

Annexes

Annexe 1 : Description géométrique des solutions pont 2*1 et 2*2 voies

Annexe 2 : Description géométrique des solutions tunnel 2*1 et 2*2 voies

Annexe 3 : Note technique : Gain de temps

Annexe 4 : Note technique : Gain frais de fonctionnement

Annexe 5 : Note technique : Impact acoustique

Annexe 6 : Note technique : Intégrabilité urbaine

Annexe 7 : Note technique : Durée des travaux

Annexe 8 : Note technique : Coûts du franchissement en phase travaux

Annexe 9 : Note technique : Coûts exploitation et entretien

Annexe 10 : Note technique : Effets sur l'emploi

Annexe 11 : Note technique : Qualité de l'air et quantité de polluants émis

Annexe 12 : Note technique : Bilan GES

Annexe 13 : Impact sur l'effet de serre solution Pont

Annexe 14 : Impact sur l'effet de serre solution Tunnel

Annexe 15 : Note technique : Perturbation des écosystèmes

Annexe 16 : Note technique : Equilibre déblais/remblais

Annexe 1 : Description géométrique des solutions pont 2*1 et 2*2 voies





Franchissement de type pont 2x1 voies		Communauté Urbaine de Bordeaux	
 Agence de Paris Immeuble Rottiers - 9, avenue Robaumur 92304 LE PLESSIS-ROBINSON Cedex Tél : +33(0)1 46 23 76 44 - Fax : +33(0)1 46 01 36 80 www.arcadis-fr.com		Franchissement Jean Jacques Bosc	
Créé le 21/09/2010		Ingénieur : JLA	
Dessinateur : AMS		Affaire : FR0110.000045	
Echelle : sans		Annexe N°	
N° de dessin : FR0110.000045.3			

Description géométrique des solutions pont considérées

1	DEFINITION DE LA GEOMETRIE.....	2
1.1	PROFIL EN LONG	2
1.1.1	Contraintes liées à la circulation.....	2
1.1.2	Contraintes liées au fleuve.....	3
1.1.3	Solutions.....	4
1.2	COUPE TRANSVERSALE	7
1.2.1	Cas 2 x 2 voies.....	8
1.2.2	Cas 2 x 1 voie.....	9
1.3	VUE EN PLAN	9
1.4	RECONFIGURATION DES BERGES.....	11
1.4.1	Rive gauche.....	11
1.4.2	Rive droite.....	15
1.4.3	Commentaires qualitatifs sur les solutions.....	17
2	STRUCTURE.....	18
2.1	TABLIER.....	18
2.2	APPUI.....	19
3	PRE-ESTIMATION DES QUANTITES.....	20
3.1	TABLIER DU PONT	20
3.1.1	Tablier mixte	20
3.1.2	Tablier béton précontraint.....	20
3.1.3	Passerelles.....	21
3.2	APPUI DU PONT	21
3.2.1	Solution « Acier ».....	21
3.2.2	Solution « Béton ».....	21
3.3	EQUIPEMENTS DU PONT	21
3.3.1	Superstructures.....	22
3.3.2	Garde-corps.....	22
3.3.3	Joints de chaussée	22
3.3.4	Appareils d'appui.....	22
3.3.5	Corniches.....	22
3.3.6	Evacuations des eaux	22
3.3.7	Eclairage.....	22

1 Définition de la géométrie

Deux solutions sont étudiées, un pont avec 2 x 1 voie et un pont avec 2 x 2 voies. On suppose que les voies de circulations sur l'ouvrage sont de type U avec une vitesse de référence à 60 km/h.

1.1 Profil en long

1.1.1 Contraintes liées à la circulation

En rive gauche, l'A631 longe les berges de la Garonne et le boulevard Jean Jacques Bosc débouche sur un giratoire pour rejoindre les rues voisines ou l'A631.

Dans un des sens de circulation, l'A631 passe sous le giratoire, dans l'autre sens de circulation, les voies sont au niveau du terrain naturel (~5NGF).

Le franchissement peut :

- Passer au dessus de l'A631 et du giratoire et se raccorder plus loin au boulevard Jean Jacques Bosc
- Arriver sur la voie sur berge

La première hypothèse allonge l'ouvrage et conduit à des travaux « par-dessus » des voies routières qui impliqueraient des phasages de chantier compliqués et un coût élevé. Par ailleurs, l'intégration urbaine d'un tel ouvrage est difficile et l'aménagement des berges de la Garonne en pâtirait.

Cette hypothèse n'est pas retenue.

La seconde hypothèse conduit à réaménager le giratoire en rive gauche. Celui-ci doit être relevé : En effet les appuis de l'ouvrage doivent être au-dessus de la cote +5 NGF (sécurité vis-à-vis des crues) de sorte que le profil en long de la chaussée se retrouve à une cote supérieure à +7,5 NGF (hauteur du tablier > 2,5 m) alors qu'elle est actuellement à une cote approximative +5 NGF.

Par ailleurs, la voie sur berge de l'A631 doit être dénivelée pour passer sous le giratoire comme actuellement le fait la voie en sens contraire ou l'A631 doit être requalifiée en voie urbaine ; dans ce cas la voie sur berge doit être relevée pour être à hauteur du profil en long de l'ouvrage et un carrefour doit être aménagé.

En rive droite, l'ouvrage débouche sur le quai de la Souys qui est au niveau du terrain naturel ($\sim +5$ NGF).

La chaussée doit donc être relevée localement et un carrefour doit être aménagé.

L'ensemble constitue des travaux de remblaiement et de réaménagement de la voirie important.

Les rives de l'ouvrage étant relevées, la longueur projetée de l'ouvrage se limite à la largeur du fleuve localement

La longueur projetée de l'ouvrage est donc approximativement la distance berge à berge et est estimée à 550 m.

Pour les rampes, on limite la pente à 3% de sorte que les poids lourds ne posent pas de problème aux heures de pointe (référence ITAVRU)

En rive gauche, on suppose que la chaussée est à la cote $+5$ NGF là où le boulevard Jean Jacques Bosc débouche sur le giratoire, à environ 125 m de la berge. En prenant une pente constante de 3% dans le prolongement du boulevard Jean Jacques Bosc, on arrive à un profil en long à la cote $+8.75$ NGF au droit de la berge là où commence l'ouvrage.

Ceci étant et compte tenu de la cote minimal de $+5$ NGF pour les appuis du tablier, on dispose donc au plus d'une hauteur de 3,75 m au niveau des berges pour insérer le tablier de l'ouvrage

1.1.2 Contraintes liées au fleuve

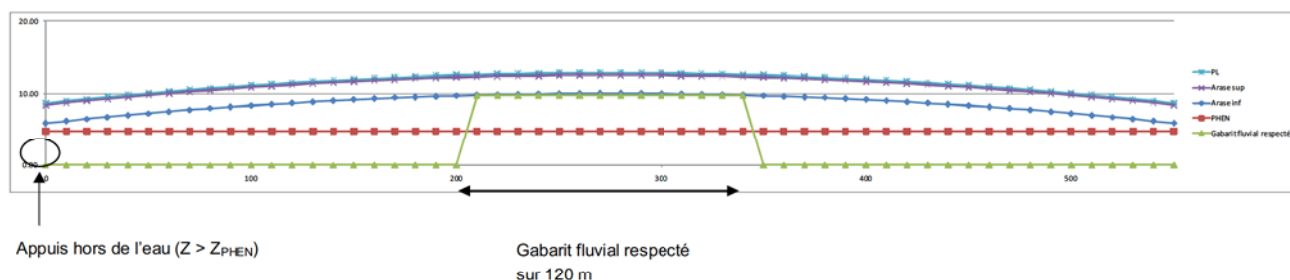
1.1.2.1 PHEN

Le PHEN est pris égal à $+4.8$ (NGF)

1.1.2.2 Gabarit fluvial

En se basant sur les contraintes qui avaient fixées pour la construction du Pont Garonne, on suppose qu'il faut dégager sur 30 m l'espace jusqu'à la cote $+9.8$ NGF ainsi la sous face du tablier ne doit pas descendre au dessous de cette cote.

La figure ci-dessous illustre le cas d'un tablier type bi-poutre à inertie constante avec une hauteur de poutre de 2,5 m



La figure fait apparaître que la hauteur de tablier possible est fortement contrainte, d'une part par le profil en long qui conditionne la position de la face supérieure et d'autre part, par le niveau de l'eau PHEN et le gabarit fluvial à respecter qui conditionnent la position de la face inférieure.

1.1.3 Solutions

1.1.3.1 Tabliers à inertie constante

1.1.3.1.1 Solution « Acier »

On retient un tablier bipoutre : En prenant un élanement au 1/28, on retient le découpage suivant :
65 m – 70 m – 70 m – 70 m – 70 m – 70 m – 70 m – 65 m (7 appuis dans le fleuve)

L'inertie constante permet d'envisager de lancer le tablier, ce qui paraît intéressant. En rive droite, si la zone n'étant pas encore aménagée, on peut imaginer que l'on disposera d'une emprise chantier suffisante pour le faire. Malheureusement les aménagements semblent débuter dès à présent et il sera difficile de libérer une emprise suffisante.

1.1.3.1.2 Solution « Béton »

On retient un tablier en béton précontraint construit par encorbellements successifs et à inertie constante. L'inertie constante est appropriée - car économique - pour des portées comprises entre 65 et 70 m et est bien adaptée pour un site complexe (urbain, échangeurs, etc.). Dans le cas présent, la localisation de l'ouvrage est une zone urbaine mais le site n'est pas urbain puisque l'on situe au dessus de la Garonne.

En prenant un élanement compris entre le 1/20 et 1/25, on obtient des travées comprises entre 55 et 68 m. On retient alors le découpage suivant :
44 m – 66 m – 66 m – 66 m – 66 m – 66 m – 66 m – 66 m – 44 m (8 appuis dans le fleuve).

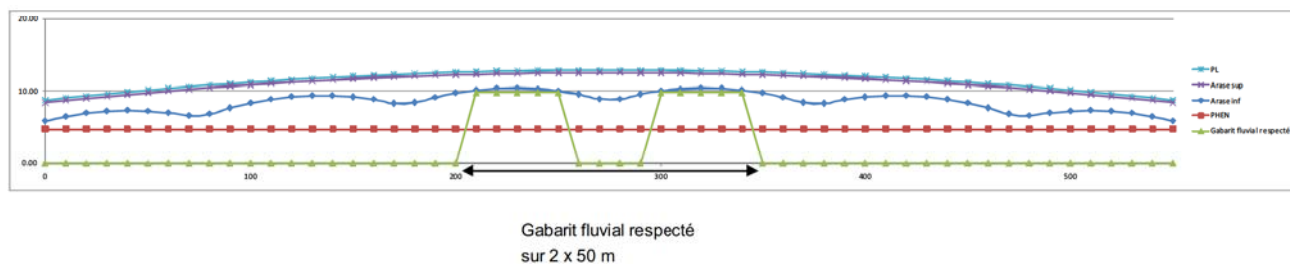
Un tel découpage permet de se situer dans les portées pour lesquelles cette solution peut être économique.

1.1.3.2 Tabliers à inertie variable

1.1.3.2.1 Solution « Acier »

On retient un tablier bi-poutre : En prenant un élanement au 1/25 sur appuis et au 1/50 en travées, on retient le découpage suivant :

75 m – 100 m – 100 m – 100 m – 100 m – 75 m (5 appuis dans le fleuve)



1.1.3.2.2 Solution « Béton »

On retient comme critère : $h_{pile} > L / (14 + L/45)$ et $h_{clef} > L / (19 + L/7)$

avec une hauteur sur pile de 4,9 m et une hauteur à la clé de 2,6 m. On arrive au découpage suivant :

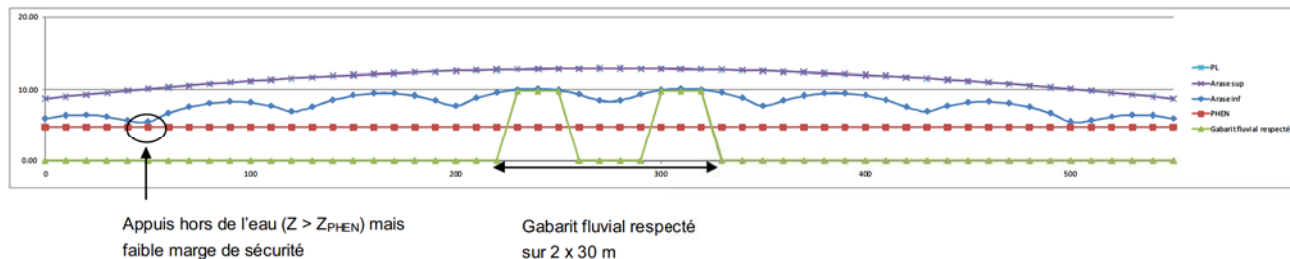
47 m – 76 m – 76 m – 76 m – 76 m – 76 m – 76 m – 76 m – 47 m (7 appuis dans le fleuve)

Cette solution permet de se ramener à 7 appuis comme dans la solution bi-poutre à inertie constante mais sa faisabilité est bien plus incertaine que les solutions bi-poutre :

- Les appuis les plus proches des berges sont quasiment à la limite de cote PHEN (-> risque d'avoir des appuis dans l'eau)
- Le gabarit de navigation est respecté que sur 2 travées sur une longueur de 30 m seulement (voir figure ci-après)

Le calage géométrique passe donc de justesse, sans réelle marge de sécurité alors que les hypothèses de départ sont fortes. La réelle faisabilité d'une telle solution devrait être étudiée sur la base de d'éléments plus précis. Cependant pour poursuivre l'étude et la comparaison de solution béton et acier, cette géométrie est admise.

La figure ci-dessous illustre l'élévation de l'ouvrage.



1.1.3.3 Autres structures

D'autres solutions au tablier plus fin et aux portées plus grandes pourraient être imaginées telles qu'une solution en arc, voire haubanée. Elles limiteraient le nombre d'appuis dans le fleuve ce qui présenteraient un intérêt du point de vue « impact ».

Cependant elles ne sont pas envisagées car :

- Elles ne sont pas justifiées par les contraintes géométriques alors qu'elles sont bien plus onéreuses
- Elles sont des solutions « par-dessus » alors que localement, on a construit des ouvrages « par-dessous » plus discret et qui s'intègre plus facilement dans le paysage.

1.2 Coupe transversale

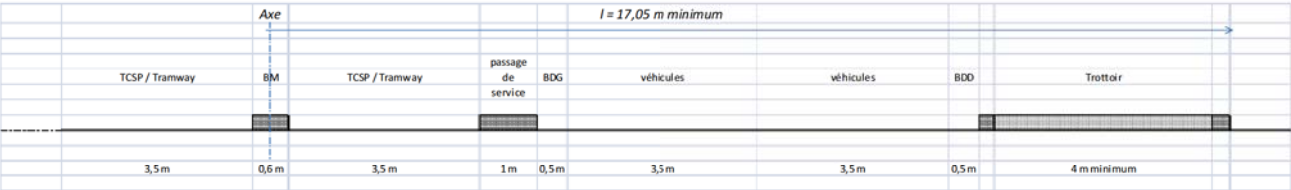
On part de l'hypothèse d'un trafic TCSP / tramway dans la partie centrale. On rappelle que l'on s'est placé dans l'hypothèse de voies de type U

Comme point de départ de l'étude, on se fixe la coupe transversale suivante :

- 0,6 m de Bande Médiane (BM) pour implanter lacs, et autres systèmes du tramway
- 3,50 m pour la voie TCSP / tramway
- Une berme de 1 m qui peut faire office de passage de service (pour opérations d'entretien, d'exploitation, pour les usagers en difficultés et éventuellement accueillir des équipements). La valeur minimale d'une berme est 0,75 m.
- Une Bande Dérasée Gauche (BDG) de 0,5 m
- Une ou deux voies de 3,50 m. La possibilité de ramener cette valeur à 3 m pour une voie U60 n'est pas envisagée à ce stade d'avancement du projet
- Une Bande Dérasée Droite (BDD) de 0,5 m
- Une bordure de 0,25 m
- Un trottoir d'au moins 4 m de large pour accueillir piétons (1,5 m et vélos 2,5 m).
- 0,25 m pour le garde-corps

Cette coupe transversale peut certainement être optimisée pour réduire la largeur d'ouvrage. Cependant, on se place dans le contexte de l'étude, à savoir : Comparer des solutions « pont » à des solutions « tunnels » et pour ce faire, la coupe proposée est suffisante. Par ailleurs, cela permet de donner des marges pour faire évoluer la coupe transversale donc la circulation sur l'ouvrage et le projet dans son ensemble au final.

Le schéma ci-dessous résume le ½ profil transversal :



La largeur minimale de l'ouvrage est de $2 \times 17,05 \text{ m} = 34 \text{ m}$. Il apparaît alors difficile de supporter l'ensemble du trafic sur un seul ouvrage, excepté peut être avec un caisson large et coûteux. Au lieu de cela, on privilégie l'option d'avoir 2 à 3 ouvrages plus modestes pour supporter les charges. Cette option permet une plus grande évolutivité du projet :

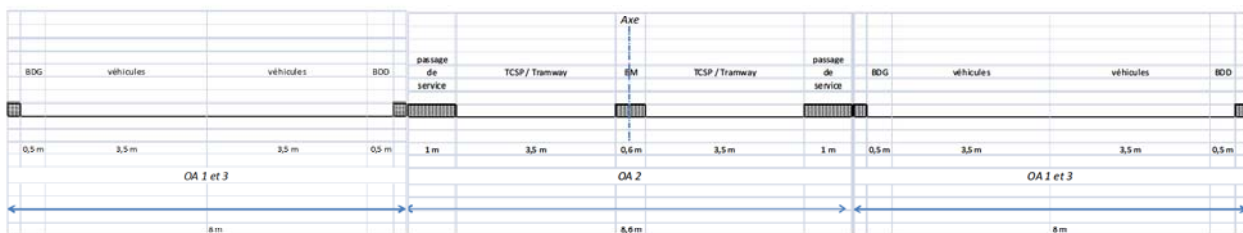
- Le Tramway/TCSP peut être supporté par un de ces ouvrages et alors construits ultérieurement (investissement différé)
- Ou l'on peut décider de remplacer les voies TCSP/tramway par des voies routières
- Les 2/3 ouvrages auront des largeurs « classiques » de sorte qu'en restant simple, on dispose de marges pour implanter de nouvelles voies/équipements au bénéfice de l'évolutivité du projet.

Le trottoir supporte des charges toutes aussi agressives que les voies routières (LM4 comparables à LM1, 2), celui-ci a une largeur de 4 m minimum mais on peut imaginer bien plus dès lors que l'on souhaite y faire intervenir des événements. ou créer un espace public. On sépare donc cette partie du reste et on suppose que des passerelles supportent les voies en mode doux. Par ailleurs, les passerelles de part et d'autre du pont permettent de mettre en valeur celui-ci alors que les structures projetées pour le TSCP/ tramway et les véhicules sont relativement simples et quelconques.

On retient donc pour l'étude l'idée de 2/3 ouvrages pour supporter le trafic (routier et TCSP/Tramway) et une passerelle de part et d'autres de ces ouvrages. Si plusieurs tabliers juxtaposés sont envisagés pour supporter le trafic, ils s'appuient tous sur les mêmes appuis.

1.2.1 Cas 2 x 2 voies

On retient 3 ouvrages (caisson ou bi-poutres) de largeur approximative 9 m. 2 ouvrages supportent la circulation routière et le troisième supporte le TCSP/tramway. Les coupes transversales sont les suivantes :



Dans cette hypothèse, l'ouvrage central supporte le TCSP/tramway de sorte que sa construction peut être différée dans le temps.

Cependant, cela implique d'élargir les ouvrages latéraux pour inclure un passage de service et un garde de corps au-delà de la BDG. Par ailleurs, la construction de l'ouvrage central est plus compliquée, il est nécessaire de prévoir un plus grand écart entre les ouvrages.

En somme on retiendra dans l'hypothèse 2 x 2 voies, la construction de 3 tabliers de largeur approximative 9 m et de deux passerelles de largeur minimale 4 m.

1.2.2 Cas 2 x 1 voie

Au lieu de trois tabliers, seuls 2 tabliers sont construits. Le tablier pour supporter le TCSP/Tramway est alors construit à t_0 .

1.3 Vue en plan

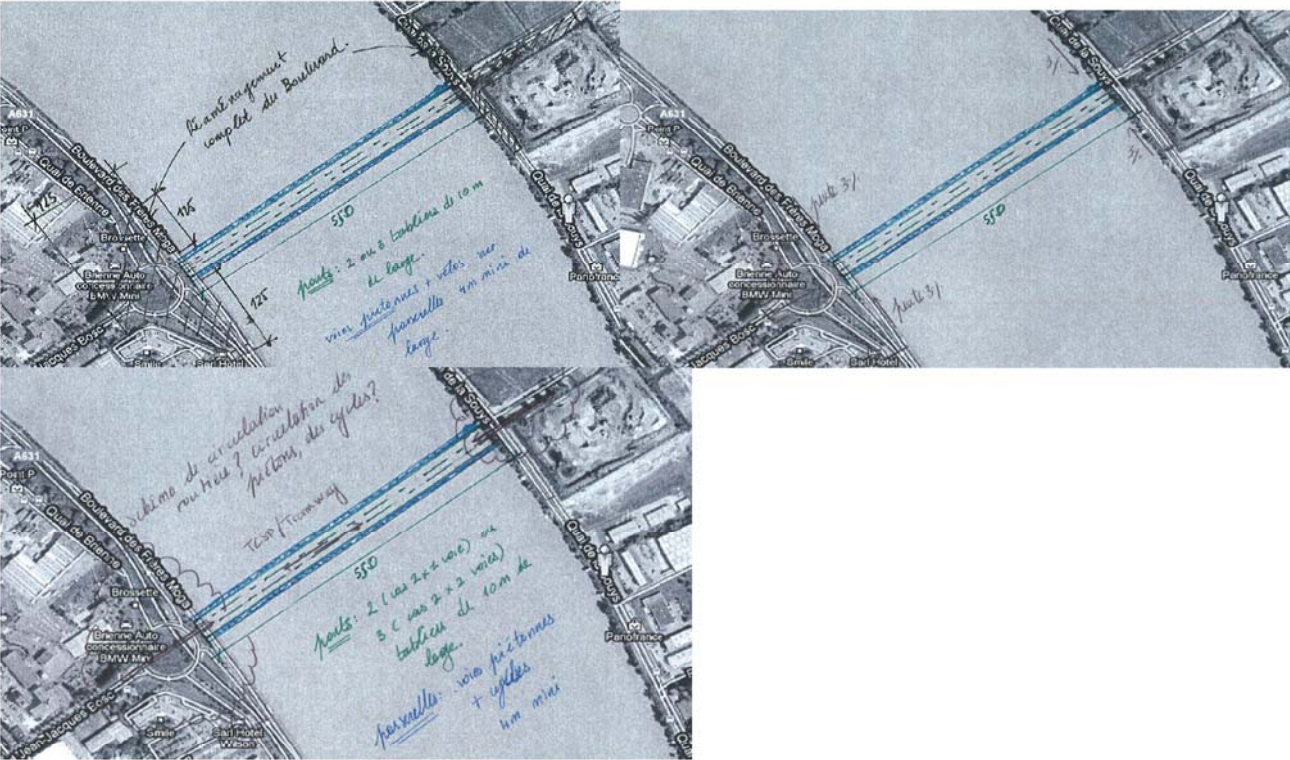
Les figures ci-dessous illustrent l'ouvrage projeté et font apparaître, les zones sur les berges qui sont impactées par l'arrivée de l'ouvrage.

On peut grossièrement les assimiler à un T de 125 m x 250 m pour la rive droite et un triangle isocèle 250 m de base et 125 m de hauteur en rive gauche.

Dans ces zones, les voies ont une pente ~ 3% pour arriver à hauteur de l'ouvrage. Le raccordement de l'ouvrage avec les voies est compliqué, particulièrement en rive gauche où :

- Les voies sur berge de l'A631 doivent être supprimées. On peut alors faire passer celles-ci sous le giratoire comme cela est déjà le cas pour l'autre sens de circulation de l'A631
- On peut également requalifier l'A631 en voie urbaine, combler la voie sous giratoire et tout remettre au niveau de la surface avec création d'un ou plusieurs carrefours
- Autres scénarios

Dans tous les cas, le schéma est compliqué et devrait être étudié plus en détails pour s'assurer de sa faisabilité. On observe que le pont projeté est large (de l'ordre de 30 m pour le 2 x 2 voies, hors piétons et vélos), ce qui complique les raccords.



1.4 Reconfiguration des berges

Comme explicité précédemment, un sens de circulation de l'A631 et les quais de la Souys doivent être mis au niveau de l'ouvrage (côte approximative +8.5 NGF) et on doit créer des carrefours. Cela suppose aussi de requalifier l'A631 en voies urbaines. Le sens de circulation de l'autoroute qui passe actuellement sous le giratoire est également rehaussé pour arriver sur le carrefour et la trémie est comblée.

Alternativement, on peut décider de creuser des trémies pour faire passer le sens de circulation de l'A631 problématique et le quai de la Souys. Alors l'ouvrage donne accès en rive gauche aux rues qui sont actuellement connectées au giratoire. Dans cette configuration, on doit considérer :

- En rive gauche le cas où on conserve un accès à l'A631 via des bretelles
- Ou l'A631 passe sous la zone urbaine sans y être connectée localement
- En rive droite, l'ouvrage ne permet plus que d'accéder à la ZAC des quais, les raccords avec le quai de la Souys sont plus loins.

Les figures suivantes illustrent les différentes options. Un code couleurs de base est retenu pour ces esquisses :

- En bleu apparaît les voies de circulation TCSP/Tramway
- En vert apparaît les voies par mode doux
- En noir apparaît les circulations routières
- En marron apparaît des talus de remblai
-

Les talus de remblai peuvent être remplacés par des murs : Ceux-ci prennent moins d'espace ce qui est avantageux dans un espace restreint mais sont plus chers.

La représentation des talus permet aussi de deviner la troisième dimension de l'espace sur le plan et d'imaginer les pentes.

1.4.1 Rive gauche

1.4.1.1 Solution A

L'A631 est conservée et passe sous le giratoire, les accès à l'A631 sont conservés. La solution permet de dégager le front sur berge ce qui est favorable aux aménagements. Au niveau du Boulevard Jean-Jacques Bosc, certaines emprises foncières pourraient être à acquérir. 3 ouvrages au dessus de la tranchée sont à prévoir. L'esquisse est faite dans l'hypothèse d'un pont avec 2 x 2 voies.



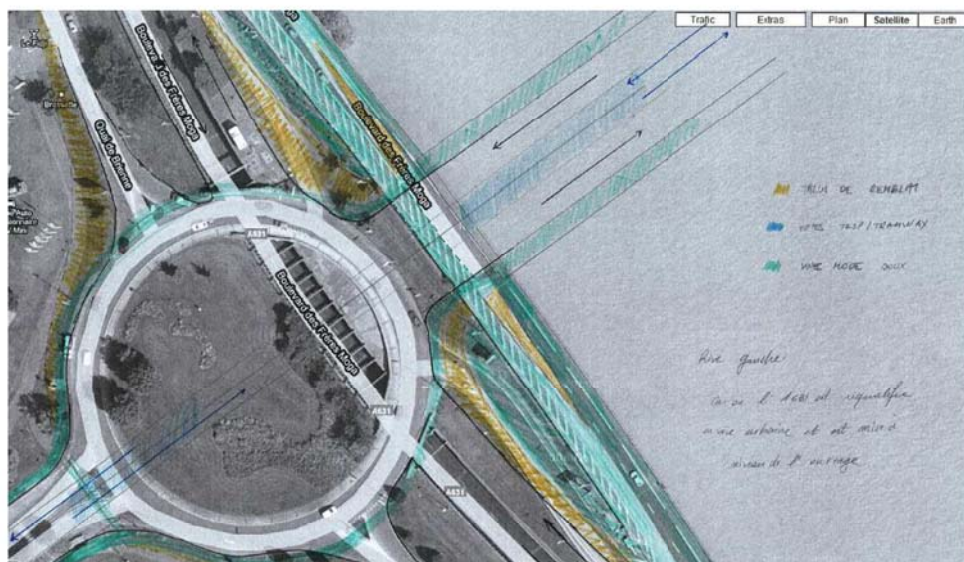
1.4.1.2 Solution B

Similaire à la précédent, mais les accès à l'A631 sont supprimées : Le front sur berge pour aménagement est plus grand et les circulations plus simples.



1.4.1.3 Solution C

L'A631 est requalifiée en voie urbaine et un carrefour est créé. L'esquisse faite propose un front sur berge au TN avec des pentes pour que les modes doux rejoignent les passerelles. Un pont cadre permet de relier les voies mode doux de part et d'autre du pont (pointillés vert sur la figure)



1.4.2.1 Solution A

1.4.2.2 Solution B

Le quai de la Souys est au niveau de l'ouvrage et un carrefour est créée. Il n'y a plus d'espace pour aménagement des berges et des murs sont à créer le long de la rive du fleuve. Les modes doux de part et d'autre du pont ne peuvent communiquer que par l'introduction de passage piétons/vélos.



1.4.3 Commentaires qualitatifs sur les solutions

En rive droite, la solution A permet de conserver toutes les liaisons actuelles et préservent l'A631. En revanche, les modes doux circulent relativement difficilement et l'introduction de feux est nécessaire. La solution B fait perdre l'accès à l'A631 mais elle donne plus de place aux modes doux et une fluidité plus grande du trafic. Les feux pourraient peut être, être évités. Dans la solution C, l'A631 est requalifiée en voie urbaine ce qui modifie fortement le trafic. La circulation sur le giratoire est plus difficile que dans les deux autres solutions.

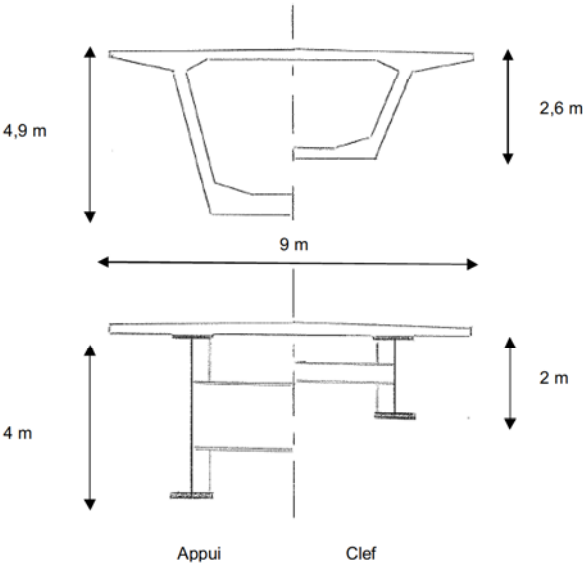
En rive gauche, la solution A permet d'aménager les berges et donne une place relativement importante aux modes doux ; en revanche, le passage dans la ZAC des quais est obligatoire et peut conduire à un trafic plus dense. La solution B donne moins de place aux modes doux mais la connexion directe aux quais de la Souys est faite ; à l'inverse de la solution A, un carrefour est situé à l'extrémité du pont.

