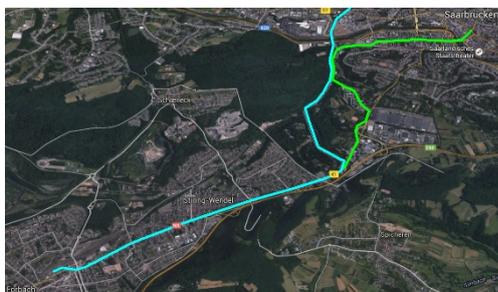


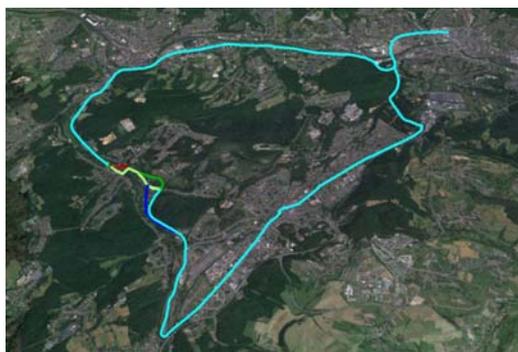
## Eurodistrict SaarMoselle



# Rapport sur la faisabilité de l'extension du réseau transfrontalier de tram-train dans la Métropole SaarMoselle



Sections 1 et 2: Sarrebruck-Forbach



Section 3a : Petite boucle



Section 4 : Comparaison avec une motorisation biogaz



Section 3b : Grande boucle

Drees & Sommer Infra Consult und Entwicklungsmanagement GmbH  
Succursale Luxembourg  
6c, Rue Gabriel Lippmann  
L-5365 Munsbach  
N° de tél. : +352 26 12 05 5550  
N° de fax : +352 26 12 05 5580  
info.luxembourg@dreso.com  
[www.dreso.com](http://www.dreso.com)

Munsbach, le 9 octobre 2015

Table des matières

<b>1</b>	<b>Mission et résultat .....</b>	<b>3</b>
1.1	Mission.....	3
1.2	Résultat de l'analyse .....	3
<b>2</b>	<b>Parties 1 et 2 - Tronçon Sarrebruck–Forbach .....</b>	<b>5</b>
2.1	Tracés analysés/analyse des variantes .....	5
2.1.1	Analyse des variantes.....	5
2.1.2	Décision relative à la variante retenue .....	7
2.2	Résultats de la variante de base « DB » .....	8
2.2.1	Tracé dans le secteur du pont Achterbrücke (parc des expositions).....	9
2.2.2	Arrêts .....	9
2.3	Résultats de la variante retenue « Pont WHB–Heuduckstr.– Deutschmühlental–Folsterhöhe–RN3 » .....	10
2.3.1	Description du tracé.....	11
2.3.2	Arrêts .....	16
2.4	Autre forme de transports collectifs en site propre (BHNS).....	17
<b>3</b>	<b>Partie 3 – Petite boucle et Grande boucle .....</b>	<b>19</b>
3.1	Description du tracé de la « Petite boucle » .....	19
3.2	Synthèse des résultats .....	20
3.3	Analyse détaillée du tracé.....	21
3.3.1	Tronçon I - Forbach (gare)–Rosbruck (pont ferroviaire).....	22
3.3.2	Tronçon II - Rosbruck (pont ferroviaire)–Marienau (pont ferroviaire -D31) ...	23
3.3.3	Tronçon III - Marienau (pont ferroviaire-D31)–Großrosseln (gare).....	24
3.3.4	Tronçon IV .....	25
3.3.5	Tronçon V - Großrosseln (gare)–Geislautern (tracé à gauche de la Sarre) .....	26
3.3.6	Tronçon VI - Geislautern–SB (Parc des expositions/Achterbrücke).....	27
3.4	Description du tracé de la « Grande boucle » .....	28
3.5	Synthèse des résultats .....	29
3.6	Analyse détaillée du tracé.....	30
3.6.1	Tronçon VII - Rosbruck (pont ferroviaire)–Freyming (pont ferroviaire-A320).31	
3.6.2	Tronçon VIII - Freyming–L'Hôpital .....	32
3.6.3	Tronçon IX - L'Hôpital–Creutzwald .....	34
3.6.4	Tronçon X - Creutzwald–Falck.....	35
3.6.5	Tronçon XI - Falck–Überherrn–Wadgassen (tracé à gauche de la Sarre) .....	36
3.7	Recommandation concernant la suite de la procédure .....	36
<b>4</b>	<b>Partie 4 – Benchmark relatif à une exploitation basée sur le biogaz.....</b>	<b>37</b>
4.1	Motorisation au biogaz (uniquement pour les bus) .....	37
4.2	Production d'énergie via une centrale de cogénération et injection .....	37
4.3	Pile à combustible alimentée par hydrogène .....	37

## **1 Mission et résultat**

### **1.1 Mission**

La cohérence du territoire SaarMoselle se matérialise au quotidien par des échanges transfrontaliers conséquents. Ainsi, les flux de travailleurs frontaliers se sont intensifiés au cours des dernières années, de même que les déplacements effectués pour des raisons commerciales ou de loisirs.

Au vu des enjeux que représente cette thématique, l'Eurodistrict SaarMoselle a mandaté la société Drees & Sommer Infraconsult und Entwicklungsmanagement GmbH pour réaliser une étude.

Il s'agissait d'une étude de faisabilité approfondie, en vue du développement du réseau ferroviaire urbain (tram-train) transfrontalier à l'échelle du territoire métropolitain. Le but était de déterminer le tracé le plus approprié et d'évaluer la faisabilité technique, ainsi que les coûts approximatifs des différentes variantes.

En outre, l'étude devait intégrer d'autres moyens de transport collectifs, ainsi que la desserte par le tram-train du quartier Alt-Saarbrücken et de l'usine ZF.

L'étude portait également sur la faisabilité d'une Petite boucle (SB–Forbach–Großrosseln–Fürstenhausen-SB) et d'une Grande boucle (SB–Forbach–Freyming–Carling–Falck–Überherrn–Wadgassen–Völklingen–SB), ainsi que sur un benchmark relatif aux systèmes de transport collectif alimentés au biogaz.

