysage urbain du Barachois.



2.8. Intégration paysagère et architecturale

Le traitement architectural et paysager de cet ouvrage se caractérise essentiellement par les propositions d'aménagements suivantes :

Côté Sud de la tranchée Le mur historique du Barachois est conservé en l'état actuel et l'intervalle ainsi que le dénivelé entre les Jardins du Barachois et la 2x2 voies sont traités en terrasses végétalisées plus ou moins larges.

En partie basse des plantes tapissantes et retombantes sont privilégiées afin de favoriser des échappées visuelles pour l'automobiliste.

En partie haute des arbustes et des petits arbres sont répartis en bosquets afin d'atténuer les nuisances de la 2x2 voies pour le promeneur piéton tout en aménageant des « fenêtres » sur le Port.

Côté Nord de la tranchée L'aplomb vertical côté Port est traité en béton architectonique symbolisant un effet de « faille naturelle ». Afin de créer des ruptures dans la monotonie de ce traitement, des palissades végétales sont aménagées en « cascade » (plantes épiphytes, fougères et lianes...) et des éléments symboliques rappelant la présence du Port tout proche sont prévus ponctuellement (faux hublots, éléments d'accastillage en inox, etc...).

Aplomb de la tranchée De larges dalles aménagées en passages piétons sont maintenues dans le prolongement des principaux axes urbains majeurs (rue Jean Châtel, rue Juliette Dodu...)

Ces traversées d'une largeur d'environ 25 m, assurent la continuité urbaine et paysagère des espaces du Barachois.

Les surplombs sont abondamment plantés dans la même logique d'aménagement que les terrasses afin de minimiser la présence de la tranchée pour le promeneur.

Les perspectives sur le Port sont largement valorisées.

Entre ces passages supérieurs, des passerelles piétonnes intermédiaires (4 ou 5 unités) complètent les dispositifs de franchissement. De conception plus légères, plus « aériennes », beaucoup plus étroites (comprise entre 2m et 2,5 m), en métal...

Ces passerelles démarrent au niveau du mur actuel bordant les Jardins du Barachois et prennent appui sur deux piles intermédiaires au niveau du terre plein central et au niveau des terrasses végétalisées.

Proposition d'intégration architecturale et paysagère (suite)

La tranchée couverte (suite)

Aplomb de la tranchée (suite) A cet endroit, de part et d'autre de ces passerelles, une végétation haute, abondante et luxuriante est ponctuellement privilégiée (bambous, touffes de palmiers, vacoas...) créant pour le promeneur le sentiment de traverser des voûtes végétales entre la frondaison de ces massifs de végétation très denses.

Les trémies

Le traitement architectural et paysager des différentes trémies reprend le même esprit et le même concept que celui de la tranchée ouverte.

Un principe de terrasses abondamment végétalisées (par exemple en forme de « vagues », comme celles existantes sous l'ouvrage de la rue Pasteur) associées par endroit à des pans de mur en béton décoratif architectonique constitue le principe d'aménagement de référence.

Chacune des trémies sera individualisée avec une image légèrement différente associée à une palette végétalisée.

Les échanges principaux

Le Carrefour Route de la Montagne L'aménagement proposé consiste à atténuer l'effet routier de l'échangeur dénivelé et de proposer une véritable image valorisante d'entrée de ville. Pour ce faire, les principes d'organisation et d'aménagement suivants ont été imaginés :

- une distribution grâce à un « anneau giratoire » (2 ouvrages dénivelés séparés) orienté dans l'axe de la route de la Montagne,
- une place belvédère côté mer en surplomb avec des terrasses végétalisées en gabions permettant une protection des ouvrages et une liaison avec l'embouchure de la rivière Saint Denis à l'Est et la petite falaise naturelle à l'Ouest,
- une place d'entrée de ville dans le prolongement de la première, côté amont, avec mise en évidence de l'entrée et de la perspective du Boulevard Gabriel Macé (porte Ouest de la ville de Saint Denis),
- une mise en scène et une trame végétale structurante affirmant l'identité du lieu : palmeraie sur la place, mail d'arbres remarquables...
- un traitement « monumental » du Boulevard Gabriel Macé avec un double alignement d'arbres majestueux, un terre plein central... avant le franchissement de la rivière et l'arrivée sur le Barachois (confortement de l'image actuelle des ficus au coin des kiosques des pêcheurs).