Les esquisses montrent aussi qu'il est difficile de faire déboucher un pont 2 x 2 voies dans la ZAC.

2 Structure

2.1 Tablier

Ci-dessous on présente deux coupes transversales type des ouvrages projetés (cas des inerties variables).

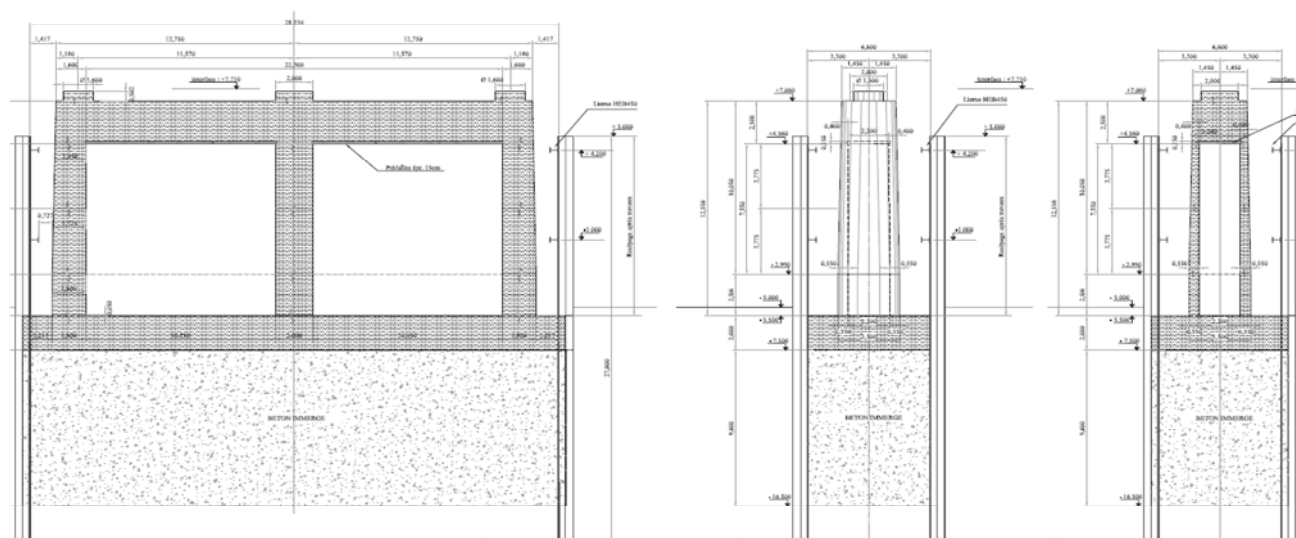


2.2 Appuis

On retient un schéma statique de l'ouvrage où le tablier est simplement appuyé sur les piles et le point fixe est à une culée. Le tablier est bloqué transversalement à chacun de ses appuis.

Les piles sont des fûts en béton armé en forme d'ovoïde. On rappelle notre hypothèse d'une pile commune à chaque appui pour supporter tous les ouvrages. De telles piles sont courantes comme le montre le Pont Garonne ou de nombreux ponts parisiens. On suppose que les appuis sont construits dans des batardeaux.

On suppose des fondations sur semelles, elles ont une épaisseur de 2 m et une sous face à la cote -16,50 NGF.



3 Pré-estimation des quantités

3.1 Tablier du pont

Les quantités annoncées ci-dessous sont issues de l'expérience et de ratios typiques, ils ne sont basés sur aucun calcul d'ouvrage et ne peuvent donc être considéré comme des évaluations précises de quantités de matériaux mais simplement un ordre de grandeur pour faire des comparaisons de solutions.

3.1.1 Tablier mixte

3.1.1.1 Inertie constante

Le prédimensionnement donne les valeurs suivantes :

- 3100 t de béton (1290 m³)
- 1525 t d'acier de charpente (195 m³)
- 325 t d'armatures (40 m³)

3.1.1.2 Inertie variable

Le prédimensionnement donne les valeurs suivantes :

- 3100 t de béton (1290 m³)
 - 1900 t d'acier de charpente (240 m³)
 - 325 t d'armatures (40 m³)
- (+25% / solution à inertie constante)

3.1.2 Tablier béton précontraint

3.1.2.1 Inertie constante

Le prédimensionnement donne les valeurs suivantes :

- 8250 t de béton (3440 m³)
- 170 t d'acier de précontrainte (22 m³)
- 515 t d'armatures (66 m³)

3.1.2.2 Inertie variable

Le prédimensionnement donne les valeurs suivantes :

- 8700 t de béton (3630 m³) (+5% / solution à inertie constante)
- 180 t d'acier de précontrainte (23 m³) (+6% / solution à inertie constante)
- 545 t d'armatures (70 m³) (+6% / solution à inertie constante)

3.1.3 Passerelles

On retient forfaitairement une valeur de 1250 t de charpente métallique pour chaque passerelle.

3.2 Appuis du pont

3.2.1 Solution « Acier »

On propose de retenir les valeurs forfaitaires suivantes par appui en dans le fleuve :

- Béton immergé, non armé : 2350 m³
- Béton armé : 1700 m³
- Armatures : 255 t (32,5 m³)

3.2.2 Solution « Béton »

On propose de retenir les valeurs forfaitaires suivantes par appui dans le fleuve :

- Béton immergé, non armé : 2900 m³
- Béton armé : 1050 m³
- Armatures : 280 t (35,5 m³)

Pour les appuis non immergés, on retient forfaitairement les mêmes valeurs sans le béton immergé.

3.3 Equipements du pont

On ne peut qu'approcher grossièrement leur coût à ce stade. Des expériences passées, on propose de retenir :

- 13% du coût total du pont
- 36% des coûts de maintenance du pont

3.3.1 Superstructures

3.3.1.1 Etanchéité

On retient une chape d'étanchéité de 3 cm sur les ponts soit un volume de 450 m³ de mélange d'asphalte et de bitume

3.3.1.2 Couche de roulement

On retient une épaisseur de 8 cm d'enrobées sur les ponts, soit un volume de 1200 m³.

3.3.2 Garde-corps

Dans la limite où les ouvrages se touchent, il n'y a pas de garde de corps à mettre en place entre les ponts, mais seulement aux extrémités au niveau des passerelles. Ceux-ci sont supposés pris en compte dans le tonnage de la passerelle.

3.3.3 Joints de chaussée

Compte tenu de la longueur d'ouvrage projeté (< 600 m), on peut projeter des joints seulement aux deux extrémités de l'ouvrage.

3.3.4 Appareils d'appui

Le tablier repose sur ses appuis via des appareils d'appui, ils seront en élastomère fretté ou des appareils d'appui à pot.

3.3.5 Corniches

Les passerelles de part et d'autre du pont « habille » celui-ci et font ainsi aussi office de corniche. Le matériau et le prix associé aux corniches est donc inclus dans celui des passerelles.

3.3.6 Evacuations des eaux

Un système d'évacuation des eaux doit être prévu quelque soit l'ouvrage construit.

3.3.7 Eclairage

3.3.7.1 Consommation

Il convient de distinguer l'éclairage public et l'éclairage fonctionnel.

Pour l'éclairage fonctionnel, on peut compter 2 lanternes de 250 W tous les 40 m, on arrive alors à une puissance consommée de 7kW pour le pont, 12 h par jour.

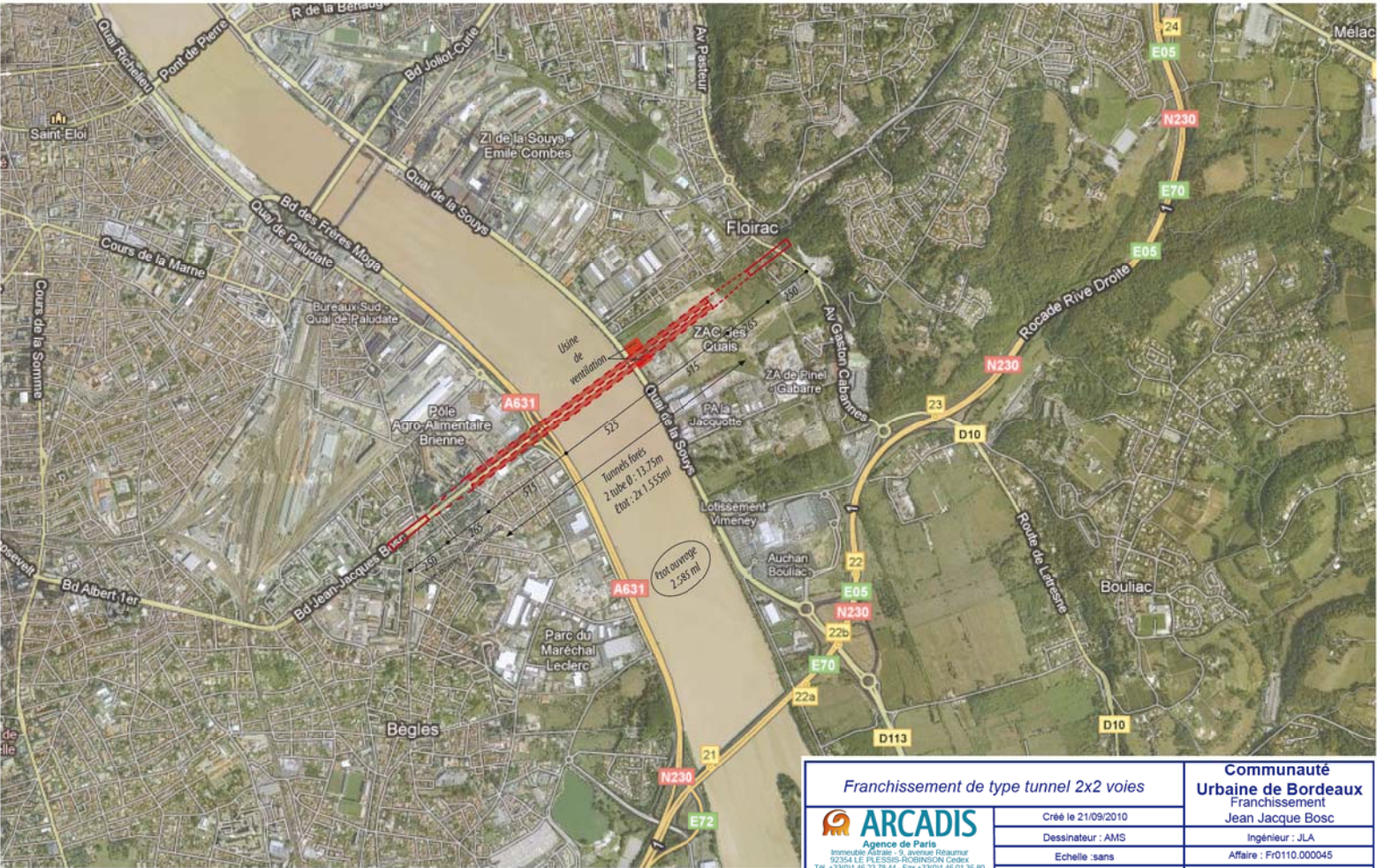
Pour l'éclairage public, celui-ci dépend fortement de l'attention apportée à l'illumination ornementale qui contribue fortement à la mise en valeur du pont la nuit, soit la moitié du temps !

On peut retenir 150 W pour chaque l'illumination par passerelle et tous les 10 m, soit 8,25 kW et 4 projecteurs de 400 W pour l'illumination des piles, soit 1,6 kW par pile. En somme, on retiendra l'hypothèse d'une consommation 20 KW de consommation pour la mise en valeur du pont.

3.3.7.2 Coût

Le coût de la mise en lumière, tout comme la consommation de celle-ci dépend fortement du projet lui-même. Cependant, on peut estimer que le coût sera de l'ordre de 250 k€. Le coût peut être négligé car il est faible par rapport au coût de l'ouvrage et le degré de précision des évaluations du coût de l'ouvrage est peu élevé.

Annexe 2 : Description géométrique des solutions tunnel 2*1 et 2*2 voies



Franchissement de type tunnel 2x2 voies		Communauté Urbaine de Bordeaux Franchissement Jean Jacques Bosc	
 ARCADIS Agence de Paris Immeuble Astrale - 9, avenue Robespierre 92354 LE PLESSIS-ROBESPIERRE Cedex Tél. +33(0)1 46 23 78 44 - Fax +33(0)1 46 01 35 80 www.arcadis-fr.com	Créé le 21/09/2010	Ingénieur : J.L.A.	
	Dessinateur : AMS	Affaire : Fr0110.000045	
	Echelle : sans	N° de dessin : FR0110.000045.1	
		Page 82 sur 107 - Annexe N°	



Franchissement de type tunnel 2x1 voies		Communauté Urbaine de Bordeaux	
ARCADIS		Franchissement	
Agence de Paris		Jean Jacques Bosc	
Créé le 21/09/2010		Ingénieur : JLA	
Dessinateur : AMS		Affaire : FR0110.000045	
Echelle : sans		Page 63 sur 197	
N° de dessin : FR0110.000045.2		Annexe N°	

Document protégé, propriété intellectuelle Arcadis EBS. Ne peut être diffusé ou communiqué à des tiers sans l'autorisation écrite préalable de l'Agence de Paris. Toute réimpression, reproduction, intégrale ou partielle, sans autorisation écrite préalable de l'Agence de Paris est formellement interdite.

Description Géométrique des solutions Tunnel

1	TYPES DE FRANCHISSEMENTS ETUDIES	2
1.1	SOLUTIONS ETUDIEES :	2
1.2	TECHNIQUE DE REALISATION :	2
1.3	CONDITIONS GEOMETRIQUES	2
1.4	CONDITIONS DE TRAFIC	2
2	TUNNELS IMMERGES	3
2.1	TUNNEL 2 X 2 VOIES	3
2.2	TUNNEL 2 X 1 VOIE	3
2.3	PROFIL EN TRAVERS EN SORTIE DE TUNNEL (RACCORDEMENT AUX VOIRIES DE SURFACE)	4
2.4	PROFIL EN TRAVERS SOUS GARONNE	4
2.5	PROFIL EN LONG SOUS GARONNE	4
3	TUNNELS FORES	6
3.1	TUNNEL 2 X 2 VOIES	6
3.2	TUNNEL 2 X 1 VOIES	6
3.3	PROFILS EN LONG DES TUNNELS FORES	6

1 Types de franchissements étudiés

1.1 Solutions étudiées :

- tunnel 2 x 2 voies
- tunnel 2 x 1 voie

1.2 Technique de réalisation :

- tunnel immergé
- tunnels forés

soit par combinaison, 4 types de franchissements.

1.3 Conditions géométriques

Profil en travers : les documents de base sont ceux du CETU : dossier ICTAVRU ainsi que le Dossier Pilote Tunnels. Les recommandations les plus appropriées pour définir la largeur roulable semblent être celles émises pour les Voiries et Rocades Urbaines VRU type U, dont nous nous inspirerons pour définir des profils réalistes.

Pour ce qui est de la hauteur, on s'est basés sur le gabarit routier à 4.50m + une réserve pour la signalisation, ou un gabarit tramway. Hauteur intérieure retenue = 6m00.

Profil en long : sauf exception signalée plus loin, les pentes seront de 4% (accès personnes à mobilité réduite)

1.4 Conditions de trafic

Tunnels ouverts aux :

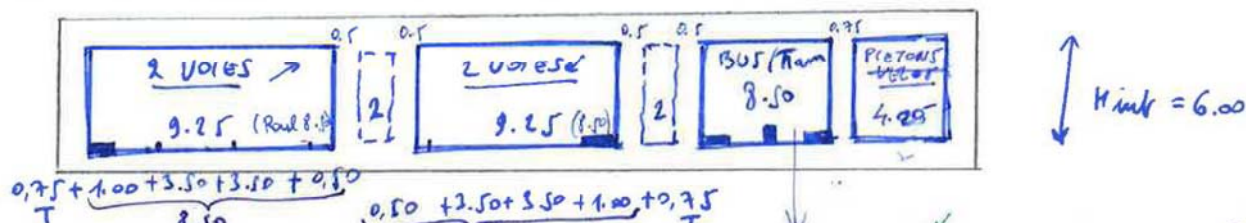
- véhicules légers (VL)
- poids lourds (PL). Incidence principale = gabarit de 4.50m^H
- transports en commun : dans un premier temps des bus, ultérieurement le tram

Comme il n'est pas envisageable de faire évoluer (élargir ou doubler) un tunnel par phases, on a supposé que des emprises réservées aux bus seraient ultérieurement aménagées pour le passage du tramway.

- piétons et vélos (regroupés dans un même pertuis, pour être plus à l'abri des pollutions)

2 Tunnels immergés

2.1 Tunnel 2 x 2 voies



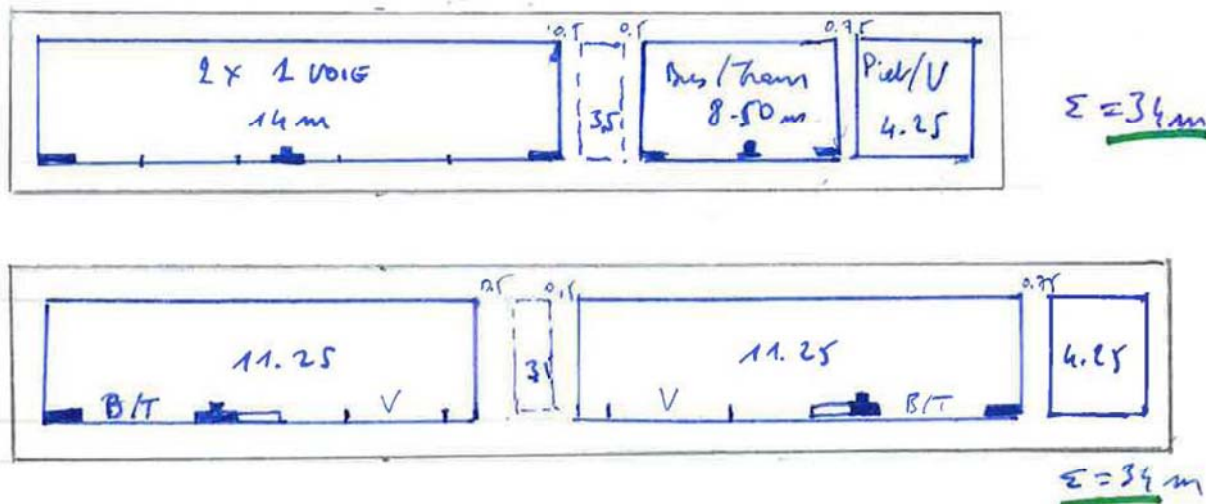
La largeur roulable a été prise à 8.50 m, ce qui permet dans le cas d'un camion en panne et arrêté, d'être cependant doublé par un poids lourd roulant au pas et un véhicule léger roulant à vitesse prudente.

Le bus / tram est placé dans un pertuis séparé, tout comme les piétons / vélos.

Compte tenu des gaines de ventilation, on arrive à **une largeur totale de 40 mètres**

2.2 Tunnel 2 x 1 voie

Deux conceptions sont possibles :



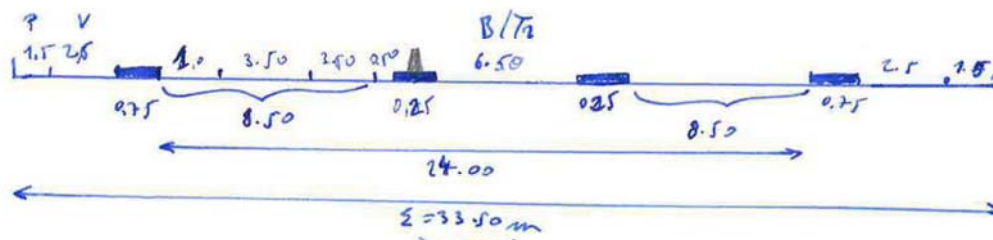
- Bus / tram séparés du reste du trafic
- Bus / tram groupés avec les véhicules circulant dans le même sens.

Dans un tunnel à 1 voie dans chaque sens, il paraît indispensable pour la sécurité de séparer les chaussées par une berme centrale, surtout pour un tunnel aussi long. Dans le cas d'un camion en panne et arrêté, il doit au moins pouvoir être doublé par un autre poids lourd roulant au pas, si on ne veut pas bloquer le tunnel. La largeur roulable est en conséquence proportionnellement plus large que pour le tunnel 2 x 2 voies.

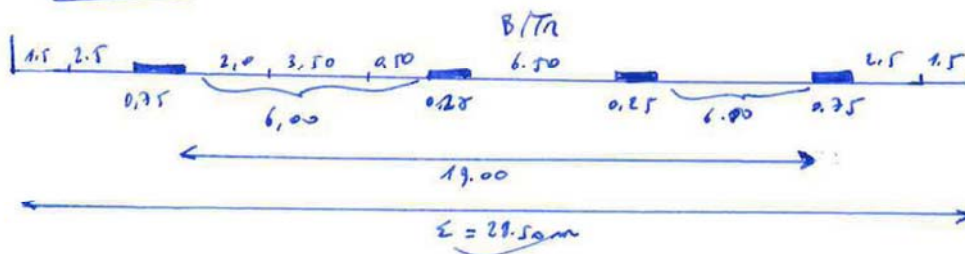
Compte tenu des gaines de ventilation, on arrive à une largeur totale de 34 mètres dans les deux cas.

2.3 Profil en travers en sortie de tunnel (raccordement aux voiries de surface)

* 2 x 2 voies



* 2 x 1 voie



2.4 Profil en travers sous Garonne

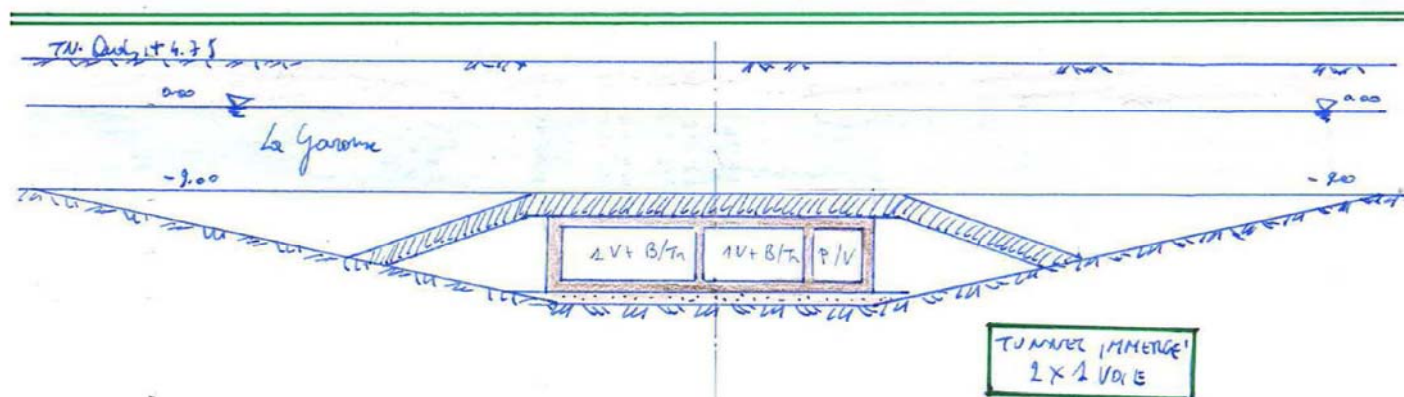
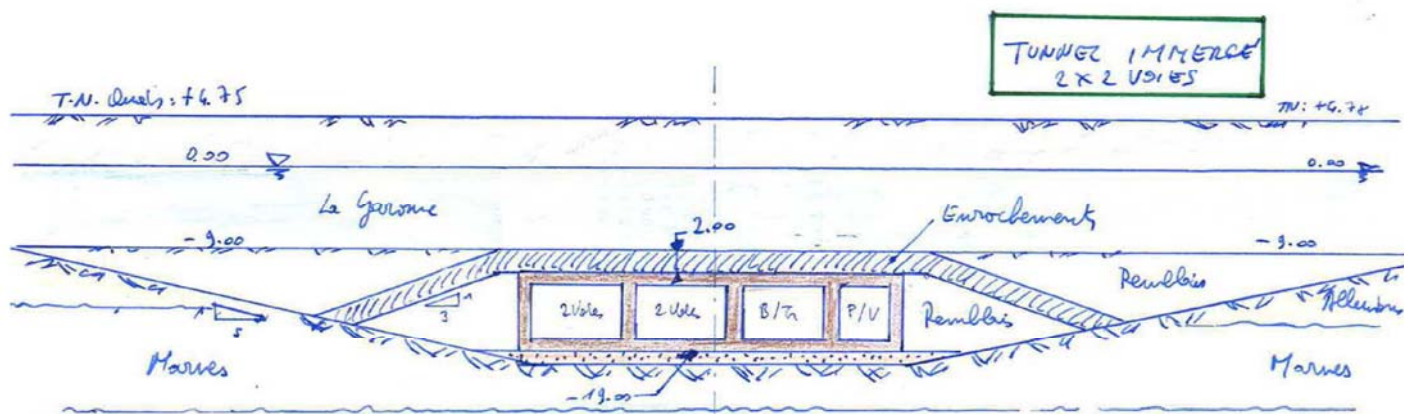
Toutes les voies (PL, VL, bus et tram) étant côte à côte auront la même pente de 4%.

Pour le calage dans le plan vertical, le tunnel immergé a été vérifié la flottaison sous crue. Il est recouvert d'une protection / lest en enrochements.

On constate la largeur importante de la souille à réaliser dans la Garonne - de l'ordre de 150 m quelle que soit la solution

2.5 Profil en long sous Garonne

On constate la longueur importante de l'accès au tunnel : 550 m de part et d'autre pour retrouver le TN.



3 Tunnels Forés

Nous avons essayé de combiner les divers trafics dans des tubes de diamètre minimum. Après avoir testé plusieurs configurations (tunnels pour véhicules seuls, pour transports en commun seuls,...), les solutions les plus réalistes sont les suivantes.

3.1 Tunnel 2 x 2 voies

- Prévoir deux tubes Ø 13.75 m, un pour chaque sens.
- Superposition des voies de circulation : PL et VL en haut, transports en commun + piétons et vélos en bas
- La largeur roulable en haut a été prise à 8.50 m, soit les mêmes conditions que pour le tunnel immergé.

3.2 Tunnel 2 x 1 voies

- Prévoir deux tubes Ø 12.50 m, un pour chaque sens. Nota : le gain en diamètre est faible.
- Superposition des voies de circulation : PL et VL en haut, transports en commun + piétons et vélos en bas
- La largeur roulable en haut a été prise à 8.50 m, soit les mêmes conditions que pour le tunnel immergé.

3.3 Profils en long des tunnels forés

Les représentations concernent les tunnels 2 x 2 voies. Les accès seront moins longs en 2 x 1 voie :

- point de sortie = 945 ml de la Garonne au lieu de 1030 ml,
- soit de 450 ml au lieu de 515 ml pour les trémies,

ce qui reste des distances considérables !!

Le gain du (2 x 1 voie) sur le (2 x 2 voies) est faible.

Il faut envisager pour les piétons et vélos des ascenseurs en bord de Garonne.

Le creusement en sécurité sous la Garonne nécessite une couverture de l'ordre de 1.5 Ø de tunnel. En sortie en tranchée, on peut admettre 1 Ø. D'où les deux coupes de ma figure 0.

Les pentes ont été prises à 4% pour le ½ tube supérieur. Elles sont pareilles dans le ½ tube inférieur. Il faut toutefois « rattraper » la pente dans la partie en tranchée. Cela conduit à des pentes de 5%.

On peut toutefois imaginer qu'en cas de problème dans un tube, les personnes à évacuer passeront dans le tube voisin où la voie supérieure est bien à 4%.

Annexe 3 : Note technique : Gain de temps

Indicateur : Gain de Temps

1	DESCRIPTION DE L'INDICATEUR DE GAIN DE TEMPS	2
2	EVALUATION.....	2
2.1	REMARQUES.....	2
2.1.1	<i>Sur les gains de temps.....</i>	<i>2</i>
2.1.2	<i>Sur la monétarisation.....</i>	<i>3</i>
2.2	CHIFFRAGE DE L'INDICATEUR.....	3
3	ANALYSE	4

1 Description de l'indicateur de gain de temps

Cet indicateur permet d'estimer les gains de temps réalisés par les utilisateurs de véhicules légers en situation de projet 2025 par rapport à la référence 2025 à l'échelle de l'agglomération, à savoir :

- les utilisateurs de l'ouvrage qui vont réduire leur temps de trajet ;
- les véhicules n'utilisant pas l'ouvrage mais profitant de la fluidification des itinéraires apportée par l'ouvrage ;
- les nouveaux utilisateurs induits par la nouvelle infrastructure

L'indicateur est un indicateur classiquement évalué dans le cadre des dossiers LOTI, dossiers visant à évaluer l'impact économique et social d'un projet routier dans le cadre des dossiers de mise à l'enquête publique d'une étude d'impact.

La valorisation des gains de temps est effectuée en se référant aux valeurs tutélaires définies dans l'instruction cadre de mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport et dans l'instruction de mai 2007 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbains.

Le projet a 3 impacts différents sur les gains de temps :

- 1°) le franchissement permet de raccourcir les distances donc les temps de parcours en évitant des détours,
- 2°) le report modal sur les TC va générer une baisse des véhicules, ce qui, avec le report des véhicules sur le nouveau franchissement, va fluidifier beaucoup d'itinéraires qui pourront être alors optimisés en temps de parcours,
- 3°) par contre, le trafic induit sur les Origines-Destinations de part et d'autre du pont va limiter la baisse des temps de parcours générée par le report modal.

2 Evaluation

2.1 Remarques

2.1.1 Sur les gains de temps

Il est important de prendre en compte le fait que les gains du temps dans la variante avec tunnel à 2x2voies sont calculés par rapport à un scénario de référence 2025 différent des autres variantes car ce scénario n'a pas été mis à jour dans la nouvelle actualisation du modèle de trafic réalisé en août-septembre. La comparaison des gains de temps de la variante avec tunnel à 2x2voies avec les autres variantes doit donc être faite avec précautions.

