

DÉBAT PUBLIC

**PROJET D'EXTENSION DES INFRASTRUCTURES PORTUAIRES
ET DE PROLONGEMENT DU GRAND CANAL DU HAVRE**



**ETUDE D'ESQUISSE DES OUVRAGES
DE FRANCHISSEMENT
DU PROLONGEMENT DU GRAND CANAL
DU HAVRE**

IRIS conseil - PROFRACTAL

Mars 2009



PORT AUTONOME DU HAVRE

Dénivellation de la route industrielle

vis à vis du canal Bossière

Dénivellation du Pont Rouge sur la Canal Bossière Port Autonome du Havre

Notice technique

1	Objet de l'étude	2
2	Généralités.....	2
2.1	Description du site	2
2.2	Données de trafic	4
2.3	Caractéristiques générales du projet	6
3	Variante tunnel	7
3.1	Techniques de construction du tunnel	7
3.1.1	Tunnel foré.....	9
3.1.2	Caissons immergés	11
3.1.3	Impact de la technique de construction sur la géométrie du tunnel.....	11
3.2	Passage au nord du pont rouge	12
3.2.1	Contraintes du site	12
3.2.2	Variantes de tracé en plan.....	12
3.2.3	Profils en long.....	13
3.3	Passage au sud du pont rouge	16
3.3.1	Contraintes du site	16
3.3.2	Variantes de tracé en plan.....	16
3.3.3	Profils en long.....	17
3.4	Profil en travers.....	22
3.5	Raccordement aux extrémités.....	23
3.5.1	Extrémité ouest	23
3.5.2	Extrémité est	23
4	Variante Viaduc	29
4.1	Gabarit sous ouvrage	29
4.2	Contraintes du site	29
4.3	Tracé en plan.....	30
4.3.1	Passage au nord du Pont rouge	30
4.3.2	Passage au sud du Pont rouge	30
4.4	Profil en long	30
4.5	Raccordement aux extrémités.....	33
4.5.1	Extrémité ouest	33
4.5.1	Extrémité est	33
5	Estimation financière.....	34
6	Analyse comparative des solutions	35

1 Objet de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet de dénivellation de la Route Industrielle vis-à-vis du canal Bossière, sur le domaine du Port Autonome du Havre.

La présente notice a pour objet d'étudier la faisabilité technique et d'estimer le coût financier de différentes variantes de dénivellation :

- Tunnel foré
- Caissons immergés et tranchées couvertes
- Viaduc

2 Généralités

2.1 DESCRIPTION DU SITE

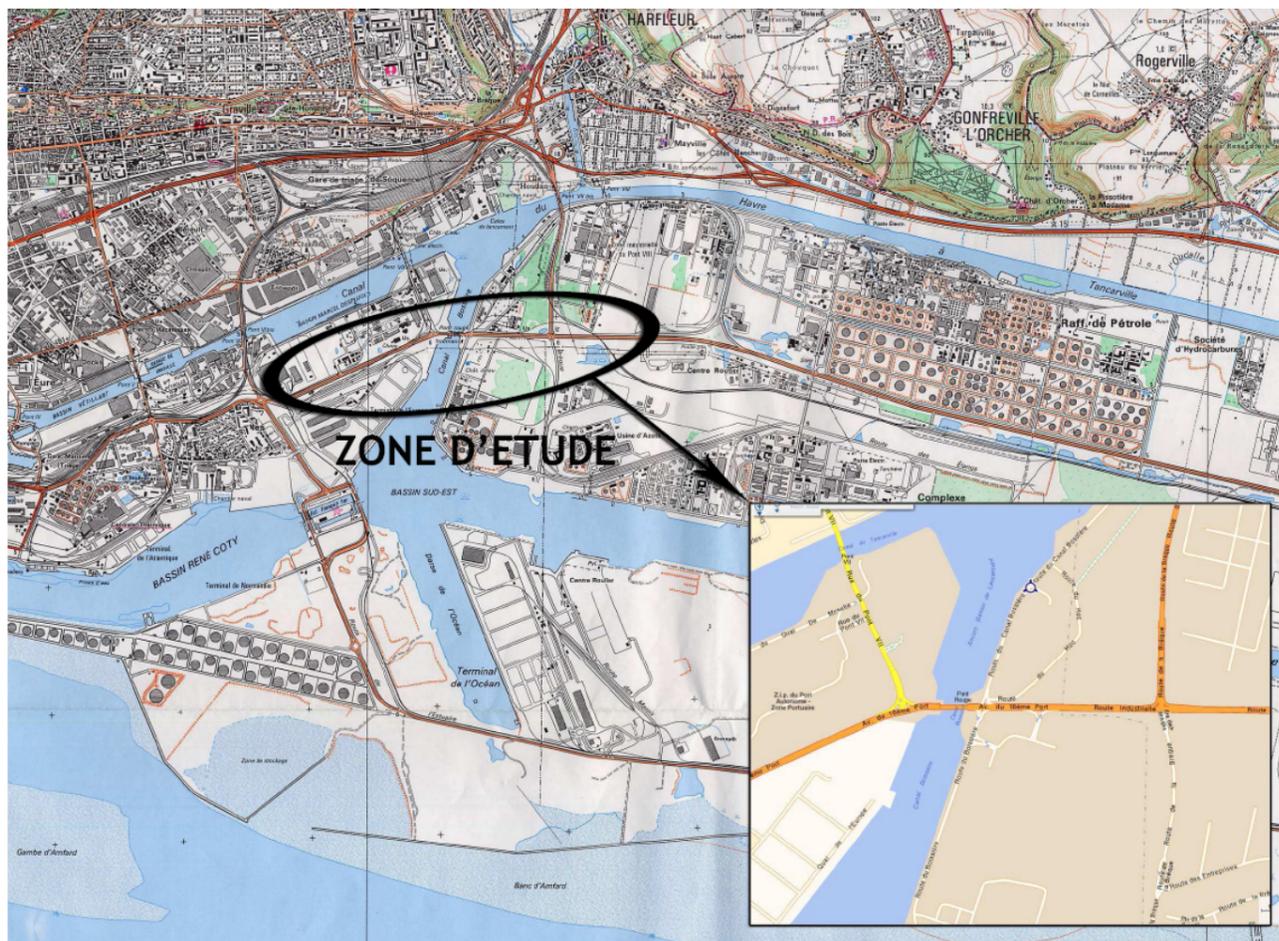
La route industrielle existante est une chaussée à 2 x 2 voies (2 x 7m) avec un terre-plein central de 4 m de large et bordée d'accotement de 2.5 m. Le profil est modifié au droit du Pont Rouge où la chaussée est réduite à 7 m bidirectionnels.

Le Pont Rouge, qui traverse le Canal Bossière, est un ouvrage mobile pivotant pour laisser passer les bateaux sur le canal. L'ouvrage supporte une chaussée bidirectionnelle de 7 m (la route Industrielle), ainsi qu'une voie ferrée.

De part et d'autre du Pont Rouge, deux carrefours permettent les échanges avec la route du Pont VII à l'est et la route du Canal Bossière à l'ouest.

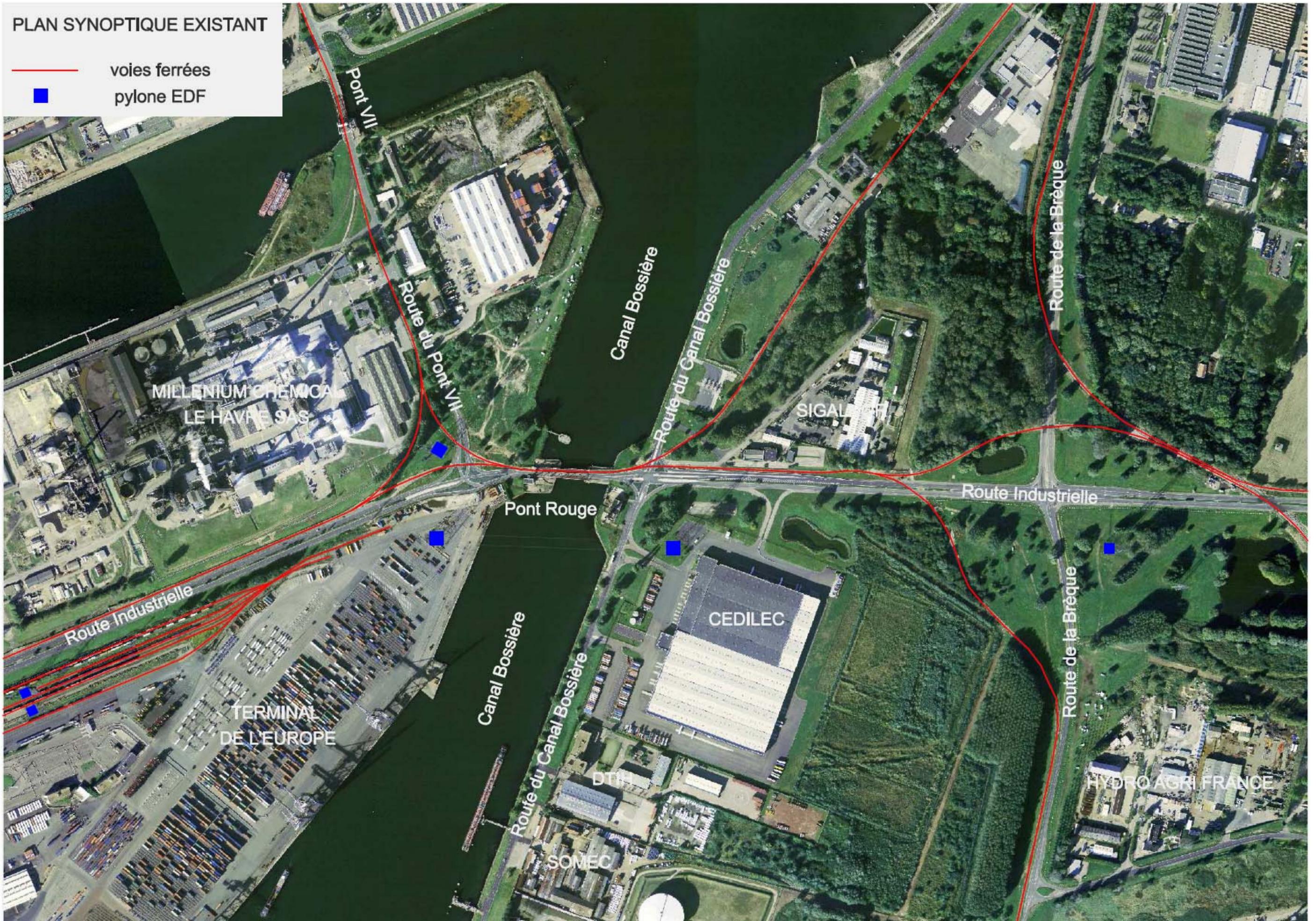
La route industrielle est longée au nord, y compris sur le Pont Rouge, par une voie ferrée qui traverse la route industrielle en plusieurs endroits, notamment entre le Pont Rouge et le carrefour de la Brèque, et deux fois entre le carrefour de la Brèque et le carrefour avec la route du Pont VIII. Une de ces voies ferrées est destinée à accueillir un trafic ferroviaire important provenant de Port 2000 et est en cours d'électrification.

Sur la rive ouest du canal, un réseau important de voies ferrées borde la route existante au sud.



PLAN SYNOPTIQUE EXISTANT

- voies ferrées
- pylone EDF



2.2 DONNEES DE TRAFIC

Le trafic actuel est notamment connu par des comptages réalisés en 2003.

Ceux-ci montrent des variations importantes sur la Route Industrielle, de 8 000 véh/jour à l'ouest du Pont Rouge à plus de 15 000 véh/jour à l'Est du Pont Rouge.

Le schéma de trafic ci-après montre également un fort niveau de trafic sur la route de la Brèque Nord (environ 19 000 véh/jour).

Il est également à noter que le pourcentage de poids lourds atteint de 25% à 40% dans le sens Est-Ouest.

Des comptages directionnels réalisés au niveau des carrefours Ouest et Est du Pont Rouge et au niveau du carrefour de la Brèque permettent d'apprécier les principaux mouvements tournants.

- Carrefour Ouest du Pont Rouge

Mouvements directs Ouest-Est : de 500 uvp/h à 800 uvp/h par sens

- Carrefour Est du Pont Rouge

Mouvements directs Ouest-Est : de 475 à 750 uvp/h par sens
Mouvements Ouest-Nord : de 60 à 300 uvp/h par sens

- Carrefour de la Brèque

Mouvements directs Ouest-Est : de 350 à 570 uvp/h par sens
Mouvements Nord-Est : jusqu'à 1 050 uvp/h

On constate donc que :

- La dénivellation du Canal Bossière devrait supporter un trafic maximal de l'ordre de 500 à 600 uvp/heure et par sens, ce qui, a priori, ne justifie qu'une voie par sens.
- Les échanges entre les carrefours du Pont Rouge et de la Brèque resteront importants et nécessiteront une voie d'échange supportant un trafic non négligeable.

Fonctionnement des carrefours du Pont Rouge

Les deux carrefours sont situés de part et d'autre du Pont Rouge, qui est un pont pivotant. Afin de faire passer les bateaux, le pont pivote et la circulation est coupée pour une durée de 10 à 15 minutes.

De plus, une voire deux voies ferrées coupent ces carrefours au droit des branches Nord, ce qui bloque aussi la circulation pendant 135 secondes en moyenne, la circulation ferroviaire empruntant le pont rouge.

Les carrefours fonctionnent donc selon trois modes :

- Mode 1 : mode normal, toutes les branches des carrefours sont fonctionnelles.
- Mode 2 : mode maritime, le pont rouge est ouvert et les flux l'enjambant sont donc fermés. La durée de la fermeture est de l'ordre de 10 mn.
- Mode 3 : mode ferroviaire. Le passage d'un train implique la fermeture des mouvements venant ou allant au nord. La fermeture est de l'ordre de 135 s.

Ainsi, à la complexité du lieu s'ajoute la gestion de ces trois modes de fonctionnement.

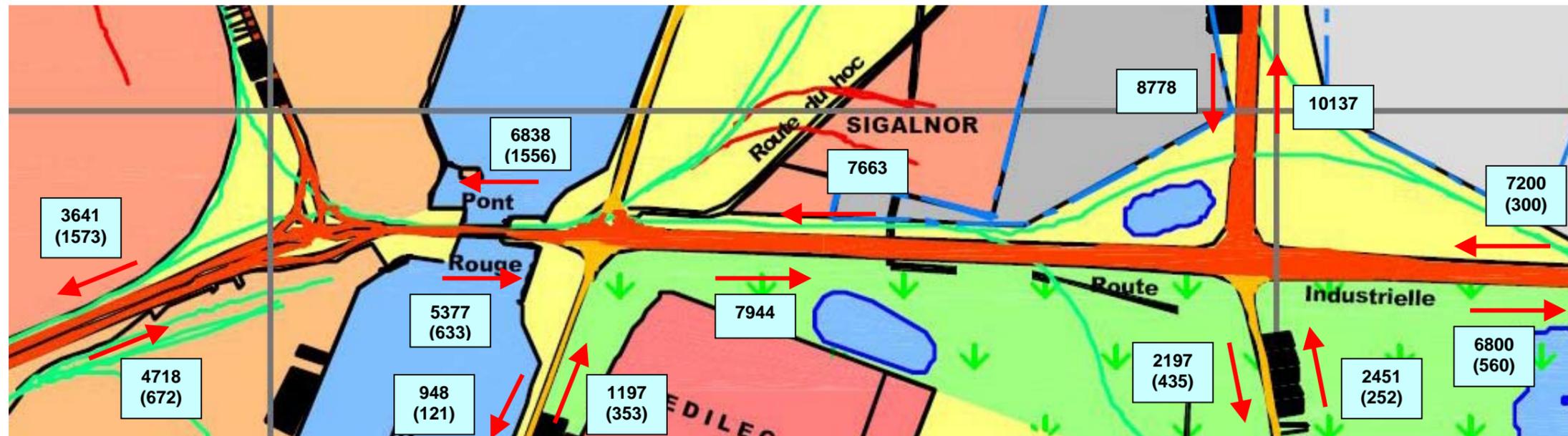
Actuellement, le Pont Rouge est ouvert environ :

- 4 fois par jour pour des convois fluviaux de conteneurs,
- 8 fois par jour pour d'autres convois fluviaux,
- 2 – 3 fois par jour pour des navires.