Proposition d'intégration architecturale et paysagère (suite)

Les échanges principaux (suite)

Le Carrefour rue de Nice Les aménagements imaginés sur cet espace stratégique consistent à mettre en valeur la liaison symbolique entre *le carré historique* du centre ville et les nouveaux équipements du front de mer de Saint Denis. Ils consistent essentiellement à :

- créer une « place – giratoire » à l'angle de la rue Jules Auber et de la rue de Nice favorisant les échanges automobiles et marquant la transition entre l'espace urbain et l'espace littoral. Cette organisation nécessite une requalification du bâti limitrophe,
- matérialiser deux perspectives visuelles (mais aussi fonctionnelles) dans le prolongement de la trame urbaine du carré du centre ville de Saint Denis :
 - la première dans le prolongement de la rue de Nice avec une mise en valeur du débouché sur l'Océan (espace piéton...) et un raccordement automobile sur l'échangeur dénivelé avec la 2x2 voies,
 - la deuxième dans le prolongement de la rue Jules Auber avec une mise en valeur de la liaison piétonne avec la promenade littorale, le Port et un raccordement automobile sur le boulevard Gabriel Macé.
- traiter le triangle libre entre ces deux axes par une valorisation de l'entrée principale du Port avec l'implantation :
 - de parkings,
 - d'espaces piétons avec des petites activités économiques (boutiques, kiosques...) dans le prolongement des aménagements du port,
 - de jardins de promenade dans la continuité de ceux du Barachois.

L'échangeur Mac Auliffe / Pasteur L'évolution du projet a conduit à privilégier les échanges routiers au niveau de la rue Pasteur plutôt qu'au niveau du futur ouvrage de la rue Labourdonnais. En effet, les différentes contraintes urbaines, notamment liées à la mutation du bâti existant, s'avèrent plus faciles à solutionner sur ce quartier.

Ainsi, il est proposé de doubler l'ouvrage Pasteur par un ouvrage de même gabarit dans l'axe de la rue Mac Auliffe (solution de base « bis »). De ce fait :

- tous les échanges en entrée et en sortie de la route nationale sont réalisables (échangeur complet) tout en respectant les sens de circulation actuels du centre-ville,
- l'échangeur Labourdonnais, actuellement très chargé est « soulagé » : l'entrée de Ville Est est déplacée à l'Est,

Proposition d'intégration architecturale et paysagère (suite)

Les échanges principaux (suite)

L'échangeur Mac Auliffe / Pasteur (suite)

- la démarche de valorisation du littoral déjà initiée par la rénovation de la gare du Ti-train et de l'ancienne gare routière est confortée par une nuisance automobile moindre et peut-être prolongée par une mise en valeur de la frange côtière désormais plus disponible entre Labourdonnais et Mac Auliffe.

L'espace disponible entre les deux ouvrages est à traiter comme une véritable vitrine de ce quartier s'ouvrant sur l'Océan avec un accompagnement végétal important et une redéfinition du bâti (façades commerciales).

Côté ville, un mail piéton peut-être imaginé à terme en surplomb et en parallèle de la 2x2 voies avec des correspondances fonctionnelles et visuelles avec le sentier littoral grâce aux deux nouveaux ouvrages dont les trottoirs piétons sont particulièrement larges et confortables.

Le principe des jardinières existantes au droit de l'ouvrage actuel de la rue Pasteur (terrasses maçonnées en forme de « vague ») est repris et redéveloppé sur l'ensemble des ouvrages tout en favorisant l'implantation d'une végétation mieux adaptée, plus exubérante.