Cette estimation des gains de temps est conservative car, en raison de la disponibilité d'un modèle uniquement monomodal route, seuls les gains de temps des véhicules ont été pris en compte. Pour réaliser une évaluation complète des gains de temps, il faudrait estimer les gains de temps des usagers de l'ensemble des modes, que ce soient les transports collectifs ou les modes doux (vélo, marche...) qui bénéficient également du projet.

2.1.2 Sur la monétarisation

La monétarisation des gains de temps est basée sur les valeurs tutélaires recommandées dans l'instruction de mai 2007¹. Il est fait l'hypothèse que tous les véhicules sont des véhicules particuliers (VP) effectuant des trajets courte distance inférieurs à 20km et que la valeur du temps (VDT) évolue conformément à l'instruction de mai 2007.

Une VDT en 2025 de 14.41€₂₀₁₀/h a ainsi été prise en compte pour les VL.

2.2 Chiffrage de l'indicateur

Sur la base de l'étude de trafic disponible, les gains de temps suivants ont pu être calculés :

Evaluation des gains de temps à l'HPS par rapport à la référence 2025	Gain de temps des véhicules dont induits (en véh.h)	Différence par rapport au projet le plus faible (tunnel 2x2)	Flux de véhicules HPS sur le franchissement (en veh/h)	Ratio du gain de temps par véhicule utilisant le franchissement (en min)
Projet 2025 tunnel 2x1	-888	-57%	2300	-23
Projet 2025 tunnel 2x2	-2077	0%	3800	-33
Projet 2025 pont 2x1 avec trémies	-1419	-32%	2700	-32
Projet 2025 pont 2x2 avec trémies	-1816	-13%	4000	-27
Projet 2025 pont 2x1 sans trémies	-721	-65%	2600	-17
Projet 2025 pont 2x2 sans trémies	-927	-55%	3400	-16

Il est à noter que les gains de temps des déplacements induits ont été pris en compte dans les calculs et sont estimés à environ 70 véh.h à l'HPS, soit entre 3% et 10% des gains de temps totaux des véhicules selon les scénarios. De plus, à titre informatif, nous pouvons grossièrement estimer les gains de temps des usagers se reportant de la route sur les TC à 100 véh.h en faisant l'hypothèse que 10 minutes sont gagnées par les 580 véhicules se reportant sur les TC.

Ces gains de temps ont été monétarisés en utilisant une valeur du temps moyenne des véhicules circulant dans l'agglomération et ont été comparés aux investissements en travaux induits par chaque variante.

Valorisation des gains de temps totaux annuels par rapport à la référence 2025	Gains de temps annuels (en Mveh.h)	Gains de temps annuels monétarisés en M€2010	Montant des travaux (en M€2010)	Ratio du gain de temps annuel monétarisé par € de travaux
Projet 2025 tunnel 2x1	-2.432	35	465	0.08
Projet 2025 tunnel 2x2	-5.687	82	375	0.22
Projet 2025 pont 2x1 avec trémies	-3.886	56	76	0.74
Projet 2025 pont 2x2 avec trémies	-4.972	72	88	0.81
Projet 2025 pont 2x1 sans trémies	-1.973	28	76	0.37
Projet 2025 pont 2x2 sans trémies	-2.537	37	88	0.42

¹ Instruction de mai 2007 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbains, mai 2007

3 Analyse

Tout d'abord il faut noter que ces gains de temps tous supérieurs à 700 véh.h à l'heure de pointe du soir (HPS), sont importants quelque soit la variante, ce qui se vérifie par des monétarisations supérieures à 28M€₂₀₁₀ économisées par an. En effet, le temps gagné en situation de projet par rapport au réseau fortement saturé en situation de référence 2025 est élevé car le nouveau franchissement apporterait une nouvelle capacité de trafic qui permettrait d'une part de faire gagner du temps aux nouveaux utilisateurs de ce franchissement mais aussi aux utilisateurs des autres ponts de l'agglomération dont la circulation, fortement congestionnée en référence, serait nettement fluidifiée.

Cependant, les solutions du tunnel à 2x2voies et du pont 2x2 avec trémies se distinguent par des gains de temps estimés à environ 1 800-2 000 véh.h à l'HPS, soit un ratio élevé de 30min gagnées par véhicule utilisant le franchissement à l'heure de pointe. Il est intéressant de remarquer que ce ratio de 30min est atteint aussi pour la solution du pont 2x1 avec trémies dont les gains de temps mais aussi la capacité sont plus faibles.

Comme dit précédemment, les gains importants de la solution du tunnel à 2x2voies doivent être utilisés avec précaution en raison de la référence 2025 différente. Cependant, nous pouvons nuancer cet avantage du gain du temps par le coût élevé des solutions de tunnels qui rendent beaucoup moins attractive la monétarisation des gains de temps par € investi en travaux.

Les variantes de pont sans trémies et la solution du tunnel 2x1 présentent des gains de temps de 55% à 65% plus faibles que cette solution.

Toutefois, si l'on considère strictement la notion de gain de temps, la classification suivante peut être proposée :

Indicateur	Gain de temps			
Solution	Pont 2*2	Tunnel 2*1	Pont 2*1	Tunnel 2*2
Cotation	2	0	2	2

En effet on admet que :

- Les solutions tunnel et pont (avec trémies) 2*2 voies présentent très nettement les gains de temps les plus favorables.
- Les solutions de type pont et tunnel 2*1 voie améliorent la situation actuelle ;

Annexe 4 : Note technique : Gain frais de fonctionnement

Indicateur : Gain en frais de fonctionnement

1	DESCRIPTION DE L'INDICATEUR DU GAIN EN FRAIS DE FONCTIONNEMENT.....	2
2	EVALUATION DE L'INDICATEUR.....	2
2.1	REMARQUES.....	2
2.2	CHIFFRAGE DU CRITERE.....	3
3	ANALYSE	3

1 Description de l'indicateur du gain en frais de fonctionnement

Cet indicateur permet d'estimer les gains en frais de fonctionnement réalisés par les utilisateurs de véhicules légers en situation de chaque projet 2025 par rapport à la référence 2025, à savoir :

- les utilisateurs de l'ouvrage qui vont réduire leur distance de trajet ;
- les véhicules n'utilisant pas l'ouvrage mais profitant de la fluidification des itinéraires apportée par l'ouvrage;
- les nouveaux utilisateurs induits par la nouvelle infrastructure

Comme l'indicateur de gain de temps, l'indicateur des gains en frais de fonctionnement est un indicateur classiquement évalué dans le cadre des dossiers LOTI, dossiers visant à évaluer l'impact économique et social d'un projet routier dans le cadre des dossiers de mise à l'enquête publique d'une étude d'impact.

La valorisation des gains de temps est effectuée en se référant aux valeurs tutélaires définies dans l'instruction cadre de mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport et dans l'instruction de mai 2007 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbains.

Le projet a 3 impacts différents sur les frais de fonctionnement :

- 1°) le franchissement permet de raccourcir les distances de déplacements en évitant des détours,
- 2°) le report modal sur les TC va générer une baisse des véhicules, ce qui va fluidifier beaucoup d'itinéraires qui pourront être alors optimisés en distance de trajet,
- 3°) par contre, le trafic induit sur les Origines-Destinations de part et d'autre du pont va amener une hausse des frais de fonctionnement.

2 Evaluation de l'indicateur

2.1 Remarques

Les hypothèses sont celles recommandées dans l'instruction cadre de mai 2007 :

Frais de fonctionnement véhicules	VL TTC	dont taxes	PL TTC sauf TVA	dont taxes
Entretien(€/2000/km)	0.070	0.012	0.130	0
Dépréciation véhicule (€/2000/km)	0.027	0.004	0	0
Carburant (€/2000 par l)	1	0.500	0.710	0.390

Consommation de carburant (en L/km)	VL	PL
	0.08	0.24

Les ratios kilométriques de frais d'entretien, de dépréciation du véhicule et de frais de carburant sont supposés stables en euros constants.

Comme pour l'indicateur gain de temps, cette estimation des gains en frais de fonctionnement est incomplète car, en raison de la disponibilité d'un modèle uniquement monomodal route, seuls les gains en frais de fonctionnement des véhicules présents en situation de projet ont été pris en compte.

2.2 Chiffrage du critère

L'évaluation des gains en frais de fonctionnement des véhicules déjà présents sur le périmètre d'étude a donné les valeurs suivantes :

Gains de frais de fonctionnement annuels selon l'option de franchissement pour les véhicules par rapport à la référence 2025	Ecart de kilométrage		Gains en frais de fonctionnement (en M€ 2010)					Diff avec l'option du tunnel 2x1 voie
	Nb de véh.km VL à l'HPS	Nb de véh.km PL à l'HPS	VL TTC	dont taxes	PL TTC sauf TVA	dont taxes	Total	
Projet 2025 tunnel 2x1	-6388	-436	4.860	1.535	0.562	0.175	5.423	0%
Projet 2025 tunnel 2x2 [*]	-2075	-307	1.579	0.499	0.396	0.123	1.975	-64%
Projet 2025 pont 2x1 avec trémies	-4118	-348	3.133	0.990	0.450	0.140	3.583	-34%
Projet 2025 pont 2x2 avec trémies	-4795	-584	3.648	1.152	0.754	0.235	4.402	-19%
Projet 2025 pont 2x1 sans trémies	-3826	-301	2.911	0.919	0.388	0.121	3.299	-39%
Projet 2025 pont 2x2 sans trémies	-4342	-386	3.303	1.043	0.498	0.155	3.801	-30%

* NB : la situation de référence du tunnel 2x2 est différente de celle des autres projets (voir ci-dessus)

Les frais de fonctionnement des 650 véhicules induits, qui sont inclus dans le calcul ci-dessus et qui génèrent 2 356 véh.km, sont estimés à environ +1.8 M€₂₀₁₀ TTC dont +0.57 M€₂₀₁₀ de taxes. Il est intéressant de remarquer que la distance moyenne parcourue par un véhicule induit est de 3.6km, ce qui reflète l'hypothèse que les véhicules induits sont générés uniquement sur des OD courte distance de part et d'autre du franchissement.

3 Analyse

L'analyse est similaire à celle des gains de temps, à la grande différence près que le montant de gains en frais de fonctionnement s'élève à un niveau plus faible. En effet, la distance gagnée, faible, ne dépasse pas 2 ou 3 km alors que le temps gagné par rapport au réseau fortement saturé en situation de référence 2025 est élevé.

Les gains en frais de fonctionnement des véhicules sont les plus importants pour l'option du tunnel en 2x1voie. Comme pour les gains de temps hors induction, les solutions de pont génèrent des gains entre 20% et 40% plus faibles, avec le pont en 2x2 voies avec trémies par rapport à la meilleure solution tunnel.

Annexe 5 : Note technique : Impact acoustique

Indicateur : Impact acoustique

1	INTRODUCTION.....	2
2	APPROCHE QUALITATIVE.....	2
3	APPROCHE QUANTITATIVE.....	2
3.1	DESCRIPTION DE LA METHODOLOGIE	2
3.2	SYNTHESE DES RESULTATS.....	3
4	CONCLUSION	5

1 Introduction

Le franchissement étudié est indissociable des éléments qui l'entourent, formant un ensemble où chaque élément interfère sur les autres. Cet ensemble d'éléments dessine un espace où des enjeux de bien être et de confort sont conditionnés par le bruit qui les entoure.

Pour évaluer l'indicateur « Impact acoustique » lié au franchissement, l'étude menée s'est limitée à :

- une approche qualitative liée à la configuration géométrique des franchissements
- une approche quantitative associée aux variations de trafic induites par les franchissements compte tenu d'un état de référence sans franchissement. A la variation de trafic définie, une empreinte acoustique associée a été définie

2 Approche qualitative

D'un point de vue purement géométrique, l'impact acoustique direct du projet avec une solution en tunnel est plus avantageux qu'une solution aérienne. Il faut cependant comparer les accès de ces deux ouvrages qui peuvent inverser cet impact.

La longueur de trémie nécessaire aux accès tunnel, plus importante qu'un simple raccord du pont aux voies sur berges, va générer du trafic supplémentaire sur un plus long parcours.

Les trémies réalisées avec des piédroits verticaux et réfléchissants vont générer de la multi réflexion du bruit et augmenter légèrement les niveaux de bruit globaux dûs à la simple augmentation de trafic.

Sur ce point, seule une étude quantitative plus fine peut trancher en faveur d'une solution ou d'une autre. Cela relève d'une étude de détail avec une simulation en 3D permettant de comparer les niveaux de bruit en façades des habitations les plus proches du projet.

3 Approche quantitative

3.1 Description de la méthodologie

Les impacts sont évalués à partir des données des études de trafic qui fournissent l'évolution de la circulation automobile à l'état actuel, l'état de référence (futur sans projet) et à la mise en service du projet.

Pour évaluer l'impact du projet ou comparer les solutions entre elles, nous analysons l'évolution de la circulation pour toutes les voies importantes subissant une augmentation ou une diminution du trafic de plus ou moins 10 % avec le projet.

Les vitesses retenues étant les vitesses réglementaires, ce paramètre reste inchangé entre les différents scénarios. Cette hypothèse est cohérente avec le caractère moyen des évaluations acoustiques basées sur des indicateurs, moyennant le bruit émis sur un intervalle de temps de 16 heures le jour (LAeq(6-22h)) et 8 heures la nuit (LAeq(22-6h)).

La différence de volume de trafic affectée d'une fonction logarithmique nous donne le delta en décibels entre les situations avec et sans projet.

3.2 Synthèse des résultats

Sur la base du tableau ci-dessous, il est possible d'établir le tableau synthétique suivant :

Communauté Urbaine de Bordeaux
Franchissement Amont de la Garonne dit Jean
Jacques Bosc
Analyse comparative

				Pont 2x1 trémies	Pont 2x2 trémies	Pont 2x1 ss trémie	Pont 2x2 ss trémie	Tunnel 2x1
Nombre de tronçons concernés	IMPACT POSITIF	Diminution des niveaux de bruit	> - 1dB(A)	22	37	19	14	18
	NEUTRE	Stabilité des niveaux	0.9 < * < -0.9 dB(A)	189	167	194	196	194
	IMPACT NEGATIF	Augmentation des niveaux	>1 dB(A)	37	44	27	30	22
Intensité maximale relevée				34.2	34.2	31.1	32.4	11.6
Longueur de tronçon	IMPACT POSITIF	> - 1dB(A)	mètre	5712	10663	7357	5363	6470
	IMPACT NEGATIF	>1 dB(A)		11953	14374	8800	10365	6538

4 Conclusion

Après analyse comparative des différents scénarios à partir des études de trafics, **il apparaît un avantage à la solution tunnel qui présente le moins d'impact négatif.**

Les solutions « pont » avec trémies font ressortir de nombreuses fluctuations de niveaux de bruit en négatif ou en positif.

A titre indicatif, en matière de réglementation sur la lutte contre le bruit, on considère qu'il y a une gêne et une obligation de prévoir des mesures compensatoires pour le maître d'ouvrage, lorsque les niveaux de bruit augmentent de plus de 2 dB(A) par rapport à une situation, au même horizon, sans travaux. Ceci est valable dans le cas de transformation significative d'une voie existante.

Dans le cas de création de voie nouvelle il faut respecter les seuils de 60 ou 65 dB(A) en période diurne (6h-22h) en façade des habitations, suivant l'ambiance sonore actuelle de la zone d'étude, modérée (< 65 dB(A)) ou non modérée (> 65 dB(A)).

Annexe 6 : Note technique : Intégrabilité urbaine

Indicateur : Intégrabilité Urbaine

1	INTRODUCTION.....	2
2	PONTS « PAR-DESSUS ».....	2
3	PONTS PAR « EN-DESSOUS »	4
3.1	BIPOUTRE A INERTIE CONSTANTE	4
3.2	BIPOUTRE A INERTIE VARIABLE.....	5
3.3	PONT EN BETON PRECONTRAIT A INERTIE CONSTANTE.....	6
3.4	PONT EN BETON PRECONTRAIT A INERTIE VARIABLE	7
4	LES PASSERELLES.....	7
5	CONCLUSION	9

1 Introduction

Un projet de franchissement qu'il soit de type tunnel ou pont se devra d'être constitutif et structurant du paysage. Produisant des effets à différentes échelles, un tel projet doit contribuer à :

- Créer un cadre de vie de qualité ;
- Participer à la qualité esthétique des espaces traversés ;
- Exprimer ou symboliser dans la mesure du possible des spécificités culturelles.

Le projet de franchissement se doit donc d'être l'occasion de préserver ou de faire émerger un paysage intéressant et riche. Aussi au delà de la stricte insertion de l'ouvrage dans le paysage et dans son environnement urbain, la réussite et la qualité des projets urbains alentours sont conditionnées par l'existence d'un futur franchissement et sa bonne adéquation aux besoins de mobilité.

Dans la présente note l'intégrabilité urbaine s'est limitée à l'étude des alternatives architecturales envisageables pour les solutions de franchissement considérées. Aussi, il est admis qu'une solution de type tunnel n'offre que très peu d'alternatives architecturales rendant son intégrabilité urbaine plus difficile.

Ainsi et pour cette raison, la présente note s'est exclusivement attachée à présenter les alternatives possibles d'aménagement d'un franchissement de type pont (pont par-dessus, pont par-dessous, passerelle) sur la base des différents retours d'expérience d'ARCADIS acquis sur des projets similaires.

2 Ponts « par-dessus »

On entend par l'expression « par-dessus » tous les ponts dont la structure porteuse se situe en partie au-dessus du tablier et des circulations.

Cela peut présenter un intérêt esthétique en habillant le paysage mais aussi être un inconvénient lorsque le pont le cache et brise la transparence d'une vallée, d'un fleuve, etc.

Dans cette famille, les ponts suspendus ne se justifient que pour les très grandes portées (de l'ordre de 1000 m minimum). Dans le cas présent une telle solution paraît moins appropriée que d'autre type de franchissement.



Figure 1 - exemple de pont suspendu : Pont du 25 avril (Lisbonne)

Les ponts à haubans permettent de franchir également de grandes portées et rendent les ponts suspendus de plus en plus rares.



Figure 2 - Pont de Terenez (en cours de construction, études d'exécution ARCADIS)

On peut également citer les ponts extradosés d'apparence relativement similaire mais au fonctionnement et au dimensionnement différents.



Figure 3 - Pont Ravine des 3 bassins (Maître d'œuvre ARCADIS)

Il y a également les ponts « Bow-String », ils permettent de franchir des portées de l'ordre de 100 à 200 m.



Figure 4 - Concours pour le tramway T1 de Lyon (groupement avec ARCADIS)

Toutes ces solutions sont envisageables dans le projet du franchissement Jean-Jacques Bosc, cependant elles n'ont pas été retenues dans l'étude car elle ne se justifie pas techniquement (le respect des contraintes est assuré par des solutions plus simples à priori) alors qu'elles sont plus chères.

Par ailleurs, les autres ponts sur la Garonne sont par « en-dessous » et nous avons suivi la culture locale pour une meilleure intégration.

3 Ponts par « en-dessous »

Nous nous sommes intéressés aux ponts en béton précontraint (solution « béton ») et au bipoutre mixte (solution « Acier »).

Il est possible de donner une inertie constante ou une inertie variable au tablier de ces ponts. Les photos ci-dessous illustrent quelques exemples célèbres de tels franchissements :

3.1 Bipoutre à inertie constante

Dans le pont à inertie constante, la hauteur des poutres métalliques est constante : cela permet d'avoir recours à des méthodes de construction originales comme le poussage :



Figure 5 - Pont sur la Têt (Maître d'œuvre ARCADIS)



Figure 6 - Pont de Salars (Maître d'oeuvre ARCADIS)

3.2 Bipoutre à inertie variable

Dans le pont à inertie à inertie variable, la hauteur de poutre est variable :

- Faible en clé (c'est-à dire à mi-distance entre deux appuis)
- Elevée sur appuis

Les figures ci-dessous permettent d'illustrer la différence entre un bipoutre à inertie constante (en bas) et un bipoutre à inertie variable (en haut) :

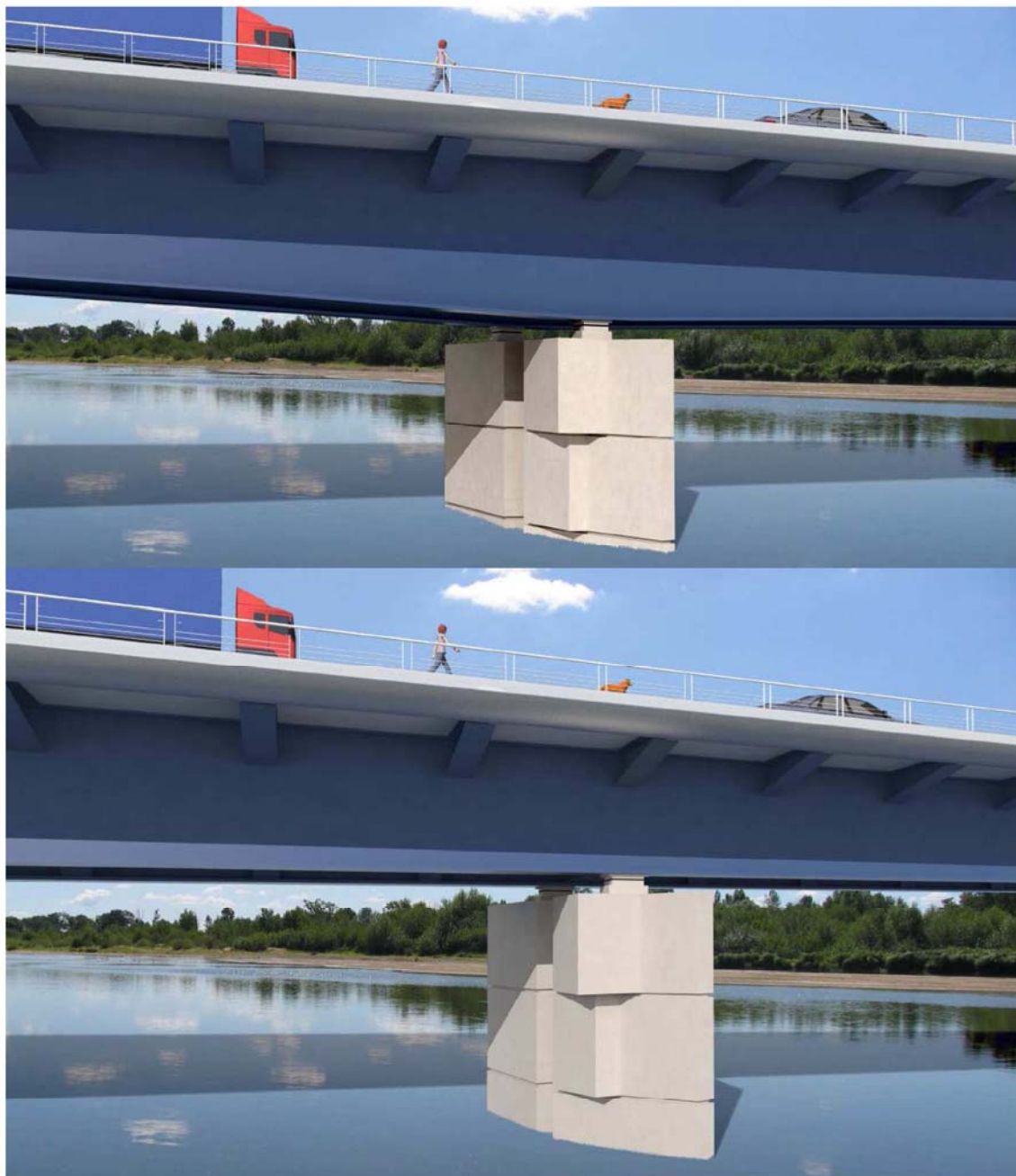


Figure 7 - Bipoutre à inertie variable / constante

3.3 Pont en béton précontraint à inertie constante

Dans le pont en béton précontraint à inertie constante, la hauteur du caisson est constante : cela permet d'avoir recours à des méthodes de construction originales comme le poussage ou encore (photos ci-dessous) la construction à l'avancement.



Figure 8 - Pont de Compiègne (Etudes d'exécution ARCADIS)

3.4 Pont en béton précontraint à inertie variable

Dans le pont à inertie à inertie variable, la hauteur du caisson est variable :

- Faible en clé (c'est-à-dire à mi-distance entre deux appuis)
- Elevée sur appuis

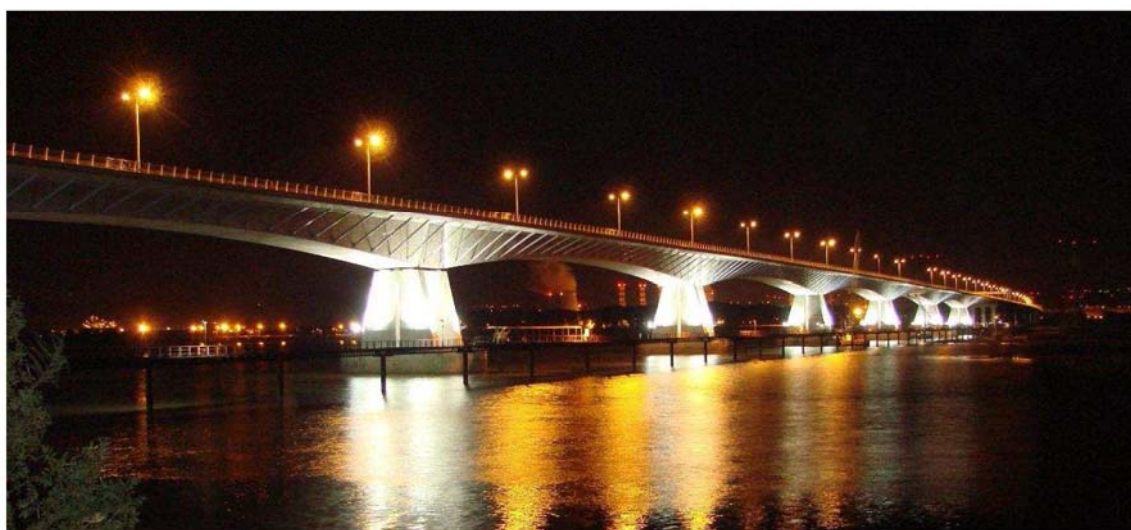


Figure 9 - Pont de la Lizeria (ARCADIS consultant expert de la maîtrise d'œuvre)

4 Les passerelles

Dans l'étude nous avons choisi de faire des structures relativement simples et d'habiller celles-ci de structures plus élégantes que seront les passerelles. Cela s'est déjà fait par ailleurs comme l'illustrent les exemples ci-après.



Figure 10 - Passerelles de Bezons (gauche) et passerelle du Pont National (droite) (Maîtrise d'œuvre ARCADIS)

Les passerelles peuvent être conçues comme de véritable espace qui crée un lien social fort : on peut penser à la passerelle des arts à Paris où tant de gens aiment se retrouver et partager du temps ou encore à la passerelle « Ponte della Musica » à Rome dont le programme demandait explicitement de la concevoir comme un espace public (pour recevoir des événements culturels, expositions, etc.) et évolutif.

Les images ci-dessous montrent le projet lauréat :





Figure 11 - Ponte della Musica (Rome)

5 Conclusion

Le projet de franchissement de la Garonne est un projet urbain et doit nécessairement s'intégrer dans son environnement paysagé. Le pont peut répondre à ce besoin, le tunnel plus difficilement.

Il apparaît même que le pont dans sa conception, ses aménagements, son traitement architectural, sa mise en valeur nocturne peut même contribuer à l'améliorer.

Le lien qu'offre un pont ne se limite pas au rapprochement qu'il crée entre deux rives, il peut être l'opportunité d'être un lieu de rassemblement et d'échange où un espace de vie se crée.

Les raccordements et les aménagements sur berge donnent la possibilité de restructurer complètement les environs et de nouvelles fonctions et usages sont imaginables.

Pour une réussite du projet, celui-ci devra être cohérent avec les autres projets d'aménagement du quartier et les mettre en valeur.

Annexe 7 : Note technique : Durée des travaux

Indicateur Durée des Travaux

1	INTRODUCTION.....	2
2	FRANCHISSEMENT DE TYPE PONT	2
2.1	ETUDES	2
2.2	TRAVAUX.....	3
2.2.1	<i>Phase préparatoire.....</i>	<i>3</i>
2.2.2	<i>Construction des appuis.....</i>	<i>3</i>
2.2.3	<i>Construction du tablier.....</i>	<i>4</i>
2.2.4	<i>Finition – équipements.....</i>	<i>4</i>
2.2.5	<i>Résumé.....</i>	<i>4</i>
3	FRANCHISSEMENT DE TYPE TUNNEL.....	7
4	CONCLUSION	11

1 Introduction

A la durée de la phase travaux des franchissements considérés, est associée la notion de gêne des riverains vivant à proximité immédiate du futur franchissement. La notion de gêne est large puisque notamment associée à des notions de :

- Gêne acoustique
- Gêne visuelle
- Gêne liée aux perturbations du trafic
- Gêne olfactive

Sur cette base, il est apparu nécessaire d'intégrer l'indicateur « Durée des travaux » dans l'analyse comparative réalisée.

Ainsi et sur la base du retour d'expérience d'ARCADIS acquis sur des projets similaires, un phasage estimatif des travaux a été réalisé.

2 Franchissement de type pont

Le phasage des travaux ne peut être qu'approché et est très approximatif à ce stade où la structure est seulement esquissée.

On propose le découpage des travaux suivant :

- Phase préparatoire
- Construction des appuis
- Construction du tablier
- Finition – équipements

Aux travaux s'ajoutent les études. Chacune des phases est succinctement décrite ci-dessous.

2.1 Etudes

Les études comprennent les études d'exécution de l'ouvrage ainsi que d'éventuelles études complémentaires (hydrauliques, environnementales,...) qui seraient nécessaires à la validation des travaux projetés avant exécution. Pour les études d'exécution, on peut retenir un délai d'exécution de 3 mois. Celles-ci s'imbriquent en général dans le calendrier de réalisation des travaux et ne le perturbent pas.

En revanche, les études complémentaires peuvent retarder le démarrage des travaux, on retient une durée forfaitaire de 3 mois pour ces éventuelles études.

2.2 Travaux

2.2.1 Phase préparatoire

Dans la phase préparatoire, les travaux sont divers et dépendent du projet. Il y aura au moins une campagne de sondages complémentaires. On compte forfaitairement 60 jours ouvrés pour ceux-ci.