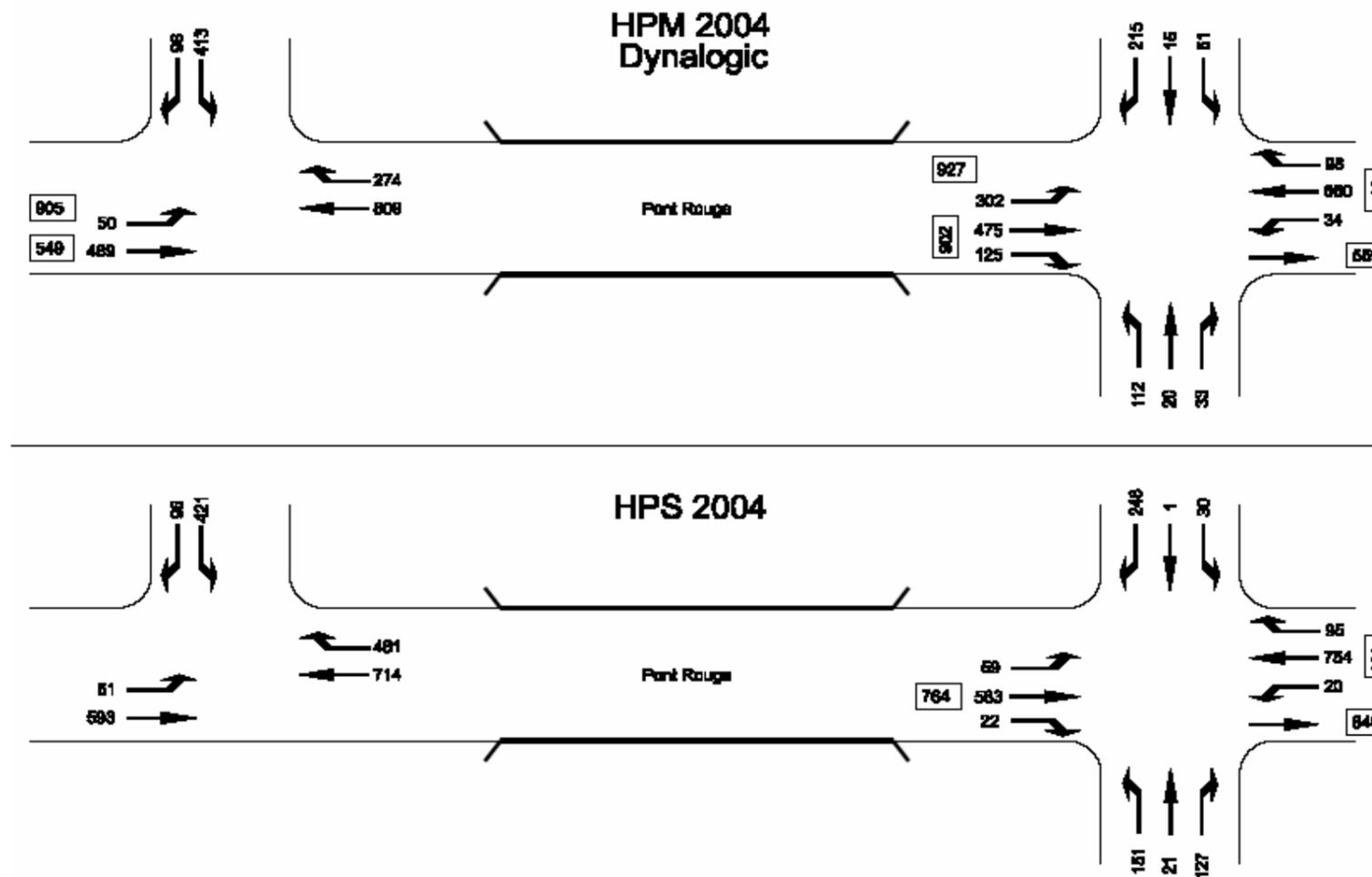
Le nombre actuel d'ouvertures est de 14 fois par jour, soit une durée totale d'ouverture de 3 heures cumulées par jour.

Les prévisions d'évolution du trafic fluvial à l'horizon 2030 en l'absence du PGCH (Prolongement du Grand Canal du Havre) amènent à environ une trentaine de passages au niveau du Pont Rouge, soit un doublement de la durée d'ouverture cumulée (de l'ordre de 6 h / jour).

Trafic Moyen journalier Annuel (Tous véhicules dont Poids Lourds)



Trafic en Heure de Pointe (Heure de Pointe du Matin (HPM) et Heure de Pointe du Soir (HPS))



2.3 CARACTERISTIQUES GENERALES DU PROJET

Le projet consiste à rétablir la route industrielle hors du Pont Rouge au moyen d'un tunnel ou d'un viaduc, afin de fluidifier le trafic, et d'éviter les encombrements lors de l'ouverture du Pont Rouge.

Le Pont Rouge et la route attenante sont conservés pour la desserte locale et la circulation ferroviaire, le trafic de transit empruntant le nouvel ouvrage créé.

Les traversées de voie ferrées sont dénivelées en prévision de l'augmentation du trafic ferroviaire.

Au vu de l'importance structurante de la route rétablie et de ses caractéristiques géométriques existantes, les caractéristiques de la chaussée rétablie suivront les recommandations de l'ICTAVRU (Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines), suivant la classification U60.

En effet, les voies rapides urbaines de type « U » ont notamment comme objectif (extraits de l'ICTAVRU, p23) :

- *des relations fonctionnelles avec un site très urbanisé ou à devenir très urbanisé*
- *un trafic d'échanges et local prépondérant*
- *des points d'échanges fréquents assurant une bonne irrigation du tissu traversé*

Le choix de la vitesse de référence de 60 km/h (U60) s'impose au vu du nombre important d'échanges avec le réseau routier local et des contraintes géométriques que le rétablissement en dénivellation peut amener.

Les caractéristiques géométriques des voies rapides urbaines de catégories U60 sont les suivantes :

TRACE EN PLAN	
Rayon minimal non déversé	200 m
Rayon minimal	120 m
PROFIL EN LONG	
Déclivité moyenne maximale	6 %
Rayon normal en angle saillant	2500 m
Rayon minimal en angle saillant	1500 m
Rayon normal en angle rentrant	1500 m
Rayon minimal en angle rentrant	800 m
Hauteur libre minimale des ouvrages d'art sur les routes du réseau national	4.30 m + 0.15 m de revanche *
Hauteur libre minimale des ouvrages d'art sur les voies ferrées :	
- électrifiées	6.5 m *
- non électrifiées	4.8 m *
PROFIL EN TRAVERS	
BAU	0 ou 2.50 m
Trottoir	0.70 m minimum
Largeur de voie	3.50 m par voie
Bande médiane	0.60 m
Bande dérasée gauche	1 m à 1.10 m si dispositif de retenue sur TPC 0 ou 0.30 m sinon

* : gabarit à confirmer par le Port Autonome du Havre.

3 Variante tunnel

Le tracé du rétablissement de la route industrielle sous le canal Bossière doit prendre en compte :

- les contraintes géométriques imposées par la catégorie U60 choisi pour la section étudiée.
- les contraintes du site (bâti, réseaux, ...),
- le mode de construction du tunnel (tunnelier, caissons immergés ...).

Le tracé et le dimensionnement de l'ouvrage suivent les recommandations du « dossier pilote pour les tunnels » édité par le CETU (1990), notamment en termes de vérification de la visibilité et des conditions de sécurité.

Le tracé d'un tunnel sous le canal Bossière peut être étudié selon 2 familles de variantes de tracés en plan et, pour chacune de ces variantes, 2 profils en long selon le mode de construction de l'ouvrage :

Tracé en plan :

- passage au nord du Pont Rouge
- passage au sud du Pont Rouge

Profil en long :

- Tunnel foré
- Caissons immergés

Impact du profil en long :

Le franchissement du canal en tunnel, quelle que soit la technique de construction employée, induit des pentes de profil en long important (de l'ordre de 4%), sur des distances de l'ordre de 750 m, afin de pouvoir se raccorder sur la voirie existante, dans des conditions acceptables de géométrie.

Le « dossier pilote des tunnels » indique que, dans le cas d'une chaussée répondant aux normes de l'ICTAVRU, une évaluation de la vitesse des poids lourds doit être réalisée pour des pentes supérieures à 3%, pour évaluer l'impact de la perte de vitesse sur les autres usagers en terme de confort en heure creuse, et de capacité en heure de pointe. Une voie supplémentaire pour les véhicules lents doit être ajoutée si la vitesse des poids lourds descend en dessous des 40 km/h.

D'après les abaques de vitesses des poids lourds en fonction de la pente (note du SETRA n°21 d'octobre 1989), la vitesse des poids lourds ne doit pas descendre en dessous de 45 km/h pour des pentes de 4 %, quelle que soit la longueur de la pente. Il n'est donc pas nécessaire d'ajouter une voie pour les véhicules lents.

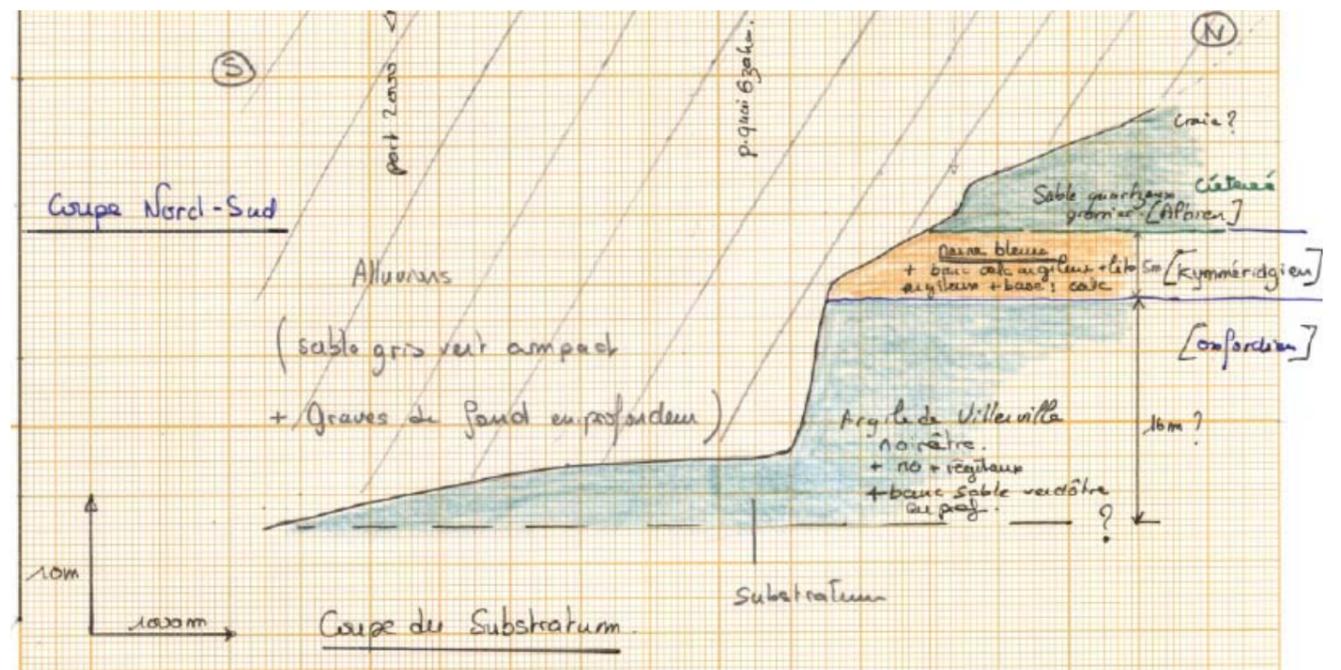
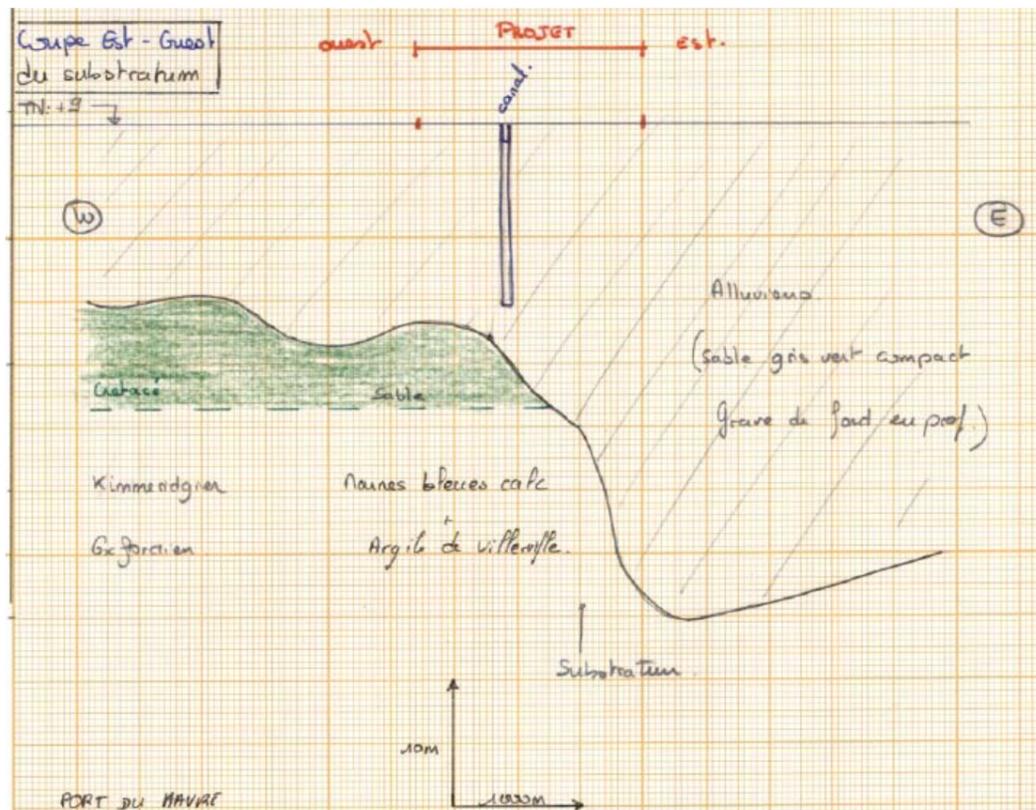
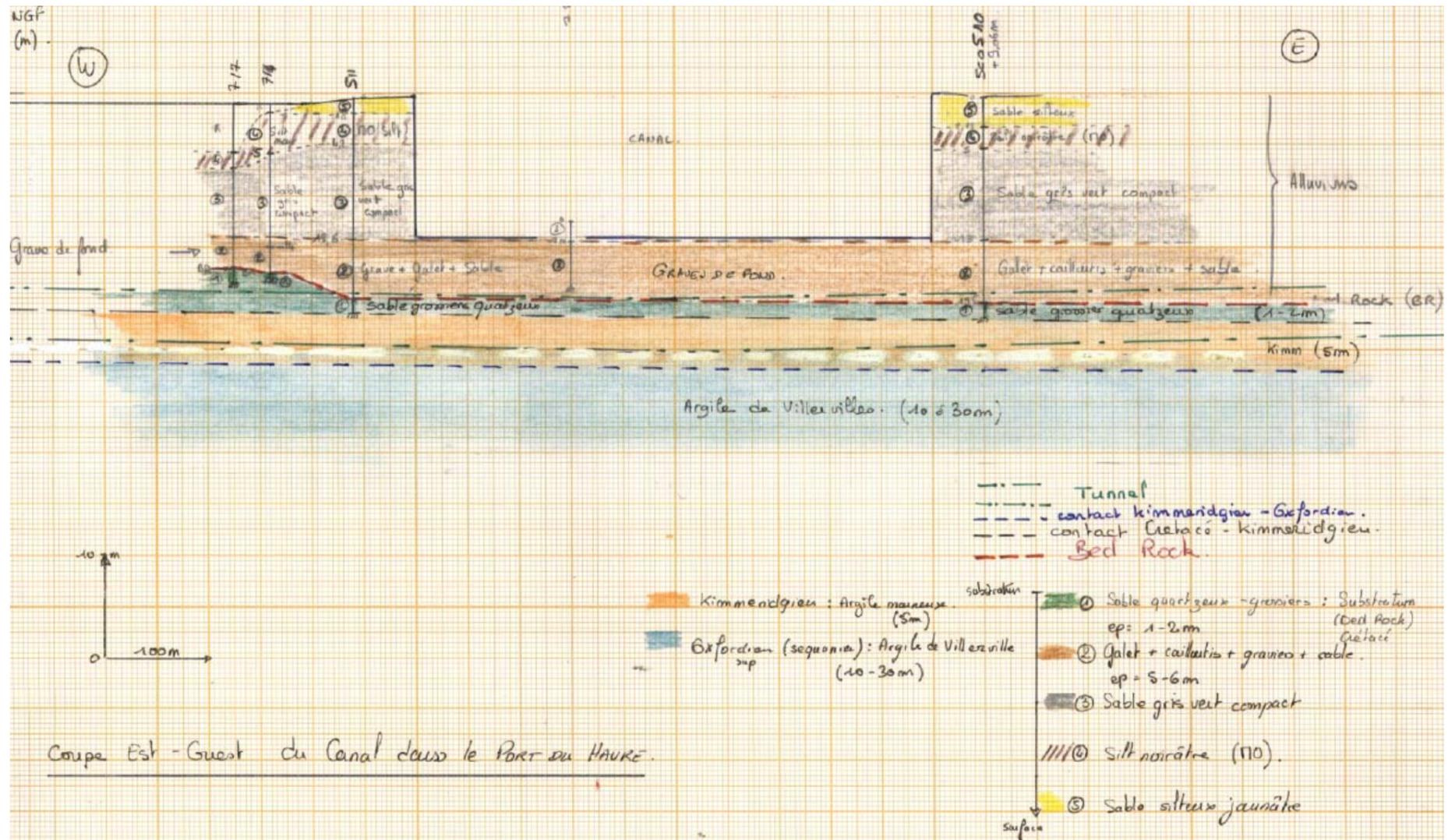
3.1 TECHNIQUES DE CONSTRUCTION DU TUNNEL

Quelle que soit la technique de construction du tunnel, les textes en vigueur, même s'ils ne s'opposent pas réglementairement à la construction des 2 voies de circulation dans le même tunnel, recommandent la séparation des flux de circulation, à la fois pour éviter les impacts frontaux, mais également pour éviter l'impact d'un accident sur une voie de circulation sur l'autre voie (enfumage du tunnel ...), et respecter les règles de sécurité.

Au vu du type de trafic, notamment poids lourds, qui sera destiné à emprunter le tunnel, la séparation des voies de circulation s'impose également par les dimensions importantes de l'ouvrage.