L'étude s'articule donc autour des points suivants :

1. Liaison tram-train et mode de transport alternatif entre Sarrebruck et Forbach
2. Desserte du quartier Alt-Saarbrücken et de l'usine ZF
3. Faisabilité technique et coûts approximatifs de la Petite et de la Grande boucle
4. Analyses de l'exploitation basée sur le biogaz

### **1.2 Résultat de l'analyse**

Les tronçons analysés sont tous réalisables d'un point de vue technique. En revanche, les moyens de transport considérés ne sont pas utilisables sur tous les tronçons. Ainsi, il est possible de mettre en place un bus à haut niveau de service/BHNS entre Sarrebruck et Forbach mais, au niveau des boucles, il n'est réalisable que sur les tronçons ferroviaires désaffectés en France. Côté allemand, les boucles devraient être complétées le cas échéant par des solutions alternatives aux tronçons actuellement exploités.

La combinaison d'un BHNS entre Sarrebruck et Forbach et d'un tram-train sur les autres tronçons des boucles est envisageable, mais les correspondances subséquentes réduisent sensiblement l'attrait du moyen de transport. Dans ce cas, les lignes des boucles ne seraient desservies qu'au départ et à destination de la Gare centrale de Sarrebruck via la ligne Fürstenhausen de la DB et pas sous la forme d'une boucle intégrale en direction de Sarrebruck via Forbach.

### Comparaison entre la variante de base, la variante alternative et le BHNS

Le tableau suivant compare les résultats de l'analyse des valeurs de référence (cf. chapitre 0) des deux variantes.

	Variante de base « DB »	Tracé alternatif	Bus à haut niveau de service/BHNS
Coûts de construction	<b>133 M€</b>	<b>170 M€</b>	<b>103 M€</b>
Qualité de la desserte	Rang 43	Rang 12	Rang 12
Efficacité de la desserte	Rang 42	Rang 8	Rang 8
Efficiéce de la desserte	Rang 35	Rang 12	Rang 12
Rapport coûts-utilité	Rang 29	Rang 4	Rang 4
Facteurs non monétaires	Note 6,4/10	Note 4,3/10	Note 4,3/10
Part de site propre	78%	73%	73%

### Composition de tous les coûts liés aux boucles de tram-train envisageables de/à la Gare centrale de Sarrebruck

Le tableau suivant compare les coûts des boucles de tram-train envisageables via Forbach.

	Petite boucle sur le tracé DB	Petite boucle via le pont Wilhelm Heinrich (WHB)	Grande boucle sur le tracé DB	Grande boucle via le pont WHB
<b>SB – Forbach</b>				
Variante de base	132,7		132,7	
Variante alternative		170,4		170,4
<b>Petite boucle</b>				
Tronçon 1	42,4	42,4	42,4	42,4
Tronçon 2	17,7	17,7		
Tronçon 3	42,9	42,9		
Tronçon 5	31,7	31,7		
Tronçon 6	9,1	9,1	9,1	9,1
<b>Grande boucle</b>				
Tronçon 7			34,2	34,2
Tronçon 8			30,3	30,3
Tronçon 9			71,9	71,9
Tronçon 10			45,3	45,3
Tronçon 11			5,6	5,6
<b>Total</b>	<b>276,5</b>	<b>314,2</b>	<b>476,9</b>	<b>514,6</b>

Des réductions de coûts ne sont envisageables qu'au niveau des tronçons 8, 9 et 10 (Grande boucle) entre Freyming-Merlebach et Falck (non combinables) :

Création d'un corridor tram-train dans la zone industrielle	env. 30 M€
Utilisation d'une voie RFF (transformation pour mise en place caténaire tram-train)	env. 34 M€
Autre système de motorisation	env. 43M€

## **2 Parties 1 et 2 - Tronçon Sarrebruck–Forbach**

Il s'agit de mettre à l'étude un tracé utilisant les voies ferroviaires existantes (HBL/VFLI, ARBED, etc., DB) et de nouvelles voies propres, en intégrant le franchissement de la Sarre par le pont « Achterbrücke Saarbrücken » et la traversée du Deutschmühlental.

Il est demandé de :

- privilégier un système fonctionnant en mono-courant ou, par défaut, de se limiter aux systèmes techniques existants (en ville 650 V; sur réseau public (DB) 15 kV) ;
- éviter les nouveaux croisements, rester côté sud de la ligne principale RFF entre Sarrebruck et Forbach ;
- Tracé en Sarre : utilisation de la voie existante « équipée Saarbahn » sur la rive droite de la Sarre ;
- Franchissement de la Sarre : pont « Achterbrücke Saarbrücken » amont et aval ;
- Tracé en France : soit par le nord du cimetière (Hauptfriedhof Saarbrücken) et traversée du quartier Habsterdick, soit le long de la RD 603.

Si, au cours de l'étude des tracés proposés par le maître d'ouvrage, il s'avérait qu'un tracé alternatif (à la marge ou dans la globalité) présente plus d'efficacité en matière économique, d'infrastructure, de desserte, de topographie, etc., le bureau d'étude proposera ce tracé alternatif au maître d'ouvrage et en justifiera la pertinence.

### **2.1 Tracés analysés/analyse des variantes**

Conformément au mandat confié, l'analyse approfondie portait sur les tracés suivants :

1. Saarbrücken Hbf (gare centrale)–Cimetière–Route Nationale 3 (RN 3)–Gare de Forbach
2. Saarbrücken Hbf–Saarbrücken Centre–Deutschmühlental–Folsterhöhe–RN 3–Gare de Forbach

Le tracé n°2 a également fait l'objet d'une étude de faisabilité de desserte par un BHNS.

Le tracé n°1 correspondait à la « variante de base DB » prescrite ; le tracé n°2 a été retenu par le Comité de pilotage parmi un grand nombre de variantes sur la base d'une procédure d'évaluation réalisée par le bureau d'étude.