A cela s'ajoute la protection des rives (forfaitairement 15 jours ouvrés par rive)

On suppose que des estacades (on privilégie les moyens terrestres aux moyens nautiques) sont construites pour la construction des appuis. Cela suppose d'avoir des emprises chantier de part et d'autres du fleuve, mais compte tenu des travaux de remblaiement à effectuer, la circulation sera détournée et il suffit de prolonger ces contournements le temps de la construction des appuis (plusieurs mois !).

Pour la construction des estacades, on compte forfaitairement 15 jours pour sa construction entre deux appuis.
Dans la solution « Acier », cela conduit à une durée égale à : $60 + 15 \times 2 + 15 \times 3 = 135$ jours ouvrés (6,75 mois)

Dans la solution « Béton », cela conduit à une durée égale à : $60 + 15 \times 2 + 15 \times 4 = 150$ jours ouvrés (7,5 mois).

Il n'y a pas de différence significative entre les deux solutions et on retiendra une valeur de 150 jours ouvrés. (7,5 mois).

2.2.2 Construction des appuis

On compte approximativement 125 jours ouvrés pour la construction d'un appui. Le découpage suivant a été retenu :

- Dragage : 10 jours
- Batardeau : 35 jours
- Enrochement : 10 jours
- Terrassement dans batardeau : 10 jours
- Béton immergé : 10 jours
- Semelle : 15 jours
- Fût et chevêtre : 20 jours
- Bossages : 5 jours
- Recépage batardeau : 15 jours

La construction de plusieurs appuis en parallèle est possible. On prendra forfaitairement un décalage de 3 semaines (15 jours ouvrés), entre le planning de deux appuis.

Dans la solution « Acier », cela conduit à une durée égale à : $15 \times 4 + 125 = 185$ jours ouvrés (9,25 mois)

Dans la solution « Béton », cela conduit à une durée égale à : $15 \times 6 + 125 = 215$ jours ouvrés (10,75 mois).

On peut retenir une valeur moyenne de 200 jours ouvrés. On retient un décalage de 30 jours entre le début des travaux pour les Estacades et le début de construction des appuis.

2.2.3 Construction du tablier

2.2.3.1 Solution « Acier »

La fabrication, le transport et le pré-assemblage se font en temps masqué.

On compte forfaitairement pour deux travées :

- Pose des poutres : 15 jours
- Assemblage des poutres : 20 jours

La solution à inertie variable compte 6 travées, ce qui conduit à 105 jours ouvrés (5,25 mois). L'hypothèse d'un tablier lancé n'est pas retenue car elle semble peu probable compte tenu de l'environnement urbain du projet.

Pour le hourdis, on compte forfaitairement 200 jours de bétonnage.

En somme, on compte 305 jours ouvrés (15,25 mois) pour la construction du tablier dans la solution « Acier ».

La construction du tablier commence lorsque deux appuis sont terminés, on prendra donc un décalage de $125 + 15 = 140$ jours avec la construction des appuis

2.2.3.2 Solution « Béton »

Le pont est construit par encorbellement.

On compte forfaitairement :

- 40 jours le voussoir sur pile (VSP)
- 5 jours pour la pose d'un voussoir d'un fléau (~13 voussoirs) - > 65 jours
- 5 jours pour le clavage

Le béton coulé sur cintres est fait en temps masqué.

Entre deux VSP, on compte un décalage forfaitaire de 8 semaines et on suppose qu'il y a deux équipages mobiles pour la construction des fléaux. Le temps de construction du tablier est alors : $40 + 40 + 40 + 40 + 40 + 40 + 110 = 350$ jours ouvrés (17,5 mois) pour la construction du tablier dans la solution « Béton ».

La construction du tablier peut commencer dès qu'un appui est construit, on prendra un décalage de 130 jours avec la construction des appuis

2.2.4 Finition – équipements

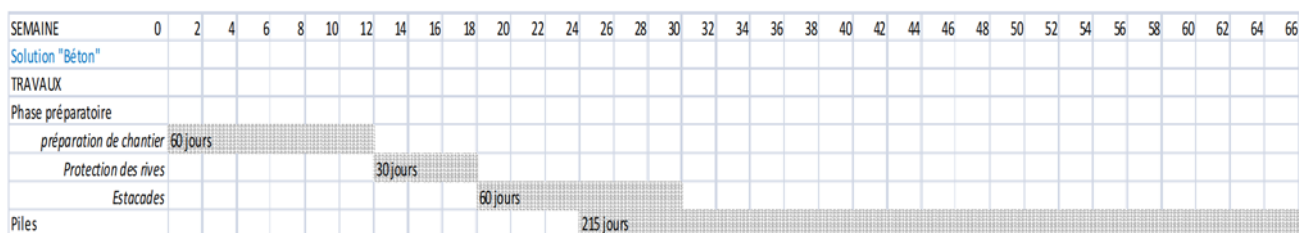
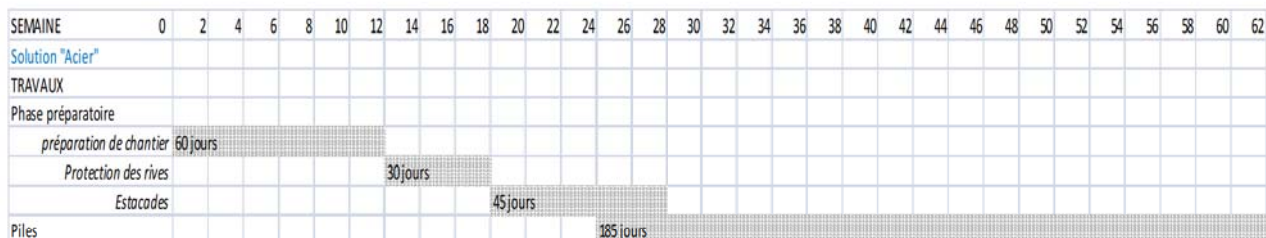
On compte forfaitairement 40 jours.

Ensuite viennent les épreuves et la réception de l'ouvrage.

2.2.5 Résumé

Les tableaux ci-dessous représentent pour une solution « pont acier » ou « pont béton » un phasage possible des travaux :

Communauté Urbaine de Bordeaux
Franchissement Amont de la Garonne dit Jean
Jacques Bosc
Analyse comparative



SEMAINE	0	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122
Solution "Acier"																																				
TRAVAUX																																				
Piles																																				
Tablier																																				
Finitions - équipements																																				

SEMAINE	0	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124	126	128		
Solution "Béton"																																										
TRAVAUX																																										
Piles																																										
Tablier																																										
Finitions - équipements																																										

3 Franchissement de type Tunnel

Même si par la suite écartée de l'analyse comparative compte tenu notamment de ses impacts sur l'écosystème de la Garonne, la solution « tunnel immergé » à toutefois été étudiée.

Les différentes étapes de construction des tunnels peuvent être décomposées en plusieurs phases distinctes :

Tunnel Immergé

- Installation de chantier de part et d'autre de la Garonne : mise en place de parois moulées, batardeaux et opération de terrassements
- Aménagement des docks
- Génie civil associé à la construction des caissons
- Remorquage et pose des caissons
- Génie civil des raccordements
- Equipement des tunnels (ventilation, éclairage...)

Dans la mesure où la solution à caisson immergé ne sera pas retenue dans l'analyse comparative, seul le phasage de la solution 2*2 voies a été réalisé. A l'échelle du projet il serait de toute façon sensiblement le même.

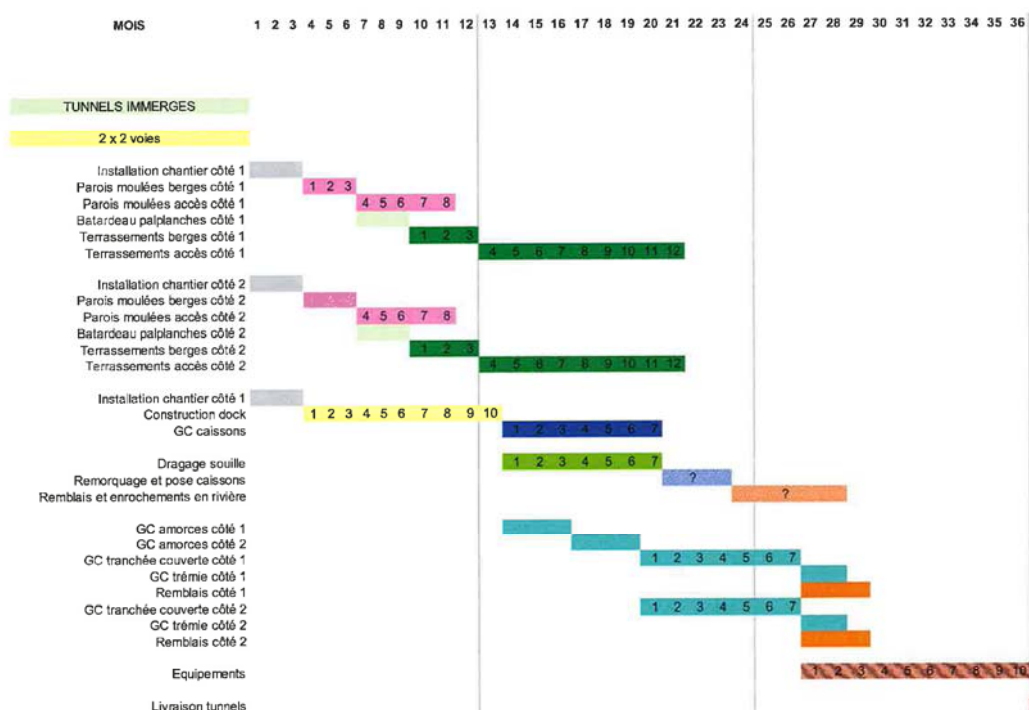
Tunnel Foré

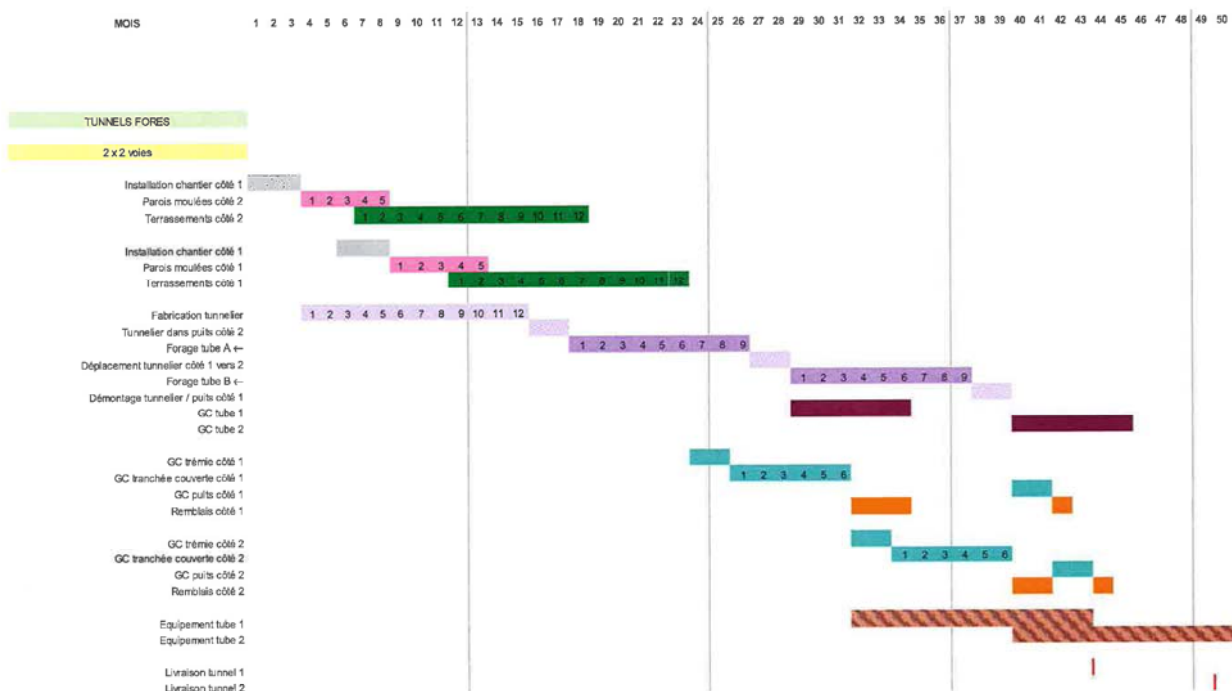
- Installation de chantier de part et d'autre de la Garonne : mise en place de parois moulées, batardeaux et opération de terrassements
- Construction du tunnelier
- Forage de l'ouvrage (Aller- démontage- Retour)
- Génie civil tube 1 et tubes 2
- Génie civil des raccordements (trémies)
- Equipement des tunnels (ventilation, éclairage...)

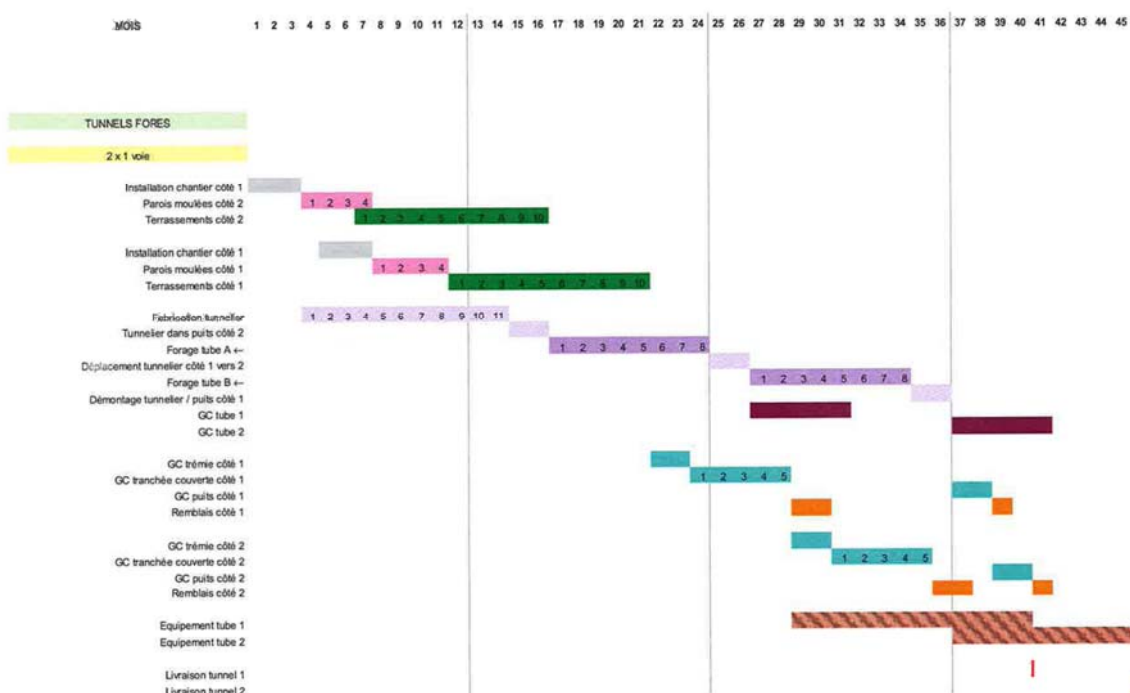
La différenciation entre une solution 2*1 ou 2*2 voie est essentiellement associée à l'étape « Forage de l'ouvrage ».

Ainsi, pour ces 3 alternatives envisagées à la solution tunnel (tunnel immergé 2*2, tunnel foré 2*1 ou tunnel foré 2*2) le phasage associé et la durée estimée des travaux peuvent de fait être représentés dans les tableaux suivants :

Communauté Urbaine de Bordeaux
Franchissement Amont de la Garonne dit Jean
Jacques Bosc
Analyse comparative







4 Conclusion

Sur la base du retour d'expérience d'ARCADIS, il est donc possible d'estimer la durée de la phase travaux de chacun des franchissements envisagés.

L'étude réalisée permet ainsi d'aboutir aux conclusions suivantes :

- Durée des travaux d'une solution pont sensiblement plus faible qu'une solution tunnel
- Peu de différence entre une solution tunnel foré 2*1 et 2*2 voies.
- Difficultés d'apprécier précisément la différence entre une solution pont 2*1 et 2*2 voies.

Indicateur : Coûts en phase travaux

1	INTRODUCTION.....	2
2	FRANCHISSEMENT DE TYPE PONT	2
2.1	COUT INITIAL	2
2.1.1	Ouvrages routiers et TCSP/Tramway	2
2.1.2	Passerelles.....	3
2.1.3	Coût total.....	3
3	FRANCHISSEMENT DE TYPE TUNNEL.....	4
4	CONCLUSION	4

1 Introduction

Le Développement Durable impose de faire des choix qui n'obèrent pas les possibilités de développement des générations futures. C'est dans ce contexte que le coût du franchissement en phase travaux doit être appréhendé au mieux des connaissances actuelles.

Sur cette base, il est apparu nécessaire d'intégrer l'indicateur « Coûts en phase travaux » dans l'analyse comparative réalisée.

Ainsi et sur la base du retour d'expérience d'ARCADIS acquis sur des projets similaires, un estimatif des coûts des franchissements a été réalisé.

2 Franchissement de type pont

2.1 Coût initial

2.1.1 Ouvrages routiers et TCSP/Tramway

Seules les solutions à inertie variable ont été chiffrées car elles semblent plus intéressantes des points de vue esthétique et impact dans le fleuve et dans la mesure où elles ne consomment que guère plus de matériaux.

Les valeurs proposées sont issues de l'application de ratios sur les grands postes (tablier, piles, fondations, équipements, etc.) et de notre expérience sur des ouvrages réalisés. Elles présentent donc une incertitude relativement élevée, qui est liée d'une part au faible avancement dans la définition de la structure (incertitude sur les quantités) et d'autre part à la fluctuation, parfois erratique, des prix des matériaux de base (incertitude sur les prix unitaires).

Nous avons chiffré approximativement la solution « Acier » et la solution « Béton ».

Nous avons séparé les passerelles des autres ouvrages car leur prix dépend fortement de la volonté vis-à-vis du parti pris de conception architecturale : le prix d'une passerelle peut varier du simple au double en fonction de celui-ci.

Le tableau ci-dessous donne donc les prix H.T des différentes solutions :

Prix HT (M€)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Acier"	46	32.5
Solution "Béton"	50	39

Les prix ramenés au m² sont :

Prix HT (€/m ²)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Acier"	3098	3283
Solution "Béton"	3367	3939

Si dans la solution 2 x 2 voies (3 tabliers) on souhaite différer l'investissement du tablier qui supportera le TSCP/tramway, on peut retirer à l'investissement initial proposé 7,3 M€ pour la solution « Acier » et 4,4 M€ pour la solution « Béton » et décaler ce montant de quelques années dans le calcul du coût global.

Encore une fois, ces chiffres n'ont rien de prédictif et il faut raisonner sur les ordres de grandeur qu'ils représentent pour faire apparaître ou non l'intérêt d'une option ou d'une autre.

En réalité, **l'estimation montre surtout que les prix d'une solution « Acier » et « Béton » sont voisins** et que ce coût n'apparaît pas comme un critère différenciant dans la comparaison des deux possibilités. En particulier, compte tenu de la variation du prix de l'acier, il serait faux de conclure que la solution « Acier » est moins chère.

Plutôt que de raisonner sur les prix de chaque solution, on retient leur prix moyen :

Prix HT (M€)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Moyenne"	48	35.75
Prix HT (€/m ²)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Moyenne"	3232	3611

Si l'on souhaite différer l'investissement du troisième tablier pour la solution 2 x 2 voies, on pourra alors retirer à l'investissement initial 5,9 M€ pour le calcul du coût global.

2.1.2 Passerelles

Aux prix des ouvrages précédents doit s'ajouter celui des passerelles. Si l'on retient un prix de 9000 €/m² - ce qui correspond à une passerelle exceptionnelle (dans la gamme de la passerelle Simone de Beauvoir à Paris) - et pour deux passerelles de 4m de large (minimum), on arrive à un coût de 40 M€. Bien évidemment, ce prix peut être bien inférieur si l'on tend vers une structure plus simple. A un coût aux alentours de 6000€/m² - passerelle non courante (dans la gamme de la passerelle Victor-Schoelcher à Nantes) - le coût des passerelles devient 26,5 M€...

2.1.3 Coût total

Le prix total du franchissement dans l'hypothèse de passerelles à 9000 €/m² :

Prix HT (M€)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Acier"	86	72.5
Solution "Béton"	90	79
Solution "Moyenne"	88	76

Dans le cadre de la comparaison d'une solution tunnel à une solution pont, on peut retenir les prix du livre blanc qui sont le bon ordre de grandeur :

- 75M€ pour un pont 2 x 1 voie + TCSP/tramway
- 90 M€ pour un pont 2 x 2 voies + TCSP/tramway

Le prix total du franchissement dans l'hypothèse de passerelles à 6000 €/m² :

Prix HT (M€)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Acier"	72.5	59
Solution "Béton"	76.5	65.5
Solution "Moyenne"	75	62

3 Franchissement de type tunnel

Pour un franchissement de type tunnel, les solutions « tunnel immergé » et « tunnel foré » ont été envisagées.

La synthèse des coûts associés à ces franchissements peut être proposée dans le tableau ci-dessous :

	Tunnels immergés		Tunnels forés	
	2 x 2 voies	2 x 1 voie	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Montant H.T.en €	239 011 750	212 707 250	389 180 000	313 263 750
Montant H.T.avec aléas en €	286 814 100	255 248 700	467 016 000	375 916 500

Si nécessaire un détail précis des estimations proposées peut être fourni.

4 Conclusion

Sur la base du retour d'expérience d'ARCADIS, **il apparait donc clairement qu'une solution de type tunnel qu'elle soit 2*1 ou 2*2 voie sera nettement plus onéreuse qu'une solution de type pont.**

Annexe 8 : Note technique : Coûts du franchissement en phase travaux

Indicateur : Coûts en phase travaux

1	INTRODUCTION.....	2
2	FRANCHISSEMENT DE TYPE PONT	2
2.1	COUT INITIAL	2
2.1.1	Ouvrages routiers et TCSP/Tramway	2
2.1.2	Passerelles.....	3
2.1.3	Coût total.....	3
3	FRANCHISSEMENT DE TYPE TUNNEL.....	4
4	CONCLUSION	4

1 Introduction

Le Développement Durable impose de faire des choix qui n'obèrent pas les possibilités de développement des générations futures. C'est dans ce contexte que le coût du franchissement en phase travaux doit être appréhendé au mieux des connaissances actuelles.

Sur cette base, il est apparu nécessaire d'intégrer l'indicateur « Coûts en phase travaux » dans l'analyse comparative réalisée.

Ainsi et sur la base du retour d'expérience d'ARCADIS acquis sur des projets similaires, un estimatif des coûts des franchissements a été réalisé.

2 Franchissement de type pont

2.1 Coût initial

2.1.1 Ouvrages routiers et TCSP/Tramway

Seules les solutions à inertie variable ont été chiffrées car elles semblent plus intéressantes des points de vue esthétique et impact dans le fleuve et dans la mesure où elles ne consomment que guère plus de matériaux.

Les valeurs proposées sont issues de l'application de ratios sur les grands postes (tablier, piles, fondations, équipements, etc.) et de notre expérience sur des ouvrages réalisés. Elles présentent donc une incertitude relativement élevée, qui est liée d'une part au faible avancement dans la définition de la structure (incertitude sur les quantités) et d'autre part à la fluctuation, parfois erratique, des prix des matériaux de base (incertitude sur les prix unitaires).

Nous avons chiffré approximativement la solution « Acier » et la solution « Béton ».

Nous avons séparé les passerelles des autres ouvrages car leur prix dépend fortement de la volonté vis-à-vis du parti pris de conception architecturale : le prix d'une passerelle peut varier du simple au double en fonction de celui-ci.

Le tableau ci-dessous donne donc les prix H.T des différentes solutions :

Prix HT (M€)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Acier"	46	32.5
Solution "Béton"	50	39

Les prix ramenés au m² sont :

Prix HT (€/m ²)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Acier"	3098	3283
Solution "Béton"	3367	3939

Si dans la solution 2 x 2 voies (3 tabliers) on souhaite différer l'investissement du tablier qui supportera le TSCP/tramway, on peut retirer à l'investissement initial proposé 7,3 M€ pour la solution « Acier » et 4,4 M€ pour la solution « Béton » et décaler ce montant de quelques années dans le calcul du coût global.

Encore une fois, ces chiffres n'ont rien de prédictif et il faut raisonner sur les ordres de grandeur qu'ils représentent pour faire apparaître ou non l'intérêt d'une option ou d'une autre.

En réalité, **l'estimation montre surtout que les prix d'une solution « Acier » et « Béton » sont voisins** et que ce coût n'apparaît pas comme un critère différenciant dans la comparaison des deux possibilités. En particulier, compte tenu de la variation du prix de l'acier, il serait faux de conclure que la solution « Acier » est moins chère.

Plutôt que de raisonner sur les prix de chaque solution, on retient leur prix moyen :

Prix HT (M€)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Moyenne"	48	35.75
Prix HT (€/m ²)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Moyenne"	3232	3611

Si l'on souhaite différer l'investissement du troisième tablier pour la solution 2 x 2 voies, on pourra alors retirer à l'investissement initial 5,9 M€ pour le calcul du coût global.

2.1.2 Passerelles

Aux prix des ouvrages précédents doit s'ajouter celui des passerelles. Si l'on retient un prix de 9000 €/m² - ce qui correspond à une passerelle exceptionnelle (dans la gamme de la passerelle Simone de Beauvoir à Paris) - et pour deux passerelles de 4m de large (minimum), on arrive à un coût de 40 M€. Bien évidemment, ce prix peut être bien inférieur si l'on tend vers une structure plus simple. A un coût aux alentours de 6000€/m² - passerelle non courante (dans la gamme de la passerelle Victor-Schoelcher à Nantes) - le coût des passerelles devient 26,5 M€...

2.1.3 Coût total

Le prix total du franchissement dans l'hypothèse de passerelles à 9000 €/m² :

Prix HT (M€)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Acier"	86	72.5
Solution "Béton"	90	79
Solution "Moyenne"	88	76

Dans le cadre de la comparaison d'une solution tunnel à une solution pont, on peut retenir les prix du livre blanc qui sont le bon ordre de grandeur :

- 75M€ pour un pont 2 x 1 voie + TCSP/tramway
- 90 M€ pour un pont 2 x 2 voies + TCSP/tramway

Le prix total du franchissement dans l'hypothèse de passerelles à 6000 €/m² :

Prix HT (M€)	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Solution "Acier"	72.5	59
Solution "Béton"	76.5	65.5
Solution "Moyenne"	75	62

3 Franchissement de type tunnel

Pour un franchissement de type tunnel, les solutions « tunnel immergé » et « tunnel foré » ont été envisagées.

La synthèse des coûts associés à ces franchissements peut être proposée dans le tableau ci-dessous :

	Tunnels immergés		Tunnels forés	
	2 x 2 voies	2 x 1 voie	2 x 2 voies	2 x 1 voie
Montant H.T.en €	239 011 750	212 707 250	389 180 000	313 263 750
Montant H.T.avec aléas en €	286 814 100	255 248 700	467 016 000	375 916 500

Si nécessaire un détail précis des estimations proposées peut être fourni.

4 Conclusion

Sur la base du retour d'expérience d'ARCADIS, **il apparait donc clairement qu'une solution de type tunnel qu'elle soit 2*1 ou 2*2 voie sera nettement plus onéreuse qu'une solution de type pont.**

Annexe 9 : Note technique : Coûts exploitation et entretien

Indicateur : Coûts de fonctionnement (exploitation et entretien – renouvellement)

1	INTRODUCTION.....	2
2	FRANCHISSEMENT DE TYPE PONT	2
2.1	NATURE DES OPERATIONS LIEES A L'EXPLOITATION ET A L'ENTRETIEN DE L'OUVRAGE.....	2
2.1.1	<i>L'entretien courant.....</i>	2
2.1.2	<i>La maintenance spécialisée</i>	3
2.1.3	<i>Maintenance périodique lourde</i>	4
2.2	COUTS ASSOCIES.....	4
3	FRANCHISSEMENT DE TYPE TUNNEL.....	4
3.1	NATURE DES OPERATIONS LIEES A L'EXPLOITATION ET L'ENTRETIEN DE L'OUVRAGE.....	5
3.2	COUTS ASSOCIES.....	5
4	CONCLUSION	5

1 Introduction

Le Développement Durable impose de faire des choix qui n'obèrent pas les possibilités de développement des générations futures. C'est dans ce contexte que le coût de fonctionnement du franchissement en phase de vie de l'ouvrage (exploitation et entretien) doit être appréhendé au mieux des connaissances actuelles.

Sur cette base, il est apparu nécessaire d'intégrer l'indicateur « Coûts exploitation et entretien » dans l'analyse comparative réalisée.

Ainsi et sur la base du retour d'expérience d'ARCADIS acquis sur des projets similaires, un estimatif des coûts des franchissements a été réalisé.

2 Franchissement de type pont

2.1 Nature des opérations liées à l'exploitation et à l'entretien de l'ouvrage

Pour tout ouvrage ouvert au public on peut considérer trois types de maintenance :

- l'entretien courant
- la maintenance spécialisée
- la maintenance périodique lourde.

Chacun de ces niveaux concourt à la durabilité de l'ouvrage et peut, pour l'essentiel être programmé à l'avance, à l'exclusion des interventions éventuellement nécessitées suite à des événements accidentels.

2.1.1 L'entretien courant

Il s'agit essentiellement des mesures de propreté, identiques à celles nécessitées par la garantie de confort et de sécurité de tout espace public :

- nettoyage du revêtement des circulations (balayage ou lavage)
- nettoyage des zones peu accessibles pour enlever tout débris ou objet qui pourrait occasionner des rétentions locales d'eau ou nuire à la bonne ventilation des structures ou équipement : zone des pieds des garde corps, zone de rive du tablier, joints d'extrémité de tablier.

Pour faciliter cet entretien courant, on peut penser à :

- des surfaces larges et partout accessibles aux engins de nettoyage (balayeuse de trottoir d'encombrement 1.50m et 2.50m de hauteur)
- des évacuations d'eau directes facilement accessibles (tuyaux droits, réceptacles ouverts...)

Cet entretien habituel doit être complété par le nettoyage régulier des parties techniques d'ouvrage les plus sensibles à la dégradation par présence d'humidité. Il s'agit principalement des appareils d'appui, des têtes de pile et des extrémités des tabliers à l'intérieur des culées. Cette intervention se limite à un nettoyage régulier (2 fois par an) de ces parties spécifiques, par des moyens très courants : balai ou brosse ou jet d'eau sous pression.