3.1.1 Contexte géologique

Après observation des données géologiques disponibles, le tracé du tunnel s'inscrit dans le contexte géologique suivant :



3.1.2 Tunnel foré

- Technique de construction

Le caractère sableux voire graveleux du substratum et la présence d'une nappe puissante rend impossible le creusement de tunnels suivant les méthodes traditionnelles sans effectuer au préalable des traitements d'étanchement du terrain à excaver très coûteux (injection de bentonite-ciment et, éventuellement suivant la granulométrie, de ciments surmoulus).

Le forage d'un tunnel au moyen d'un tunnelier est donc la solution la plus adaptée.

Il faut néanmoins que la longueur du tunnel soit suffisante sachant qu'elle est rarement inférieure à 1000 m et habituellement de 3000 à 4000 m.

La longueur cumulée des deux tunnels étant de $2 \times 950 \text{ m} = 1900 \text{ m}$, (voir chapitre suivant) une solution tunnel foré est envisageable, notamment si un tunnelier de "seconde main" d'un diamètre proche est disponible.

Compte tenu du caractère sableux du terrain et sous réserve de sondages et d'essais géotechniques, notamment sur la perméabilité et la granulométrie, l'utilisation d'un tunnelier à pression de boue bentonitique est la méthode la plus adéquate.



Photo : Tunnelier à pression de boue en cours de rentrée en station (Toulouse Ligne B)

Le tunnelier à pression de boue utilise, pour la stabilisation du front, la pression d'une boue constituée de bentonite et d'une fraction du terrain abattu suivant le même principe que l'excavation des parois moulées. Les déblais sont évacués dans une canalisation en pression et sont ensuite traités pour être transportés par camion-benne ("dessablage"),

De plus, le tunnelier à pression de boue permet de bien contrôler la pression au front et donc de limiter les tassements.

Il faut, néanmoins noter que, d'après la carte géologique (voir croquis page précédente), la zone du Pont Rouge correspond à une érosion du toit des marnes bleues du Kimmerdjien et qu'il y a un risque que le creusement se fasse aussi dans des faciès argileux. Le tunnelier à pression de boue est alors moins bien adapté mais tout dépend des linéaires du tracé dans chacun des types de sol.

Pour limiter les tassements, les axes de chacun des tunnels seront espacés de deux diamètres de creusement, soit environ 22 m (11 m entre les deux tubes)

Le creusement de cette manière est envisageable sous une couverture au dessus du tunnelier de l'ordre d'un diamètre de tunnelier. Cette épaisseur de couverture est valable également lors du passage sous le canal Bossière.

Les extrémités du tunnel sont ensuite réalisées au moyen de tranchée couverte, d'une hauteur de décaissement maximale de 2 diamètres, puis en trémie.

Les tranchées couvertes et les trémies seront constituées de 3 voiles en parois moulées (sauf les parties hors nappe de la trémie). Les parois moulées sont descendues jusqu'à l'horizon étanche ou s'il est trop profond ou insuffisant, un bouchon étanche en jet-grouting sera réalisé sous le radier.

L'installation à l'origine du tunnelier nécessite soit la construction préalable de la tranchée, soit la construction d'un puits d'accès.

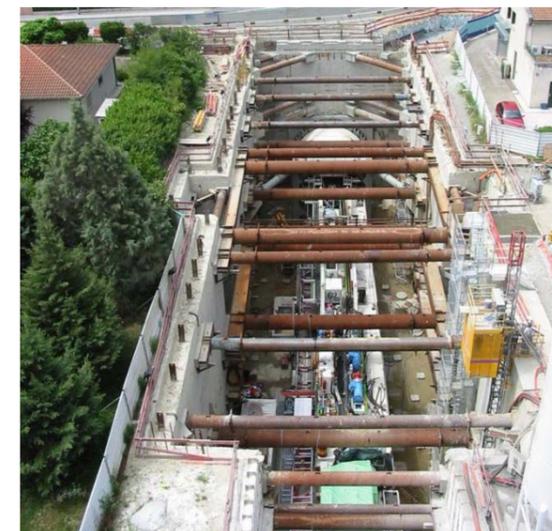
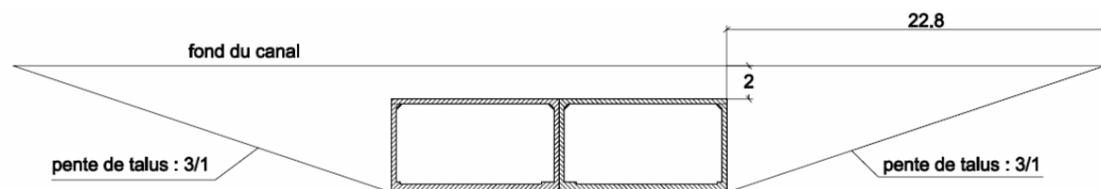


Photo : Station servant de puits de départ au tunnelier (Toulouse ligne B)

3.1.3 Caissons immergés

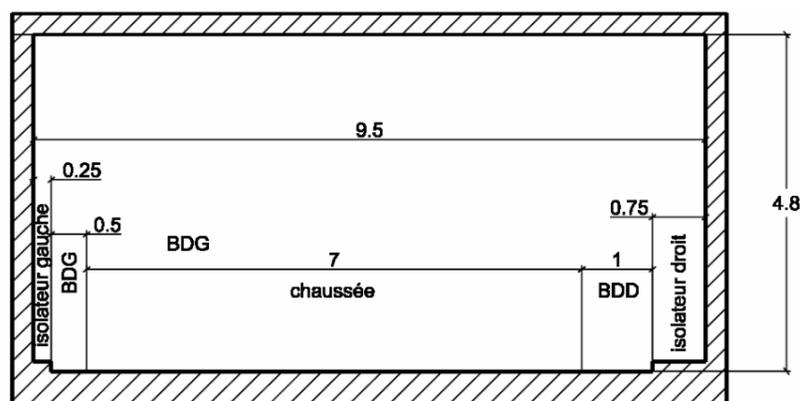
Cette technique consiste à poser des caissons préfabriqués au fond du canal.

Pour ce faire, une souille d'une hauteur correspondante à la hauteur du caisson + une couverture d'environ 2 m, est réalisée au préalable au fond du canal. Les pentes de talus de la souille sont généralement de l'ordre de 3 pour 1.



Ces caissons sont posés seulement sur la largeur du canal. Le reste du tunnel, le raccordement à la surface, se fait ensuite en tranchée couverte puis en trémies.

Le profil en travers du caisson doit respecter les recommandations du « dossier pilote » du CERTU, pour le type de voie retenue (U60) et le taux de poids lourds destiné à emprunter l'ouvrage. Les dimensions des demi-caissons seront les suivantes :



Ces dimensions ne sont valables que pour un sens de circulation. La largeur roulable de 7 m permet l'implantation de 2 voies de circulation nécessaires au dépassement de véhicules en panne et à la circulation des véhicules de secours.

Le projet nécessite la construction de caissons de dimensions correspondantes à 2 demi-caissons dont les dimensions sont décrites ci-dessus, un par sens de circulation.

Les tronçons de tranchée couverte seront équipés de puits d'accès à la surface espacés de 400 m. Ces puits ont une section d'environ 4 m x 4 m. Les tranchées couverte seront également équipées d'une ouverture de 5 m de large environ dans la paroi moulée centrale pour permettre aux véhicules de secours de passer d'un tube à l'autre.

3.1.4 Impact de la technique de construction sur la géométrie du tunnel

La technique de construction du tunnel influe à la fois sur le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers de la voie rétablie.

- Tracé en plan

La technique « tunnel foré » permet dans une certaine mesure de s'affranchir des contraintes du site en surface, au moins dans les endroits où le tunnel est le plus profond. Le tracé pourra ainsi passer sous des bâtiments ou des constructions diverses, si les fondations de ces constructions sont moins profondes que le tunnel. Le raccordement à la surface en tranchée couverte et trémie nécessite quant à elle de prendre en compte ces contraintes.

La technique « caissons immergés » nécessite quand à elle la construction de tranchées couvertes sur la majeure partie du tracé, et donc de respecter, ou du moins de prendre en compte, les contraintes de surface, comme les constructions ou les voies ferrées. Ces tranchées couvertes peuvent être très contraignantes en phase chantier, pour le rétablissement des accès ou des voies ferrées.

- Profil en long

La technique « tunnel foré » impose un profil en long du projet passant à 17 m sous le fond du canal (couverture de 10,5 m + hauteur dans le tunnel de 6,5 m), lui-même à environ 15 m sous du niveau des berges. Ce point de passage impose une longueur de tunnel de 400 m de part et d'autre du canal, si l'on considère une pente maximale de 4 %, soit une longueur totale de tunnel foré de 1000 m. Le passage en tranchée couverte est alors de 250 m à chaque extrémité (soit un total de 500 m de tranchée couverte), et la trémie de 200 m.

La technique « caissons immergés » permet un profil en long du projet moins profond que la technique forée, puisque passant à seulement 8 m du fond du canal. Ce point de passage du profil en long impose ensuite une longueur de tranchée couverte de 420 m de part et d'autre du canal, si l'on considère une pente maximale de 4 % (soit un total de 850 m de tranchée couverte) et une trémie de 200 m.

3.2 PASSAGE AU NORD DU PONT ROUGE

3.2.1 Contraintes du site

- les voies ferrées

En passant au nord du Pont Rouge, le tracé croise le réseau de voies ferrées à la fois à l'est et à l'ouest du canal.

A l'est du canal, le tracé croise la voie ferrée empruntant du pont rouge et qui se sépare, au niveau du carrefour avec la route du pont VII, en 2 voies, l'une allant vers le pont VII au nord, l'autre longeant la route industrielle vers le sud. Cette seconde branche traverse la route industrielle pour rejoindre le réseau alimentant le terminal de l'Europe.

A l'ouest du canal, le tracé croise la voie ferrée empruntant le pont rouge et qui se sépare en 2 branches, l'une longeant la route industrielle, l'autre allant vers le nord et alimentant notamment l'entreprise Sigalnor

- le bâti

Au nord de la route industrielle, et à l'est du pont rouge, l'entreprise Sigalnor dispose de bâtiments qui peuvent interférer avec le tracé du rétablissement.

- les réseaux concessionnaires

Les réseaux concessionnaires de la zone sont concentrés au nord du pont rouge. Il s'agit de réseaux enterrés EDF et de gaz (CRT), présents sur les deux rives du canal et partant vers le nord. Ils traversent le canal à environ 150 m au nord du pont rouge.

Deux pipelines de Total passent également au nord du pont rouge mais sont suffisamment éloignés vers le nord (environ 300 m) pour ne pas interférer avec le projet de rétablissement.

3.2.2 Variantes de tracé en plan

Les variantes de tracé nord prolongent vers le nord l'alignement droit de la route industrielle sur la rive ouest du canal, à travers le carrefour avec la route du Pont VII, et se raccordent à l'est sur le tracé de la route industrielle existante avant le carrefour de la Brèque.

- variante N1 : variante nord courte

Cette variante de tracé consiste à contourner le Pont Rouge par le nord, à environ 50 m de l'ouvrage existant, et se raccorder sur le tracé de la route industrielle existante au niveau des bâtiments de l'entreprise Sigalnor.

Un tel tracé nécessite des courbures de faible rayon (300 m), qui peuvent être handicapant en terme de visibilité dans le tunnel. Pour assurer la visibilité en courbe (70 m pour une voie de catégorie U60) une surcharge doit être aménagée vers l'intérieur de la courbe.

- variante N2 : variante nord longue

Cette variante de tracé consiste à traverser le canal Bossière à environ 100 m au nord du Pont Rouge.

L'axe de la variante passe ensuite entre les bâtiments de la société Sigalnor pour se raccorder sur la route industrielle existante au niveau de la traversée de la voie ferrée.

Un tel tracé nécessite des courbures de faible rayon (300 m), qui peuvent être handicapant en terme de visibilité dans le tunnel. Pour assurer la visibilité en courbe (70 m pour une voie de catégorie U60) une surcharge doit être aménagée vers l'intérieur de la courbe.

La sortie du tunnel en tranchée couverte, quelle que soit la méthode de construction utilisée se fera sur l'emprise de la société Sigalnor, coupant ainsi le site en 2 en phase travaux.

3.2.3 Profils en long

Le profil en long des 2 variantes de tracé en plan, variante nord courte et variante nord longue, sont sensiblement identiques. Les variantes de profils en long dépendent du mode de construction du tunnel.

- *Caisson immergé*

Pour passer sous le canal avec la couverture nécessaire de 2 m, le profil en long du tracé doit commencer à descendre sur la rive ouest à environ 500 m du carrefour avec la route du Pont VII, en considérant une pente de 4 %. Cette descente, réalisée en tranchée couverte, devra couper le carrefour, ce qui peut poser des complications en phase chantier, au vu du nombre de voies circulées traversées et des voies ferrées.

La remontée vers l'est, au moyen d'une pente plus faible à 3 %, due à la dénivellation des échanges avec la route de la Brèque (voir chapitre sur ce raccordement), rejoint le niveau du terrain naturel à environ 750 m à l'ouest du Pont Rouge. Le passage de la tranchée couverte à la trémie est réalisé peu après le passage de la voie ferrée. La tranchée correspondante à cette remontée croise la route du canal Bossière et la voie ferrée qui longe la route industrielle, qui devront être rétablies rapidement.

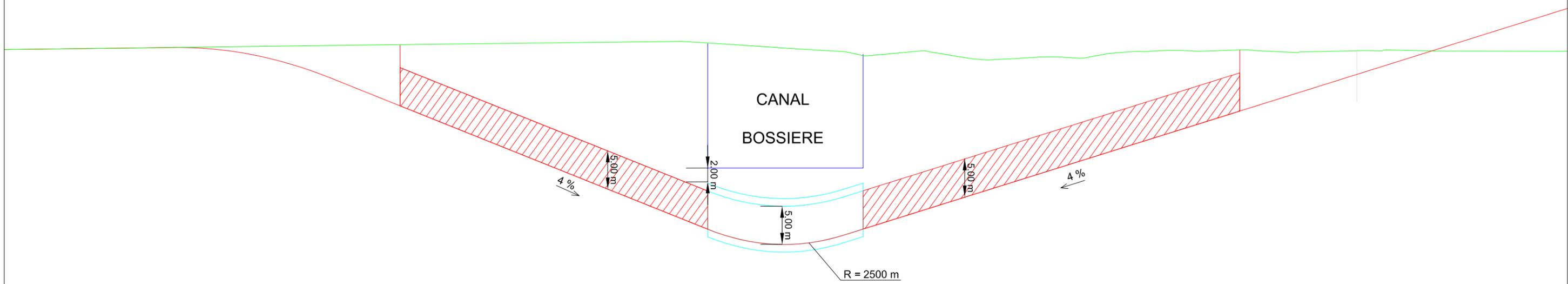
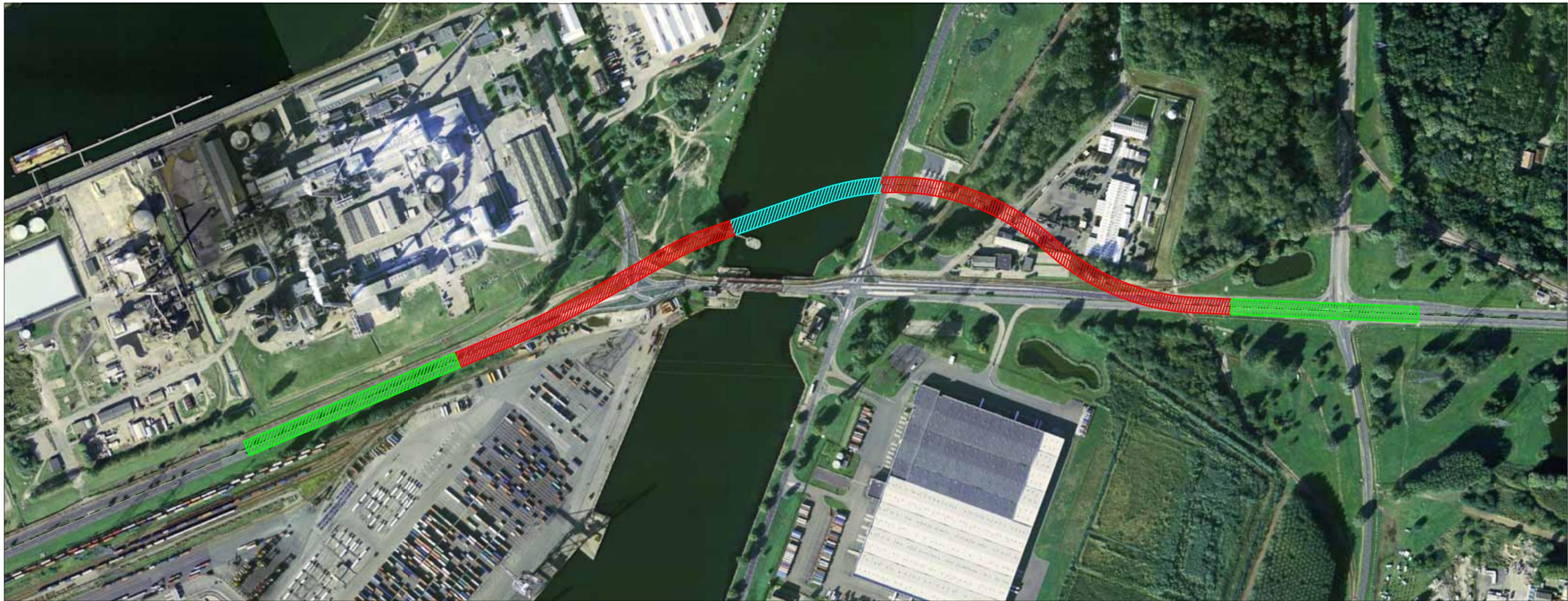
Entre les deux pentes de part et d'autre du passage sous le canal, une parabole de rayon 2500 m permet de respecter les conditions de visibilité dans le tunnel.