#### **2.1.1 Analyse des variantes**

L'analyse des variantes avait pour but de choisir un tracé permettant d'améliorer la desserte urbaine sur le territoire de la ville de Sarrebruck (Alt-Saarbrücken) par rapport à celle offerte par la variante de base le long des voies de la DB. En outre, elle devait inclure la desserte de la zone industrielle (y c. l'usine ZF) au sud. À cette fin, 46 variantes ont été élaborées.

Le traitement de ce volume considérable nécessitait une procédure d'évaluation générale applicable indifféremment à l'ensemble des variantes. Pour ce faire, des tronçons courts ont été constitués. Les résultats (partiels) obtenus ont ensuite été combinés grâce à un tableau de calcul automatisé pour donner les résultats relatifs aux différentes variantes. Le chapitre suivant décrit les critères d'appréciation utilisés à cet égard.

### **Critères d'évaluation monétaires**

Les indicateurs contenus dans le barème de notation sont les suivants :

- Qualité de la desserte
- Efficacité de la desserte
- Efficience de la desserte
- Rapport coûts-utilité

Les notes standardisées sont pondérées selon un coefficient unique (de 25%) pour obtenir une « note globale standardisée des facteurs d'évaluation monétaires ».

### **Critères d'évaluation non monétaires**

En complément à l'évaluation des indicateurs traités jusqu'à présent, également appelés « facteurs d'évaluation monétaires », une analyse qualitative des facteurs non monétaires énumérés ci-après, qui échappent à une analyse quantitative, a été réalisée (la part de l'évaluation des différents facteurs dans la « note globale des facteurs d'évaluation non monétaires » est indiquée entre parenthèses) :

- Perturbations pendant la durée des travaux (5%)
- Acquisitions foncières (10 %)
- Procédures d'autorisation (10 %)
- Environnement et protection de la nature (20 %)
- Accessibilité du centre-ville (25 %)
- Influence (négative) sur la fluidité de la circulation automobile (10 %)
- Intégration urbanistique (20 %)

(Les paramètres ainsi que leur part dans l'évaluation ont été définis en commun par le maître d'ouvrage et le bureau d'étude, l'évaluation ayant été ensuite réalisée uniquement par le bureau d'étude)

### **Note globale**

Conformément à ce qui a été convenu entre le maître d'ouvrage et le bureau d'étude, la « note globale des facteurs d'évaluation monétaires et non monétaires » correspond à la moyenne pondérée des notes globales des facteurs d'évaluation monétaires (75%) et non monétaires (25%).

Le tableau suivant présente un extrait des notes globales attribuées.

**Notes globales attribuées** (10 : note la plus élevée, 1: note la plus faible)

Rang	Note	Variante
1	8,9	Combinaison tunnel/Folsterhöhe/ZF via le pont Wilhelm Heinrich
2	8,8	Combinaison tunnel/Folsterhöhe/ZF via le pont Luisenbrücke
3	8,5	Combinaison tunnel/Folsterhöhe/ZF via la bretelle ouest (Westspange)
4	7,5	Tunnel – Pont Wilhelm-Heinrich-Brücke
5	7,3	Tunnel – Bretelle ouest (Westspange)
6	7,2	Tunnel – Pont Luisenbrücke
7	6,9	Stiring-Wendel Ouest – Pont Wilhelm-Heinrich-Brücke
8	6,6	Stiring-Wendel Ouest – Pont Luisenbrücke
	6,6	Folsterhöhe Nord – Pont Wilhelm-Heinrich-Brücke
	6,6	Moltkestraße – Pont Wilhelm-Heinrich-Brücke
	6,6	Stiring-Wendel Est – Pont Wilhelm-Heinrich-Brücke
...		
46	2,7	Folsterhöhe Mitte – Pont Malstatter Brücke

**2.1.2 Décision relative à la variante retenue**

**Décision collective du Comité de pilotage du 25 juin 2015 :**

La variante n° 30 **Folsterhöhe Nord – Pont Wilhelm-Heinrich-Brücke** est retenue pour les étapes d'analyse suivantes.

L'argumentaire correspondant du Comité de pilotage, repris dans l'étude aux fins de la documentation de la prise de décision, est le suivant :

- Seules les variantes ayant obtenu une note supérieure à 6,5 sont considérées comme pertinentes. Il reste ainsi 11 variantes.
- Les variantes avec tunnel s'accompagnent toutes de risques dus aux travaux qui ne permettent pas de réaliser une évaluation sans étude approfondie du sol. Par conséquent, elles doivent être gardées en réserve, mais non favorisées ni examinées prioritairement. La construction d'un tunnel induit également des risques financiers et politiques. La variante avec tunnel la plus pertinente « Combinaison Tunnel/Folsterhöhe/ZF via le Pont Wilhelm-Heinrich-Brücke (WHB) » peut donc être retenue comme solution de repli nécessitant une analyse particulière. Seules 5 des 11 variantes restent ainsi encore en lice.
- Les variantes avec la Moltkestraße et le pont Luisenbrücke sont exclues car la Moltkestraße et la Eisenbahnstraße/Viktoriastraße sont inappropriées. En outre, la jonction avec le tracé actuel de tram-train n'est pas réalisable depuis la Eisenbahnstraße. Il reste ainsi trois variantes à considérer.
- La variante retenue parmi les trois considérées est celle ayant obtenu le meilleur score (7,3) au niveau des facteurs d'évaluation monétaires. Elle a également obtenu quasiment la note maximale pour le rapport coûts-utilité avec la note 9, tandis que les deux autres variantes Stiring-Wendel Est–Pont WHB et Stiring-Wendel Ouest–Pont WHB ont reçu une note inférieure à 4. Ce choix augmente les probabilités de réussite économique.
- La variante Folsterhöhe Nord–Pont WHB, qui a obtenu la note globale de 6,6, est donc retenue pour une analyse approfondie. Les autres possibilités seraient les variantes Stiring-Wendel Ouest ou Est–Pont WHB.