2.1.2 La maintenance spécialisée

Ces opérations font appel à des personnels ayant l'expérience des ouvrages d'art. Elles peuvent se décomposer en deux catégories : les opérations de visite et les interventions de maintenance.

2.1.2.1 Visites

Un ouvrage de telle envergure doit faire l'objet d'un programme de visites régulières, planifiées et organisées à l'avance. Ces visites sont de deux niveaux :

- **Visite annuelle** : elle est effectuée par un technicien ou un ingénieur spécialisé en ouvrage d'art sur une durée de quelques journées
- **Inspection détaillée** : elle est effectuée par un organisme spécialisé en ouvrage d'art, compétent dans le diagnostic et la pathologie. Le rythme de ces inspections détaillées est de 5 ou 6 ans. Il nécessite des moyens de visite spécifiques, Cette inspection est complétée par un nivellement général de l'ouvrage qui fournit la position en altitude et le positionnement en plan des points particuliers sur l'ouvrage. Cette intervention fait l'objet d'un rapport factuel précis étayé par des croquis, des tableaux de mesure, des photos. Ce rapport prend en compte toutes les constatations faites lors des visites annuelles et se réfère systématiquement au rapport d'inspection détaillé précédent. Il se conclut par des préconisations d'intervention ou de surveillance en fournissant un degré d'urgence dans le temps.

2.1.2.2 Interventions de maintenance

On peut distinguer deux niveaux d'intervention : l'intervention sur les équipements fonctionnels à une fréquence de quelques années et les interventions sur les structures à fréquence décennale

Équipements fonctionnels

- **Eclairage** : une intervention de type changement d'ampoules, ou de petit matériel de protection électrique, ou de petites réparations d'endommagement localisé peut avoir lieu à une fréquence annuelle, avec éventuellement une intervention un peu plus importante tous les 5 ans pour remplacement de certains luminaires.
- **Revêtement** : une réfection du revêtement circulé est à envisager avec une fréquence de 5 à 10 ans, soit 8 ans en moyenne.
- **Garde corps et mobilier urbain associé** : une fréquence d'intervention pour petites réparations et restauration de zones endommagées est à programmer au même rythme de 5 ans

Structures ou équipements structurels

- **Entretien des joints d'extrémité de tablier, nettoyage, resserrage, réglage** après quelques années,

environ tous les 5 ans.

- Entretien des appareils d'appui mécaniques : nettoyage, graissage, révision des dispositifs de protection, environ tous les 10 ans.
- Peinture des charpentes métalliques. La garantie des peintures actuelles étant de l'ordre de 15 ans, il s'avère statistiquement nécessaire de pratiquer une remise en peinture de l'ensemble de la structure environ tous les 20 ans. Cette réfection nécessite le traitement des parties localement endommagées, le nettoyage général de tous les parements et l'application d'un nouveau système de protection contre la corrosion.

2.1.3 Maintenance périodique lourde

Certaines parties d'ouvrage ont une durée de service inférieure à la durée de service de l'ouvrage dans sa globalité. Il est donc nécessaire d'envisager dans la vie de l'ouvrage des opérations de remplacement importantes nécessitant des travaux de réhabilitation menés par des entreprises spécialisées sur la base de projet de réhabilitation prenant en compte l'état constaté des éléments défectueux ou endommagés. On peut penser aux :

- **Appareils d'appui** : La conception des appareils d'appui, la qualité des matériaux constitutifs, leur protection et leurs limitations d'emploi leur confèrent une durée de service très importante. Cependant pour prévoir l'éventualité de désordres et de perte de fonctionnalité par endommagement mécanique ou corrosion, ces pièces et leurs liaisons avec la structure sont conçues pour autoriser leur remplacement moyennant des travaux importants mais non exceptionnels. Il convient donc de budgéter le coût de ces travaux à échéance de 50 ans.
- **Autres équipements** : Dans la mesure où lors de ces éventuels travaux de remplacement des appareils d'appuis, on est amené à engager des travaux importants, il est utile de prévoir l'intervention simultanée sur d'autres parties moins pérennes, en particulier sur les garde-corps dont on peut envisager le remplacement à cette échéance de 50 ans.

2.2 Coûts associés

Sur la base du retour d'expérience d'ARCADIS acquis sur des ouvrages similaires, il est admis que le coût de maintenance annuel d'un ouvrage représente entre 0.5 et 1 % du coût initial s'il est régulièrement entretenu.

On retiendra donc une dépense annuelle de :

- **900 k€ / an** pour un ouvrage 2 x 2 voies
- **750 k€ / an** pour un ouvrage 2 x 1 voie

3 Franchissement de type tunnel

Les informations ci-dessous présentées sont toutes issues du document édité par le CETU «Guide pour la maîtrise des coûts de fonctionnement des tunnels routiers » en date du 24 Août 2005.

3.1 Nature des opérations liées à l'exploitation et l'entretien de l'ouvrage

Il est admis que les coûts majeurs liés à l'exploitation de tels ouvrages est majoritairement associés aux postes suivants :

- Fluide et énergie pour éclairage et ventilation (énergie électrique, fuel, eau, liaisons téléphoniques..)
- Maintenance
- Personnel (gestion du trafic dans le tunnel, assurer la sécurité des usagers, gérer le trafic)

3.2 Coûts associés

Les coûts d'exploitation associés à différents types de tunnel peuvent être présentés dans le tableau suivant :

Type d'ouvrage	Coûts d'exploitation annuels ttc en Euros			
	Energie	Maintenance	Personnel	TOTAL
Tunnel interurbain bidirectionnel (L = 0,35 km)	13 303 (Consommation annuelle : 196 304 kWh)	16 000	nd ⁹	nd
Tunnel interurbain bidirectionnel (L = 1,4 km)	14 790	35 800	33 000	83 590
Tunnel interurbain bidirectionnel (L = 4,8 km)	145 700 (Consommation annuelle : 2 118 000 kWh)	374 000	813 000	1 332 700
Tunnel interurbain autoroutier unidirectionnel à 2 tubes (L = 0,8 km)	52 124 (Consommation annuelle : 819 782 kWh)	28 000	nd	nd
Tunnel interurbain autoroutier unidirectionnel à 2 tubes (L = 3,2 km)	101 337 (Consommation annuelle : 1 659 363 kWh)	179 000	nd	nd
Tunnel urbain unidirectionnel à 2 tubes (L = 0,9 km)	43 500	84 300	31 100	158 900

4 Conclusion

Sur la base du retour d'expérience d'ARCADIS, il apparait donc clairement qu'une solution de type tunnel qu'elle soit 2*1 ou 2*2 voie sera nettement plus onéreuse (en phase exploitation) qu'une solution de type pont.

Le tableau ci-dessous peut ainsi être proposé :

	Pont 2*1 voie	Pont 2*2 voies	Tunnel 2*1 voie	Tunnel 2*2 voies
Coûts annuels liés à l'exploitation (k€/an)	négligeable à l'échelle du projet	négligeable à l'échelle du projet	entre 13et 84	entre 13et 84
Coûts annuels d'entretien de l'ouvrage (k€/an) (1% du prix de l'ouvrage)	750	900	3700	4600
Coûts total exploitation et d'entretien (k€/an)	750	900	3700	4600

Annexe 10 : Note technique : Effets sur l'emploi

Indicateur : Evaluation des effets économiques sur l'emploi

1	DESCRIPTION DU CRITERE DES EFFETS ECONOMIQUES SUR L'EMPLOI	2
2	EVALUATION DU CRITERE.....	2
2.1	HYPOTHESES.....	2
2.2	CHIFFRAGE	3
3	ANALYSE	3

1 Description du critère des effets économiques sur l'emploi

Les effets économiques sur l'emploi sont évalués à partir des recommandations de l'instruction cadre de mai 2007¹.

Ce document de référence précise les différences sources d'emploi à évaluer aussi bien en phase de travaux qu'en phase d'entretien.

ARCADIS précise, qu'à ce stade d'avancement du projet, que les effets sur l'emploi sont ici mesurés uniquement par les emplois créés en phase construction et dans une moindre mesure par l'exploitation directe et qu'ils ne mesurent de fait pas les effets du futur franchissement sur la création d'activités et d'emplois dans les secteurs avoisinants.

2 Evaluation du critère

2.1 Hypothèses

Hypothèses sur l'évaluation des effets économiques sur l'emploi		
coef €2000->€2010	1.16707031	
ratio emplois directs liés au chantier	7050	emplois par an par 1000 M€2000 HT de chantier
ratio emplois directs de siège	705	emplois par an par 1000 M€2000 HT de chantier
ratio emplois indirects liés à la fabrication des fournitures de chantier	4230	emplois par an par 1000 M€2000 HT de chantier
ratio emplois des activités amont liés aux fournitures de chantier	3650	emplois par an par 1000 M€2000 HT de chantier
ratio emplois liés aux revenus distribués (études d'opportunités et débat publics amont)	5130	emplois par an par 1000 M€2000 HT de chantier
ratio emplois générés par taxe professionnelle	0.11248	x Investissement HT
coefficient d'emplois liés aux travaux d'entretien	10.2	par M€2000 entretien HT
coefficient d'emplois indirects liés aux dépenses d'entretien	7.7	par M€2000 entretien HT

Source : instruction de mai 2007

annexe 14.1 : effets sur l'emploi de la construction d'une grande infrastructure routière

¹ Instruction de mai 2007 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbains, mai 2007

2.2 Chiffrage

Comparaison des emplois créés selon les options de franchissement		Pont 2x1 voie	Pont 2x2 voies	Tunnel 2x1 voie	Tunnel 2x2 voies
Hypothèses	Montants des travaux (en M€2010 HT)	76	88	375	465
	Montants de l'entretien (M€ 2010 HT)	0.76	0.88	3.7	4.6
	Longueur du franchissement	0.7	0.7	2.3	2.3
Emplois créés en phase de construction pour la durée des travaux	Nb emplois directs liés au chantier	455	530	2265	2805
	Nb emplois directs de siège	45	50	225	280
	Nb emplois indirects liés à la fabrication des fournitures de chantier	275	315	1355	1685
	Nb emplois amont liés aux fournitures de chantier	235	275	1170	1450
	Nb emplois liés aux revenus distribués	330	385	1645	2040
	Nb emplois directs et indirects liés à une taxe professionnelle	5	5	35	40
	Total du nombre d'emplois créés en phase construction	1345	1560	6695	8300
Emplois long terme créés en phase d'entretien et d'exploitation	Emplois liés aux travaux d'entretien	7	8	32	40
	Emplois indirects liés aux dépenses d'entretien	5	6	24	30
	Total du nombre d'emplois en phase d'entretien et d'exploitation	12	13	57	71

3 Analyse

Le nombre d'emplois créés est directement proportionnel au montant des travaux, ce qui fait que les solutions de tunnel créent 5 à 6 fois plus d'emplois que les solutions de pont car elles coûtent 5 à 6 fois plus chères.

Il est intéressant de noter que l'ordre de grandeur du nombre d'emplois créés est d'environ 1400-1500 emplois en phase construction et d'une dizaine pour la phase d'entretien-exploitation pour les solutions de pont.

Annexe 11 : Note technique : Qualité de l'air et quantité de polluants émis

Indicateur : Qualité de l'air et Impact sanitaire

1	INTRODUCTION.....	2
2	LOGICIEL IMPACT	2
3	DONNEES MODELISEES	4
4	IMPACT SANITAIRE.....	5
4.1	INTRODUCTION	5
4.2	TOXICITE DES COMPOSES MODELISES.....	5
4.2.1	<i>Monoxyde de carbone</i>	5
4.2.2	<i>Oxydes d'azote</i>	5
4.2.3	<i>Composés organiques volatils</i>	6
4.2.4	<i>Particules</i>	6
4.2.5	<i>Oxyde de soufre</i>	7
4.2.6	<i>Dioxyde de carbone</i>	8
4.3	HIERARCHISATION SUR LA BASE DES DONNEES TOXICOLOGIQUES	8
5	CONCLUSION	9

1 Introduction

Les gaz et particules émis par les transports routiers induisent une grande diversité d'effets. Dans de nombreux domaines, des études ont quantifié les incidences de la pollution atmosphérique :

- **l'étude APHEIS** dénombre plus de 30000 décès par an attribuables à la qualité de l'air en France ;
- **l'étude mobilité durable** en région bruxelloise évalue le coût annuel lié à la détérioration des bâtiments à 70 M€ pour la seule région Bruxelles- >Capitale ;
- **les rapports du Groupe d'Experts** Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat estiment un réchauffement de l'atmosphère qui conduira à une élévation de la température ambiante comprise entre 1.5 et 6°C à l'horizon d'un siècle, liée à la production de CO₂.

On peut toutefois distinguer parmi ces différents effets, deux échelles principales :

- Une dimension globale pour laquelle l'infrastructure apporte sa contribution
- Une dimension locale qui se traduit dans la pollution de proximité dont l'infrastructure constitue la composante principale.

Sur la base des données disponibles et compte tenu de la position très en amont de l'étude, l'indicateur « Qualité de l'air » a été quantitativement évalué à partir :

- des données trafic issues de l'étude de déplacement
- du logiciel IMPACT développé par l'ADEME qui permet, à partir des données trafic, d'estimer les quantités de composés réglementés émis dans l'atmosphère

2 Logiciel Impact

La version 2.0 du logiciel IMPACT-ADEME permet de quantifier les émissions induites par la circulation routière, tant en configuration urbaine qu'interurbaine. Cet outil utilise :

- Une base de données d'émissions unitaires et de consommation pour chaque catégorie de véhicules du parc français susceptibles d'être présents sur la voirie aujourd'hui et dans les années à venir. Ces données sont issues des travaux de plusieurs groupes d'experts européens qui ont conduit à la réalisation de la méthodologie COPERT III (1) pour le compte de l'Agence européenne de l'environnement (AEE).
- Un jeu de données sur la structure annuelle du parc français de véhicules (nombre et kilométrage moyen) de 1995 à 2025, élaboré au sein du Laboratoire transports et environnement (LTE) de l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS)(2).

Ces deux ensembles de données permettent, en pondérant les émissions de chaque catégorie de véhicules par la moyenne de son taux de présence dans la circulation, de calculer les émissions unitaires moyennes à un horizon donné (2025 dans notre cas).

Ces émissions unitaires moyennes évoluent avec la pénétration de technologies plus performantes en matière de consommation énergétique et d'émission de polluants.

Les données de base nécessaires à l'utilisation du logiciel sont :

- l'horizon d'étude ;
- l'unité de temps des flux de véhicules (année, mois, semaine, jour ou heure), qui sera également
- l'unité de temps des résultats calculés ;
- le flux de véhicules (nombre de véhicules par unité de temps) pour chaque grande catégorie :
- véhicules légers (VL), poids lourds (PL), bus, autocars, deux roues (2R) ; une clé de répartition
- par défaut est donnée entre les véhicules particuliers (VP) et les véhicules utilitaires
- légers (VUL) ;
- la vitesse moyenne de circulation (km/h) sur le tronçon étudié ; cette donnée peut être
- différenciée pour chaque catégorie de véhicule ;
- la longueur du tronçon de voirie étudié (km).

IMPACT-ADEME version 2.0 évalue la consommation de carburant (essence et gazole) et les émissions de 19 polluants pour un flux de véhicules, une composition du trafic et une longueur de tronçon entre 1995 et 2025.

Le logiciel calcule :

- les émissions à chaud ;
- les surémissions liées aux trajets « moteur froid » ;
- les pertes de COVNM par évaporation ;
- les surémissions des poids lourds en fonction de la déclivité et de la charge embarquée.

Les polluants pouvant être analysés sont les suivants : CO (monoxyde de carbone), NOx (oxydes d'azote), COV (composés organiques volatils), PM (particules diesel), CO2 (dioxyde de carbone), SO2 (dioxyde de soufre), métaux lourds (plomb, cadmium, cuivre, chrome, nickel, sélénium, zinc), CH4 (méthane), N2O (protoxyde d'azote), NH3(ammoniac), HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), COVNM (composés organiques volatils non méthaniques) et C6H6 (benzène).

L'analyse s'est toutefois limitée à la modélisation des teneurs en CO, NoX, COV, PM, SO2 et CO2.

3 Données Modélisées

Sur la base des données trafic et du logiciel IMPACT, il est possible d'estimer les quantités de polluants émises suivantes :

Comparaison des émissions en heures de pointe entre les différents scénarios de franchissement						
Scénarios	POLLUANTS DE BASE (en kg/HPS)					GAZ A EFFET DE SERRE (en kg)
	Monoxyde de carbone (CO)	Oxydes d'azote (Nox)	Composés organiques volatiles (COV)	Particules (PM)	Oxyde de soufre (SO2)	Dioxyde de carbone (CO2)
Pont 2x1 2025 avec trémies	1 358	993	151.4	55.7	9.7	381 059
Diff avec référence 2025	-3.9%	-3.2%	-3.1%	-3.9%	-3.3%	-3.3%
Pont 2x2 2025 avec trémies	1 385	1 011	153.7	56.9	9.9	388 608
Diff avec référence 2025	-2.1%	-1.4%	-1.6%	-1.7%	-1.4%	-1.4%
Pont 2x1 2025 sans trémies	1 412	1 023	156.0	57.8	10.1	393 279
Diff avec référence 2025	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%	-0.2%
Pont 2x2 2025 sans trémies	1 404	1 021	155.4	57.6	10.0	392 402
Diff avec référence 2025	-0.7%	-0.4%	-0.6%	-0.6%	-0.4%	-0.4%
Tunnel 2x1 2025	1 408	1 021	155.7	57.7	10.0	392 632
Diff avec référence 2025	-0.4%	-0.4%	-0.4%	-0.4%	-0.4%	-0.4%
Tunnel 2x2 2025	1 433	1 037	158.5	58.6	10.2	398 664
Diff avec référence 2025	1.3%	1.2%	1.4%	1.2%	1.2%	1.2%

Le tableau réalisé met ainsi en évidence :

- Que la solution tunnel 2*2 voies semble présenter une situation plus dégradée qu'un état sans franchissement
- Que les quantités de polluants émises les plus faibles sont pour la solution pont 2*1 avec trémies
- Que les quantités émises pour les solutions pont, qu'elles soient avec ou sans trémies, sont globalement plus faibles

4 Impact sanitaire

4.1 Introduction

Il apparaît toutefois plus pertinent de baser la hiérarchisation des solutions de franchissement non pas sur le seul aspect des quantités émises mais plutôt par une prise en compte de la toxicologie spécifique des composés émis.

Un composé faiblement émis mais toxique par inhalation peu être plus impactant d'un point de vue sanitaire qu'un composé fortement émis sans effets toxiques associés.

Pour cette raison une approche sanitaire complémentaire au précédent bilan d'émission a été réalisée.

Toutefois en l'absence de concentrations dans l'air disponibles aucune Evaluation Quantitative des risques Sanitaires ne peut être réalisée.

4.2 Toxicité des composés modélisés

4.2.1 Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone résulte de la combustion incomplète des carburants et combustibles, notamment dans les moteurs et les chauffages individuels. Quelques procédés industriels en émettent des quantités notables.

Parmi les oxydes de carbone (mono et dioxyde), le monoxyde (CO) représente le toxique le plus redouté d'un point de vue sanitaire. L'action toxique majeure du monoxyde de carbone résulte de l'hypoxie provoquée par la conversion de l'oxyhémoglobine en carboxyhémoglobine, marqueur biologique de l'exposition. Autrement dit, après inhalation, le monoxyde de carbone se fixe sur l'hémoglobine dont l'affinité pour le CO est environ 200 fois supérieure à celle de l'oxygène, entraînant un manque d'oxygénation du cœur, des vaisseaux sanguins et du système nerveux.

A fortes concentrations, le monoxyde de carbone est responsable d'intoxications domestiques et professionnelles, essentiellement à l'intérieur de locaux (céphalées, troubles digestifs, troubles de conscience).

A plus faibles concentrations, le seuil sans effet, protégeant toute la population y compris les insuffisants cardiaques, est défini par rapport au marqueur biologique. Ce seuil est régulièrement dépassé par le fumeur.

Valeurs guides de l'OMS

Durée d'exposition			
10 – 15 min	30 min	1 heure	8 heures
100 000 µg/m ³	60 000 µg/m ³	30 000 µg/m ³	10 000 µg/m ³

4.2.2 Oxydes d'azote

Les oxydes d'azotes résultent principalement de la combinaison entre l'oxygène et l'azote de l'air sous l'effet des hautes températures obtenues dans le processus de combustion. Ils sont émis principalement par les moteurs de véhicules automobiles mais aussi par les installations fixes (installations de combustion de toute taille et certains procédés industriels tels que la fabrication d'acide nitrique).

Les risques pour la santé proviennent surtout du NO₂ (le seul à être concerné par les directives européennes sur la qualité de l'air). **A forte concentration, le dioxyde d'azote est un gaz toxique irritant pour les yeux et les voies respiratoires.**

Il semblerait que le dioxyde d'azote, aux concentrations rencontrées dans les milieux intérieurs, pourrait aggraver l'intensité de la réponse bronchique et modifier la courbe dose-réponse à l'allergène chez les sujets présentant un asthme modéré. Cependant, ce risque reste relativement faible.

Les résultats des études épidémiologiques concernant le NO₂ sont ambigus. La quantification des effets propres du dioxyde d'azote est difficile du fait de la présence dans l'air d'autres polluants avec lesquels il est corrélé. Dans les conditions réelles de la vie courante, cet indicateur représente une exposition complexe. L'effet de cette exposition est peu observable en termes de santé. Actuellement, il est estimé qu'il n'y a pas de risque cancérogène lié à l'exposition du dioxyde d'azote.

Valeurs guides de l'OMS pour le NO₂

Durée d'exposition	
1 heure	1 année
200 µg/m ³	40 µg/m ³

4.2.3 Composés organiques volatils

A ce jour, de l'ordre de 50 à 300 composés organiques volatils (COV) ont été identifiés dans l'air, principalement à l'intérieur des locaux et une cinquantaine y sont communément retrouvés, notamment des alcanes, cycloalcanes et alkènes, hydrocarbures aromatiques ou benzéniques, hydrocarbures halogénés, terpènes, aldéhydes, cétones, alcools et esters. Conventionnellement, le formaldéhyde et l'acétaldéhyde ne font pas partie des COV ; cependant, en raison de leur importance, ils sont souvent pris en compte avec les COV.

Leurs effets sur la santé sont très divers selon la nature des composés : **ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation des voies respiratoires, à une diminution de la capacité respiratoire jusqu'à des risques d'effets mutagènes et cancérogènes** : le formaldéhyde est probablement cancérogène (groupe 2 A du CIRC) et l'acétaldéhyde est un cancérogène possible (groupe 2 B du CIRC).

4.2.4 Particules

Les particules constituent un ensemble très hétérogène dont les caractéristiques physico-chimiques et/ou biologiques sont influencées par les sources d'émissions ou par leur processus de formation dans l'atmosphère. Les particules en suspension dans l'air sont aujourd'hui principalement issues des véhicules automobiles (surtout de type diesel), des usines productrices d'énergie non nucléaire ainsi que des réactions chimiques entre gaz atmosphériques et humidité de l'air.

Ces particules se composent d'un mélange complexe de substances organiques et minérales, sous forme solide ou liquide, classées en fonction de leur diamètre aérodynamique : PM10 (diamètre de moins de 10 μm) et PM2,5 (diamètre inférieur à 2.5 μm). Cette taille influence le degré de pénétration des particules dans les poumons. En effet, les particules de plus grande taille sont, pour leur plus grande part précipitées sur la muqueuse de l'oropharynx puis dégluties. Les PM10 se déposent surtout dans l'étage trachéo-bronchique, alors que les particules fines vont atteindre en plus grand nombre les alvéoles.

Les effets biologiques des particules peuvent être classés schématiquement sous trois rubriques :

- réactions inflammatoires non spécifiques,
- effets génotoxiques et cancérogènes,
- effets immunotoxiques et allergiques.

De nombreuses études épidémiologiques confirment l'accroissement, en fonction de la concentration en particules, de la mortalité cardio-vasculaire et respiratoire à court terme, des atteintes fonctionnelles respiratoires et de l'incidence de manifestations irritatives respiratoires et des épisodes asthmatiques.

A long terme, l'exposition à de fortes concentrations de particules est responsable du développement de bronchites chroniques. L'exposition à des concentrations relativement modérées pendant une dizaine d'années accroît le risque de décès par maladies cardio-respiratoires ou par cancer pulmonaire.

Les résultats des études épidémiologiques conduites dans des contextes forts variés, au sein de populations différentes, convergent pour attribuer aux particules fines une part de responsabilité dans la survenue d'une vaste gamme d'effets sanitaires dont certains sont sérieux.

Valeurs guides de l'OMS

	Durée d'exposition	
	24 heures	1 année
PM 10	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM 2,5	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Seule la dernière directive de l'OMS introduit des valeurs guide pour les particules en suspension. L'objectif est de parvenir à la plus faible concentration possible. Comme il n'a pas été établi de seuil en dessous duquel on n'observe aucun effet néfaste pour la santé, les valeurs recommandées représentent un objectif acceptable et réalisable pour réduire le plus possible les effets sanitaires en fonction des limitations locales, des moyens disponibles et des priorités de la santé publique.

4.2.5 Oxyde de soufre

Le dioxyde de soufre provient essentiellement de la combustion du soufre contenu dans les combustibles fossiles (fioul ou charbon utilisés dans les centrales thermiques, les chaufferies et les fours industriels, les chauffages collectifs et individuels) et les carburants.

Lors d'une exposition de quelques minutes à des concentrations de l'ordre d'1 mg/m^3 , la réponse chez l'homme se traduit par une diminution de la fonction respiratoire, un accroissement de la résistance des voies aériennes, une

broncho constriction (diminution de calibre (diamètre) des bronches) et l'apparition de symptômes tels que la toux et les sifflements. Les asthmatiques sont les sujets les plus sensibles.

Les études épidémiologiques mettent en cause des expositions complexes où le SO₂ n'est qu'un des composants et un indicateur de pollution parmi d'autres. En effet, il est difficile d'isoler le SO₂ de la pollution acido-particulaire (SO₂, particules, sulfates, autres composés acides ...). Concernant la pollution acido-particulaire dans son ensemble, les études sont très cohérentes et montrent que les teneurs ambiantes sont significativement liées à la morbidité et à la mortalité respiratoire et cardio-vasculaire. **Ces effets sont observés pour des niveaux de concentration faibles, inférieurs aux normes actuelles, avec une relation dose-réponse sans seuil.**

Valeurs guides de l'OMS

Durée d'exposition	
10 min	24 heures
500 µg/m ³	20 µg/m ³

La révision de la directive concernant l'exposition sur 24 heures a conduit à ramener le seuil de 125 à 20 µg/m³ : en effet, il semblerait que le SO₂ ait des effets sur la santé à des concentrations bien plus faibles qu'on ne le soupçonnait auparavant. Il faut ainsi s'en protéger davantage. Bien que l'on ne connaisse pas encore exactement la cause des effets du SO₂ à de faibles concentrations, il est probable qu'en abaissant celles-ci on obtiendra aussi une réduction de l'exposition aux polluants associés.

4.2.6 Dioxyde de carbone

Il n'est considéré que depuis très récemment comme un polluant. La loi sur l'air l'a défini en tant que tel pour son implication dans l'augmentation de l'effet de serre. Il est émis par toutes les activités de combustion de composés carbonés dont il est le produit final. Les activités de transport représentent 40 % des émissions globales de CO₂ (données CITEPA pour 1997) et prennent aujourd'hui une importance grandissante du fait de l'augmentation de la consommation en carburant.

Des risques pour la santé apparaissent dans les cas d'une concentration excessive sous forme d'asphyxie par dysfonctionnement des systèmes pulmonaires et respiratoires. En milieu ouvert, ce problème ne se rencontre jamais

4.3 Hiérarchisation sur la base des données toxicologiques

Sur la base de cette étude il apparaît que, parmi les composés modélisés, les solutions les plus émissives en CO, COV et SO₂ sont celles pour lesquelles l'impact sanitaire associé sera le plus élevé.

Pour ces composés une hiérarchisation des franchissements est proposée sur la base des notations suivantes :

- 1 : solution(s) la plus impactante
- 2 : si différence significative/ à solution classée 1
- 3 : si différence significative/ à solution classée 2

	Monoxyde de carbone (CO)	Composés organiques volatiles (COV)	Oxyde de souffre (SO2)
Pont 2x1 2025 avec trémies	3	1	1
Pont 2x2 2025 avec trémies	3	1	1
Pont 2x1 2025 sans trémies	2	1	1
Pont 2x2 2025 sans trémies	2	1	1
Tunnel 2x1 2025	2	1	1
Tunnel 2x2 2025	1	1	1

5 Conclusion

Ainsi que ce soit en termes de quantités émises ou d'impact sanitaire associé, l'analyse réalisée permet de mettre en évidence :

- Que toutes les solutions de franchissement considérées (tunnel 2*2 mise à part) présentent une situation plus favorable qu'un état sans franchissement ;
- Que la solution tunnel 2*2 voies est la plus impactante en termes de qualité d'air ;
- Que les solutions pont présentant les gains les plus élevés sur la qualité de l'air sont pour la solution pont 2*1 avec trémies ;
- Que les solutions pont présentent les gains plus élevés.

Annexe 12 : Note technique : Bilan GES

Indicateur : Bilan Gaz à effet de serre

1	INTRODUCTION.....	2
2	DIAGNOSTIC GAZ A EFFET DE SERRE « CONSTRUCTION » :.....	2
3	DIAGNOSTIC GAZ A EFFET DE SERRE « UTILISATION » :.....	3

1 Introduction

ARCADIS a réalisé l'évaluation comparative de l'impact sur l'effet de serre de chacune des solutions de franchissement envisagées (pont et tunnel 2x1 et 2x2 voies), dont le but est :

- D'évaluer et hiérarchiser les émissions de gaz à effet de serre générées par la construction de l'ouvrage ;
- D'évaluer les émissions de gaz à effet de serre générées par le trafic sur l'agglomération bordelaise suite à la mise en place du franchissement pour chaque variante étudiée ;
- De comparer la contribution relative de la construction de chaque variante avec les émissions liées à l'utilisation de l'ouvrage sur une période de trente ans.

L'évaluation comparative se décompose en deux entités distinctes :

- Un diagnostic gaz à effet de serre « construction », inspiré de la méthodologie Bilan Carbone[®] développée par l'ADEME ;
- Un diagnostic gaz à effet de serre « utilisation », établi à l'aide du logiciel de modélisation des émissions routières IMPACT développé par l'ADEME.