- *Tunnel foré*

Pour passer sous le canal avec la couverture nécessaire de 10.5 m, le profil en long du tracé doit commencer à descendre sur la rive ouest à environ 750 m du carrefour avec la route du Pont VII, en considérant une pente de 4 %. La partie en tranchée couverte et en trémie, d'une longueur 500 m, s'arrête à 250 m du carrefour, d'où peut partir la section en tunnel foré. Le carrefour avec la route du Pont VII peut alors être conservé dans la phase chantier, puisque le tracé est en tunnel à cet endroit.

La remontée vers l'est, au moyen d'une pente à 4 % permet de respecter la dénivellation des échanges avec la route de la Brèque, et rejoint le niveau du terrain naturel à environ 850 m à l'ouest du Pont Rouge. La section en tunnel foré s'arrête au niveau de la traversée de la voie ferrée (entre le Pont Rouge et le carrefour de la Brèque). La partie en tranchée couverte et en trémie, à l'est, a une longueur de 450 m
La longueur de tunnel foré est de 950 m.

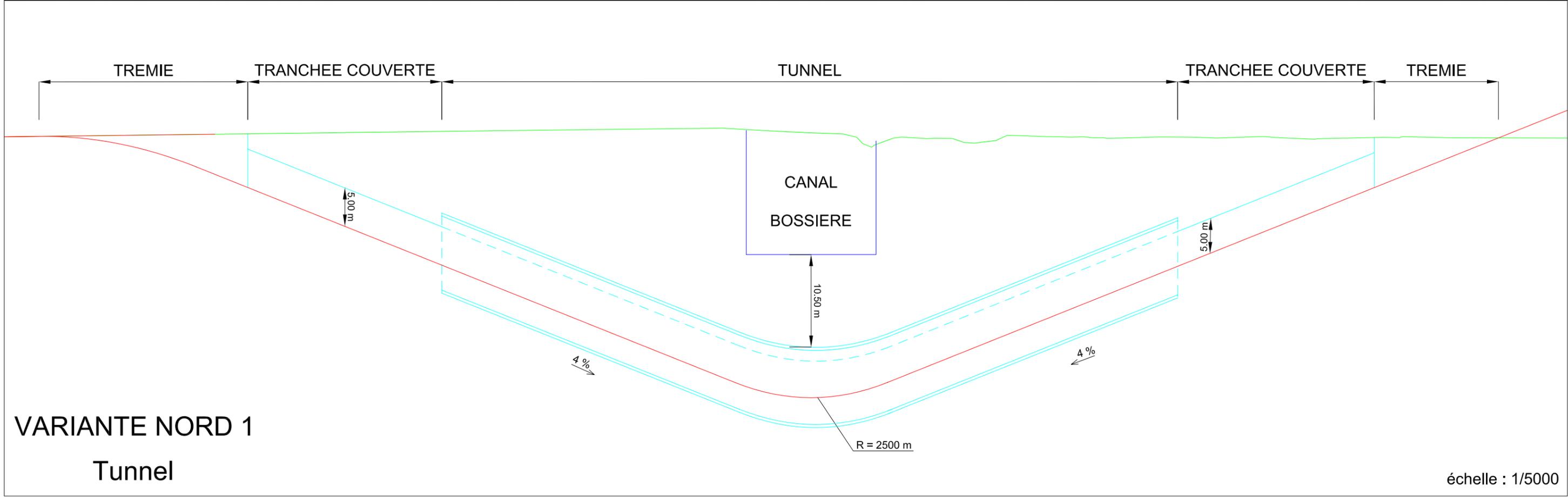
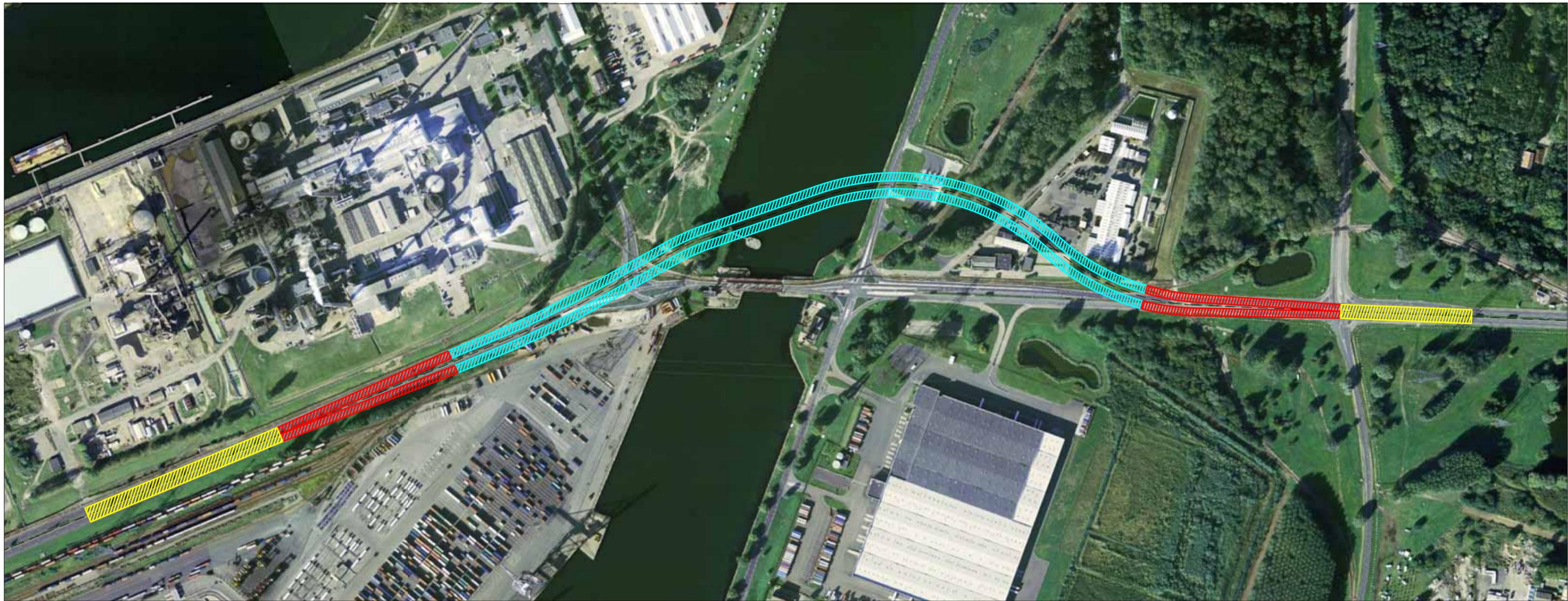
Entre les deux pentes de part et d'autre du passage sous le canal, une parabole de rayon 2500 m permet de respecter les conditions de visibilité dans le tunnel.

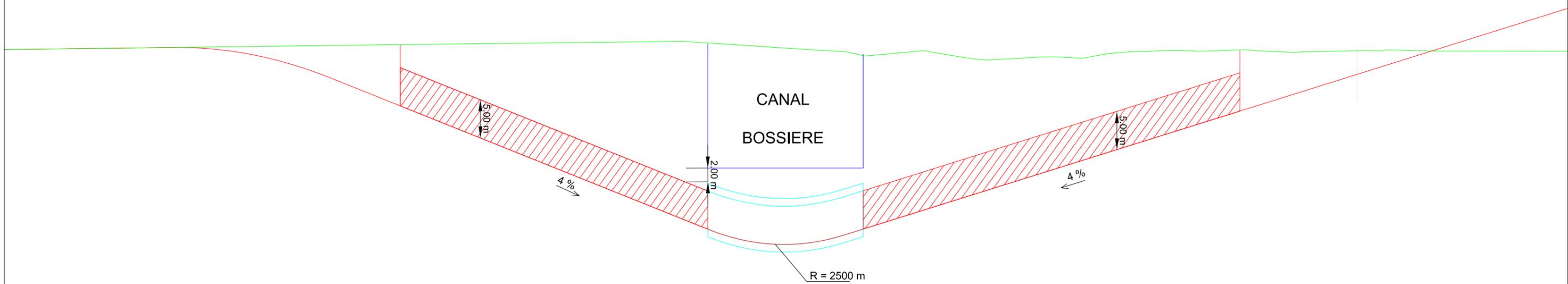
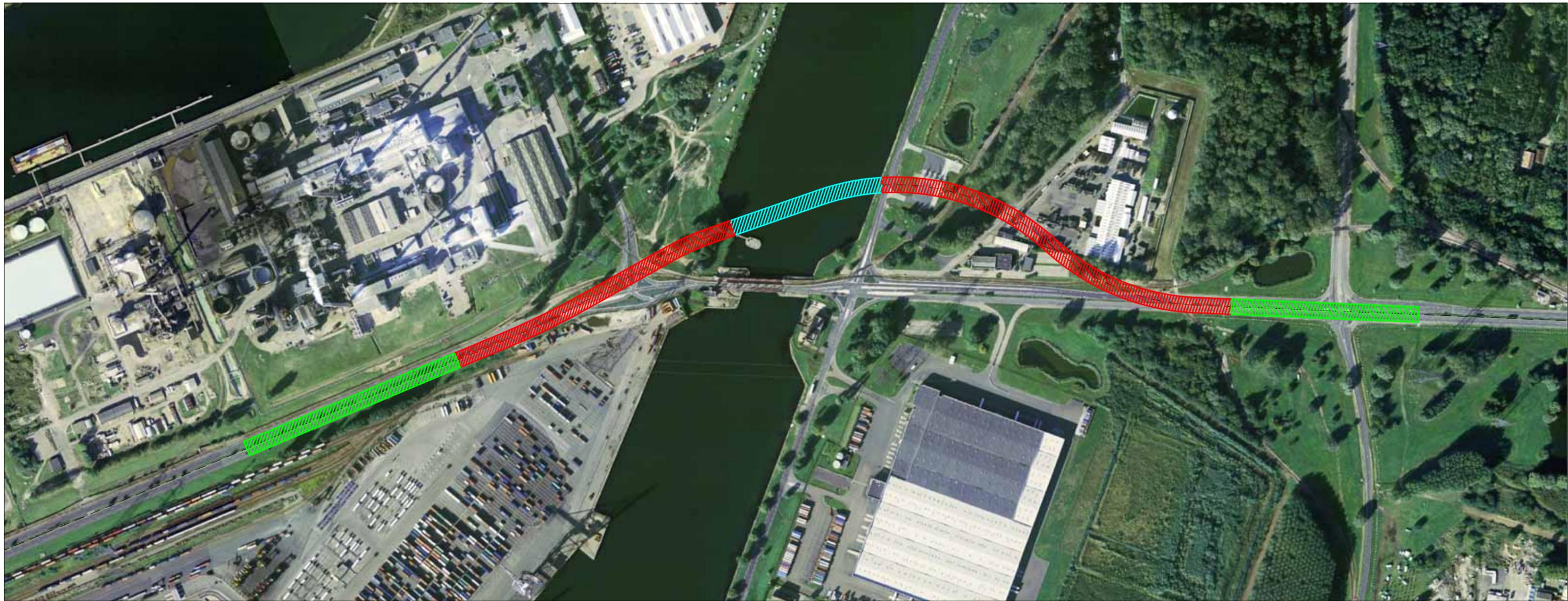


VARIANTE NORD 1

Caissons

échelle : 1/5000

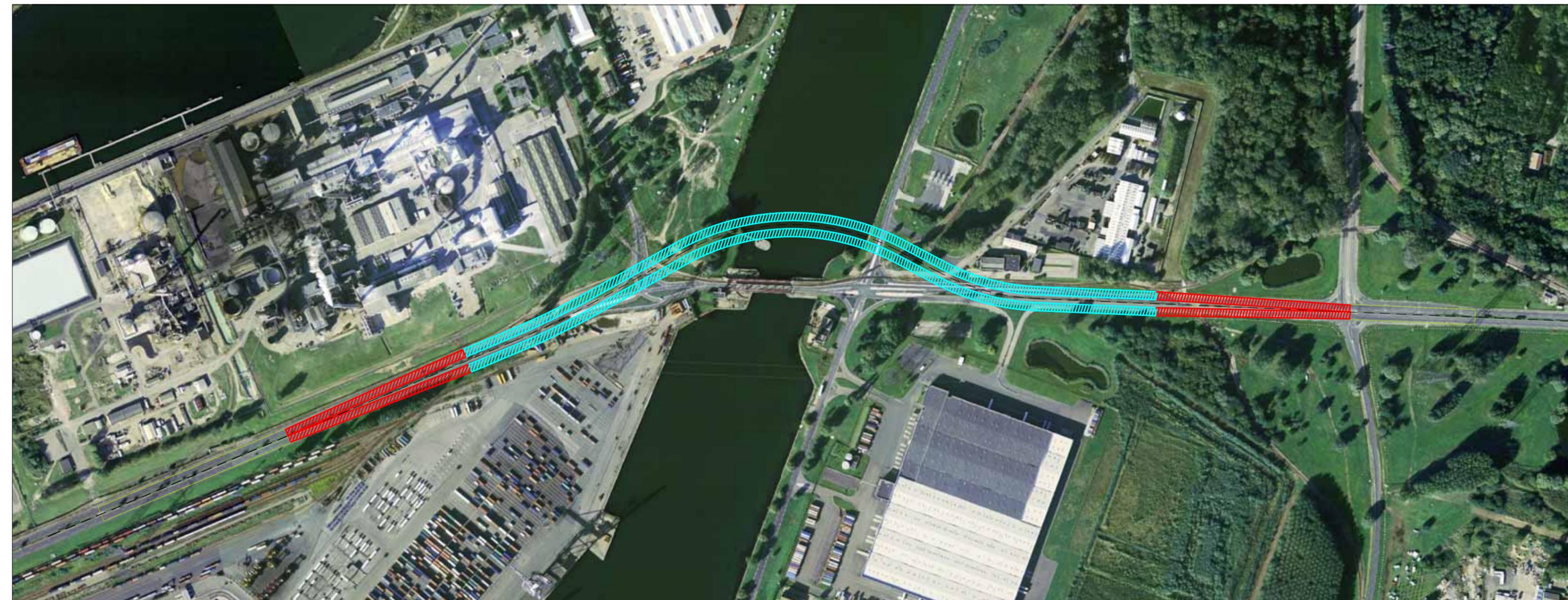




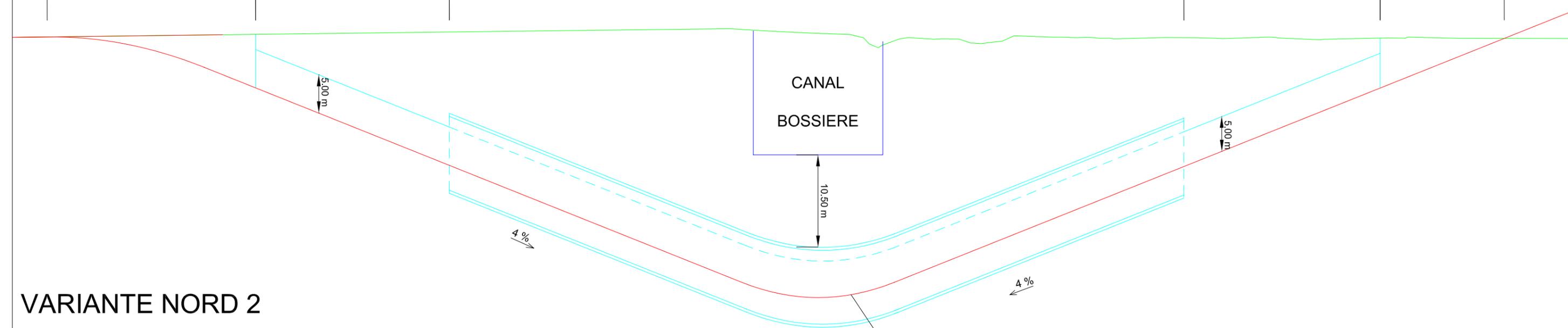
VARIANTE NORD 2

Caissons

échelle : 1/5000



TREMIE TRANCHEE COUVERTE TUNNEL TRANCHEE COUVERTE TREMIE



VARIANTE NORD 2
Tunnel

échelle : 1/5000

3.3 PASSAGE AU SUD DU PONT ROUGE

3.3.1 Contraintes du site

- les pylônes électriques haute tension

Deux pylônes électriques sont présents dans la zone étudiée, de part et d'autre du canal. Les lignes électriques supportées par ces pylônes sont haute tension (400 000 volt).

Les fondations des pylônes sont des pieux de 15 à 18 m de profondeur. Les pieux étant moins profonds que le radier du tunnel, la fondation des pylônes doit être reprise par des micro-pieux qui descendent en dessous du radier du tunnel.

Le tracé des 2 tunnels doit s'écarter le plus possible des fondations des pylônes.

- le bâti

Une station de pompage, pour le refroidissement d'une usine de fabrication d'ammoniac, est présente sur la rive est du canal, au sud du pont rouge. Le débit de pompage, réalisé dans le canal, est de 20 000 m³/h

La station n'est pas un obstacle pour le tracé du tunnelier dans la mesure où les prises d'eau sont au dessus du fond du canal. Par contre, les conduites en charge Ø 1400 et Ø 1200, qui sont enterrées, devront être suivies continuellement pendant le passage du tunnelier dans leur périmètre.

Le creusement fera l'objet dans cette zone d'un soin particulier en matière de tassement.

L'entreprise Cedilec, sur la rive est dispose de bâtiments qui ne devraient pas interférer avec le tracé du rétablissement.

- les voies ferrées.