L'échangeur Labourdonnais

Les aménagements liés à cet ouvrage ont été réduits de par l'importance et la multiplicité des échanges qui ont été finalement privilégiés sur les ouvrages Mac Auliffe et Pasteur. Le traitement proposé consiste essentiellement à :

- conforter la liaison piétonne Centre-ville / Front de Mer grâce à un plateau piéton sécurisant, confortable et valoriser l'ouverture sur l'Océan,
- supprimer les passages des véhicules sur le Front de Mer (entre l'Océan et le restaurant),
- permettre l'accès direct à la rue Labourdonnais et au nouveau pôle rénové (restaurant, ancienne gare routière) à partir de l'échangeur Pasteur par une contre-allée,
- privilégier la continuité du sentier littoral et aménager une esplanade piétonne au droit de l'ancienne gare. Un accompagnement végétal spécifique est prévu pour traiter harmonieusement les différences de niveaux entre la route nationale et ses abords.

Phasage de l'opération

L'éventuelle répartition dans le temps du financement du projet, ainsi que les fortes contraintes techniques liées aux emprises réduites et au rétablissement des circulations existantes durant les travaux, conduisent à imaginer un phasage temporel et technique de l'opération.

Phasage temporel

Le montant élevé de l'opération et sa programmation à l'horizon 2017 conduisent à ne pas négliger l'éventualité d'un financement phasé de l'opération.



L'échangeur Pasteur, considéré dans le présent dossier comme un complément éventuel à la solution de base, est intégré dans la réflexion sur le phasage du projet.

Des éléments indépendants

Le projet peut être décomposé en 4 éléments fonctionnels indépendants, dont la réalisation peut être phasée dans le temps :

- le carrefour de la route de la Montagne,
- le pont sur la rivière Saint-Denis,
- la tranchée et ses trémies,
- la partie Est (intégrant l'échangeur Mac Auliffe / Pasteur et le carrefour rue de Nice).



2.9. Schéma de phasage

Un projet modulable

La réalisation de ces éléments est dissociable dans le temps et chacun d'eux peut fonctionner indépendamment des autres.

En pratique, la réalisation de la Partie Est nécessite que la tranchée soit franchissable pour assurer la déviation de la circulation. Cette chronologie de phasage permet également une amélioration progressive des conditions de circulation et une valorisation du front de mer.

Cette modularité permet d'envisager plusieurs solutions de réalisation, selon les financements effectivement disponibles.

Phasage de l'opération (suite)

Phasage technique

La zone des travaux s'inscrit dans un contexte urbain très dense. La pression foncière constitue ainsi la principale contrainte technique de conception du projet.

Elle nécessite également d'imaginer un phasage technique permettant de réduire les désagréments causés aux usagers et aux riverains en assurant, pendant les travaux, le rétablissement des circulations existantes.

2 éléments en site propre

Ces enjeux ne sont pas des contraintes fortes pour la réalisation du pont sur la rivière Saint-Denis et de la tranchée, qui se situent en site propre, à l'extérieur de l'emprise de la route nationale existante.

2 éléments sous emprise circulée

Pour le carrefour de la route de la Montagne et la partie Est, ces enjeux nécessitent de définir des principes de phasage et de déviation des voies de circulation très contraints, illustrés au dossier de plans et détaillés ci-après.



La recherche de rétablissement de circulation durant les travaux a privilégié les solutions situées dans un périmètre immédiat.