- Solution de repli avec astérisque : variante n°43 « Tunnel » sans possibilité d'évaluation exhaustive dans le cadre de l'étude de faisabilité en raison d'un besoin d'analyse particulier.

## 2.2 Résultats de la variante de base « DB »

En raison de la présence d'une ligne ferroviaire entre la Gare centrale de Sarrebruck et Forbach, il est apparu logique d'envisager d'utiliser celle-ci également pour le tram-train. Différentes sous-variantes ont été élaborées en ce sens et comparées entre elles. L'utilisation conjointe des voies de la DB se limitait au tronçon côté allemand.

Le choix de la sous-variante reposait essentiellement sur les indications de la DB qui stipulaient qu'une utilisation conjointe des voies de la ligne principale Sarrebruck–Forbach constituerait, en cas de croisements à niveau, une dégradation inacceptable de la qualité de l'exploitation. Étant donné qu'un croisement dénivelé est possible uniquement au sud et non pas au nord (zone de la Gare centrale de Sarrebruck), la ligne de tram-train doit être installée à côté des voies existantes. La variante retenue répond à cette exigence tout en conservant une large partie des installations en place. La faisabilité est donc confirmée, mais les limitations actuelles et les nouvelles planifications spatiales de l'infrastructure routière imposent des modifications substantielles des constructions pour un coût estimé à environ 133 millions d'euros (env. 15 millions d'euros/km).

Sur le territoire français, le tracé de tram-train sélectionné emprunte la RN 3 et s'intègre dans la voirie. Un tracé en site propre de bout en bout n'est pas possible en raison de l'étroitesse de la voie de circulation. Toutefois, la combinaison d'un tracé en site propre sur certains tronçons, le cas échéant dans une direction, et de mesures de priorisation sur la voie de circulation est envisageable. Aux endroits les plus problématiques, des propositions d'aménagement des sections ont été élaborées afin de documenter la faisabilité générale de ce tracé.

Synthèse des principales caractéristiques de la variante de base :

- Tracé intégré dans la voirie dans le secteur de Forbach et de Stiring-Wendel (Route Nationale 3) en site propre sur certains tronçons
- Site propre entre la Brême d'or (Goldene Bremm) et le cimetière (Friedhof) avec raccordement à la ligne DB
- Raccordements et bifurcations dénivelés à/ depuis la ligne DB
- Site propre (une seule voie) le long de la ligne DB
- Déplacement des voies et construction de ponts ferroviaires dans le secteur de la ligne DB

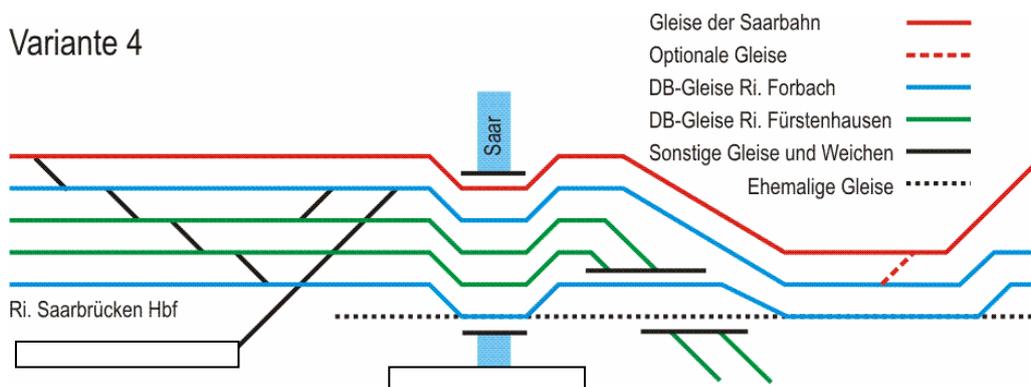
### Résultats de l'estimation des coûts approximatifs

Tronçon	Coûts approximatifs (en millions d'euros)	Coûts approximatifs (millions d'euros/km)
Forbach	57,6	13,2
Sarrebruck, tronçon commun	3,0	11,6
Sarrebruck, autres tronçons	72,1	16,8
<b>Total</b>	<b>132,7</b>	<b>14,9</b>

### 2.2.1 Tracé dans le secteur du pont Achterbrücke (parc des expositions)

Au total, six variantes de franchissement de la Sarre dans la zone du parc des expositions (Messe) ont été analysées. Après évaluation de leurs avantages et inconvénients respectifs, la variante 4 a été retenue et son tracé défini en détail. Cette variante 4 prévoit le déplacement des voies existantes sur un axe orienté ouest via l'utilisation du tracé du chemin de fer industriel désaffecté. La bifurcation dénivelée en direction de Fürstenhausen n'est pas concernée en raison des travaux de transformation considérables qui en résulteraient au niveau des murs de soutènement et du pont. Toutefois, il est nécessaire de construire un pont sur l'accès au parc des expositions. En outre, il conviendrait de contrôler, dans une phase de planification ultérieure, la présence éventuelle d'un dispositif de dilatation des rails dans la culée nord du pont sur la Sarre. Le cas échéant, il y aurait éventuellement lieu d'adapter le tracé ou d'imposer une vitesse réduite. Une diagonale d'échange permettrait également d'emprunter la voie de gauche dans le sens Forbach–Sarrebuck, rendant ainsi possible un tronçon à deux voies.

#### Variante 4



### 2.2.2 Arrêts

Nom de l'arrêt	km	Remarques
Forbach Gare	0,001	
Forbach Rue Pasteur	0,500	
Forbach Frontière de Ville	1,000	
Stiring-Wendel Rue Kleegarten	1,500	
Stiring-Wendel Rue St. Théodore	2,000	L'étude des points critiques prescrit un arrêt au km 2,300 en raison de la largeur de la voirie à cet endroit.
Stiring-Wendel Rue St. Maurice	2,500	
Stiring-Wendel Rue de la République	3,000	
Stiring-Wendel Rue de Metz	3,500	
Stiring-Wendel Frontière de Ville	4,000	
Friedhof – Nordeingang		
Friedhof – Haupteingang		
Spielcasino		
Messe / Calypso		
Saarterrassen / Wiesenstraße		

L'emplacement exact ne pourra être défini que dans la phase de planification suivante.