Sur la rive ouest du canal, un faisceau de voies ferrées longe la route industrielle du côté sud. La plupart de ces voies se terminent en impasse peu avant le pont rouge, Une seule voie se poursuit en bouclant vers le sud et dessert le quai ouest du canal.

Sur la rive est du canal, une voie ferrée longe la route industrielle existante et traverse celle-ci peu avant le carrefour de la Brèque, puis 2 fois entre le carrefour de la Brèque et le carrefour du centre routier. Une de ces 2 voies est destinée à accueillir un trafic ferroviaire important. Ces traversées de voie ferrées devront être dénivelées.

3.3.2 Variantes de tracé en plan

- variante S1 : passage au nord du pylône électrique ouest

Cette variante consiste à contourner le pylône électrique ouest par le nord, au moyen d'un rayon de 400 m, pour ensuite traverser le canal parallèlement au pont rouge, à une distance d'environ 80 m.

Le tracé passe ensuite entre la station de pompage et le pylône électrique est, par une courbe de rayon 400 m, pour se raccorder à la route industrielle existante au moyen d'une courbe de rayon 600 m. Le raccordement sur le tracé de la route existante s'effectue à 75 m avant la traversée de la voie ferrée.

- variante S2 : passage au sud du pylône électrique ouest

Cette variante consiste à passer entre le pylône électrique ouest et la boucle de la voie ferrée qui se prolonge vers le sud, au moyen d'un rayon de 400 m. Le tracé traverse ensuite le canal en biais pour passer entre la station de pompage et le pylône électrique est, puis se raccorde sur le tracé existant de la route industrielle au moyen d'une courbe de rayon 400 m.

3.3.3 Profils en long

Le profil en long des 3 variantes de tracé en plan sont sensiblement identiques. Les variantes de profils en long dépendent du mode de construction du tunnel.

- *Caisson immergé*

Pour passer sous le canal avec la couverture nécessaire de 2 m, le profil en long du tracé doit commencer à descendre sur la rive ouest à environ 650 m du carrefour avec la route du Pont VII, en considérant une pente de 4 %. Cette descente, réalisée en tranchée couverte, coupera la zone de dépôt de container.

La remontée vers l'est, au moyen d'une pente plus faible à 3 %, du à la dénivellation des échanges avec la route de la Brèque (voir chapitre sur ce raccordement), rejoint le niveau du terrain naturel au niveau du carrefour de la Brèque.

Le passage de la tranchée couverte à la trémie est réalisé peu après le passage de la voie ferrée. La tranchée correspondante à cette remontée croise la route du canal Bossière sud et l'accès à l'entreprise Cedilec.

Entre les deux pentes de part et d'autre du passage sous le canal, une parabole de rayon 2500 m permet de respecter les conditions de visibilité dans le tunnel.

- *Tunnel foré*

Pour passer sous le canal avec la couverture nécessaire de 10.5 m, le profil en long du tracé doit commencer à descendre sur la rive ouest à environ 850 m du carrefour avec la route du Pont VII, en considérant une pente de 4 %.

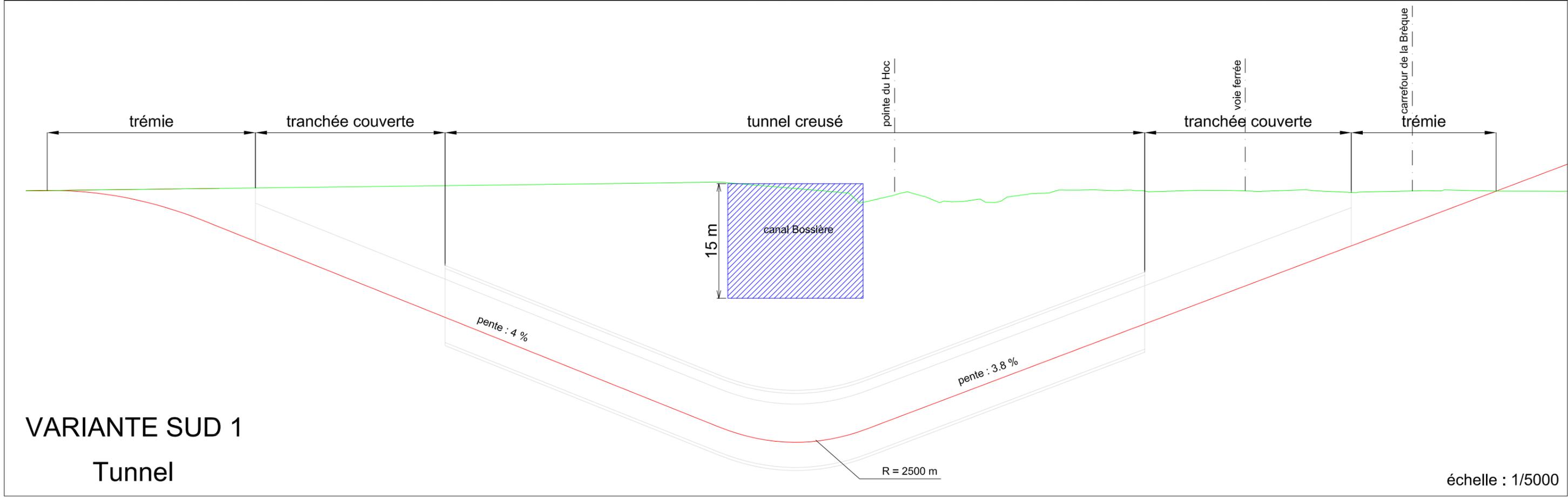
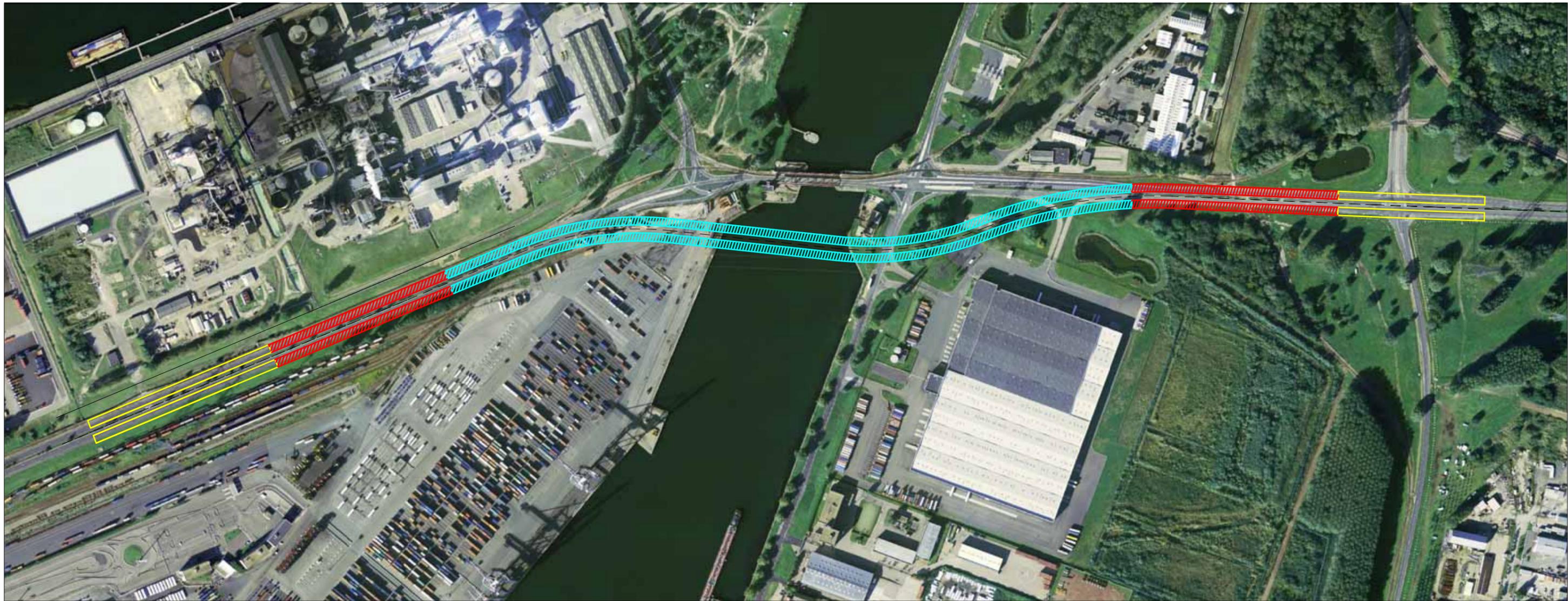
La partie en tranchée couverte et en trémie, d'une longueur 500 m, s'arrête à 350 m du carrefour, d'où peut partir la section en tunnel foré. La zone de stockage de container peut être conservée pendant la phase chantier, puisque le tracé est en tunnel à cet endroit.

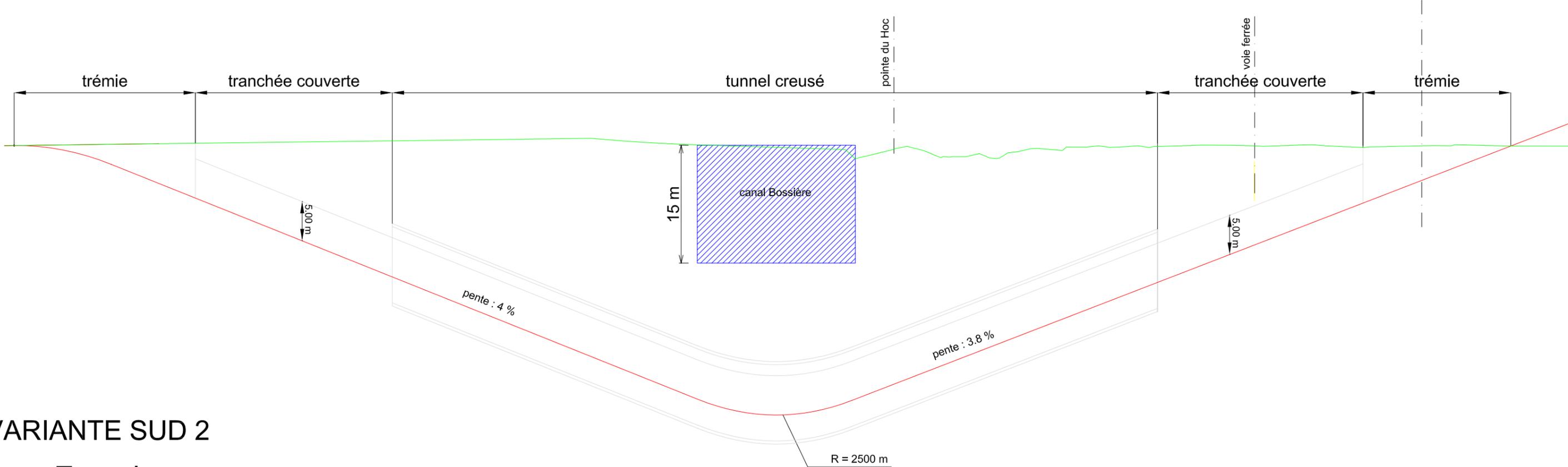
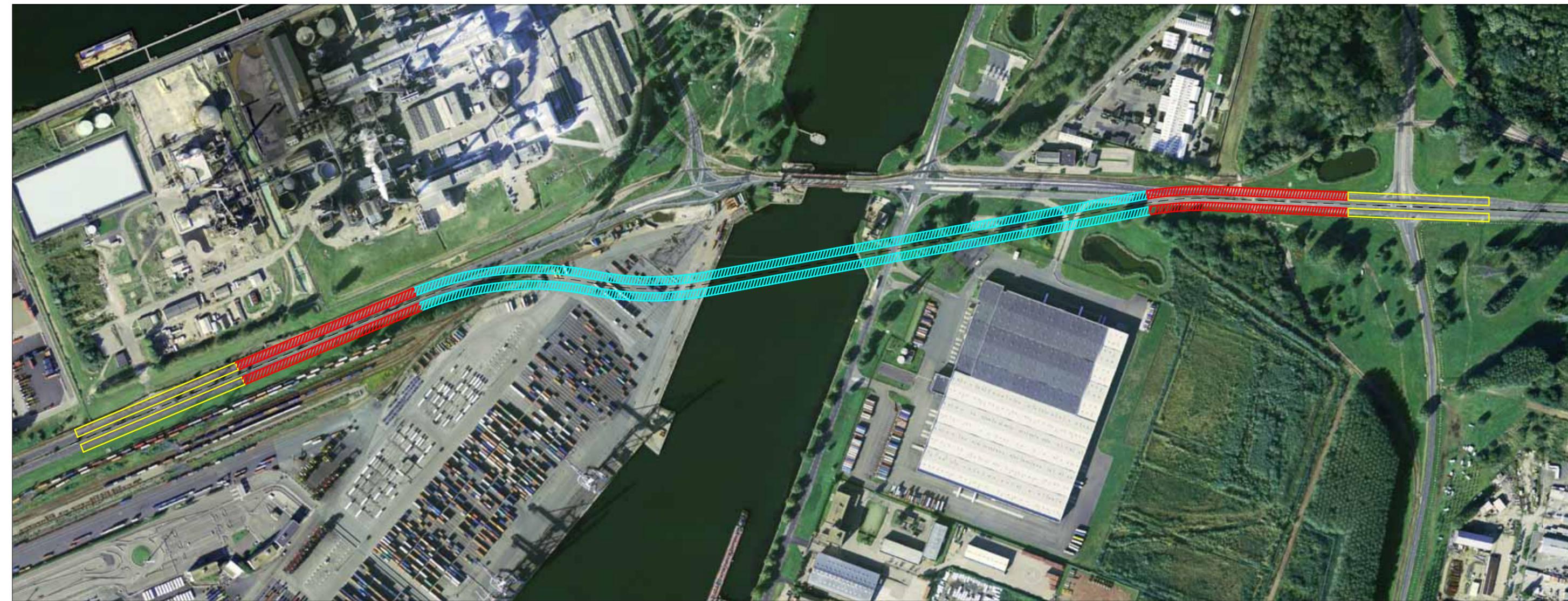
La remontée vers l'est, au moyen d'une pente à 4 % permet de respecter la dénivellation des échanges avec la route de la Brèque, et rejoint le niveau du terrain naturel au niveau du carrefour de la Brèque.

La section en tunnel foré s'arrête 100 m avant la traversée de la voie ferrée (entre le Pont Rouge et le carrefour de la Brèque). La partie en tranchée couverte et en trémie, à l'est, a une longueur de 450 m

La longueur de tunnel foré est de 950 m.

Entre les deux pentes de part et d'autre du passage sous le canal, une parabole de rayon 2500 m permet de respecter les conditions de visibilité dans le tunnel.





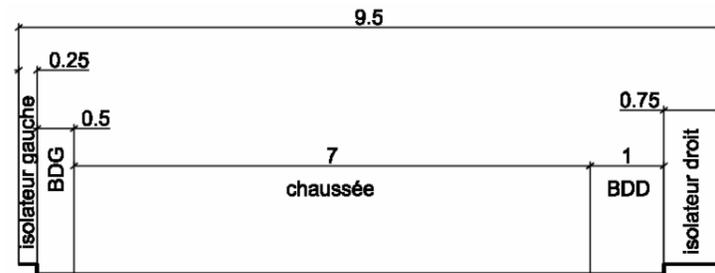
VARIANTE SUD 2

Tunnel

échelle : 1/5000

3.4 PROFIL EN TRAVERS

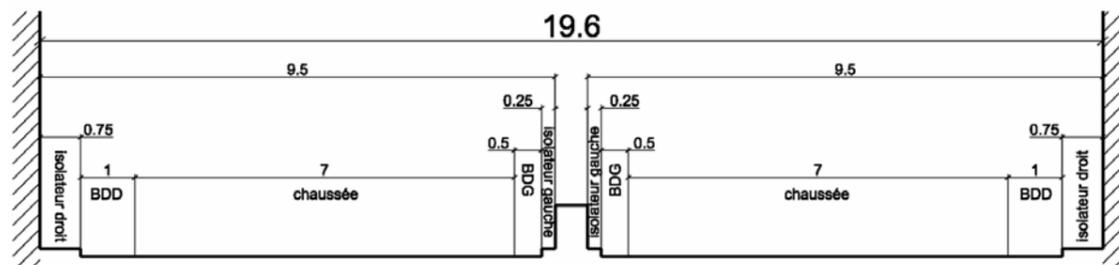
Le « dossier pilote des tunnels » édité par le CETE propose le profil en travers type général suivant, qui correspond à une route de type VRU U60 avec un fort pourcentage de poids lourds, sur une demi-chaussée.



Ce profil permet une visibilité suffisante pour les contraintes géométriques imposées par l'ICTAVRU.