D'autres solutions sont toutefois envisageables : il est ainsi possible de dévier ponctuellement la circulation sur le Boulevard Sud qui sera entièrement réalisé au moment des travaux ou de mettre en place des itinéraires de substitution.

carrefour de la route de la Montagne

La proposition de phasage de réalisation du carrefour de la route de la Montagne s'effectue par demi plate-forme et se décompose en 2 étapes principales :

1. réalisation de la demi plate-forme Nord (bretelles, 2 voies et le TPC), des deux ouvrages de franchissement et des murs en retour avec circulation sur la route existante et son accotement.
2. basculement des travaux et réalisation de la plate-forme Sud, avec circulation sur la demi plate-forme Nord réalisée (éventuellement sur la plate-forme des bretelles d'entrée et de sortie dans le sens Est - Ouest). L'accès direct à la route de la Montagne est coupé et rétabli par des voies annexes.



2.9. Schéma de phasage

Phasage de l'opération (suite)

Phasage technique (suite)

partie Est Préalablement aux travaux propres à la réalisation de cet élément fonctionnel, un programme de rénovation urbaine des îlots ciblés doit être engagé (démolition des habitations existantes laissées à l'abandon ou bâtiments à usage commercial sans valeur architecturale reconnue).

La section concernée du projet s'inscrit sur l'emprise de la route nationale existante et ne peut donc être réalisée que lorsque la circulation actuelle est complètement déviée.

La déviation proposée reprend la voie littorale existante entre le pont Pasteur et la rue Labourdonnais, contourne la gare routière et la bibliothèque municipale jusqu'à l'extrémité de la tranchée couverte qu'elle franchit pour rejoindre le boulevard Gabriel Macé.

Un barreau de liaison provisoire entre les rues Labourdonnais et Pasteur (avec échange avec les rues Alexis de Villeneuve et Mac Auliffe) peut également être créé dans l'emprise des îlots à rénover pour favoriser l'entrée de ville Est pendant les travaux.



2.9. Schéma de phasage

Les travaux de réalisation de l'élément fonctionnel comprennent :

- les déblais de la section courante de part et d'autre de l'ouvrage Labourdonnais,
- les déblais de la section courante de part et d'autre de l'ouvrage Mac Auliffe,
- la réalisation des bretelles et voies auxiliaires d'entrecroisement entre le carrefour rue de Nice et le pont Pasteur,
- la réalisation des bretelles d'entrée/sortie de l'échangeur Mac Auliffe / Pasteur,
- la réalisation de la voie de desserte du restaurant et de l'ancienne gare routière,
- l'aménagement du carrefour rue de Nice.

Estimation sommaire

Préambule

L'estimation sommaire des travaux de l'opération a été établie sur la base des principes suivants :

Méthodologie

Les éléments quantitatifs de l'estimation sommaire sont établis sur la base d'avants-métrés du projet technique.

Certaines familles de prix font l'objet d'un regroupement forfaitisé dans les cas suivants :

- montants faibles par rapport au montant global de l'opération,
- projet technique à développer et fiabiliser.

L'évaluation des macro-prix proposés est établie sur les bases suivantes :

- projets généraux récents, de même niveau d'étude
- projets situés sur l'île de la Réunion,
- projets regroupant des travaux similaires.

Découpage en éléments

Le schéma de phasage définit précédemment distingue 4 éléments fonctionnels indépendants dont le phasage temporel est envisageable.

Dans cette logique, il est intéressant d'établir une estimation décomposée selon ces 4 éléments :

- le carrefour de la route de la Montagne,
- le pont sur la rivière Saint-Denis,
- la tranchée et ses trémies,
- la partie Est.



L'estimation sommaire est établie à partir de la solution de base.

La réalisation de l'échangeur Mac Auliffe / Pasteur implique une reprise plus générale de la section courante (approfondissement en trémie).

La plus-value générée est sommairement estimée et identifiée dans l'élément « partie Est ».

Estimation sommaire (suite)

Carrefour route de la Montagne

En plus d'un tronçon de section courante, cet élément fonctionnel intègre le giratoire dénivelé, ses bretelles et le rétablissement local du boulevard Gabriel Macé.



Dans les phases ultérieures du projet, les sujétions liées à la complexité du phasage devront être affinées pour préciser leur implication sur l'estimation.