2 Diagnostic gaz à effet de serre « construction » :

La méthodologie Bilan Carbone[®] classique évalue les émissions d'une entité à posteriori. Etant donné que le projet de franchissement de la Garonne n'en est qu'au stade de la programmation, ARCADIS a adapté la méthodologie en fonction des contraintes d'estimation des données.

Afin de fournir des ordres de grandeurs de comparaison les plus réalistes possible, le périmètre d'étude du volet « construction » a volontairement été réduit aux postes majeurs dont l'estimation des données reste fiable. Le périmètre ainsi retenu est le suivant :

- Matériaux de construction : les quantités de matériaux de construction (ciment, granulats, béton, acier) nécessaires pour chaque solution ont été estimées selon les experts en ouvrages d'art d'ARCADIS ;
- Fret des matériaux de construction et des déblais : l'ensemble du transport des matériaux de construction, de déblais ou de remblais nécessaires a été estimé pour chaque solution de franchissement étudiée.

Les facteurs d'émissions de l'ADEME, permettent d'obtenir à partir des quantités de matériaux ou des distances de trajets effectués la quantité d'émissions de gaz à effet de serre exprimée en équivalent carbone (éq C).

La combinaison des émissions engendrées par la fabrication des matériaux et leur transport sur le chantier permet d'évaluer les émissions globales en gaz à effet de serre de chaque solution de franchissement étudiée.

3 Diagnostic gaz à effet de serre « utilisation » :

Afin d'évaluer les émissions de gaz à effet de serre du trafic routier, le logiciel IMPACT développé par l'ADEME a été utilisé sur la base des données trafic fournies par la société Emtis sur l'ensemble de l'agglomération Bordelaise.

ARCADIS a donc modélisé les émissions de gaz à effet de serre pour deux horizons d'étude distincts :

- Horizon 2017, correspondant à la mise en service du franchissement amont de la Garonne, mais également à l'arrivée prévue de la ligne à grande vitesse (LGV) Paris-Bordeaux ;
- Horizon 2025 : correspondant à l'échéance à laquelle tous les projets connus aujourd'hui sur le secteur d'influence du franchissement devraient être achevés, y compris la mise en service du TCSP sur l'ouvrage.

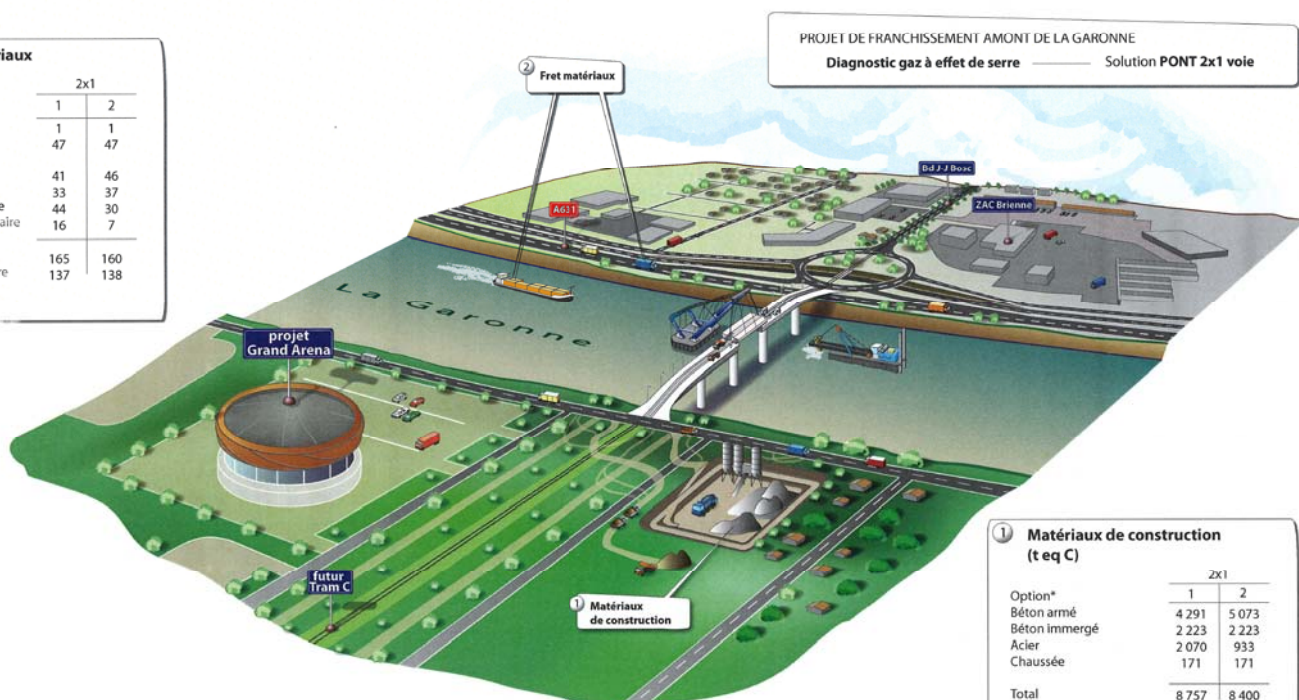
Les émissions liées au trafic pour chaque solution de franchissement ont été modélisées pour les deux horizons d'étude. Les valeurs obtenues ont pu être comparées aux émissions de la solution de référence, c'est-à-dire sans franchissement, permettant ainsi d'estimer les émissions de gaz à effet de serre évitées par la mise en service de l'ouvrage après 30 ans d'utilisation.

Ces valeurs ont été mises en perspective sur une période d'utilisation de 2017 à 2047 par rapport à l'impact en gaz à effet de serre lié à la construction de l'ouvrage via le « temps de compensation des émissions liées à la construction » de chaque solution envisagée.

Annexe 13 : Impact sur l'effet de serre solution Pont

② Fret des matériaux
(t eq C)

	2x1	
Option*	1	2
Terrassement interne	1	1
Remblais	47	47
Matières premières		
- Ciment	41	46
- Granulats	33	37
- Acier option fluviale	44	30
option ferroviaire	16	7
Total option fluviale	165	160
option ferroviaire	137	138



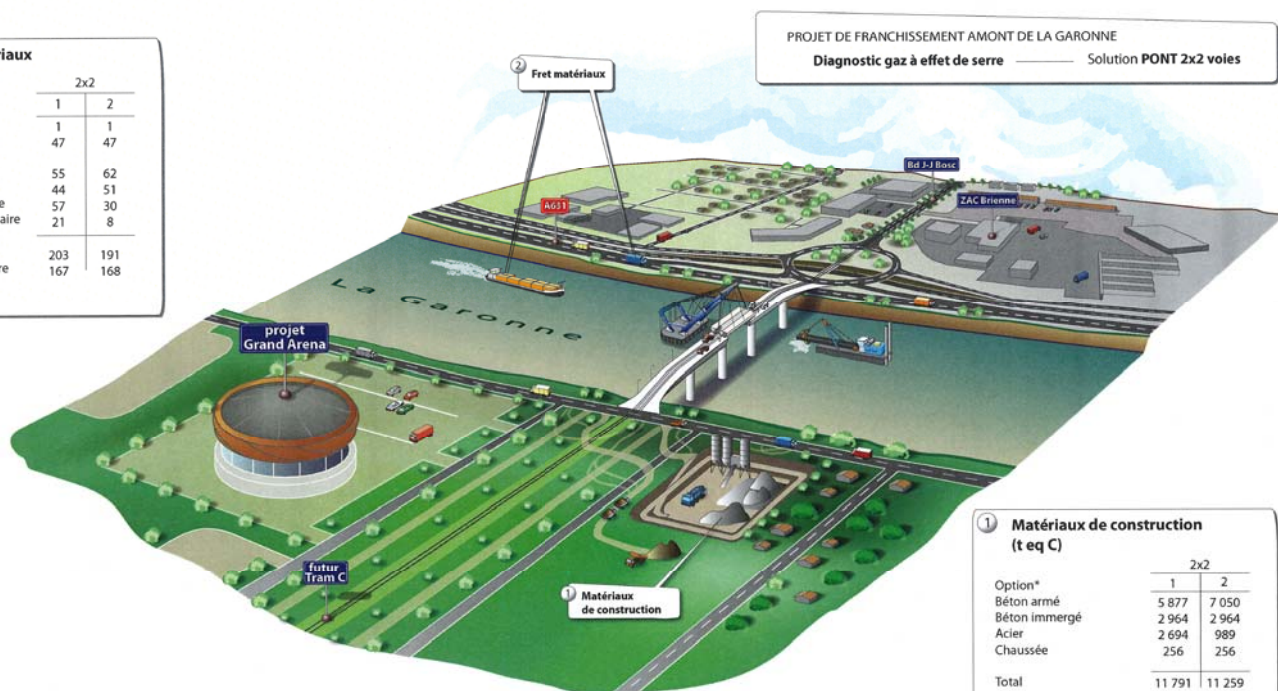
④ Option 1: tablier mixte à inertie variable
Option 2: tablier béton pré-contraint à inertie variable

① Matériaux de construction
(t eq C)

	2x1	
Option*	1	2
Béton armé	4 291	5 073
Béton immergé	2 223	2 223
Acier	2 070	933
Chaussée	171	171
Total	8 757	8 400

2 Fret des matériaux
(t eq C)

	2x2	
	1	2
Option*		
Terrassement interne	1	1
Remblais	47	47
Matières premières		
- Ciment	55	62
- Granulats	44	51
- Acier option fluviale	57	30
option ferroviaire	21	8
Total option fluviale	203	191
option ferroviaire	167	168



1 Matériaux de construction
(t eq C)

	2x2	
	1	2
Option*		
Béton armé	5 877	7 050
Béton immergé	2 964	2 964
Acier	2 694	989
Chaussée	256	256
Total	11 791	11 259

Option 1: tablier mixte à inertie variable
Option 2: tablier béton pré-contraint à inertie variable

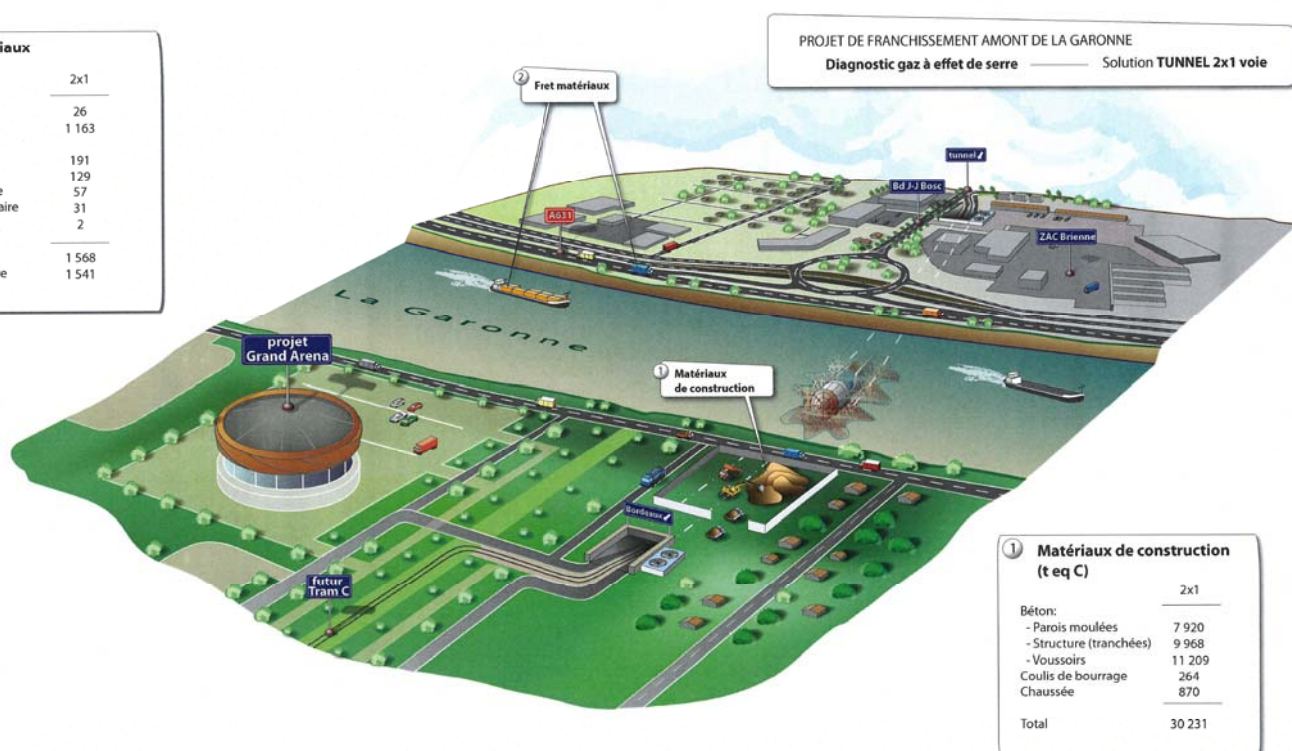
EMISSIONS LIEES AUX MATERIAUX DE CONSTRUCTION DU PONT								
		Unité matériaux	Quantité de matériaux	Emissions (en Tco2)	Quantité de matériaux	Emissions (en Tco2)	Facteur d'émission en kg eqC/T	Hypothèses retenues et justification du FE, source de l'information et incertitude
			2 x 2 voies		2 x 1 voie			
1	Tablier mixte à inertie variable (option 1)							
101	Bétons armés	T	10 275	1 400	6 850	933	136.21	400 kg de ciment /m3 de béton et 250 kg d'armatures /m3 de béton
102	Acier de charpente	T	5 700	1 872	3 800	1 248	328.50	Le facteur d'émission est le même pour les 3 types d'acier utilisés
2	Tablier béton pré-contraint à inertie variable (option 2)							
201	Bétons armés	T	26 295	2 573	17 530	1 715	97.85	350 kg de ciment /m3 de béton et 150 kg d'armatures /m3 de béton
202	Acier de précontrainte	T	510	168	340	112	328.50	Le facteur d'émission est le même pour les 3 types d'acier utilisés
3	2 Passerelles							
301	Acier de charpente métallique	T	2 500	821	2 500	821	328.50	Le facteur d'émission est le même pour les 3 types d'acier utilisés
3	7 appuis immergés avec une solution béton							
301	Béton seul immergé	T	49 735	2 964	37 301	2 223	59.59	450 kg de ciment /m3 de béton
302	Bétons armés hors d'eau	T	33 691	3482.19	25 270	2 612	103.36	400 kg de ciment /m3 de béton et 150 kg d'armatures /m3 de béton
4	2 Culées							
401	Bétons armés	T	9 626	995	7 220	746	103.36	400 kg de ciment /m3 de béton et 150 kg d'armatures /m3 de béton
5	Chaussées neuves							
					Surface de chaussée			
501	Chaussées neuves	m2	16 500	256	11 000	171	15.54	Base de données COLAS, chaussée semi-rigide de type TC5
TOTAL EMISSIONS EN T eq C :				2x2		2x1		
				Tablier mixte (option 1)		8 754		
				Tablier béton pré-contraint (option 2)		8 400		

FACTEURS D'EMISSIONS				
masse moléc carbone =	12	1 kg équ C/T	γ béton =	2.45
masse moléc CO ₂ =	44	3.67 kg équ CO ₂ /T	Donnée	
facteur =	3.67		Calcul	
			Choix	
1 Tonne d'acier	870 kg équ C/T	si neuf	1 Tonne granulats =	5 kg équ C/T
(page 6 du guide FE ADEME)	300 kg équ C/T	si recyclé à 100%		18 kg équ CO ₂ /T
	585 kg équ C/T	si recyclé à 50/50		(p 25 - § 5.7.3.1)
	329 kg équ C/T	recyclé à 95 %		
1 Tonne de ciment Portland =	270 kg équ C/T			
	990 kg équ CO ₂ /T			
	(p 22 du guide FE ADEME - § 5.7.1.2)			
Calcul du FE du béton par application		Béton seul	Quantité d'acier-armature par m ³ de béton	Béton armé
①	ciment			
Tablier mixte	400 kg / m ³	54 kg équ C/T	250 kg / m ³	136 kg équ C/T
C25/30	avec granulats	133 kg équ C/m ³		334 kg équ C/m ³
400 kg/m ³	2000 kg / m ³			
②	ciment			
Tablier béton précontraint	350 kg / m ³	49 kg équ C/T	150 kg / m ³	98 kg équ C/T
C35/45	avec granulats	119 kg équ C/m ³		240 kg équ C/m ³
350 kg/m ³	2000 kg / m ³			
③	ciment			
Appuis immergés, béton armé hors d'eau	400 kg / m ³	54 kg équ C/T	150 kg / m ³	103 kg équ C/T
C40/50	granulats	133 kg équ C/m ³	(béton armé hors d'eau)	253 kg équ C/m ³
400 kg/m ³	2000 kg / m ³			
④	ciment			
Appuis immergés, béton seul dans l'eau	450 kg / m ³	60 kg équ C/T		
C40/50	granulats	146 kg équ C/m ³		
450 kg/m ³	2000 kg / m ³			
5	ciment			
Culées	400 kg / m ³	54 kg équ C/T	150 kg / m ³	103 kg équ C/T
C35/45	granulats	133 kg équ C/m ³		253 kg équ C/m ³
400 kg/m ³	2000 kg / m ³			

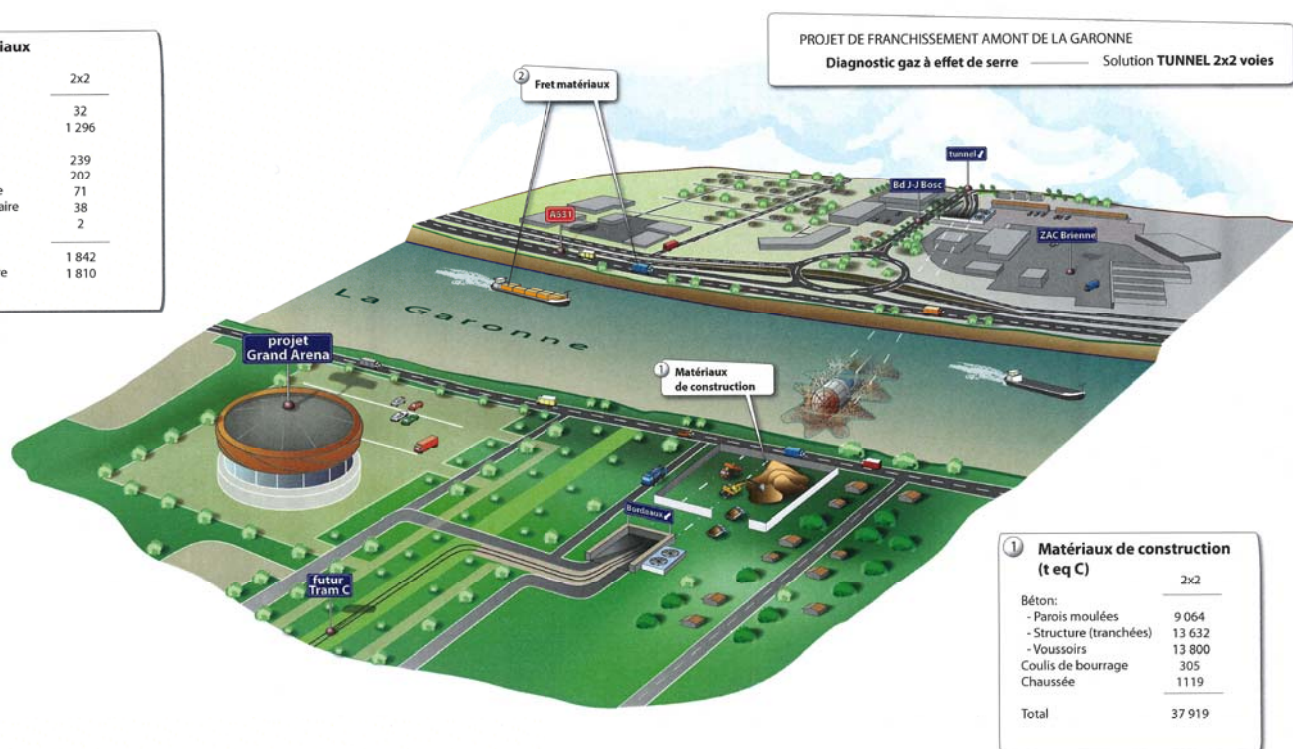
EMISSIONS LIEES AU FRET DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION DU PONT									
	Unité des quantités de matériaux	2 X 2 voies			2 x 1 voie				
		Quantité matériaux	FE	Emissions (t eq C)	Quantité matériaux	FE	Emissions (t eq C)		
Fret interne (niveau de terrassement)									
Débâcles des raccordements	m3	0		0				Hydrocarbures totaux	
Trajets de camions du pont d'excavation jusqu'au dépôt provisoire	Nombre de rotations	0		0				Utilisation de dumpers chargés à 15 m3	
Trajets de camions du pont d'excavation jusqu'au dépôt provisoire	Nombre de km parcourus	0	0.333 Kg d'eqC/km	0	0.333 Kg d'eqC/km	0.00		Distance maximale du raccordement au dépôt provisoire de stockage =	500 mètres
								FE interne : tracteur routier PTAC 25 tonnes - moyenne (pompe+combustion) à vide et à plein	
Remblais pour raccordements	m3	27 000		27 000					
Remblais pour le raccordement rue gauche (option C, choisie car la plus pénalisante)	m3	9 500		9 500					
Remblais pour le raccordement rue droite (option A)	m3	36 500		36 500					
Quantité totale des remblais	m3	2 433		2 433				Utilisation de dumpers chargés à 15 m3	
Trajets de camions du dépôt provisoire jusqu'au point de remblaiement	Nombre de rotations	2 433	0.333 Kg d'eqC/km	1	2 433	0.333 Kg d'eqC/km	0.81	Distance maximale de la tranchée ouverte au dépôt provisoire de stockage =	500 mètres
Trajets de camions du dépôt provisoire jusqu'au point de remblaiement	Nombre de km parcourus	2 433	0.333 Kg d'eqC/km	1	2 433	0.333 Kg d'eqC/km	0.81		
Fret amont des remblais									
Rites du déficit	m3	36 500		36 500				Les matériaux nécessaires au remblaiement sont constitués pour moitié par des marnes, et pour l'autre moitié par des sables et graviers	
Quantité de marnes	m3	18 250		18 250					
Aspect du déficit par camions depuis la carrière de marnes	Nombre de rotations	600		600				Evacuation des excédents de déchets par camions chargés à 30 m3	
Trajets de camions de la carrière au dépôt provisoire	Nombre de km parcourus	97 333	0.333 Kg d'eqC/km	32	97 333	0.333 Kg d'eqC/km	32.41	Distance maximale du dépôt provisoire de stockage vers un chantier d'élimination =	80 kilomètres
Quantité de sable et gravier	m3	18 250		18 250					
Aspect du déficit par camions depuis la carrière de sable et gravier	Nombre de rotations	600		600				Evacuation des excédents de déchets par camions chargés à 30 m3	
Trajets de camions de la carrière au dépôt provisoire	Nombre de km parcourus	42 583	0.333 Kg d'eqC/km	14	42 583	0.333 Kg d'eqC/km	14.18	Distance maximale du dépôt provisoire de stockage vers un chantier d'élimination =	35 kilomètres
Fret amont des matières premières de construction									
Quantité de ciment à transporter (option 1)	m3	7 096		5 272				Ciments en provenance de Boucaux, Pyrénées Atlantiques distance = 155 km	
Transport du ciment de la carrière vers la centrale à béton du chantier	Nombre de rotations	222		165				Cherries chargées à 32 m3, densité du ciment =	2.2
Transport du ciment de la carrière vers la centrale à béton du chantier	Nombre de km parcourus par les camions	82 944	0.666 kg d'eqC/km	55	82 944	0.666 kg d'eqC/km	40.58		
Quantité de ciment à transporter (option 2)	m3	8 050		5 940				Ciments en provenance de Boucaux, Pyrénées Atlantiques distance = 155 km	
Transport du ciment de la carrière vers la centrale à béton du chantier	Nombre de rotations	253		196				Cherries chargées à 32 m3, densité du ciment =	2.2
Transport du ciment de la carrière vers la centrale à béton du chantier	Nombre de km parcourus par les camions	93 644	0.666 kg d'eqC/km	62	93 644	0.666 kg d'eqC/km	45.75		
Quantité de granulats à transporter (option 1)	m3	40 748		30 245				Barges chargées à 1125 m3, Densité des granulats =	2
Trajets par barges des granulats	Nombre de rotations des barges	2 173	0.008kg d'eqC/km	44	1 613	0.008kg d'eqC/km	32.47	Distance entre le lieu de chargement des granulats et le chantier JJ Bosc =	30 kilomètres
Trajets par barges des granulats	Nombre de km parcourus par les barges	47 074		34 449					
Quantité de granulats à transporter (option 2)	m3	42		31				Barges chargées à 1125 m3, Densité des granulats =	2
Trajets par barges des granulats	Nombre de rotations des barges	2 510	0.008kg d'eqC/km	51	1 837	0.008kg d'eqC/km	37.21	Distance entre le lieu de chargement des granulats et le chantier JJ Bosc =	30 kilomètres
Trajets par barges des granulats	Nombre de km parcourus par les barges	6 200		4 300					
Quantité d'acier de charpente à transporter (option 1)	tonnes	2 096		1 510				Aciers en provenance du groupe RIVA, aciéries de Bonnières sur Seine	
Transport fluvial de l'acier de Bonnières sur Seine au Havre	Nombre de rotations de barges	4		4				Barges chargées à 1800 tonnes	
Transport fluvial de l'acier de Bonnières sur Seine au Havre	Nombre de km parcourus par les barges	2 096	0.008kg d'eqC/km	33 948	2 096	0.008kg d'eqC/km	26.08	Distance entre Bonnières sur Seine et le Havre =	100 km
Transport maritime en vracage de l'acier du Havre à Basseins	Nombre de km parcourus par les vracages	10 022	0.00175kg d'eqC/km	21 804	7 700	0.00175kg d'eqC/km	16.77	Distance entre Le Havre et Basseins =	100 km
Transport fluvial de l'acier de Basseins à Boulevard JJ Bosc	Nombre de km parcourus par les barges	100	0.008kg d'eqC/km	1 626	77	0.008kg d'eqC/km	1.25	Distance entre Basseins et Boulevard JJ Bosc =	100 km
Quantité d'acier de charpente à transporter (option 2)	tonnes	2 500		2 500				Aciers en provenance du groupe RIVA, aciéries de Bonnières sur Seine	
Transport fluvial de l'acier de Bonnières sur Seine au Havre	Nombre de rotations de barges	4		4				Chargés chargés à 1800 tonnes	
Transport fluvial de l'acier de Bonnières sur Seine au Havre	Nombre de km parcourus par les barges	2 096	0.008kg d'eqC/km	33 948	2 096	0.008kg d'eqC/km	26.08	Distance entre Bonnières sur Seine et le Havre =	100 km
Transport maritime en vracage de l'acier du Havre à Basseins	Nombre de km parcourus par les vracages	10 022	0.00175kg d'eqC/km	21 804	7 700	0.00175kg d'eqC/km	16.77	Distance entre Le Havre et Basseins =	100 km
Transport fluvial de l'acier de Basseins à Boulevard JJ Bosc	Nombre de km parcourus par les barges	100	0.008kg d'eqC/km	1 626	77	0.008kg d'eqC/km	1.25	Distance entre Basseins et Boulevard JJ Bosc =	100 km
Quantité d'acier de précontrainte à transporter (option 1)	tonnes	0		0				Aciers en provenance du groupe RIVA, aciéries de Bonnières sur Seine	
Transport fluvial de l'acier de Bonnières sur Seine au Havre	Nombre de rotations de barges	0		0				Barges chargées à 1800 tonnes	
Transport fluvial de l'acier de Bonnières sur Seine au Havre	Nombre de km parcourus par les barges	0	0.008kg d'eqC/km	0	0	0.008kg d'eqC/km	0.00	Distance entre Bonnières sur Seine et le Havre =	100 km
Transport maritime en vracage de l'acier du Havre à Basseins	Nombre de km parcourus par les vracages	0	0.00175kg d'eqC/km	0	0	0.00175kg d'eqC/km	0.00	Distance entre Le Havre et Basseins =	100 km
Transport fluvial de l'acier de Basseins à Boulevard JJ Bosc	Nombre de km parcourus par les barges	0	0.008kg d'eqC/km	0	0	0.008kg d'eqC/km	0.00	Distance entre Basseins et Boulevard JJ Bosc =	100 km
Quantité d'acier de précontrainte à transporter (option 2)	tonnes	510		340				Aciers en provenance du groupe RIVA, aciéries de Bonnières sur Seine	
Transport fluvial de l'acier de Bonnières sur Seine au Havre	Nombre de rotations de barges	1		1				Barges chargées à 1800 tonnes	
Transport fluvial de l'acier de Bonnières sur Seine au Havre	Nombre de km parcourus par les barges	400	0.008kg d'eqC/km	7 402	400	0.008kg d'eqC/km	7.40	Distance entre Bonnières sur Seine et le Havre =	100 km
Transport maritime en vracage de l'acier du Havre à Basseins	Nombre de km parcourus par les vracages	2 200	0.00175kg d'eqC/km	4 791	2 200	0.00175kg d'eqC/km	4.79	Distance entre Le Havre et Basseins =	100 km
Transport fluvial de l'acier de Basseins à Boulevard JJ Bosc	Nombre de km parcourus par les barges	22	0.008kg d'eqC/km	354	22	0.008kg d'eqC/km	0.36	Distance entre Basseins et boulevard JJ Bosc =	100 km
Transport ferroviaire de l'acier de Bonnières sur Seine à Bordeaux	tonnes	8 200	0.004kg d'eqC/km	20.66	6 300	0.004kg d'eqC/km	15.88	Distance entre Bonnières sur Seine et Bordeaux =	630 kilomètres
Option 1	tonnes	3 010	0.004kg d'eqC/km	7.66	2 460	0.004kg d'eqC/km	7.98	Distance entre Bonnières sur Seine et Bordeaux =	630 kilomètres
Option 2	tonnes	630	0.004kg d'eqC/km	7.66	630	0.004kg d'eqC/km	7.98	Distance entre Bonnières sur Seine et Bordeaux =	630 kilomètres
	Nombre de km parcourus par rail	630	0.004kg d'eqC/km	7.66	630	0.004kg d'eqC/km	7.98		
TOTAL EMISSIONS EN T eq C									
				292			243		
				260			197		
				191			160		
				168			137		
				191			160		
				168			137		