### 2.3 Résultats de la variante retenue « Pont WHB–Heudukstr.–Deutschmühlental–Folsterhöhe–RN3 »

Le tracé retenu entre la gare de Forbach et la Brême d’or (Goldene Bremm) est identique à celui de la variante de base qui emprunte la RN 3 via Forbach et Stiring-Wendel. Il continue le long de la Metzger Straße jusqu’à l’entrée de la rocade « Südring » où la desserte de l’usine ZF est prévue. Ensuite, il bifurque en direction de l’ouest et passe entre le Jardin franco-allemand et la zone résidentielle Folsterhöhe en site propre en direction du Deutschmühlental. Il suit le Deutschmühlental côté ouest et oblique vers l’est au niveau du complexe aquatique Calypso en direction de la Gersweiler Straße/Heudukstraße. Puis, il passe sur le pont Wilhelm-Heinrich-Brücke et suit la Betzenstr./Dudweiler Str. jusqu’à la gare centrale de Sarrebruck.

Synthèse des principales caractéristiques de la variante sélectionnée :

- Tracé dans la voirie dans le secteur de Forbach et de Stiring-Wendel (RN 3), en site propre sur certains tronçons
- Desserte de l’usine ZF depuis la Metzger Straße
- Folsterhöhe : tracé entre les jardins familiaux et la zone résidentielle à côté du Jardin franco-allemand
- Deutschmühlental : résolution de la différence de hauteur entre Folsterhöhe et Deutschmühlental via un pont sur le Deutschmühlental
- Complexe aquatique « Calypso » : arrêt sur le parking actuel devant l’entrée
- Tracé en site propre à travers le terrain du dépôt de bus, arrêt Heudukstraße/Malstatter Straße sur le terrain du dépôt de bus
- Heudukstraße : tracé séparé sur un côté ou tracé central intégré dans la chaussée avec séparation visuelle
- Tracé séparé dans le secteur du pont Wilhelm-Heinrich-Brücke avec suppression de la voie de circulation automobile.

Des solutions techniques réalisables et conformes aux directives ont été élaborées dans chacun des secteurs analysés.

#### Résultats de l’estimation des coûts approximatifs

Tronçon	Coûts approximatifs (en millions d’euros)	Coûts approximatifs (millions d’euros/km)
Forbach	57,6	13,2
Sarrebruck, tronçon commun	3,0	11,6
Sarrebruck, tronçons restants	109,8	17,9
<b>Total</b>	<b>170,4</b>	<b>15,9</b>

### 2.3.1 Description du tracé

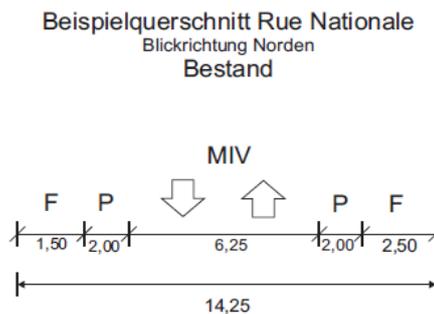
#### Tronçon Forbach–Stiring-Wendel

Le tracé du tronçon Forbach–Stiring-Wendel est identique à celui de la variante de base.

Des constructions longent les deux côtés de la route en continu. La largeur disponible varie entre 14 et 20 mètres. Dans les parties les plus larges, il est possible d’installer une voie en site propre au moins dans un sens ; des arrêts peuvent être également construits sur ces tronçons. Dans les parties plus étroites, seul un tracé intégré dans la chaussée est possible.

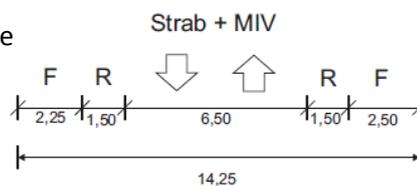
#### Section routière étroite sans arrêt

La répartition actuelle et envisageable de la voirie d’un tronçon particulièrement étroit (à peu près au km 1,100) avec seulement 14,25 m de largeur est représentée dans les schémas ci-après.

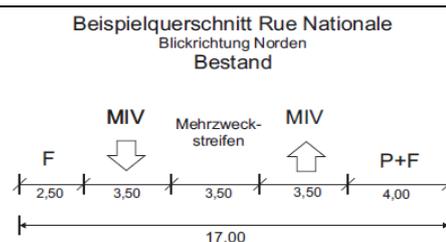


- Cote de la coupe : 6,50 m
- Suppression de la bande de stationnement
- Bande de protection pour les cyclistes
- Pas de piste cyclable séparée aménageable
- Bande de stationnement à partir de
- 15,50 m de largeur de route

Beispielquerschnitt Rue Nationale  
Blickrichtung Norden  
mit pflasterbündigem Bahnkörper in Mittellage



#### Section routière étroite avec arrêt

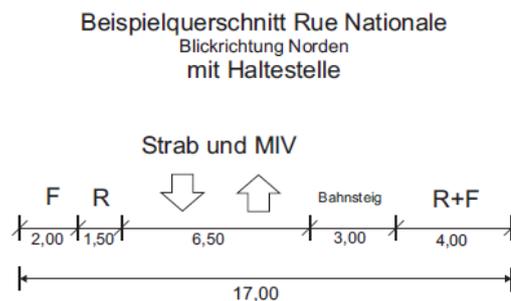


L'exemple choisi est celui d'une section d'environ 17 m de large dans le secteur de Stiring-Wendel (à peu près au km 2,300). La bande polyvalente doit être supprimée. Les deux chaussées, y compris la voie intégrée dans la chaussée, sont fusionnées pour former la section préconisée de 6,50 m, le quai est installé sur le côté dans une direction. Cette configuration offre suffisamment de place pour installer une bande de protection pour les cyclistes dans une direction, ainsi qu'une surface mixte pour les piétons et les cyclistes (« R+F » dans le schéma ci-dessous) dans l'autre sens.