Libellé	U	Ratio (H.T.)	Quantité	Montant (H.T.)
Travaux préparatoires				
Installations et frais généraux	Ft	120 000.00	1	120 000
Dégagement des emprises	m ²	5.00	19 570	97 850
Terrassements				
Déblais	m ³	10.00	31 992	319 924
Remblais	m ³	8.00	30 220	241 762
Murs de soutènement	m ²	525.00	1 716	900 900
Ouvrages d'art				
Passage supérieur Ouest	m ²	2 000.00	220	440 000
Passage supérieur Est	m ²	2 000.00	440	880 000
Assainissement / hydraulique				
Assainissement latéral	ml	200.00	1 678	335 600
Bassins (yc pompe)	U	120 000.00	1	120 000
Chaussées				
Structure chaussées	m ²	25.00	13 780	344 500
Equipements et signalisation				
Equipements section courante	Ft	100 000.00	1	100 000
Environnement				
Protections acoustiques	Ft	200 000.00	1	200 000
Aménagements paysagers	Ft	40 000.00	1	40 000
SOUS-TOTAL				4 140 530
SAV				621 080
TOTAL (H.T.) arrondi				4 800 000

Estimation sommaire (suite)

Pont sur la rivière Saint-Denis

L'estimation proposée concerne la réalisation du nouveau pont.

Le renforcement de l'ouvrage existant, dont la nécessité a été diagnostiquée durant les études préliminaires, n'est pas intégrée dans la présente étude.

Libellé	U	Ratio (H.T.)	Quantité	Montant (H.T.)
Travaux préparatoires				
Installations et frais généraux	Ft	175 000.00	1	175 000
Dégagement des emprises	m ²	5.00	2 410	12 050
Ouvrages d'art				
Pont Rivière Saint-Denis	m ²	2 000.00	2 250	4 500 000
Assainissement / hydraulique				
Assainissement latéral	ml	200.00	240	48 000
Chaussées				
Structure chaussées	m ²	25.00	2 410	60 250
Equipements et signalisation				
Equipements section courante	Ft	100 000.00	1	100 000
Environnement				
Aménagements paysagers	Ft	60 000.00	1	60 000
SOUS-TOTAL				4 955 300
SAV				743 295
TOTAL (H.T.) arrondi				5 700 000

Estimation sommaire (suite)

Tranchée et trémies

Cet élément fonctionnel est facilement identifiable. Son montant prévisionnel, établi durant les études préliminaires, en font l'élément déterminant de l'estimation globale.

Libellé	U	Ratio (H.T.)	Quantité	Montant (H.T.)
Travaux préparatoires				
Installations et frais généraux	Ft	13 050 000.00	1	13 050 000
Dégagement des emprises	m ²	5.00	19 590	97 950
Ouvrages d'art				
PS Chatel	m ²	2 000.00	550	1 100 000
PS Dodu	m ²	2 000.00	550	1 100 000
Génie civil Tranchées				
Terrassements	m ³	7.00	226 000	1 582 000
Bouchon	m ³	220.00	23 875	5 252 5000
Parois moulées	Ft	35 904 000.00	1	35 904 000
Tirants	Ft	3 440 800.00	1	3 440 800
Structure GC	m ²	533.00	22 200	11 832 600
Assainissement / hydraulique				
Assainissement latéral	ml	200.00	2 170	434 000
Rétablissements hydrauliques	U	15 000.00	4	60 000
Bassins (yc pompe)	U	250 000.00	2	500 000
Chaussées				
Structure chaussées	m ²	25.00	19 590	489 750
Equipements et signalisation				
Equipements section courante	Ft			
TC Ouest				
Equipements de base	Ft	1 667 600.00	1	1 667 600
Equipements «confort exploitation»	Ft	269 300.00	1	269 300
Local technique	Ft	150 000.00	1	150 000
TC Est				
Equipements de base	Ft	775 650.00	1	775 650
Equipements «confort exploitation»	Ft	134 650.00	1	134 650
Local technique	Ft	75 000.00	1	75 000
Environnement				
Aménagements paysagers	Ft	950 000.00	1	950 000
SOUS-TOTAL				86 246 300
SAV				12 936 945
TOTAL (H.T.) arrondi				99 200 000

Estimation sommaire (suite)

Partie Est

Cet élément fonctionnel intègre le carrefour rue de Nice et les aménagements paysagers liés, le passage supérieur rue Labourdonnais et la voie auxiliaire d'entrecroisement côté ville.