Annexe 14 : Impact sur l'effet de serre solution Tunnel

② Fret des matériaux (t eq C)	
	2x1
Terrassement interne	26
Déblais	1 163
Matières premières	
- Ciment	191
- Granulats	129
- Acier option fluviale	57
option ferroviaire	31
Tunnelier	2
Total option fluviale	1 568
option ferroviaire	1 541



② Fret des matériaux (t eq C)	2x2
Terrassement interne	32
Déblais	1 296
Matières premières	
- Ciment	239
- Granulats	202
- Acier option fluviale	71
option ferroviaire	38
Tunnelier	2
Total option fluviale	1 842
option ferroviaire	1 810



EMISSIONS LIEES AUX MATERIAUX DE CONSTRUCTION DU TUNNEL FORE							
	Unité matériaux	2 x 2 voies		2 x 1 voie		Facteurs d'émissions	Hypothèses retenues et justification du FE, source de l'information et incertitude
		Quantité de matériaux	Emissions (en T _{eq} C)	Quantité de matériaux	Emissions (en T _{eq} C)		
P.M	Types de bétons et applications						
	B25 parois moulées	m3	40 000		35 000		béton à 350 kg/m3 de ciment
	B30 Bétons structurels	m3	67 000		49 000		béton à 350 kg/m3 de ciment
	B40 Voussoirs	m3	80 000		65 000		béton à 385 kg/m3 de ciment
P.M	Armatures acier						
	Armatures parois moulées	T	5 000		4 250		120 kg d'acier par m3 de béton, acier peu recyclé (20%)
	Armatures bétons structurels	T	6 250		4 550		95 kg d'acier par m3 de béton, acier peu recyclé (20%)
	Armatures voussoirs	T	4 000		3 200		50 kg d'acier par m3 de béton, acier peu recyclé (20%)
1	BETON ARME					Kg eq C / t	
101	Parois moulées	T	103 000	9 064	90 000	7 920	88
102	Bétons structurels (tranchées ouverte et couverte)	T	170 400	13 632	124 600	9 968	80
103	Voussoirs	T	200 000	13 800	162 450	11 209	69
2	Coulis de bourrage des voussoirs					kg eq C / m3	
		m3	1 500	305	1 300	264	203
3	Chaussées neuves					kg eq C / m²	
	Chaussées neuves	m2	72 000	1 119	56 000	870	15.54
	TOTAL EMISSIONS EN T _{eq} C :						
			2 X 2 Voies		2 X 1 Voie		
			37 919		30 231		
	Base de données COLAS, chaussée semi-rigide de type TC5						

FACTEURS D'EMISSIONS

masse moléc carbone =	12	1 kg équ C/T	
masse moléc CO ₂ =	44	3.67 kg équ CO ₂ /T	
facteur =	3.67		

γ béton =
2.45

Donné
Calculé
Choix

1 Tonne acier =
(page 6)

870 kg équ C/T
300 kg équ C/T
585 kg équ C/T
329 kg équ C/T

si neuf
si recyclé
si 50/50
recyclé à 95%

1 Tonne granulats = 5 kg équ C/T
18 kg équ CO₂/T
(p 25 - § 5.7.3.1)

1 Tonne Portland = 270 kg équ C/T
990 kg équ CO₂/T
(p 22 - § 5.7.1.2)

FE des bétons en fonction de leur application

		Béton seul		Béton armé
				(Quantité d'acier - armatures par m3 de béton)
①	ciment			
Parois moulées	350 kg / m3	49 kg équ C/T	120 kg / m3	88 kg équ C/T
C25/30	avec granulats	119 kg équ C/m3		216 kg équ C/m3
350 kg/m3	2000 kg / m3			
②	ciment			
Bétons structuraux	350 kg / m3	49 kg équ C/T	95 kg / m3	80 kg équ C/T
C35/45	avec granulats	119 kg équ C/m3		195 kg équ C/m3
350 kg/m3	2000 kg / m3			
③	ciment			
Voussoirs pour tunnels	385 kg / m3	52 kg équ C/T	50 kg / m3	69 kg équ C/T
C40/50	granulats	128 kg équ C/m3		169 kg équ C/m3
385 kg/m3	2000 kg / m3			
④	ciment			
Caissons immergés	400 kg / m3	54 kg équ C/T	125 kg / m3	95 kg équ C/T
C35/45	granulats	133 kg équ C/m3		233 kg équ C/m3
400 kg/m3	2000 kg / m3			
		Coulis seul		
⑤	ciment			
Coulis bourrage	750 kg / m3	83 kg équ C/T		
terrain / voussoirs		203 kg équ C/m3		
		de coulis		

EMISSIONS LIEES AUX FRET DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION DU TUNNEL FORE										
	Unité des quantités de matériaux	2 X 2 voies		2 x 1 voie		Emissions en T d'eq				
		Quantité matériaux	FE	Emissions en Td'eq	Quantité matériaux					Facteurs d'émission
Fret interne (travaux de terrassement)										
Déblais de fouilles d'accès (tranchée couverte)	m3	650 000		550 000						
Trajets de camions du point d'excavation jusqu'au dépôt provisoire	Nombre de rotations	43 000		37 000						
Trajets de camions du point d'excavation jusqu'au dépôt provisoire	Nombre de km parcourus	43 000	0.333 kg d'eq/km	37 000	0.333 kg d'eq/km	12	Utilisation de déchets chargés à 15 m3			
							Distance maximale de la tranchée couverte au dépôt provisoire de stockage =	500	mètres	
Déblais de tunnelier (2 tubes)	m3	470 000		380 000			FE retenu = broyeur roulier PTAC 25 tonnes + broyeur à disque avant-avant-combustibles à vide et à plein			
Trajets de camions du point d'excavation jusqu'au dépôt provisoire	Nombre de rotations	31 333		26 333			Utilisation de déchets chargés à 15 m3			
Trajets de camions du point d'excavation jusqu'au dépôt provisoire	Nombre de km parcourus	31 333	0.333 kg d'eq/km	26 333	0.333 kg d'eq/km	8	Distance maximale de la tranchée couverte au dépôt provisoire de stockage =	500	mètres	
							FE retenu = broyeur roulier PTAC 25 tonnes + broyeur à disque avant-combustibles à vide et à plein			
Remblais tranchées couvertes	m3	340 000		230 000						
Trajets de camions du dépôt provisoire jusqu'au point de remblaiement	Nombre de rotations	22 667		19 333			Utilisation de déchets chargés à 15 m3			
Trajets de camions du point d'excavation jusqu'au dépôt provisoire	Nombre de km parcourus	22 667	0.333 kg d'eq/km	19 333	0.333 kg d'eq/km	6	Distance maximale de la tranchée couverte au dépôt provisoire de stockage =	500	mètres	
Fret aval = transport pour élimination ou valorisation des déblais										
Blais des excédents	m3	700 000		700 000						
Excédents valorisés	m3	624 000		560 000			Valorisation en TP de 80% des excédents de matériaux	Taux de valorisation =	8.8	
Si fret routier exclusivement							Excavation des excédents de déblais par camions chargés à 10 m3			
Excavation excédent par camions (2) vers un chantier de valorisation	Nombre de rotations	20 800		18 667			Distance maximale de dépôt provisoire de stockage vers un chantier d'élimination =	60	Mètres	
Trajets de camions du dépôt provisoire vers un chantier de valorisation	Nombre de km parcourus	2 496 000	0.333 kg d'eq/km	2 240 000	0.333 kg d'eq/km					
Si fret fluvial = fret routier							Barges chargées à 125 m3 soit 1800 tonnes. Matériaux homogènes à 0-1.6			
Trajets par barges des excédents du dépôt provisoire vers le chantier de valorisation	Nombre de rotations des barges	555		498			Distance entre le dépôt provisoire et le chantier de valorisation =	50	Mètres	
Trajets par barges des excédents du dépôt provisoire vers le chantier de valorisation	Nombre de km parcourus par les barges	55 467	0.009 kg d'eq/km	49 778	0.009 kg d'eq/km	406	Distance entre le chantier de chargement des granulats et le chantier d'élimination =	10	Mètres	
Trajets en camions vers chantier de valorisation après rupture de charge fluvial	Nombre de km parcourus par les camions	416 000	0.333 kg d'eq/km	372 333	0.333 kg d'eq/km	124				
Excédents éliminés en décharge de Classe III	m3	156 000		140 000						
Si fret routier exclusivement										
Excavation excédent par camions (2) vers une décharge KII	Nombre de rotations	5 200		4 667			Excavation des excédents de déblais par camions chargés à 10 m3			
Trajets de camions du dépôt provisoire vers une décharge KII	Nombre de km parcourus	372 000	0.333 kg d'eq/km	290 000	0.333 kg d'eq/km		Distance maximale de dépôt provisoire de stockage vers une décharge KII =	30	Mètres	
Si fret fluvial = fret routier							Barges chargées à 125 m3 soit 1800 tonnes.			
Trajets par barges des excédents du dépôt provisoire vers la décharge de KII	Nombre de rotations des barges	119		124			Distance entre le dépôt provisoire et la rupture de charge =	50	Mètres	
Trajets par barges des excédents du dépôt provisoire vers la décharge KII	Nombre de km parcourus par les barges	13 867	0.009 kg d'eq/km	12 444	0.009 kg d'eq/km	202	Distance entre le chantier de chargement des granulats et le chantier d'élimination =	10	Mètres	
Trajets en camions vers la décharge KII après rupture de charge fluvial	Nombre de km parcourus par les camions	104 000	0.333 kg d'eq/km	93 333	0.333 kg d'eq/km	31				
Fret amont des matières premières de construction et du tunnelier										
Concrêt exceptionnel pour le transport du tunnelier	Nombre de km de routes exceptionnelles	1900	1.000 kg d'eq/km	1.9			Schéwenens, Allemagne, 100 km			
Quantité de ciment à transporter	m3	31 023		24 739			Ciments en provenance de Boucaux, Pyrénées Atlantiques distance = 185 km			
Transport du ciment de la centrale vers la centrale à béton du chantier	Nombre de rotations	959		773			Ciments chargés à 32 m3, densité du ciment =	2.2		
Transport du ciment de la centrale vers la centrale à béton du chantier	Nombre de km parcourus par les citernes	358 709	0.666 kg d'eq/km	239	286 040	0.666 kg d'eq/km	191			
Quantité de granulats à transporter	m3	233 750		149 000			Barges chargées à 125 m3. Densité des granulats =	1.6		
Trajets par barges des granulats	Nombre de rotations des barges	200		132			Distance entre le lieu de chargement des granulats et le chantier d'élimination =	30	Mètres	
Trajets par barges des granulats	Nombre de km parcourus par les barges	12 467	0.009 kg d'eq/km	202	7 947	0.009 kg d'eq/km	129			
Quantités d'acier à transporter	tonnes	15 165		12 105			Aciers en provenance du groupe DWA, aciéries de Rommeville sur Seine			
Transport fluvial de l'acier de Rommeville sur Seine au Havre	Nombre de rotations des barges	8		7			Barges chargées à 1800 tonnes.			
Transport fluvial de l'acier de Rommeville sur Seine au Havre	Nombre de km parcourus par les barges	2 816	0.009 kg d'eq/km	43	3 094	0.009 kg d'eq/km	50	Distance entre Rommeville sur Seine et le Havre =	230	Mètres
Transport maritime en vrac de l'acier du Havre à Boucaux	Nombre de km parcourus par les unités	2 250	0.0017 kg d'eq/km	6	2 200	0.0017 kg d'eq/km	6	Distance entre Le Havre et Boucaux =	1100	Mètres
Transport fluvial du vrac de Boucaux à Rommeville au Havre	Nombre de km parcourus par les barges	159	0.009 kg d'eq/km	3	148	0.009 kg d'eq/km	2	Distance entre Boucaux et Rommeville au Havre =	13	Mètres
Transport ferroviaire de l'acier de Rommeville sur Seine à Boucaux	Nombre de km parcourus par les	630	0.009 kg d'eq/km	38	530	0.009 kg d'eq/km	11	Distance entre Rommeville sur Seine et Boucaux =	630	Mètres
TOTAL EMISSIONS EN T d'eq C			2 X 2 voies	2 X 1 voie						
Concrêt Eau			1 842				1 568			
Concrêt Air			1 810				1 541			

Annexe 15 : Note technique : Perturbation des écosystèmes

Indicateur : Perturbation des écosystèmes

1	ETAT INITIAL – LA GARONNE.....	2
1.1	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	2
1.2	LA GARONNE : SITE NATURA 2000.....	2
1.3	SITES CLASSES	3
1.4	SITES INSCRITS.....	3
1.5	ZNIEFF	4
1.6	ZICO	4
1.7	FAUNE/FLORE.....	4
1.8	PPRI	5
2	EFFETS DU FRANCHISSEMENT EN PHASE TRAVAUX SUR LE MILIEU AQUATIQUE ET LES BERGES DE LA GARONNE.....	7
2.1	IMPACTS COMMUNS AUX SOLUTIONS DE FRANCHISSEMENT PONT ET TUNNEL.....	7
2.1.1	<i>Incidences des travaux sur la qualité de l'air.....</i>	8
2.1.2	<i>Incidences des travaux sur la qualité des eaux superficielles.....</i>	9
2.1.3	<i>Incidences des travaux sur le milieu naturel et les écosystèmes.....</i>	10
2.2	IMPACTS SPECIFIQUES A LA SOLUTION DE FRANCHISSEMENT PONT EN PHASE TRAVAUX.....	11
2.2.1	<i>Protection des nappes et des captages.....</i>	11
2.2.2	<i>Incidences des opérations de dragage et de clapage des sédiments sur la qualité des eaux superficielles 11</i>	
2.2.3	<i>Incidences du trépannage des pieux sur la qualité des eaux superficielles.....</i>	12
2.2.4	<i>Incidences des travaux sur le régime hydraulique.....</i>	12
2.2.5	<i>Incidences des travaux sur le milieu naturel et les écosystèmes.....</i>	12
2.3	IMPACTS SPECIFIQUES A LA SOLUTION DE FRANCHISSEMENT TUNNEL EN PHASE TRAVAUX.....	16
2.3.1	<i>Effets des travaux de construction d'un tunnel foré</i>	16
2.3.2	<i>Effets des travaux de construction d'un tunnel immergé.....</i>	16
3	EFFETS DU FRANCHISSEMENT EN PHASE EXPLOITATION SUR LE MILIEU AQUATIQUE ET LES BERGES DE LA GARONNE.....	18
3.1	IMPACTS SPECIFIQUES A LA SOLUTION DE FRANCHISSEMENT PONT EN PHASE EXPLOITATION	18
3.1.1	<i>Effets d'un ouvrage type pont en phase exploitation</i>	18
3.1.2	<i>Obstruction de l'ouvrage.....</i>	18
3.1.3	<i>Effets quantitatifs du rejet des eaux de ruissellement du pont.....</i>	18
3.2	IMPACTS SPECIFIQUES A LA SOLUTION DE FRANCHISSEMENT TUNNEL EN PHASE EXPLOITATION.....	19
4	SYNTHESE ET COMPARAISON	19

1 Etat initial – La Garonne

1.1 Présentation de la zone d'étude

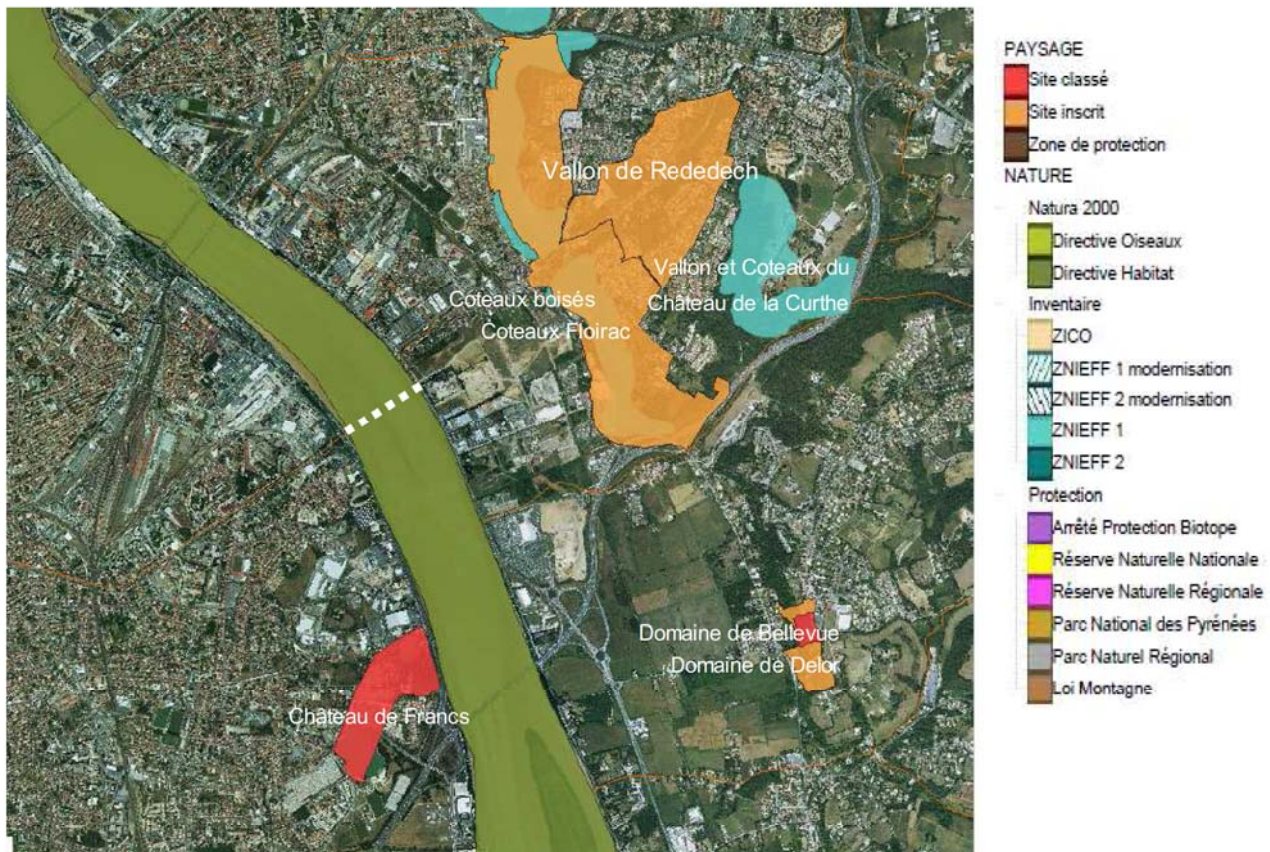


Figure 1: Présentation de la zone d'étude, source DIREN Aquitaine

1.2 La Garonne : site Natura 2000

La Garonne (la rivière et son lit mineur) a été proposée en juillet 2003 comme site Natura 2000 (site n°FR7200700 : la Garonne) et ne relève que de la directive « Habitats, Faune, Flore » (non concerné par la directive « Oiseaux »)



Figure 2: Lamproie fluviatile

Elle est proposée comme site Natura 2000 car elle constitue un des principaux axes de migration et de reproduction de poissons amphihalins (c'est-à-dire capables de vivre à la fois en milieu salé et en eaux douces) comme l'Esturgeon (espèce prioritaire au titre de la directive Habitat), la Grande Alose, l'Alose feinte, la Lamproie fluviatile, la Lamproie marine, la Truite de mer et le Saumon atlantique.

D'autre part, les sols vaseux et sablonneux des rives de la Garonne ont

permis le développement d'une plante caractéristique protégée au niveau européen, l'Angélique à fruits variables, espèce prioritaire au titre de la directive habitat.

Au droit du franchissement envisagé, la Garonne présente un lit large d'environ 500 m et ses deux berges sont artificialisées. La rive gauche est une zone totalement urbanisée. Quant à la rive droite, il s'agit d'une zone future d'urbanisation (ZAC des quais à Floirac à dominante de logements avec l'implantation prévue d'une grande salle de spectacle multifonction de 15 000 places et d'un pôle commercial associé).



Figure 3: Angélique à fruits variables

1.3 Sites classés

A proximité immédiate de la zone d'étude, 2 sites classés sont identifiés :

- Château de Francs, son parc et ses abords
- Domaine de Bellevue

Ces sites, protégés et d'importance nationale, sont localisés sur la figure n°1 présentée ci-dessus.

Ils font l'objet d'une servitude d'utilité publique et d'un zonage spécifique assurant la préservation de l'intérêt naturel et paysager des lieux.

Ces sites ne sont toutefois pas situés dans l'aire d'influence immédiate du futur franchissement.

1.4 Sites inscrits

Un site inscrit est un monument ou un espace naturel, remarquable et exceptionnel par son caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque qui, sans présenter une valeur ou une fragilité telle que soit justifié un classement, a suffisamment d'intérêt pour que son évolution soit suivie de près.

L'inscription a pour objectif :

- La conservation et la mise en valeur de milieux et de paysages naturels et bâtis qui constituent un élément capital du patrimoine naturel et culturel national ;
- De veiller à la gestion raisonné d'un site ;
- D'associer les acteurs locaux à la notion d'espace protégé, particulièrement en matière d'urbanisme.

L'inscription est une servitude d'utilité publique opposable aux tiers. Elle est reportée dans les documents d'urbanisme.

Pour tout projet de travaux de nature à modifier l'état ou l'intégrité du site, le propriétaire doit informer quatre mois à l'avance le préfet qui consulte l'architecte des bâtiments de France qui émet un avis simple sur les projets de construction et un avis conforme sur les projets de démolition.

A proximité immédiate de la zone d'étude, 3 sites classés sont identifiés :

- Domaine de Delor
- Coteaux Boisés
- Vallon de Rededech

Compte tenu de la proximité de ces zones du futur franchissement, il conviendra d'engager les démarches nécessaires à la préservation de ces sites.

1.5 ZNIEFF

L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique est un recensement national du patrimoine naturel distinguant deux types d'espaces :

- **Les ZNIEFF de type II** : qui sont des grands ensembles naturels riches et peu modifiés caractéristiques du patrimoine naturel régional ou offrant des potentialités biologiques importantes
- **Les ZNIEFF de type I** : qui sont des secteurs de superficie plus limitée, signalant la présence d'espèces, d'associations d'espèces ou de milieux rares ou remarquables

Les ZNIEFF sont ainsi devenues des outils majeurs de connaissance et de préservation du patrimoine naturel.

Sur la zone d'étude et en cohérence avec la figure n°1, seules deux zones ZNIEFF1 sont repérées :

- **Coteaux de Floirac** : ces coteaux calcaires offrent une végétation variée et hébergent notamment un cortège d'espèces méditerranéennes au niveau régional. Les carrières et leurs environs sont particulièrement intéressants d'un point de vue floristique (espèces méditerranéennes, orchidées...)
- **Vallon et Coteaux du Château de la Curthe** : développement en zone péri-urbaine de milieux variés (boisement humide, pelouses...) où l'on peut observer une flore assez rare au niveau régional.

Il est donc nécessaire, compte tenu de la proximité de ces zones, d'engager les moyens nécessaires pour anticiper et réduire les incidences des futurs travaux.

1.6 ZICO

Les Zones d'Intérêt Communautaire pour les Oiseaux renvoient à un inventaire scientifique dressé en application d'un programme international visant à recenser les zones les plus favorables pour la conservation des oiseaux sauvages.

Sur la zone d'étude et en cohérence avec la figure n°1, aucune de ces zones n'est toutefois recensée .

1.7 Faune/Flore

Sans investigations faune / flore spécifique, il n'est pas possible d'établir un état des lieux précis de la faune et de la flore présente au droit du site d'étude.

Toutefois, une étude a été réalisée par le bureau d'étude « Biotope » en vue de l'évaluation des incidences du projet d'implantation d'un nouveau pont sur la Garonne (Pont Bacalan Bastide/ Lucien Faure).



Figure 4 : Localisation Pont Bacalan Bastide/ Futur Franchissement Jean Jacques Bosc

Ce franchissement se situe à environ 5.5 km en aval du franchissement envisagé. Du fait de la proximité de ces deux franchissements, du même site urbain dans lequel ils s'inscrivent, il peut être considéré dans une première approche que les mêmes espèces recensées au droit du franchissement Lucien Faure se retrouvent au droit du franchissement étudié.

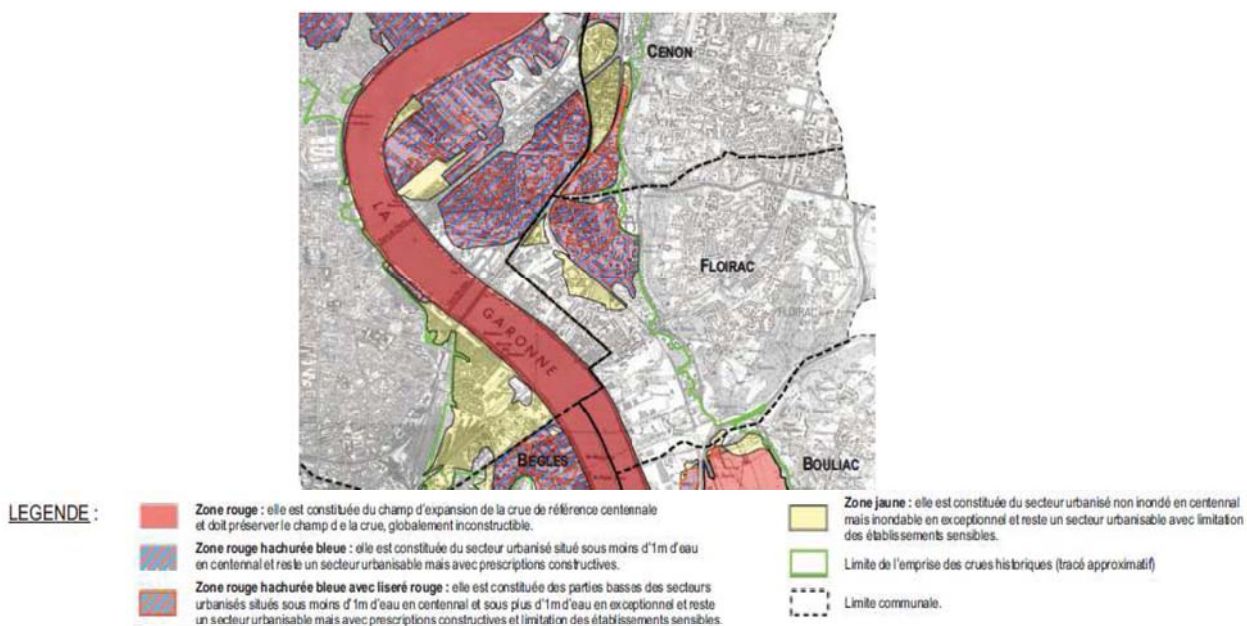
L'étude a montré la présence temporaire de six espèces d'intérêt communautaire dont une prioritaire. Ce sont les poissons migrateurs Alose feinte, Grande Alose, Esturgeon, Lamproie de rivière, Lamproie marine et Saumon atlantique.

La présence de ces poissons migrateurs est uniquement temporaire puisqu'ils empruntent le couloir qu'est la Garonne pour atteindre leurs zones de reproduction. Globalement, la remontée de l'ensemble des espèces s'étale sur les sept premiers mois de l'année, de janvier à juillet inclus. **La zone étudiée n'est pas connue comme zone de reproduction pour aucune des espèces précitées, les zones de frai se trouvant en amont.**

Concernant l'Angélique des estuaires au droit de la zone d'étude, seule une investigation de terrain permettra d'en indiquer la présence ou non.

1.8 PPRI

Le plan de prévention des risques d'inondation (PPRI) de l'agglomération bordelaise a été approuvé le 7 juillet 2005. La Garonne se situe bien évidemment en zone rouge au PPRI. Les zones rouges sont constituées du champ d'expansion de la crue de référence centennale et sont inconstructibles.



Ainsi seule la rive située coté Bègles/Bordeaux est concernée par un risque d'inondation. La zone jaune constitue en effet un secteur urbanisé non inondé en centennal mais inondable en exceptionnel et reste de fait un secteur urbanisable avec limitation des établissements sensibles.

2 Effets du franchissement en phase travaux sur le milieu aquatique et les berges de la Garonne

2.1 Impacts communs aux solutions de franchissement pont et tunnel

NB : A ce stade de l'étude, la technique définitive de construction de l'ouvrage de franchissement n'est pas établie. Le phasage précis du chantier, ainsi que les emprises nécessaires en dépendent beaucoup. Aussi, les impacts du chantier ne peuvent être que sommairement décrits.

Les travaux en rivières présentent un danger pour les populations aquatiques d'une part à cause des fortes teneurs en matières en suspension qui risquent de colmater les frayères, provoquer l'asphyxie des œufs et des géniteurs, et d'autre part à cause des déversements polluants. Ces impacts sont cependant limités dans le temps car inhérents à la durée du chantier. Ils dépendent directement de la manière dont sont exécutés les travaux.

Les phases de chantier comportent des risques certains, d'une part, et peuvent laisser une empreinte durable dans les sites naturels si elles ne sont pas organisées et exécutées avec des moyens et la rigueur suffisants pour respecter les forts enjeux en présence.

L'analyse menée par ARCADIS permet de dégager des politiques générales de conception de la réalisation des travaux, parmi lesquels on notera notamment :

- **Réduction de l'emprise au sol pendant les travaux au minimum indispensable.** Il est en effet très difficile de restaurer des terrains compressibles et des zones humides qui auraient été remblayés et circulés pendant plusieurs années. Les pistes de chantier seront donc limitées et leur emplacement sera choisi judicieusement.
- **Assurer la plus grande transparence hydraulique pendant les travaux.** Pour la sauvegarde et le maintien de la qualité du milieu humide, il faut que la circulation de l'eau et des espèces soit maintenue, ainsi que le taux d'humidité des terrains, sauf si l'on sait rétablir la situation antérieure après travaux. L'assainissement du site est à gérer en vue du même objectif.
- **Eviter les installations et activités potentiellement polluantes pour le milieu naturel, à défaut de garanties de maîtrise des risques.** Une attention toute particulière est nécessaire pour la production des bétons. Des précautions sont à prendre pour leur utilisation (bétons pompés, coulage en place, ...) ainsi que pour la réalisation des fondations profondes. Les pollutions des sols seraient en effet une atteinte forte aux sites. L'émission de poussière est, bien sûr, à éviter.
- **Les nuisances sonores diurnes et nocturnes ont des effets très perturbants sur certaines espèces et les sons portent loin en milieu ouvert.** Le respect du calendrier biologique constituera un objectif prioritaire des chantiers qui pourront être rigoureusement programmés en conséquence.