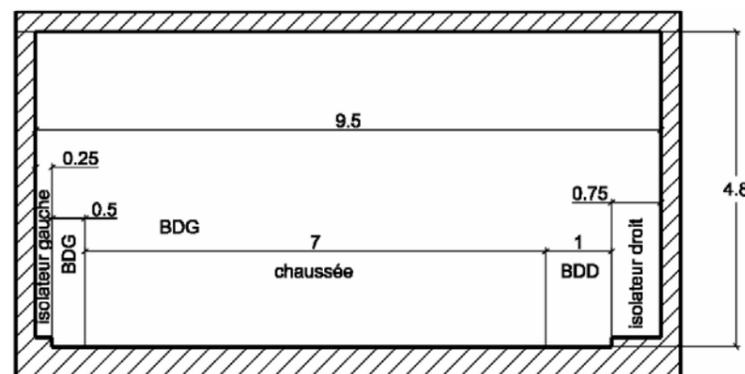
Ce profil général peut ensuite se décliner en fonction de l'ouvrage qui sera réalisé :

Profil en travers type en trémie et tranchée couverte :



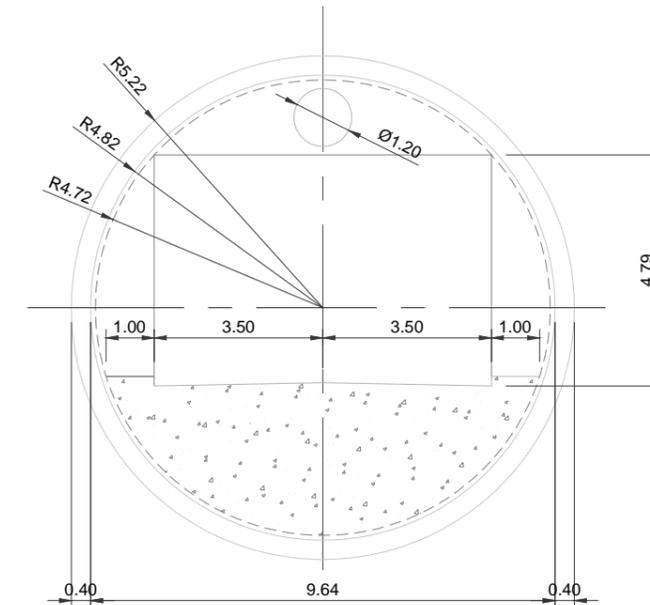
En tranchée couverte, un gabarit de 4,80 m doit être respecté. Ce gabarit permet d'éventuels rechargements de la chaussée lors de l'exploitation de l'ouvrage.

Profil en travers type des caissons (un caisson par sens de circulation) :



Le projet nécessite la construction de 2 caissons parallèles, un par sens de circulation, avec les dimensions décrites ci-dessus.

Profil en travers type des tubes forés (un tube par sens de circulation) :



Les caractéristiques géométriques du tube foré ne correspondent pas à celles du profil en travers général proposé par le dossier pilote du CERTU. Ceci s'explique par les dimensions limitées du tunnelier qui ne permettent pas l'implantation de la totalité des éléments, comme les bandes dérasées.

Ces dimensions limitées offrent néanmoins des conditions de confort et de sécurité suffisantes.

La largeur roulable de 7 m permet l'implantation de 2 voies de circulation nécessaires au dépassement de véhicules en panne et à la circulation des véhicules de secours.

Le projet nécessite la construction de 2 tunnels parallèles, un par sens de circulation, avec les dimensions décrites ci-dessus. Ces deux tunnels sont séparés d'une distance équivalente à un diamètre de tunnel, permettant l'implantation de sas de passage d'un tunnel à l'autre.

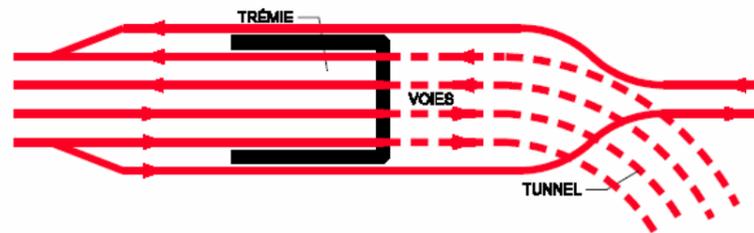
3.5 RACCORDEMENT AUX EXTREMITES

3.5.1 Extrémité ouest

Le raccordement du tunnel, à l'extrémité ouest, est réalisé sur une section uniforme de la route industrielle existante, entre le giratoire avec la Rue des Chantiers et le carrefour avec la rue du Pont VII.

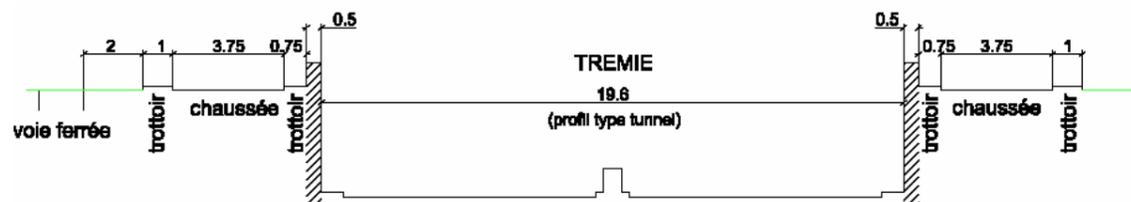
Sur cette section, la chaussée existante est en 2 x 2 voies avec terre-plein central de 4 m de large.

Le projet de raccordement consiste à aménager une voie de sortie et une voie d'entrée, de part et d'autre de la trémie en entrée du tunnel, qui se rejoignent en une chaussée de 7 m bidirectionnelle après le passage de la section courante en tunnel. Cette chaussée de 7 m de raccorde ensuite au carrefour existant avec la route du Pont VII.



La présence de la voie ferrée, au nord, le long de la route industrielle, contraint de déplacer l'axe de la section courante vers le sud pour permettre l'aménagement de la voie d'insertion. Ce décalage de l'axe ne pose pas de difficulté particulière, au vu de l'emprise disponible au sud de la section.

Au niveau de la trémie, le profil en travers sera alors le suivant :



3.5.2 Extrémité est

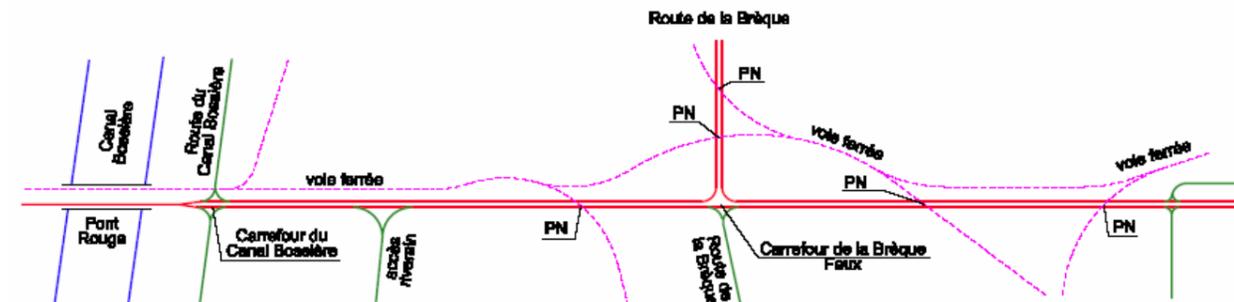
Le profil en long du tunnel est sujet à plusieurs variantes qui correspondent aux différents modes de construction possibles. Chaque variante de profil permet néanmoins de rejoindre le niveau du terrain naturel au niveau du carrefour de la Brèque, sur le tracé de la section existante.

Le raccordement de la section rétablie avec la section existante doit prendre en compte les échanges avec la route de la Brèque, qui relie l'autoroute A29 au nord, et avec la route du « pont rouge » conservée comme desserte locale. Il doit également tenir compte des multiples traversés de voies ferrées qui devront être dénivelés.

La route existante est bordée au nord par une voie ferrée dont plusieurs traversées interfèrent avec le projet :

- une branche traverse à niveau la route industrielle à 200 m à l'ouest du carrefour de la Brèque.
- une branche continue du côté nord et traverse à niveau la route de la Brèque à 100 m au nord du carrefour
- une voie principale, destinée à accueillir un trafic ferroviaire important et en cours d'électrification, traverse à niveau la route de la Brèque à 250 m au nord du carrefour, ainsi que la route industrielle, à 350 m à l'est du carrefour de la Brèque.
- une branche traverse la route industrielle peu avant le carrefour du centre routier

Entre le carrefour du Canal Bossière et celui de la Brèque, un accès riverain, au sud, doit être conservé.



Les principes généraux de raccordement du rétablissement consiste à :

- déniveler les échanges entre la sortie du tunnel et la route de la Brèque
- rétablir les traversées des voies ferrées sur la route industrielle et sur la route de la Brèque en passage supérieur.
- rétablir des voies secondaires et les accès riverain.

Trois variantes d'échanges dénivelés sont ici étudiées :

- variante R1 – échangeur « lunette »

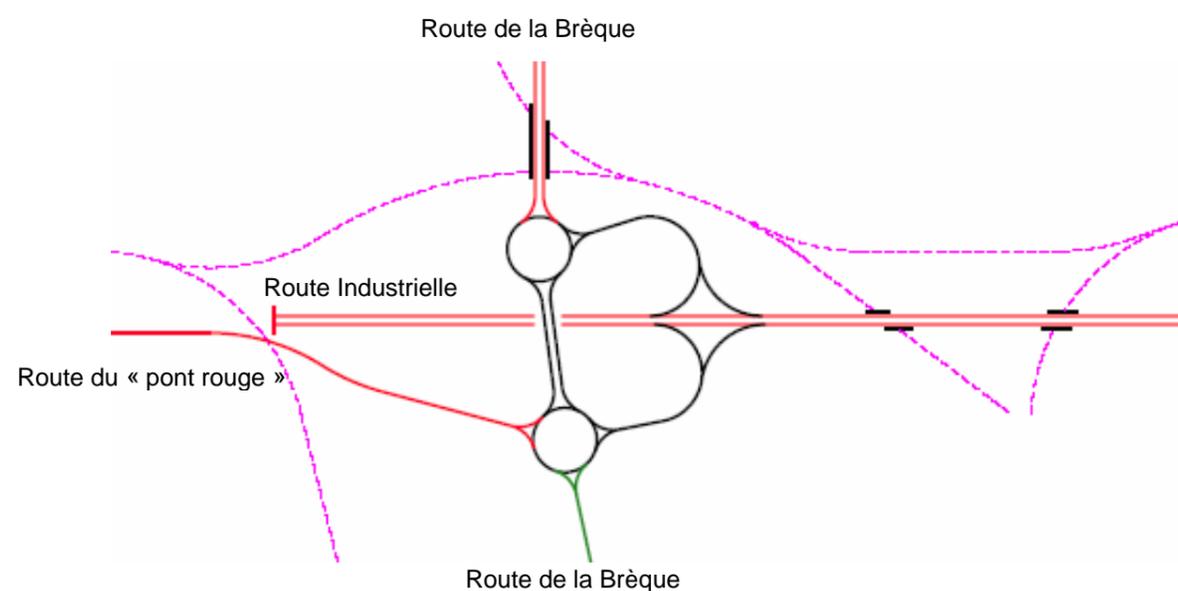
Ce type d'échange consiste à aménager deux carrefours giratoires, de rayon 25 m, de part et d'autre de la route industrielle, reliés entre eux par un barreau en passage supérieur et sur lesquels sont raccordés les bretelles d'entrée-sortie de la route industrielle, la route de la Brèque ainsi que le rétablissement de la route provenant du Pont Rouge.

Les bretelles d'entrées-sorties de la route industrielles sont implantées à l'est du barreau de manière à pouvoir positionner les voie d'insertion (de longueur minimale 255 m) et de sortie (de longueur 145 m) après la sortie du tunnel, dans la trémie ou dans la tranchée couverte.

Le giratoire nord est positionné entre la route industrielle et la traversée de la route de la Brèque par la voie ferrée. Cette implantation permet de réaliser les bretelles d'entrées-sorties nord sans interférer avec la voie ferrée.

L'implantation du giratoire sud, sur la route de la Brèque, ne pose pas de difficulté particulière.

La route en provenance du Pont Rouge est déviée depuis la fin du tunnel le long de la trémie, pour être raccordée sur le giratoire sud, pour ne pas interférer avec les mouvements principaux entre la route industrielle et la route de la Brèque nord.



- variante R2 – giratoire dénivelé

Cette solution consiste à aménager un grand giratoire de rayon 60 m en passage supérieur au dessus de la route industrielle, sur lequel seront raccordées les bretelles d'entrées et de sorties de la route industrielle, ainsi que la route de la Brèque nord et sud et la route « du pont rouge ».

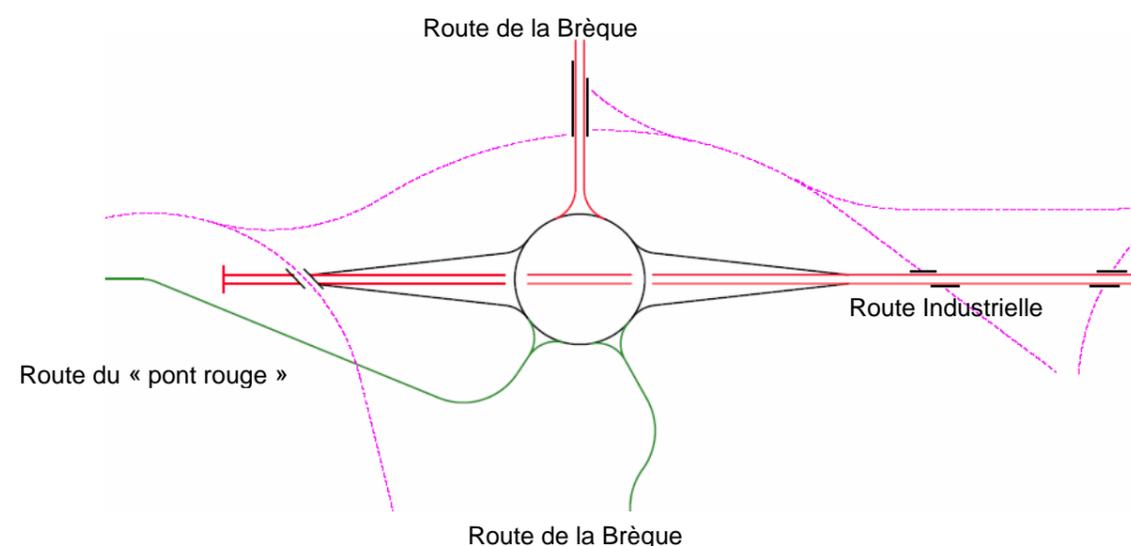
L'implantation d'un tel giratoire nécessite la construction de 2 ouvrages d'art en passage supérieur, sur l'anneau du giratoire.

La route « du pont rouge » est déviée à partir de la fin du tunnel pour être raccordée au giratoire côté sud, pour ne pas interférer avec les mouvements principaux entre la route industrielle et la route de la Brèque nord.

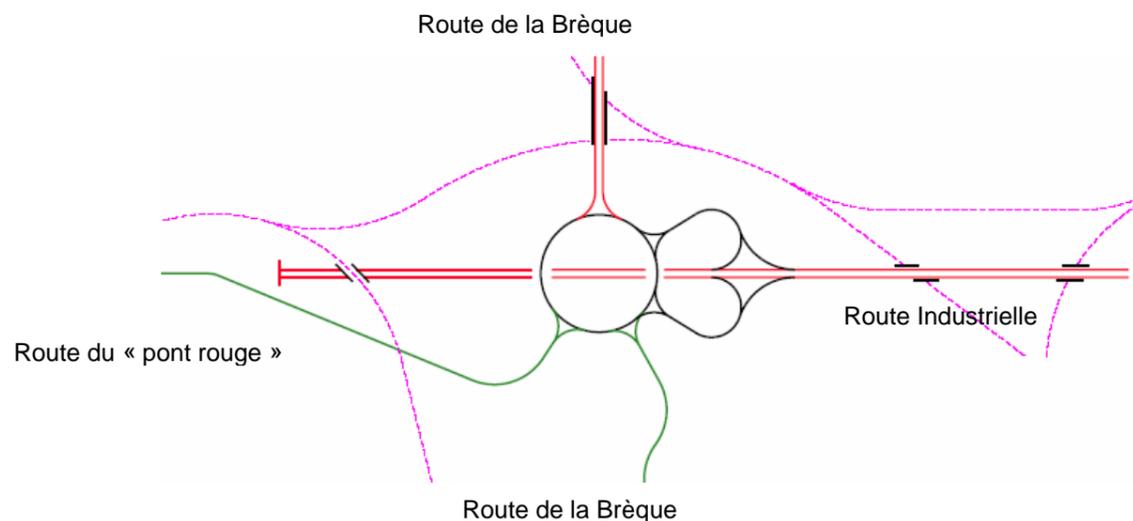
Les bretelles d'entrée et de sortie sud sont raccordées de part et d'autre du giratoire.

Deux variantes d'aménagement des bretelles d'entrées-sorties nord peuvent être proposées :

- Les bretelles d'entrée et de sortie sont implantées de part et d'autre du giratoire. Cette géométrie engendre une distance importante entre le début de la voie de dégagement et la fin de la voie d'insertion (de l'ordre de 1000 m), et contraint à réaliser l'insertion nord dans le tunnel, ce qui déconseillé.



- Les bretelles d'entrée et de sortie sont raccordées au giratoire sur des chaussées bidirectionnelles, côté est. La chaussée se sépare ensuite en 2 bretelles (entrée et sortie), ceci de manière à réaliser l'insertion au nord avant le tunnel. Cette solution présente l'inconvénient de compliquer les mouvements depuis la route de la Brèque nord vers la route industrielle vers l'ouest, puisque les usagers devront faire un tour quasiment complet du giratoire pour s'engager sur la boucle de la bretelle d'insertion.