La composition de cet élément fonctionnel varie entre la solution de base et la solution de base « bis ». L'estimation propre aux aménagements de la solution de base « bis » est présentée en plus-value.



Dans les phases ultérieures du projet, les sujétions liées à la complexité du phasage devront être affinées pour préciser leur implication sur l'estimation.

Solution de base

Libellé	U	Ratio (H.T.)	Quantité	Montant (H.T.)
Travaux préparatoires				
Installations et frais généraux	Ft	1 000 000.00	1	1 000 000
Dégagement des emprises	m ²	5.00	20 860	104 300
Déplacement de réseaux	ml	200.00	760	152 000
Terrassements				
Déblais	m ³	10.00	29 000.00	290 000
Remblais	m ³	8.00	6 985.00	55 880
Murs de soutènement	m ²	525.00	2 140.00	1 123 500
Ouvrages d'art				
PS Labourdonnais	m ²	2 500.00	350	875 000
Assainissement / hydraulique				
Assainissement latéral	ml	200.00	2 225	445 000
Rétablissements hydrauliques	U	15 000.00	1	15 000
Bassins (yc pompe)	U	120 000.00	1	120 000
Chaussées				
Structure chaussées	m ²	25.00	22 270	556 750
Equipements et signalisation				
Equipements section courante	Ft	250 000.00	1	250 000
Environnement				
Protections acoustiques	Ft	1 750 000.00	1	1 750 000
Aménagements paysagers	Ft	150 000.00	1	150 000
SOUS-TOTAL				6 887 430
SAV				1 033 115
TOTAL (H.T.) arrondi				8 000 000

Estimation sommaire (suite)

Partie Est (suite)

**Solution de base
« bis » - Plus-value**

Libellé	U	Ratio (H.T.)	Quantité	Montant (H.T.)
Travaux préparatoires				
Installations et frais généraux	Ft	115 000.00	1	115 000
Dégagement des emprises	m ²	5.00	8 112	40 560
Terrassements				
Déblais	m ³	10.00	37 928	379 280
Remblais	m ³	8.00	6 313	50 504
Murs de soutènement	m ²	525.00	4 046	2 124 150
Ouvrages d'art				
PS Mac Auliffe	m ²	2 000.00	390	780 000
Assainissement / hydraulique				
Assainissement latéral	ml	200.00	930	186 000
Chaussées				
Structure chaussées	m ²	25.00	8 112	202 800
Réhabilitation existant	m ²	10.00	3 080	30 800
Equipements et signalisation				
Equipements section courante	Ft	50 000.00	1	50 000
Environnement				
aménagements paysagers	Ft	40 000.00	1	40 000
SOUS-TOTAL				3 999 094
SAV				599 864
TOTAL (H.T.) arrondi				4 600 000

Estimation sommaire (suite)

Récapitulatif

L'estimation sommaire globale des travaux se répartit sur les éléments fonctionnels identifiés de la façon suivante :

Éléments fonctionnels	Solution de base	Solution de base « bis »
<i>le carrefour de la route de la Montagne</i>	4 800 000	
<i>pont sur la rivière Saint-Denis</i>	5 700 000	
<i>la tranchée et ses trémies</i>	99 200 000	
<i>la partie Est</i>	8 000 000	12 600 000
TOTAL en € (H.T.)	117 700 000	122 300 000