La présente section permet d'installer des arrêts uniquement dans l'un des deux sens de la marche. L'arrêt installé dans le sens opposé est décalé dans le sens longitudinal.

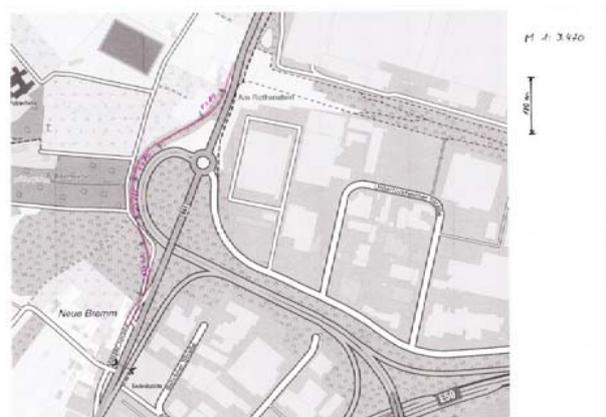


Exemple similaire de la ville de Braunschweig



### Tronçon Metzger Straße

La Metzger Straße est la prolongation de la Route Nationale sur le territoire de la ville de Sarrebruck. La densité de construction y est moindre que sur la partie française ce qui permet un tracé en site propre, de préférence sur un côté. L'installation du tracé de tram-train côté ouest de la Metzger Straße permet de résoudre aisément le passage dans le secteur du rond-point au niveau de l'échangeur d'autoroute à la Brême d'or. En raison de la longueur des véhicules, la traversée de ronds-points par des tramways est problématique. Étant donné l'absence de constructions et de voie d'accès à l'ouest du rond-point, la bande verte à côté de l'échangeur d'autoroute peut être utilisée pour le tracé de tram-train. Un tracé avec des rayons de courbure compris entre 80 et 125 mètres est réalisable.



### Tronçon Folsterhöhe Nord

Il est proposé, sur la base d'un tracé de tram-train sur un côté, de réaliser un tracé au nord de la rue Hirtenwies, à peu près en face de la rocade « Südring », décrivant une courbe d'un rayon de 50 mètres (rayon minimum du tram-train de Sarrebruck) vers la gauche. Dans ce secteur, le tracé est perpendiculaire à la Metzger Straße et longe les jardins familiaux ; à cet égard, il doit traverser une petite partie de ces jardins. Au nord-est, le tracé passe à proximité des bâtiments de la communauté catholique Heiligkreuz et du centre de la jeunesse Jugendzentrum. Après une courbe en S entre le centre paroissial de la Freie Evangelische Gemeinde et les habitations, il continue vers le nord-est le long de la rue Mockenhübel.

À partir de là, le tracé doit redescendre vers le Deutschmühlental. À ce niveau, le tracé en provenance du quartier Folsterhöhe doit franchir un dénivelé d'environ 20 mètres pour pouvoir continuer vers le Deutschmühlental. Jusqu'à la traversée de la rue Deutschmühlental, le dénivelé est d'environ 15 mètres. Si l'on considère un tracé d'une longueur de 250 m, la pente longitudinale subséquente est d'env. 60‰. Cette valeur est élevée mais ne pose pas de problème technique. Pour les 5 mètres restants au nord du passage sur la rue Deutschmühlental, la pente longitudinale peut être réduite.

Étant donné que le tracé est en partie perpendiculaire à la vallée fluviale, il est fort probable que la construction d'un ouvrage en terre à cet endroit ne soit pas autorisée et qu'il soit donc nécessaire de bâtir un ouvrage d'art pour une grande partie du tracé. En raison de la courbure du tracé ( $r = 100$  m), seul un ouvrage en béton précontraint sur plusieurs piliers est envisageable. Il est également indispensable de réaliser des travaux dans la partie boisée ainsi que des mesures de stabilisation de la pente.

### Tronçon Deutschmühlental

Dans la vallée du Deutschmühlental, le tracé passe entre la ligne ferroviaire et la route. La surface au niveau du casino est suffisante. Le parking doit être rétréci à cet endroit, mais les places de stationnement ainsi supprimées pourront être compensées par l'aménagement du parking de l'ancien parc d'attractions situé juste à côté.

Au nord de ce secteur, la distance entre la ligne ferroviaire et la route diminue ; il est possible qu'il soit nécessaire de déplacer la route de quelques mètres vers l'est, en direction du Deutschmühlenweiher. Il est également possible de construire un mur de soutènement entre la ligne de la DB et le tram-train ; néanmoins, cette solution est probablement la plus onéreuse.

### Tronçon « Calypso »–Stadtwerke

Le tracé de tram-train traverse la rue Deutschmühlental juste avant la nouvelle voie d'accès prévue côté est et continue tout droit sur le nouveau parking du complexe aquatique. L'installation d'un arrêt à cet endroit est idéale pour la desserte de la piscine. Les places de stationnement supprimées pourront être compensées par l'aménagement de surfaces de remplacement à l'est ou au sud du complexe aquatique, éventuellement sous la forme d'un parking surélevé pour un gain d'espace.

Étant donné que la traversée à niveau de la rue Deutschmühlental par le tram-train s'effectue au niveau d'une intersection signalisée par feux, la circulation du tram-train devra être intégrée dans le système des feux de signalisation.

Dans le secteur du dépôt de bus, il s'agit de surmonter le décalage entre la Gersweiler Straße et la Heuduckstraße. Pour être conforme aux besoins du tram-train, le tracé doit impérativement passer sur le site de la société Saarbahn. Pour ce faire, il oblique vers le dépôt de bus juste avant le début de la Malstatter Straße en décrivant une courbe vers la gauche avec un rayon de courbure minimum ( $r = 50$  m). À cette fin, un bâtiment doit être rasé. L'arrêt prévu sur le site de la Saarbahn peut être installé sans difficultés grâce à l'espace suffisant pour la longueur requise en ligne droite. L'entrée du tram-train dans la Heuduckstraße est prévue avec un rayon de courbure minimum ( $r = 50$  m) à l'endroit où les bus rentrent et sortent actuellement du dépôt de bus. Le tram-train sera intégré dans le système de signalisation lumineuse et dans la voie de bus afin de pouvoir conserver l'entrée et la sortie pour les bus à cet endroit là.