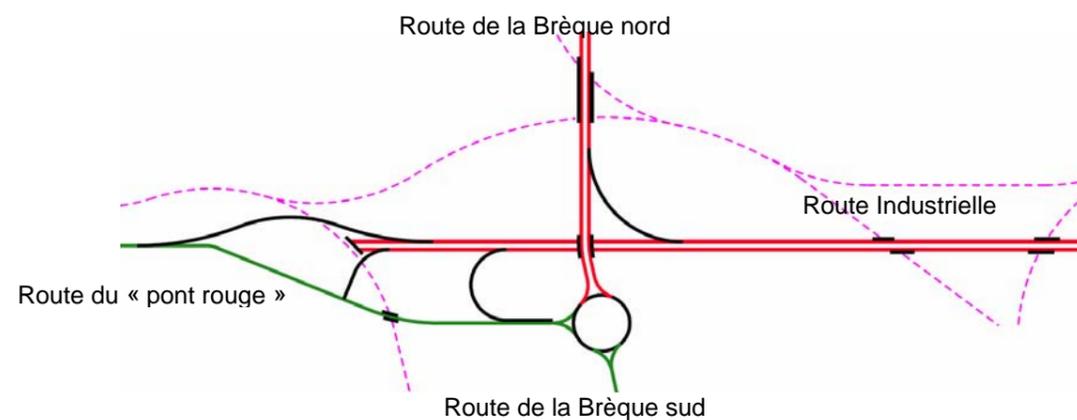
- variante R3 : rétablissement des mouvements principaux

Seuls les échanges principaux entre la route de la Brèque nord et la route industrielle est sont rétablis par des bretelles directes.

Une voie de sortie est aménagée depuis la route industrielle est vers la desserte locale du Pont Rouge, au niveau du passage de la voie ferrée, ainsi qu'une voie d'entrée depuis la route du Pont Rouge, au moyen d'un tourne à gauche.

Le reste des échanges transite par un giratoire de rayon 25 m, au sur de la route industrielle, entre la route de la Brèque nord et sud, et la route du Pont rouge.

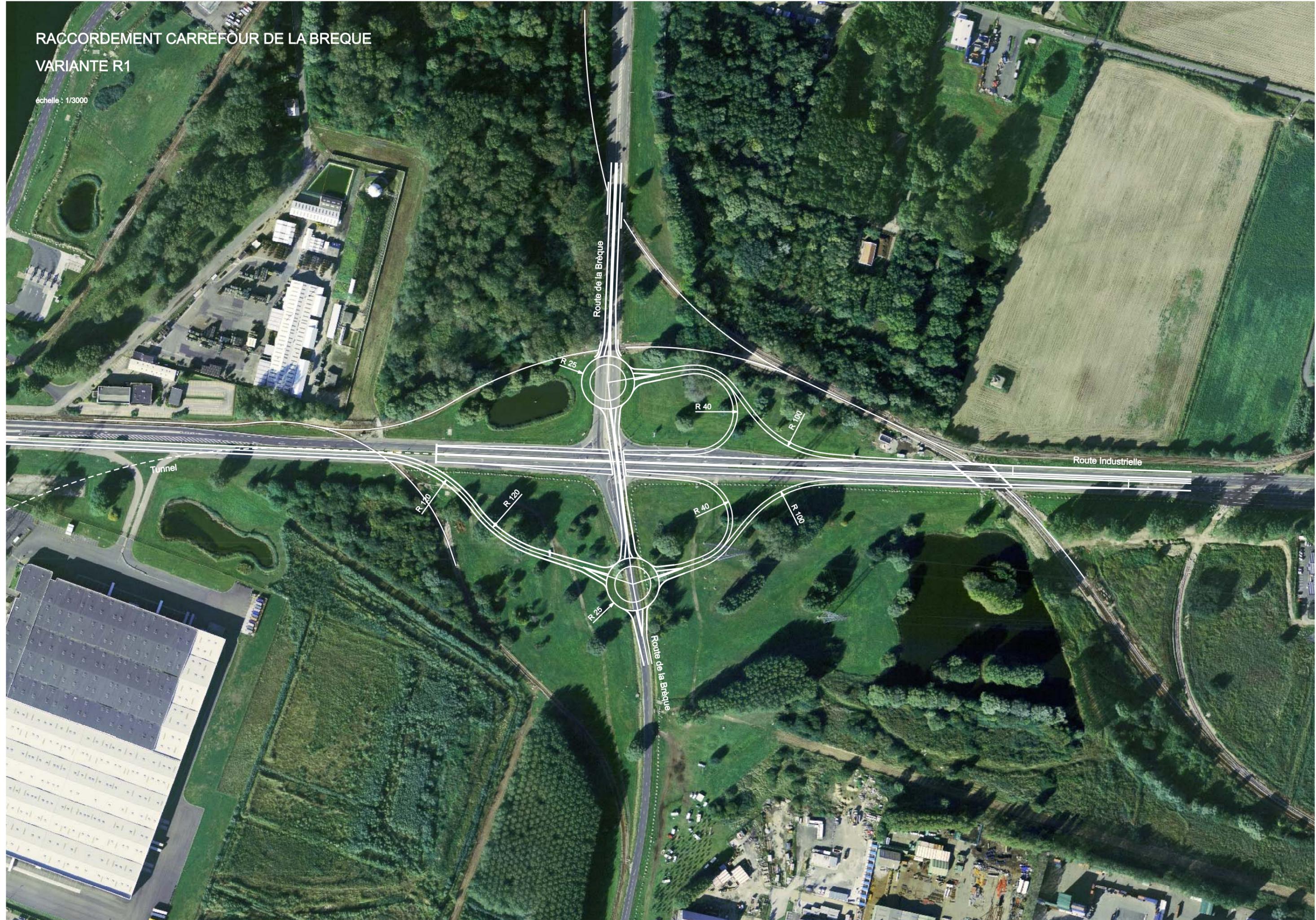
Les mouvements entre la route de la Brèque et le tunnel ne sont pas assurés. Les trafics correspondants transitent par le Pont rouge, via le giratoire.



RACCORDEMENT CARREFOUR DE LA BREQUE

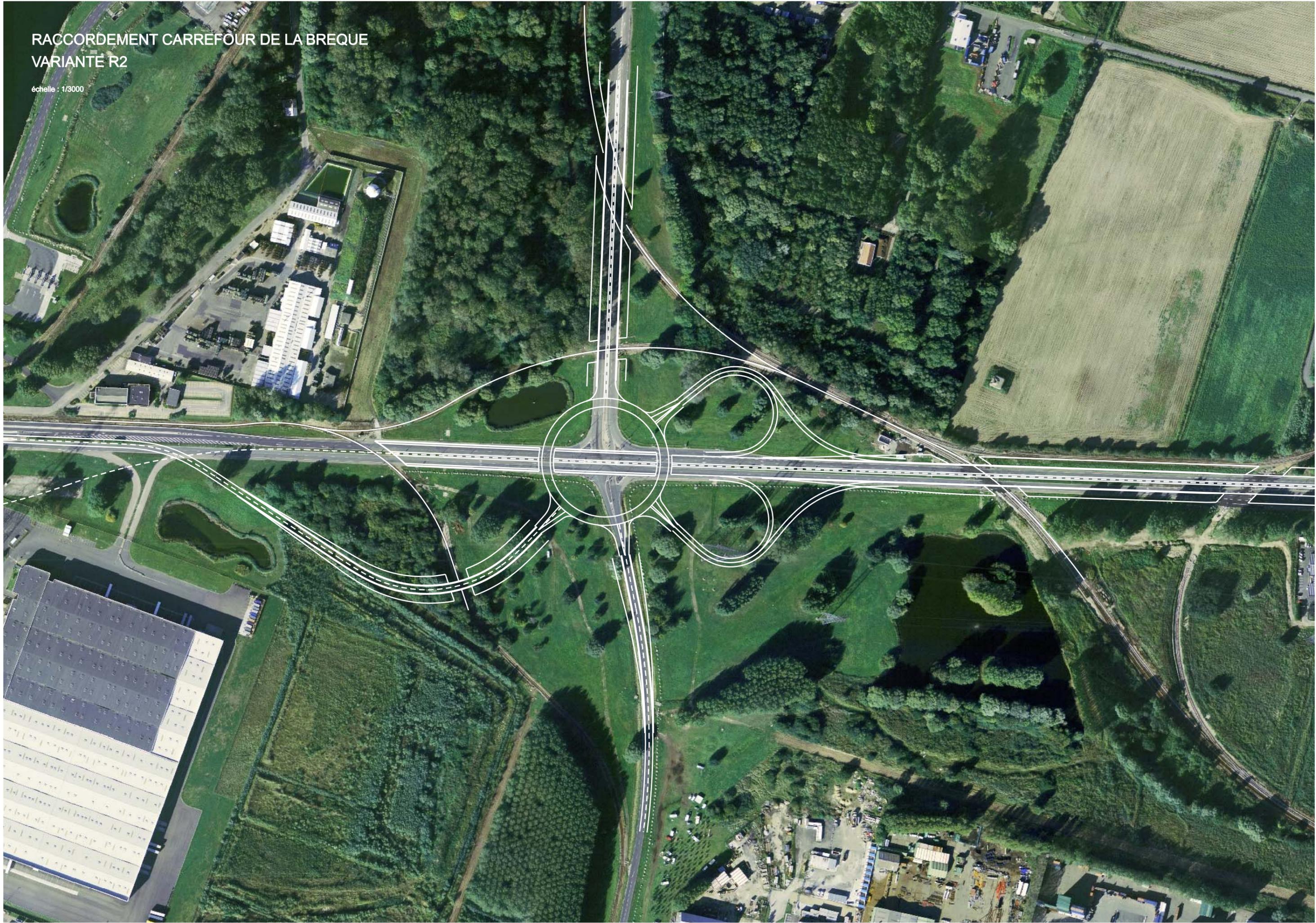
VARIANTE R1

échelle : 1/3000



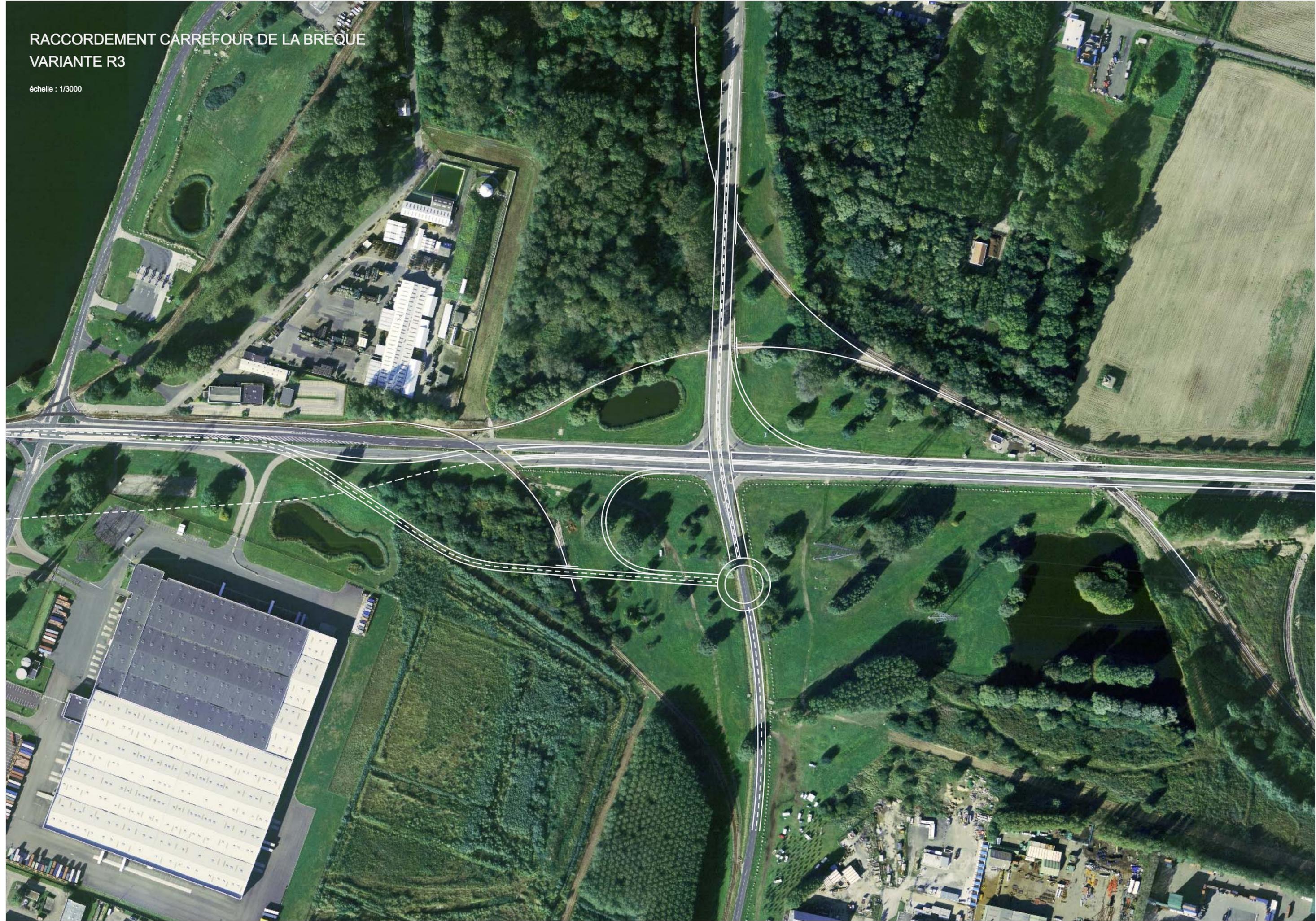
RACCORDEMENT CARREFOUR DE LA BREQUE
VARIANTE R2

échelle : 1/3000



RACCORDEMENT CARREFOUR DE LA BREQUE
VARIANTE R3

échelle : 1/3000



4 Variante Viaduc

Cette variante de dénivellation de la route industrielle vis-à-vis du canal Bossière consiste à construire un viaduc mobile dont le gabarit sous ouvrage permet de faire passer la plupart des bateaux sur le canal sans ouverture du pont.

Ce viaduc vient doubler le Pont Rouge qui est conservé pour la desserte locale et pour le passage des voies ferrées.

Le tracé du rétablissement en passage supérieur sur le canal Bossière doit prendre en compte :

- les contraintes géométriques imposées par la catégorie U60 choisi pour la section étudiée.
- les contraintes du site (bâti, réseaux, ...)
- les contraintes de gabarit des bateaux empruntant le canal.
- le mode d'ouverture du pont.

4.1 GABARIT SOUS OUVRAGE

Le gabarit de l'ouvrage créé doit permettre de faire passer la plupart des bateaux sur le canal sans devoir s'ouvrir. Le canal pouvant être emprunté par des navires à gabarit maritime, l'ouvrage doit néanmoins pouvoir s'ouvrir pour le passage des bateaux à haut gabarit.

La hauteur de tirant d'air pour l'ouvrage mobile correspond à la hauteur de 4 containers « high-cube », soit 10.30 m.

Ce gabarit induit un calage du profil en long de la chaussée à environ 11 m au dessus du niveau du canal.

Impact du profil en long :

Le franchissement du canal en passage supérieur induit des pentes de profil en long important (de l'ordre de 4%), sur des distances de l'ordre de 350 m, afin de pouvoir se raccorder sur la voirie existante, dans des conditions acceptables de géométrie.

L'ICAVRU indique qu'une évaluation de la vitesse des poids lourds doit être réalisée pour des pentes supérieures à 3%, pour évaluer l'impact de la perte de vitesse sur les autres usagers. Une voie supplémentaire pour les véhicules lents doit être ajoutée si la vitesse des poids lourds descend en dessous des 40 km/h.

D'après les abaques de vitesses des poids lourds en fonction de la pente, la vitesse des poids lourds ne doit pas descendre en dessous de 45 km/h pour des pentes de 4 %, quelle que soit la longueur de la pente. Il n'est donc pas nécessaire d'ajouter une voie pour les véhicules lents.

4.2 CONTRAINTES DU SITE

- les pylônes électriques haute tension

Deux pylônes électriques sont présents dans la zone d'étude, de part et d'autre du canal. Les lignes électriques supportées par ces pylônes sont haute tension (400 000 volt).

- le bâti

Le Pont Rouge est actuellement commandé à partir d'une cabine de commande sur la rive ouest du canal.

Une station de pompage, pour le refroidissement d'une usine de fabrication d'ammoniac, est présente sur la rive est du canal, au sud du pont rouge. Le débit de pompage, réalisé dans le canal, est de 20 000 m³/h

L'entreprise Cedilec, sur la rive est dispose de bâtiments qui ne devraient pas interférer avec le tracé du rétablissement.

- les voies ferrées.

Sur la rive ouest du canal, un faisceau de voies ferrées longe la route industrielle. La plupart de ces voies se terminent en impasse peu avant le pont rouge, Une seule voie se poursuit en bouclant vers le sud et dessert le quai ouest du canal.

Sur la rive est du canal, une voie ferrée longe la route industrielle existante et traverse celle-ci peu avant le carrefour de la Brèque, puis 2 fois entre le carrefour de la Brèque et le carrefour du centre routier. Une de ces 2 voies est destinée à accueillir un trafic ferroviaire important. Ces traversées de voie ferrées devront être dénivellées.

4.3 TRACE EN PLAN

Deux variantes de tracé en plan peuvent être envisagées :

- Passage au nord du Pont rouge
- Passage au sud du Pont Rouge

4.3.1 Passage au nord du Pont rouge

Cette variante de tracé consiste à prolonger l'alignement droit de la route industrielle, sur la rive ouest du canal, au-delà du carrefour avec la route du Pont VII pour ensuite franchir le canal, au nord du Pont rouge, au moyen d'une courbe de rayon 300 m. Cette courbe se raccorde ensuite au tracé de la route industrielle existante sur la rive est, par une courbe de rayon 300 m.

Les rayons de courbures correspondent aux minima imposés par l'ICTAVRU, mais sont suffisantes en termes de visibilité et de confort, pour une route de catégorie U60.

Ce tracé nécessite un viaduc en courbe sur la totalité de sa longueur.