Les dispositions à prendre pour le déroulement des chantiers d'ouvrage privilégient toutes les possibilités qu'offre l'emprise de la plate-forme, à utiliser prioritairement à tout emprunt extérieur de terrain, et la synergie avec les chantiers routiers, par le partage hors zone sensible d'installations, de moyens et d'activités communes.

La réalisation des travaux nécessitera certainement la mise en place d'une organisation à finalités d'observatoires et de contrôles, pour suivre et évaluer les effets et permettre leur traitement éventuel.

- **Protection des installations de chantier contre les inondations** Certaines structures, infrastructures des chantiers et matériaux de fabrication doivent impérativement être protégés de l'humidité et surtout des inondations, pour permettre des conditions d'exécution convenables et garantir la qualité de l'ouvrage. L'inondation des chantiers pourrait avoir des répercussions sur le programme d'exécution en provoquant des arrêts de travaux. En fonction de la technique constructive retenue, la surface dédiée à l'installation du chantier sera réduite au minimum et les éléments seront préparés sur une plate forme dans une zone plus propice à ce type d'activité.

2.1.1 Incidences des travaux sur la qualité de l'air

En période de travaux, la qualité de l'air peut être dégradée principalement à cause :

- des circulations des engins et de camions de chantier (émissions de gaz des moteurs)
- des poussières émises : ciment, terre, polystyrène,...
- des éventuels travaux de démolition, travaux de terrassement.

Etant donné le caractère urbain de la zone d'intervention, les chantiers devront dans la mesure du possible limiter les émissions de poussières et l'emploi de substances toxiques. Les zones travaux seront confinées afin d'éviter la dispersion des poussières dans la zone urbaine.

En phase terrassement et pendant les autres phases du chantier par temps de pluie, les sorties d'engins et de camions sur la voie publique provoquent des dépôts de boue. En plus des nuisances visuelles dues à la saleté de la chaussée, ces dépôts posent des problèmes de sécurité (la chaussée devient glissante et les risques d'accident sont accrus). La mise en place de bacs remplis d'eau (changés dès que nécessaire) au travers desquels transiteront les roues des camions permettra de nettoyer les roues des véhicules avant qu'ils ne sortent de l'emprise du chantier.

Réglementation :

Les précautions prises au niveau du chantier et qui permettront de limiter les rejets dans l'air et les nuisances induites pour l'environnement pourront être :

- l'arrosage régulier des pistes de chantier et cela plus particulièrement en période de grand vent et en temps sec afin de limiter au maximum les envols de poussières représentant des nuisances importante pour les riverains et les espèces végétales situées à proximité ;
- balisage des espaces verts à préserver ;
- l'interdiction de brûler les déchets sur le chantier afin de ne pas provoquer le dégagement de substances toxiques ou cancérigènes (dioxines notamment) ;
- la mise en place de filets protecteurs et de bâches afin d'éviter les envols à partir des zones de stockage de déchets ;
- la mise en place de bacs remplis d'eau (changées dès que nécessaire) au travers desquels transiteront les roues des camions afin de les nettoyer avant qu'ils ne sortent de l'emprise du chantier et ne dépose

de la boue ou des fines sur les voiries susceptibles de générer ensuite des poussières (lors des circulations ou lors des périodes ventées) ;

- l'utilisation de matériel conforme à la réglementation et vérifié périodiquement.

Préconisations :

L'entreprise intervenant sur le site devra mettre en œuvre tous les moyens adaptés pour préserver la qualité de l'air et limiter les émissions de poussières pendant toute la durée du chantier, que ce soit au droit même des chantiers (têtes de tunnel notamment) ou lors du transport de matériaux excavés.

Les dispositions suivantes pourront être adoptées :

- les engins et matériels utilisés seront conformes à la réglementation en vigueur en termes de rejets atmosphériques ;
- des dispositions particulières seront mises en œuvre pour limiter la gêne occasionnée en termes de rejet de poussières ;
- un système de surveillance de la qualité de l'air sera mis en place, pendant toute la durée du chantier, au droit des sites sensibles de par leur proximité au chantier et/ou la population qu'ils accueillent.

2.1.2 Incidences des travaux sur la qualité des eaux superficielles

Les eaux de ruissellement des zones de chantier sont des eaux potentiellement chargées en éléments polluants. Les types de pollution envisageables sur les zones de chantier sont :

- une influence chronique liée aux mouvements des engins,
- une influence accidentelle liée au déversement de produits dangereux,
- des incidences liées aux techniques employées (dragage de sédiments, clapage de sédiments, trépannage de pieux).

Mesures à prendre afin de réduire les incidences des zones de chantier

Afin de réduire la charge polluante chronique des eaux de ruissellement des zones de chantier des séparateurs à hydrocarbures seront mis en place. Le séparateur sera équipé d'un dispositif de sécurité permettant le piégeage de la pollution accidentelle de temps sec. Un trop-plein permettra d'évacuer les éventuels débordements du bassin.

De plus, pour limiter les risques de pollution sur ces zones de chantier, les mesures suivantes pourront être prises :

- les réservoirs des engins seront remplis avec des pompes à arrêt automatique,
- les itinéraires seront organisés de façon à limiter les risques d'accidents en zone sensible,
- l'entretien, la réparation, le ravitaillement des engins ainsi que le stockage des carburants et lubrifiants se feront sur une zone restreinte et bien délimitée éloignée au maximum de la Garonne,
- les huiles usagées des vidanges seront récupérées, stockées dans des réservoirs étanches et évacuées pour être, le cas échéant, retraitées.

Toutes ces recommandations seront par la suite formalisées à l'issue de l'étude d'impact

2.1.3 Incidences des travaux sur le milieu naturel et les écosystèmes

Comme indiqué précédemment, l'ensemble de l'estuaire est classé en zone Natura 2000. En fonction de la solution qui sera retenue, il faudrait, au fur et à mesure de l'avancement des études, définir les conséquences du chantier et organiser l'ensemble afin de minimiser l'impact des travaux sur les animaux et les plantes présents dans ce milieu très spécifique.

Le chantier risque de générer une levée de matières en suspension, du bruit, des modifications des phénomènes hydro sédimentaires....dont il faudra mesurer les impacts sur l'habitat, le terrain de chasse, les lieux de reproduction ou les couloirs de passage spécifique de l'esturgeon, et des autres espèces migratoires : alose, anguille, lamproie ou sédentaires.

2.2 Impacts spécifiques à la solution de franchissement pont en phase travaux

Pour la réalisation d'un pont, les phases de travaux de réalisation en milieu aquatique sont essentiellement :

- la réalisation des fondations et des piles du pont dans le fleuve,
- la réalisation éventuelle d'une estacade pour construire les travées d'accès.

2.2.1 Protection des nappes et des captages

L'aquifère situé dans les calcaires éocènes contient une des plus importantes ressources d'eau potable alimentant l'agglomération bordelaise.

Lors de la réalisation des fondations de piles dans les horizons supérieurs, toutes précautions techniques permettant de limiter les infiltrations d'eau salée de l'estuaire en grande quantité ou de rejets industriels polluants seront adoptées.

Par ailleurs, il serait judicieux de mettre en place d'un système de contrôle régulier et permanent de la qualité de l'eau.

2.2.2 Incidences des opérations de dragage et de clapage des sédiments sur la qualité des eaux superficielles

La problématique principale lors de la réalisation des travaux dans le fleuve est essentiellement liée aux opérations de dragage des matériaux du lit mineur de la Garonne.

Le terme dragage recouvre toutes les opérations d'extraction de matériaux dans le fleuve : dragage proprement dit et /ou terrassement dans les batardeaux. Il s'agit principalement d'argile vasarde, de sables limoneux et de graves.

Le risque environnemental associé aux opérations de dragage/clapage est la création d'un panache turbide à l'origine d'un accroissement local et temporaire de la charge en matières en suspension des eaux du fleuve. Ce risque est en l'occurrence assez faible dans le cadre des opérations de dragage en raison de la connaissance de techniques en mesure d'être employées. Il est plus important dans le cadre des opérations de clapage.

D'après les observations en nature, le comportement d'un rejet de matériaux par clapage, peut être décomposé en quatre phases principales :

1. Le largage des matériaux dans le milieu récepteur. Après ouverture du puits, les matériaux largués auront une consistance compacte. Une fraction du rejet très peu dense peut être soustraite au jet fluide et à sa dynamique (cf. phase 2). C'est le cas de la fraction libérée lors du lessivage du puits. Il y a alors formation d'un nuage très peu dense qui s'échappe de la zone de rejet sous l'influence de l'hydrodynamisme du site.
2. La chute dans la colonne d'eau (ou descente convective). Les matériaux chutent dans la colonne d'eau sous l'effet de leur flottabilité négative.
3. L'impact sur le fond. Le jet rencontre le fond et il y a formation d'un tas en forme de cône.

4. Les effets de diffusion passive ou de comportement à long terme.

Les sédiments peuvent rester sur le fond où ils subiront des phénomènes de tassement et de consolidation. Ils peuvent être également repris par les courants ambiants, en subissant passivement l'hydrodynamique du milieu récepteur.

En outre, les sédiments peuvent contenir un certain nombre d'éléments traces et de toxiques ; piégés dans le substrat, ceux-ci seraient alors remis en suspension dans le milieu aquatique.

2.2.3 Incidences du trépannage des pieux sur la qualité des eaux superficielles

Au contraire des opérations de dragage/clapage, les opérations de forage des pieux ne devraient pas entraîner la création d'un panache turbide à l'origine d'un accroissement local et temporaire de la charge en matières en suspension des eaux du fleuve (forage de pieux tubés étanches) sauf s'il existe un risque de relargage de métaux lourds et de toxiques présents dans les sédiments.

2.2.4 Incidences des travaux sur le régime hydraulique

Le milieu est soumis à des régimes hydrauliques complexes et mal connus : marées, courants... : les installations dans l'eau seront donc levées et descendues par les marées et entraînées par les courants.

Une installation fixe de type estacade résistera à ces effets, une installation flottante bougera en permanence. Par ailleurs, une estacade aurait un nombre important de piles constituant un obstacle dans la circulation de tous les éléments : les poissons, les bateaux, les embâcles..., par contre si elle est dimensionnée pour être hors d'eau et résister aux courants, elle sera pratique même si les charges y sont limitées. Son installation dans les rivières ou en zone inondable peut être limitée à certaines phases : forages pour les fondations, pose de petits éléments préfabriqués à partir d'un chemin de grue aménagé sur l'estacade...

Toutefois à ce stade d'avancement du projet on peut estimer que les impacts générés par un futur franchissement de type pont sur l'écoulement de la Garonne seront probablement faibles voire peu significatifs en phase travaux.

En effet, en phase de chantier, la configuration la plus défavorable pourra, sur la base de la configuration attendue du pont, générer une largeur cumulée d'obstruction entre 90m et 111m (18% et 22%). Cette largeur d'obstruction serait ainsi similaire à celle attendue pour le pont Bacalan Bastide (21%).

Aussi, les études hydrauliques réalisées pour le pont Bacalan-Bastide avaient montré des impacts sur les inondations sur des zones situées en amont de l'agglomération faibles à non significatives. Ces effets simulés ont fait l'objet de mesures compensatoires pour la phase définitive et de mesures de précaution pour la phase chantier.

Ainsi, les impacts attendus, même si non significatifs, seront étudiés plus finement dans les futures études d'impact lorsque le projet sera mieux défini. Ces études démontreront également quelles mesures de précaution il y aura éventuellement lieu de prendre pour la phase construction.

2.2.5 Incidences des travaux sur le milieu naturel et les écosystèmes

2.2.5.1 Impact associé aux opérations de dragage/clapage

Le chantier risque de générer une levée de matières en suspension, du bruit, des modifications des phénomènes hydro sédimentaires....dont il faudra mesurer les impacts sur l'habitat, le terrain de chasse, les lieux de reproduction ou les couloirs de passage spécifique de l'esturgeon, et des autres espèces migratoires : alose, anguille, lamproie ou sédentaires.

Les Matières En Suspension émises pendant le dragage des vases seront pour rappel relativement réduites, notamment au regard de la teneur propre à la Garonne. Elles ne devraient donc pas non plus, gêner le passage des migrateurs.

Le panache turbide généré par les opérations de clapage, pourrait par contre quand à lui perturber la circulation des migrateurs, voir les décourager de se rendre sur leurs zones de reproduction si l'on se réfère à des références bibliographiques (E. Rochard, com. pers.).

Notons néanmoins à ce sujet que le Port Autonome clape chaque année des quantités de sédiments beaucoup plus importantes, réparties sur l'ensemble de l'année et qu'à ce jour, les clapages réalisés pendant le passage des migrateurs ne semblent pas avoir d'impacts significatifs sur le déplacement de ces espèces.

Le risque de perturbations des espèces peut donc être considéré comme étant relativement faible mais non nul. Il s'agira en fait d'une seule mesure, mais d'importance, visant à supprimer l'éventuel impact négatif des opérations de clapage sur les poissons migrateurs pendant leur migration anadrome de reproduction

Cette mesure consistera à éviter toute opération de clapage pendant la période de passage des migrateurs.

Au regard de cette contrainte, on peut conseiller de réaliser les clapages pendant les mois d'août à décembre. En raison du mode de fonctionnement des travaux, l'absence de clapage induit, en amont, l'absence de dragage. Le calendrier prévisionnel présente ci-dessous le déroulement des différentes phases de travaux pouvant avoir un impact sur le milieu aquatique :

	J	F	M	A	M	J	J _t	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J _t	A	S	O	N	S	O	N
Période de passage anadrome des migrateurs																										
Dragage / Clapage Embase et gabions P3																										
Dragage / Clapage Embase et gabions P2																										
Batardeau x P4 / P1																										
Traversée sous fluviale entre P2 et P3																										

Figure 5: Mise en correspondance opération de clapage/travaux

(Source : Dossier DUP : FRANCHISSEMENT LUCIEN FAURE – PONT BACALAN-BASTIDE 2 / CUB – Direction des Grands Travaux – Mission franchissement Lucien Faure – janvier 2007)

Deux remarques doivent être faites :

- Comme on l'a vu, la réalisation des batardeaux a peu d'impact dans la mesure où les terrassements sont confinés à l'intérieur du batardeau et les matériaux évacués sur site terrestre. Ces travaux peuvent donc être programmés pendant la période de présence des migrateurs.
- Par contre, les travaux susceptibles d'avoir un impact ont été programmés dans les fenêtres d'absence des migrateurs. Ainsi, le calendrier des périodes de dragage et de clapage et de réalisation de la traversée sous fluviale a été ajusté et recalé en fonction des contraintes de passage des espèces migratrices.

Les travaux susceptibles d'avoir un impact doivent être programmés dans les fenêtres d'absence des migrateurs. Ainsi, le calendrier des périodes de dragage et de clapage et de réalisation de la traversée sous fluviale a été ajusté et recalé en fonction des contraintes de passage des espèces migratrices.

2.2.5.2 Impact associé à l'architecture de l'ouvrage et à la phase chantier

Dans le domaine des effets du chantier en milieu aquatique, le choix de la ou des techniques employées pour la réalisation de l'ouvrage sera déterminante.

Les tableaux suivant listent les avantages et inconvénients des différentes techniques connues en termes de conséquences sur le milieu environnant.

Phase	Technique	Avantages	Inconvénients
Construction des fondations des piles	Batardeau	Contient les pollutions	Modifie les courants Risque d'affouillements
	Pieux forés	Peu d'impact sur les courants	Risque de pollution par contact avec le milieu Nécessite une estacade ou installation flottante importante
Construction des piles	Béton coulé pompé	Pas de transport Technique en cours d'amélioration	Risque de pollution par contact avec le milieu Défaut de qualité par ségrégation, nécessité de rajouter un adjuvant
	Béton Préfabriqué	Peu de risque de pollution Possibilité de réaliser la fabrication dans un site peu ou pas sensible Travail possible à partir de plusieurs points	Poussière Transport et grutage des éléments en milieu aquatique Aire de stockage stable et hors d'eau Usine de préfabrication importante
	Pylône en métal	Peu de pollution Exécution plus rapide	A réserver à la travée haubanée Assez coûteuse Transport très exceptionnel
	Tablier		
	Préfabriqué poussé	Peu d'installations de proximité Peut s'adapter sur de multiples solutions : demi-tabliers, à partir de plusieurs points...	Long à réaliser
	A partir d'une barge	Plus rapide	Grande installation à terre
	Technique de poutre		Grande installation à terre

Figure 6: Différentes techniques de construction

Source : document Contournement autoroutier de Bordeaux – Etude préliminaire : les impacts du chantier autoroutier, avril 2006)

Technique	Avantages	Inconvénients
Piste	Pratique, simple, rentable Permet de transporter tous les éléments Aménagement d'un chemin de grue Permet un bon contact entre les points du chantier	Coupure du milieu traversé Coupure de l'épandage d'une crue Respect de la transparence Impossible de rétablir le milieu humide à la fin du chantier Risque de pollution par renversement
Estacade	Pratique, simple, rentable Permet de transporter tous les éléments Aménagement d'un chemin de grue Permet un bon contact entre les points du chantier	Piles nombreuses coupant la route des bateaux, poissons, embâcles... Construction délicate en milieu sensible
Barges, pontons flottants	Peu d'effets sur le milieu facile à démonter	Soumis aux marées et courants Charge limitée, difficulté de communication

Figure 7: Support de chantier en milieu aquatique et zone humide

Dans le cas où les piles de l'ouvrage sont construites à l'abri d'un batardeau constitué de palplanche, les effets restent limités. En effet, ce mode opératoire permet d'isoler la zone en travaux du reste des écoulements, ce qui évite l'entraînement des fines et des bétons dans le cours d'eau et les opérations de terrassements produisent peu de matières en suspension. Aussi, si les matières en suspension sont relativement réduites, elles ne devraient pas gêner le passage des migrateurs.

D'autre part, dans le cas de la construction d'un pont, la faible emprise des travaux dans le lit mineur du fleuve garantira que la circulation des poissons migrateurs ne sera pas perturbée.

Par ailleurs, il est fort probable que ces espèces au fort pouvoir natatoire fuiront les zones de chantier en raison des vibrations émises.

2.3 Impacts spécifiques à la solution de franchissement tunnel en phase travaux

2.3.1 Effets des travaux de construction d'un tunnel foré

Les tunnels forés nécessitent par construction une couverture minimale de matériaux dont l'épaisseur est de l'ordre du diamètre du tube. De tels tunnels ne nécessitent aucune intervention à partir de la surface en phase de construction.

De ce fait, ils ne présentent ni d'impact sur la qualité des eaux superficielles ni sur les populations des milieux aquatiques.

Du point de vue du chantier, les thèmes suivants mériteront d'être étudiés au fur et à mesure du déroulement des études :

- la réutilisation directe des matériaux extraits sur le chantier ou pour d'autres travaux ;
- la proximité de la nappe éocène sous le lit de la rivière qui peut générer un risque permanent de pollution de l'eau potable.
- la préfabrication des tubes nécessitera une plate forme importante et hors d'eau.
- les têtes de tunnel qui pourront être construites hors d'eau ou protégées des inondations.

2.3.2 Effets des travaux de construction d'un tunnel immergé

Le tunnel est constitué de caissons en béton préfabriqués, déposés sur le fond de la tranchée creusée.

Ce type de tunnel nécessite des opérations de dragage importantes, sources d'un accroissement local et temporaire des matières en suspension des eaux de la rivière (Cf effets des travaux de construction d'un pont). Les volumes de matériaux sont très importants et à priori ne sont pas réutilisables dans le cadre du chantier. Ils pourront donc être évacués ou stockés dans l'environnement proche du chantier.

Les travaux doivent également être préférentiellement réalisés hors période de passage des poissons migrateurs qui s'étend de janvier à juillet inclus.

Dans le cas de la réalisation d'un tunnel immergé, il conviendra également de dévier provisoirement le chenal de navigation pendant une partie des travaux, des ouvrages provisoires gèreront les courants afin de maintenir un bon environnement du chantier.

Les souilles pourront nécessiter que leur réalisation soit effectuée à l'abri de batardeaux en raison de leur grande profondeur, plutôt que par dragage. Des études hydrauliques optimiseront des solutions qui seront délicates à maîtriser dans le lit du fleuve avec le maintien du trafic maritime, et en respectant le milieu naturel.

Les trémies d'accès sont à construire en zone inondable. Elles seront entourées d'une digue mettant le tunnel à l'abri de toute inondation. Elles pourraient constituer, de par leur longueur importante, un élément perturbateur du fonctionnement hydraulique des zones de travaux.

Les volumes de matériaux mis en jeu sont considérables. Sauf à démontrer le contraire lors d'études de définition, ils ne sont majoritairement pas réutilisables dans le cadre du chantier.

Ils pourront donc être évacués ne pouvant être stockés dans l'environnement proche du chantier.

L'impact sur le milieu naturel est fort : dans la Garonne avec la mise en suspension de quantités importantes de matériaux, le déplacement du chenal de navigation, la modification des courants... Sur les rives, les creusements des sols constituent également des perturbations importantes du milieu.

3 Effets du franchissement en phase exploitation sur le milieu aquatique et les berges de la Garonne

3.1 Impacts spécifiques à la solution de franchissement pont en phase exploitation

3.1.1 Effets d'un ouvrage type pont en phase exploitation

Du fait de la faible emprise de l'ouvrage dans le lit mineur (emprise limitée aux piles), la circulation des poissons dans le cours d'eau sera maintenue.

Les impacts sur le milieu aquatique de cette solution de franchissement en phase d'exploitation sont donc minimes.

3.1.2 Obstruction de l'ouvrage

L'obstruction générée par le franchissement doit également être prise en compte. A ce stade d'avancement du projet seule une comparaison aux franchissements déjà existant peut être réalisée. En effet on notera :

- Pour le pont bacalan Bastide, les appuis dans le fleuve (2 piles simples + 2 embases des grandes piles de levage + 4 îlots de protections) représente une largeur d'obstruction à terme de 42m pour une largeur de fleuve de 430m, soit en phase de vie de l'ouvrage : 10% d'obstruction. La phase de chantier la plus défavorable (2 estacades + les appuis définitifs) représente une obstruction temporaire de 21% (88m de largeur cumulée)
- Pour le pont de pierre, la largeur d'obstruction des 16 piles constituant l'actuel pont est de 80m soit une obstruction permanente de 17% en temps normal, voire plus compte tenu de la forme en arche des piles dans des épisodes d'inondation qui correspondent forcément à des niveaux de hautes eaux.
- Pour le franchissement JJ Bosc, compte tenu de la géométrie attendue du franchissement (5 à 8 piles dans le fleuve, d'environ 3 mètres), une largeur d'obstruction de l'ordre de 15 à 24 mètres est attendue pour une largeur de fleuve à cet endroit de 500m environ.

Sur cette base, l'obstruction attendue du pont serait de 3% et 5%, donc beaucoup plus faible que pour le pont de pierre et deux à trois fois plus faible que pour le pont Bacalan-Bastide.

3.1.3 Effets quantitatifs du rejet des eaux de ruissellement du pont

Les eaux de la plate-forme routière du pont s'écoulent sur une surface imperméabilisée. La récupération de l'ensemble des eaux de voirie de l'ouvrage et des remblais d'accès doit être envisagée.

Les modalités de récupération et de stockage des eaux pluviales pourront être différentes suivant les sections du pont.

3.1.3.1 Mesures pour réduire les incidences permanentes de la pollution chronique et saisonnière

Afin de réduire la charge polluante chronique des eaux de ruissellement de la plate-forme du pont des séparateurs à hydrocarbures seront mis en place.

En effet, sur chacune des rives, un séparateur à hydrocarbures sera placé sur le débit de fuite en sortie de bassin avant rejet en Garonne y compris un clapet anti-retour. Le séparateur sera équipé d'un dispositif de sécurité permettant le piégeage de la pollution accidentelle de temps sec. Un trop-plein permettra d'évacuer les éventuels débordements du bassin.

3.1.3.2 Effets du projet sur les eaux souterraines

Des dispositifs d'assainissement et de protection contre les déversements accidentels seront mis en place afin que le projet ne génère pas d'impact sur les eaux superficielles et qu'il soit compatible avec les objectifs d'atteintes du bon état, conformément aux recommandations de la directive-cadre européenne sur l'eau du 23 octobre 2000.

Dans ces conditions le projet n'aura aucun impact sur la qualité des eaux souterraines, autant sur le plan quantitatif que qualitatif.

3.2 Impacts spécifiques à la solution de franchissement tunnel en phase exploitation

En phase exploitation, un ouvrage de type tunnel ne présente aucun impact sur les milieux aquatiques :

- risque d'altérations de la qualité des eaux nul ;
- maintien de la libre circulation du poisson dans les cours d'eau ;
- contribution à la protection de la biodiversité aquatique.

4 Synthèse et comparaison

Sur la base de l'étude menée, il apparaît nettement que :

- seule la réalisation d'un **tunnel foré** est exempt d'impact sur le milieu aquatique de la Garonne, que ce soit en phase travaux ou en phase exploitation.
- de façon similaire pour une solution de type pont ou tunnel, les impacts environnementaux d'un franchissement de la Garonne sont essentiellement associés à la phase travaux.
- compte tenu notamment des impacts associés à la phase travaux d'une solution tunnel immergé (perturbation de l'hydraulique naturel de la Garonne, quantité de déblais générés, augmentation de la turbidité liée aux opérations de clapages...), **la solution Pont apparaît (après la solution tunnel foré) être la moins impactante.**

Annexe 16 : Note technique : Equilibre déblais/remblais

Indicateur : Equilibre déblais/remblais

1	INTRODUCTION.....	2
2	FRANCHISSEMENT DE TYPE PONT	2
2.1.1	<i>Rive gauche</i>	2
2.1.2	<i>Rive droite</i>	2
2.1.3	<i>Avis sur les solutions proposées</i>	3
3	FRANCHISSEMENT DE TYPE TUNNEL.....	3
4	CONCLUSION	3

1 Introduction

La construction d'un ouvrage qu'il soit de type pont ou tunnel génère des travaux d'extraction, déblais, remblais de matériaux et genèse de déchets. Il convient de gérer ces déchets en cohérence avec la loi du 13 juillet 1992 qui pose l'obligation de recycler et valoriser un maximum de déchets issus de l'ensemble du secteur d'activités des BTP. Ainsi seuls les déchets non valorisables doivent être éliminés en filière agréée.

Sur cette base, il est apparu nécessaire d'intégrer l'indicateur « Bilan déblais/remblais » dans l'analyse comparative réalisée.

Ainsi et sur la base du retour d'expérience d'ARCADIS acquis sur des projets similaires, un estimatif des coûts des franchissements a été réalisé.

2 Franchissement de type pont

Sur la base des aménagements prévus pour la solution de type pont et présentée, il est fait l'hypothèse d'un terrain naturel à la côte +5NGF et que la cote à atteindre au niveau du pont est +8.75 NGF.

Pour rappel les différentes solutions proposées sont :

- **Solution A** : l'A631 est conservée et passe sous le giratoire, les accès à l'A631 sont conservés
- **Solution B** : similaire à la précédent, mais les accès à l'A631 sont supprimées
- **Solution C** : l'A631 est requalifiée en voie urbaine et un carrefour est créé

Les zones à remblayer sont assimilées à des formes géométriques simples (pyramide, cube, etc.).

Les valeurs données sont approximatives, cependant elles permettent de comparer les options entre elles et donnent l'ordre de grandeur pour une comparaison avec les solutions « tunnels »

2.1.1 Rive gauche

Volume [m ³]	Solution A	Solution B	Solution C
Remblai	22500	18500	27000
Déblai	4500	4500	0

2.1.2 Rive droite

Volume [m ³]	Solution A	Solution B
Remblai	9500	23500
Déblai	0	0

2.1.3 Avis sur les solutions proposées

En rive droite :

- la solution A permet de conserver toutes les liaisons actuelles et préservent l'A631. En revanche, les modes doux circulent relativement difficilement et l'introduction de feux est nécessaire ;
- la solution B fait perdre l'accès à l'A631 mais elle donne plus de place aux modes doux et une fluidité plus grande du trafic. Les feux pourraient peut être évités ;
- la solution C, l'A631 est requalifiée en voie urbaine ce qui modifie fortement le trafic. La circulation sur le giratoire est plus difficile que dans les deux autres solutions.

En rive gauche :

- la solution A permet d'aménager les berges et donne une place relativement importante aux modes doux ; en revanche, le passage dans la ZAC des quais est obligatoire et peut conduire à un trafic plus dense ;
- la solution B donne moins de place aux modes doux mais la connexion directe aux quais de la Souys est faite ; à l'inverse de la solution A, un carrefour est situé à l'extrémité du pont.

Les esquisses montrent aussi qu'il est difficile de faire déboucher un pont 2 x 2 voies dans la ZAC.

3 Franchissement de type tunnel

Pour une solution de type tunnel, des estimations propres aux solutions tunnel foré et immergé ont été réalisées.

Elles sont synthétisées et détaillées dans le tableau ci-dessous :

		Tunnels Immergés		Tunnels Forés	
TERRASSEMENTS		2*2 voies	2*1 voies	2*2 voies	2*1 voies
Déblais en tranchées ouvertes	m3	530 000	460 000	650 000	550 000
Déblais en tunnels forés	m3	0	0	470 000	380 000
Déblais par dragage	m3	650 000	600 000	0	0
Remblais compactés	m3	380 000	325 000	340 000	230 000

4 Conclusion

Sur la base de cette analyse, les analyses suivantes peuvent être proposées :

- Si l'on se limite strictement à la quantité de déblais générée par les projets alors la solution tunnel apparait nettement plus impactante qu'une solution de type pont. Le tableau synthétique ci-dessous peut ainsi être proposé :

	Pont 2*1 voie	Pont 2*2 voie	Tunnel 2*2 voie	Tunnel 2*1 voie
Quantité de déblais (*10 ³ m ³)	4.5		1120	930
Quantité de remblais (*10 ³ m ³)	42		340	230
différence (déblais – remblais) (*10 ³ m ³)	-37		780	700
	Déficitaire		Excédentaire	Excédentaire

- Toutefois, en fonction du % de valorisation des matériaux extraits, l'impact de l'excédent de matériaux de la solution tunnel peut s'avérer positif en termes d'économie de ressources naturelles. Le sujet est complexe dans la mesure où il est probable que la réutilisation des marnes et molasses extraites au tunnelier devront faire l'objet d'un traitement préalable avant réutilisation. Il est de fait difficile à ce stade du projet d'évaluer le potentiel de valorisation de ces déblais au regard des inconnues et aléas liés à la nature exacte des matériaux, des possibilités techniques et opportunités réelles de valorisation. Cette notion n'a de fait pas été introduite dans l'analyse et la cotation finale.