### Tronçon Heuduckstraße–Stengelstraße

Le tracé suit la Heuduckstraße sur toute sa longueur, puis continue vers le pont Wilhelm-Heinrich-Brücke via la Stengelstraße. La solution proposée prévoit deux variantes pour la construction d'une voie en site propre. Étant donné que la Stengelstraße est plus large que la Heuduckstraße, la proposition a été élaborée à partir de l'exemple de la Heuduckstraße.

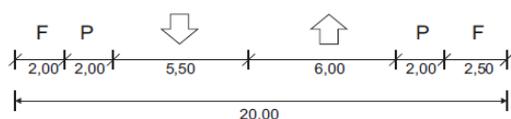
La Heuduckstraße est une rue bordée de constructions très denses de part et d'autre et avec une largeur quasi-constante entre les rangées d'habitations d'env. 20 mètres. Actuellement, la largeur de la chaussée est hors normes, tandis que les trottoirs et les bandes de stationnement en file latérales sont moins larges mais néanmoins conformes aux directives.

Toutefois, la largeur n'est pas suffisante pour installer une voie en site propre au milieu conforme aux directives car, le cas échéant, les chaussées adjacentes de part et d'autre devraient être élargies.

Deux solutions sont envisageables : une voie en site propre sur un côté ou une voie en site propre factice au milieu.

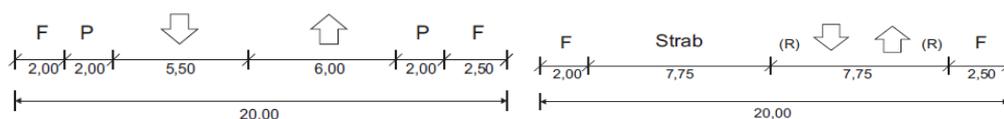
#### Beispielquerschnitt Heuduckstraße

Blickrichtung Westen  
Bestand



#### Beispielquerschnitt Heuduckstraße

Blickrichtung Westen  
Lösungsvorschlag 1  
mit separatem Bahnkörper in Seitenlage



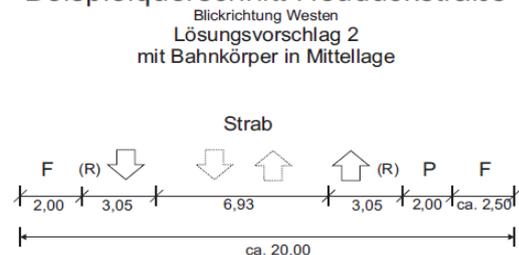
### Voie en site propre sur un côté

Pour une voie en site propre sur un côté, une largeur de 7,75 m est préconisée. À condition de ne pas déplacer les bouches d'égout, il résulte ainsi une section sans modification des espaces piétonniers (2,00 m et 2,50 m de large); le transport individuel motorisé (TIM) et les cyclistes disposent également de 7,75 m.

Après déduction de la largeur minimum (1,25 m de chaque côté) pour les bandes cyclables, il reste encore 2,62 m de largeur par chaussée pour le TIM. Ces valeurs sont acceptables étant donné que, si nécessaire, il est possible de circuler sur les bandes de protection.

Dans le secteur en question, un seul arrêt est prévu, qui aura obligatoirement des quais latéraux en raison de la section étroite. En direction de l'est, le quai peut être installé sur le trottoir. En direction de l'ouest, l'installation d'un quai requiert un rétrécissement de la largeur de la chaussée à 6,00 m et du trottoir d'en face à 2,00 m. Ce faisant, il est possible de construire un quai de 2,25 m de large.

#### Beispielquerschnitt Heuduckstraße



Exemple similaire à Erfurt

### Voie en site propre factice au milieu

Si le tram-train devait circuler en site propre au milieu dans la Heuduckstraße, il manquerait alors environ deux mètres par rapport à la largeur obligatoire pour une vraie voie en site propre. Même si les pylônes de la caténaire ne sont pas installés sur la voie mais en bordure de route, la largeur de la voirie ne sera pas suffisante. C'est pourquoi seule une voie intégrée dans la chaussée peut être réalisée pour être conforme aux directives.

Il est proposé de réaliser la voie de sorte à ce que les voitures et les camions puissent circuler dessus, mais sans que cela constitue une option attrayante. Pour ce faire, il est possible d'installer une bordure légèrement surélevée, certes praticable mais néanmoins inconfortable pour les passagers d'un véhicule. Cette solution permettrait de renoncer à un élargissement hors gabarit des chaussées adjacentes car les véhicules pourraient circuler sur la voie si nécessaire pour éviter des obstacles.

### Tronçon Pont Wilhelm-Heinrich-Brücke—Centre-ville

La constellation actuelle du pont Wilhelm-Heinrich-Brücke offre suffisamment d'espace pour la circulation du tram-train. Les solutions envisageables figurent à

l'annexe 2.6. D'un point de vue technique, l'installation d'une voie de tram-train au milieu constitue la solution optimale. Pour la voie en direction de la gare centrale, une seule variante est possible, tandis que plusieurs sont envisageables pour le sens opposé.

Ensuite, le tracé est relié à la ligne de tram-train existante dans la Kaiserstraße par la Dudweiler Straße ou la Betzenstraße. Les options à cet égard sont les suivantes :

- Tracé en site propre via la Dudweiler Straße avec couloir de bus intégré, déplacement du TIM vers la Stengelstraße
- Tracé en site propre via la Stengelstraße avec couloir de bus intégré, déplacement du TIM vers la Dudweiler Straße
- Voie simple en site propre avec sens de circulation séparés dans la Dudweiler Straße (vers le nord) et la Stengelstraße (vers le sud).

### 2.3.2 Arrêts

Dans le cadre de la présente étude, l'emplacement de la majeure partie des arrêts ne peut être que sommairement défini. Leur positionnement exact et leur aménagement infrastructurel sont indiqués sous réserve de planifications plus détaillées.