4.3.2 Passage au sud du Pont rouge

Cette variante de tracé consiste à franchir le canal au moyen d'un alignement droit, raccordé à chaque extrémité à la route industrielle existante au moyen de courbes de rayon 400 m. Les rayons de courbures sont suffisants en terme de visibilité et de confort, pour une route de catégorie U60.

Ce tracé nécessite un viaduc en alignement droit sur la totalité de sa longueur.

Le tracé évite les obstacles importants du site, tels que les pylônes électriques, la cabine de commande du Pont Rouge et la station de pompage.

4.4 PROFIL EN LONG

Les profils en long correspondants aux deux variantes de tracés en plan sont sensiblement identiques et répondent aux mêmes contraintes.

Les points de contraintes de passage du profil en long sont les suivants (d'ouest en est) :

- passage à 6 m au dessus du rétablissement du carrefour avec la route du Pont VII et de la voirie attenante
- passage à 11 m au dessus du canal
- passage à 6 m au dessus du rétablissement de la route du Pont Rouge
- passage à 7 m au dessus de la traversée de la voie ferrée
- passage au niveau du terrain naturel au droit du carrefour de la Brèque pour le rétablissement du carrefour (voir chapitre suivant).

Ces points de passage obligés amènent à déduire le profil en long suivant :

Le profil en long se sépare du niveau du terrain naturel à environ 350 m du carrefour avec la route du Pont VII, pour monter à 11 m au dessus du canal au moyen d'une pente de 4 %. Cette élévation permet de franchir le rétablissement du carrefour et de la voirie attenante.

Une fois le canal franchi, le profil descend ensuite au moyen d'une pente à environ 1% jusqu'à franchir la traversée de la voie ferrée. Cette pente permet de franchir également le rétablissement de la route du Pont Rouge.

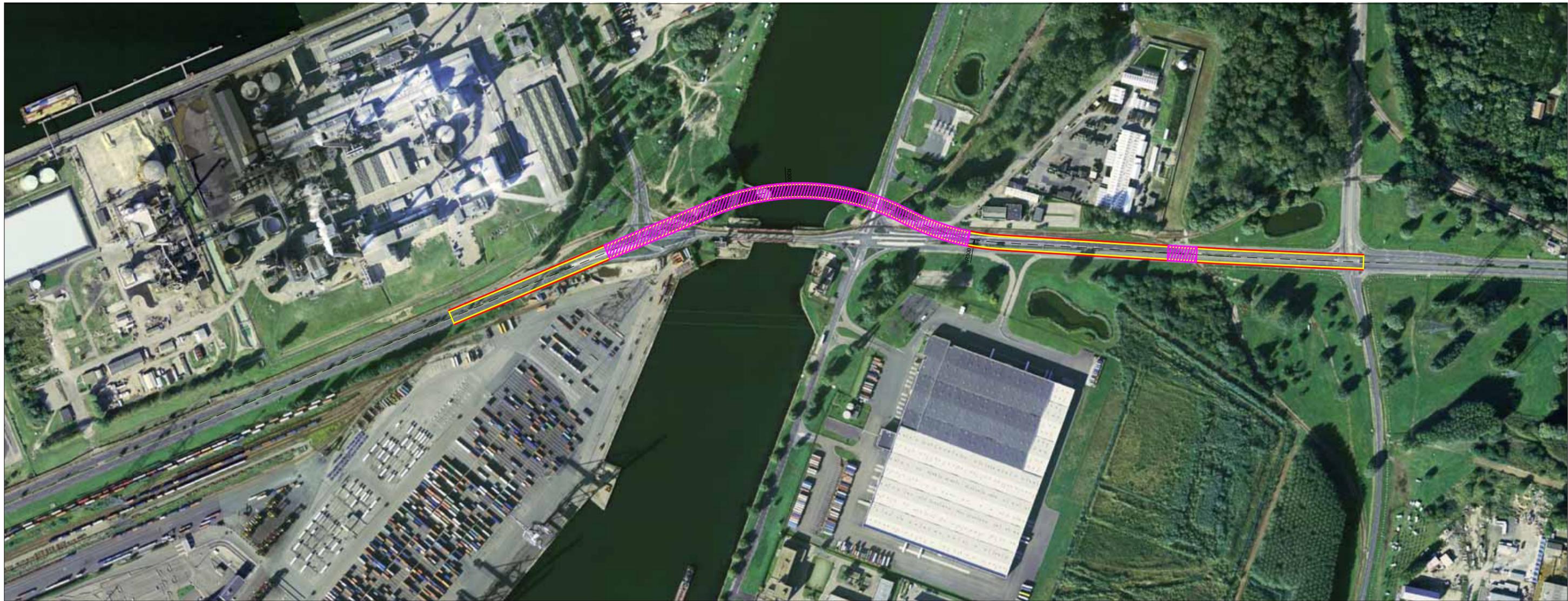
Le profil descend ensuite entre la voie ferrée et le carrefour de la Brèque au moyen d'une pente à 4%, pour rejoindre le niveau de la route industrielle existante.

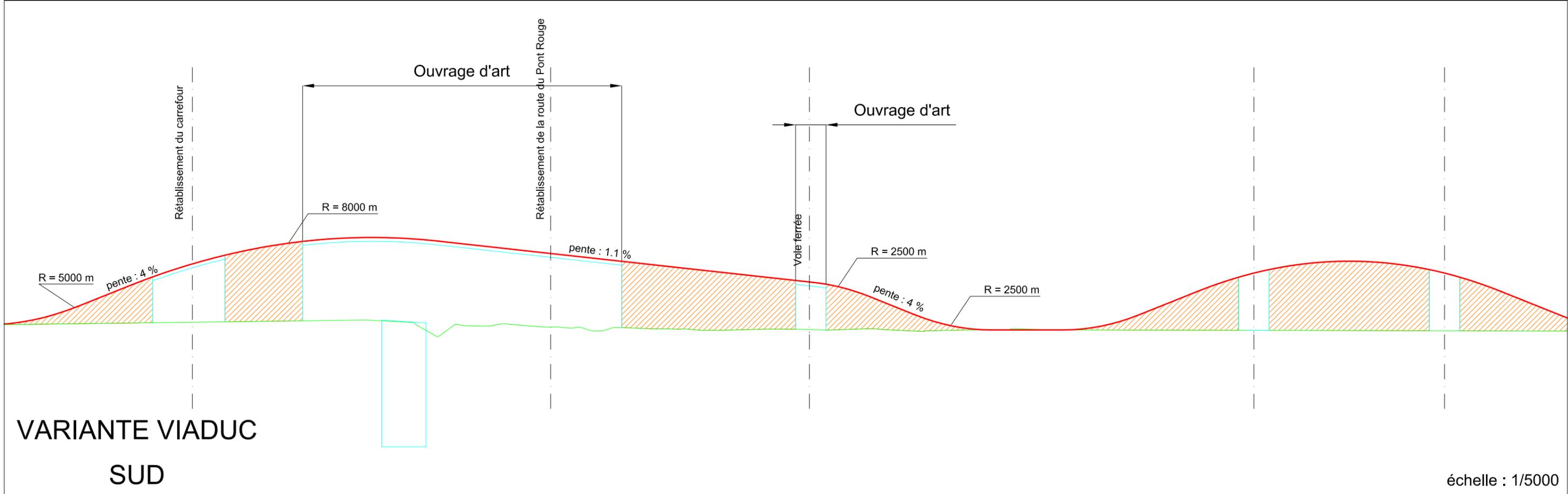
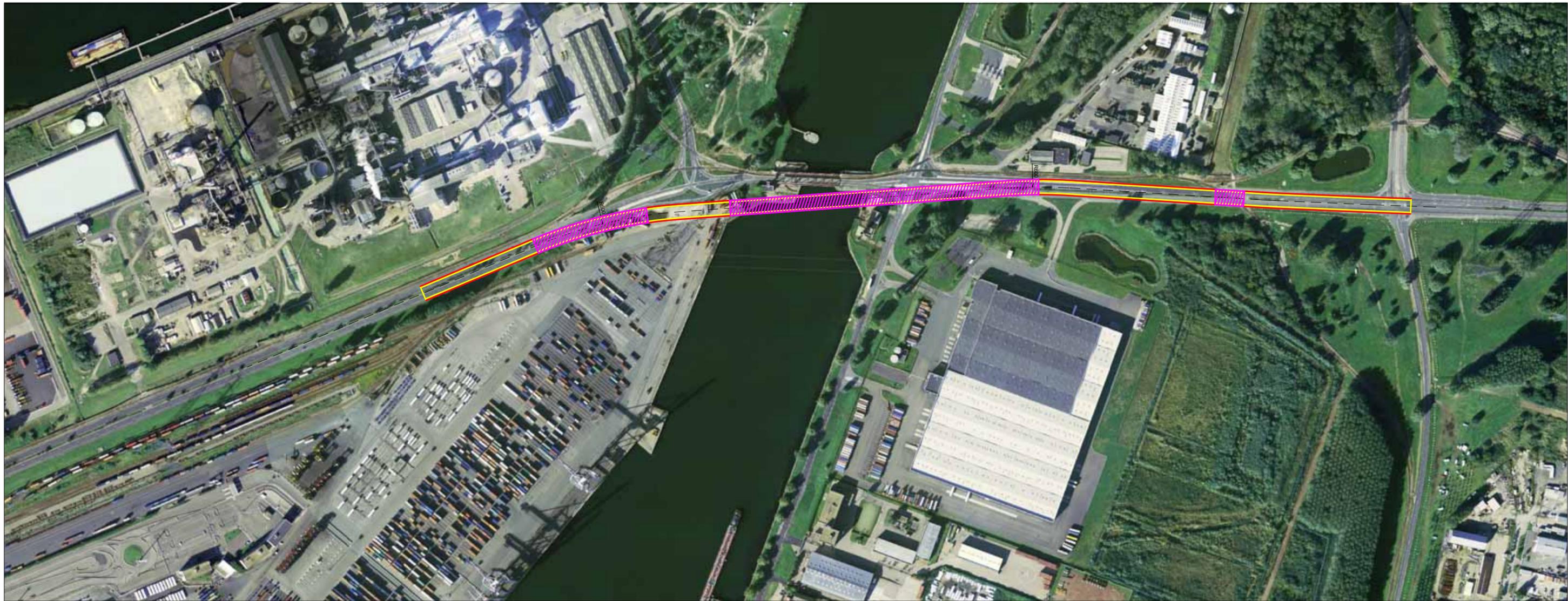
Seuls les franchissements des voiries, des voies ferrées et du canal nécessitent la construction d'ouvrages d'art. Ces franchissements peuvent être réalisés en 2 ouvrages distincts :

- franchissement du carrefour du pont VII et de la voirie attenante, du canal et de la route du Pont rouge
- franchissement de la voie ferrée

Entre ces deux ouvrages indispensables, et aux extrémités, la chaussée peut être surélevé grâce à plusieurs techniques :

- des remblais classiques (avec des pentes à 3/2), dont l'emprise au sol peut être importante (jusqu'à 50 m)
- des ouvrages en terre armée, qui représentent une emprise au sol équivalent à la largeur de chaussée
- des ouvrages d'art complémentaires, de manière à ne réaliser qu'un seul viaduc de grande longueur, sur la totalité de la surélévation.





4.5 RACCORDEMENT AUX EXTREMITES

4.5.1 Extrémité ouest

Le raccordement du viaduc, à l'extrémité ouest, est réalisé sur une section uniforme de la route industrielle existante, entre le giratoire avec la Rue des Chantiers et le carrefour avec la rue du Pont VII.

Sur cette section, la chaussée existante est en 2 x 2 voies avec terre-plein central de 4 m de large.

Le projet de raccordement consiste à aménager une voie de sortie et une voie d'entrée, de part et d'autre de la rampe d'accès du viaduc. La demi-chaussée est (voie de sortie) est alors rabattue vers le carrefour avec la route du pont VII, en passage inférieur sous le viaduc.

La présence de la voie ferrée, au nord, le long de la route industrielle, contraint de déplacer l'axe de la section courante vers le sud pour permettre l'aménagement de la voie d'insertion. Ce décalage de l'axe ne pose pas de difficulté particulière, au vu de l'emprise disponible au sud de la section.

4.5.1 Extrémité est

Le raccordement du rétablissement, en sortie du viaduc avec le réseau existant sur la rive est du canal suit les mêmes principes que ceux décrits dans le paragraphe sur la variante tunnel.

Le niveau de la chaussée est en effet le même dans les deux variantes de dénivellation : le profil en long, dans les deux cas, est rétabli au niveau du terrain naturel au droit du carrefour de la Brèque.

Les 3 variantes de raccordement sont donc les suivantes : (pour la description détaillée, se reporter au paragraphe 3.5.2)

- Variante R1 : échangeur lunette
- Variante R2 : giratoire dénivelé
- Variante R3 : rétablissement des mouvements principaux

5 Estimation financière

VARIANTES DE TRACES				N1 : Variante Nord courte				N2 : Variante Nord longue				S1 : Passage au nord du pylône				S2 : Passage au Sud du pylône				Viaduc			
				Caissons		Tunnel		Caissons		Tunnel		Caissons		Tunnel		Caissons		Tunnel		Nord		Sud	
Désignation des Travaux	U	P.U.	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	
Aménagement section courant																							
Section 2x2 voies +TPC	Km	4 500 000	0,440	1 980 000	0,500	2 250 000	0,450	2 025 000	0,500	2 250 000	0,500	2 250 000	0,540	2 430 000	0,610	2 745 000	0,490	2 205 000	2,270	10 215 000	1,870	8 415 000	
Section 2x1 voie	Km	2 000 000	0,610	1 220 000	2,260	4 520 000	0,610	1 220 000	2,280	4 560 000	0,595	1 190 000	2,160	4 320 000	0,610	1 220 000	2,280	4 560 000					
Ouvrage d'Art																							
Tunnel foré	m	40 000			2 260	90 400 000			2 280	91 200 000			2 160	86 400 000			2 280	91 200 000					
Caisson immergé	m	220 000	230	50 600 000			230	50 600 000			215	47 300 000			230	50 600 000							
Tranchée couverte > 15 m	m	70 000	380	26 600 000			380	26 600 000			380	26 600 000			380	26 600 000							
Tranchée couverte < 15 m	m	50 000	1 720	86 000 000	1 200	60 000 000	1 720	86 000 000	1 200	60 000 000	1 720	86 000 000	1 200	60 000 000	1 720	86 000 000	1 200	60 000 000					
Trémie	m	20 000	440	8 800 000	500	10 000 000	450	9 000 000	500	10 000 000	500	10 000 000	540	10 800 000	610	12 200 000	490	9 800 000					
Viaduc	m2	4 000																	10 100	40 400 000	8 100	32 400 000	
Viaduc mobile	m2	15 000																	1 200	18 000 000	1 200	18 000 000	
Pont rail	m2	5 000																	440	2 200 000	670	3 350 000	
Ouvrage en élévation (remblai)	m	7 000																	1 700	11 900 000	1 300	9 100 000	
Ouvrage de rétablissement	m2	3 500																			2 000	7 000 000	
Somme à valoir 15%					26 280 000		25 075 500		26 316 750		25 201 500		26 001 000		24 592 500		26 904 750		25 164 750		12 407 250		11 739 750
TOTAL GENERAL H.T.				201 480 000		192 245 500		201 761 750		193 211 500		199 341 000		188 542 500		206 269 750		192 929 750		95 122 250		90 004 750	
TVA 19,6%				39 490 080		37 680 118		39 545 303		37 869 454		39 070 836		36 954 330		40 428 871		37 814 231		18 643 961		17 640 931	
TOTAL GENERAL T.T.C				240 970 080		229 925 618		241 307 053		231 080 954		238 411 836		225 496 830		246 698 621		230 743 981		113 766 211		107 645 681	

VARIANTES DE RACCORDEMENT			R1 : Echangeur lunette		R2 : Giratoire dénivelé		R3 : Rétablissement des mouvements principaux		
Désignation des Travaux	Unité	P.U.	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	Qtité	Montant €HT	
Section 2x2 voies + TPC	Km	4 500 000	1,320	5 940 000	1,150	5 175 000	1,200	5 400 000	
Section 2x2 voies	Km	3 000 000	0,740	2 220 000	1,340	4 020 000	1,320	3 960 000	
Bretelles de raccordement	Km	1 600 000	0,860	1 376 000	0,810	1 296 000	0,850	1 360 000	
Ouvrage de rétablissement	m2	3 500	1 230	4 305 000	1 730	6 055 000	1 830	6 405 000	
Pont rail	m2	5 000			-	-	430	2 150 000	
Giratoire	FT	500 000	2	1 000 000	1	900 000	1	500 000	
Somme à valoir 15%					2 226 150		2 616 900		2 966 250
TOTAL GENERAL H.T.			17 067 150		20 062 900		22 741 250		
TVA 19,6%			3 345 161		3 932 328		4 457 285		
TOTAL GENERAL T.T.C			20 412 311		23 995 228		27 198 535		

6 Analyse comparative des solutions

	Variante Tunnel								Variante Viaduc	
	Tracé N1		Tracé N2		Tracé S1		Tracé S2		Tracé Nord	Tracé Sud
	Caissons	Tunnel	Caissons	Tunnel	Caissons	Tunnel	Caissons	Tunnel		
Niveau de service / Fonctionnalité	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+
Insertion :										
Réseau routier existant	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Réseaux concessionnaires	--	--	--	--	-	-	-	-	++	++
Bâti	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+
Voies ferrées	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Travaux	--	-	--	-	--	-	--	-	+	+
Géométrie	--	--	--	--	+	+	+	+	-	++
Sécurité	-	+	-	+	-	+	-	+	++	++
Entretien	+	-	+	-	+	-	+	-	--	--
Coût	-	--	-	--	-	--	-	--	+	++