Nom de l'arrêt	km	Remarques
Forbach Gare	0,001	
Forbach Rue Pasteur	0,500	
Forbach Frontière	1,000	
Stiring-Wendel Rue Kleegarten	1,500	
Stiring-Wendel Rue St. Théodore	2,000	L'étude des points critiques prescrit un arrêt au km 2,300 en raison de la largeur de la voirie à cet endroit.
Stiring-Wendel Rue St. Maurice	2,500	
Stiring-Wendel Rue de la République	3,000	
Stiring-Wendel Rue de Metz	3,500	
Stiring-Wendel Frontière de Ville	4,000	
Goldene Bremm / Hauptfriedhof	4,800	
Autohof	5,400	
Industriegebiet	5,840	
Südring	6,240	Saut kilométrique : km 6,250 = km 0,000
Folsterhöhe	0,500	Cf. points critiques
Spielcasino	1,130	
Calypso	1,800	Cf. points critiques
Betriebshof Saarbahn	2,450	Cf. points critiques
Richtweg / Hochschule	2,900	
Stengelstraße	3,400	
Wilhelm-Heinrich-Brücke	3,800	
Betzenstraße	4,200	

## 2.4 Autre forme de transports collectifs en site propre (BHNS)

En règle générale, un BHNS (bus à haut niveau de service) désigne un système de bus en site propre. En France, il existe de nombreux exemples de bus circulant en site propre, ce qui améliore la qualité du service par rapport à un simple couloir bus. Des véhicules spéciaux, inspirés du design des tramways, sont parfois utilisés.

Toutefois, la différence entre les voies de bus séparées à double sens de circulation (site propre) et les couloirs d'autobus est floue. Les couloirs d'autobus peuvent être également combinés avec des mesures d'accélération aux niveaux des feux de signalisation ainsi que des arrêts en avancée de trottoir et offrir ainsi une qualité de desserte similaire à celle d'un BHNS. Sur les voiries dont la largeur n'est pas suffisante pour un BHNS, ces couloirs de bus peuvent être également installés dans un seul sens de circulation.

De manière générale, deux constats s'imposent d'emblée :

1. Une utilisation conjointe des voies de la DB exclut la possibilité d'un BHNS.
2. Aucune variante ne permet un tracé intégral de BHNS au sens de la description ci-dessus.

1<sup>er</sup> point : en l'état actuel des connaissances, il est impossible de mettre en place un tracé commun pour des voies ferroviaires et des voies de bus en raison de l'incompatibilité des paramètres de construction et de la technique de signalisation entre le trafic ferroviaire et la circulation des bus. Par conséquent, cette possibilité n'est pas analysée dans la présente étude et devrait être également exclue à l'avenir.

2<sup>e</sup> point : compte-tenu de la similarité entre les dimensions nécessaires pour le BHNS et le tram-train, l'installation de BHNS est généralement également possible aux endroits où des voies en site propre sont envisageables.

Toutefois, aucune variante ne permet l'installation d'un site propre en continu. Conformément au mandat, la possibilité d'avoir recours au BHNS a été également analysée pour la variante sélectionnée.

Étant donné qu'une voie en site propre continue n'est possible que sur certains tronçons, le bus doit également emprunter la voie de circulation générale. La question de savoir si un tel système peut être qualifié de « BHNS » ou doit être appelé « service de bus conventionnel avec voies réservées sur certains tronçons » dépend de la définition du système.

Synthèse des principales caractéristiques de la variante BHNS :

- Sur le tronçon français (RN 3), voie simple BHNS possible dans une direction sur certains tronçons uniquement ; autre possibilité : couloirs de bus conventionnels sur certains tronçons ;
- De la Metzger Straße à la Heuduckstraße : BHNS en site propre possible ;
- De la Heuduckstraße au pont Wilhelm-Heinrich-Brücke : BHNS sur un côté ou couloir de bus ;
- Betzenstraße / Dudweiler Straße : couloir de bus.

### Résultats de l'estimation des coûts approximatifs

Tronçon	Coûts approximatifs (en millions d'euros)	Coûts approximatifs (millions d'euros/km)
Forbach	34,6	7,9
Sarrebruck, tronçon commun	1,8	7,0
Sarrebruck, tronçons restants	67,6	11,0
<b>Total</b>	<b>102,8</b>	<b>9,6</b>

### Résultats concernant la part BHNS (y c. couloir de bus)

Rang	Part	Variante
1	81 %	Stiring-Wendel West – Bretelle ouest (Westspange)
2	79 %	Stiring-Wendel West – Luisenbrücke
3	78 %	Friedhof – Bretelle ouest (Westspange)
	78 %	Folsterhöhe Süd – Bretelle ouest (Westspange)
5	77 %	Combinaison Tunnel/Folsterhöhe/ZF via la bretelle ouest (Westspange)
6	76 %	Friedhof – Luisenbrücke
	76 %	Folsterhöhe Süd – Luisenbrücke
	76 %	Folsterhöhe Nord – Luisenbrücke
9	75 %	Stiring-Wendel Ouest – Pont Wilhelm-Heinrich-Brücke
10	74 %	Combinaison Tunnel/Folsterhöhe/ZF via le pont Luisenbrücke
11	73 %	Folsterhöhe Nord – Bretelle ouest (Westspange)
	73 %	Folsterhöhe Nord – Pont Wilhelm-Heinrich-Brücke
	73 %	Tunnel – Bretelle ouest (Westspange)
...		
40	38 %	Usine ZF Mitte
<i>Places 41 à 46 : BHNS impossible (ligne DB)</i>		

La part BHNS réalisable dans le cadre de la variante sélectionnée pour une analyse approfondie occupe la dixième place avec 73%. Les différences au sein du peloton de tête sont ténues ; en outre, elles reposent sur une estimation approximative des différents tronçons. La part exacte sur des tronçons tels que la Route Nationale à Forbach et à Stiring-Wendel ne pourra être calculée qu'à l'issue d'une planification détaillée et d'une participation publique.

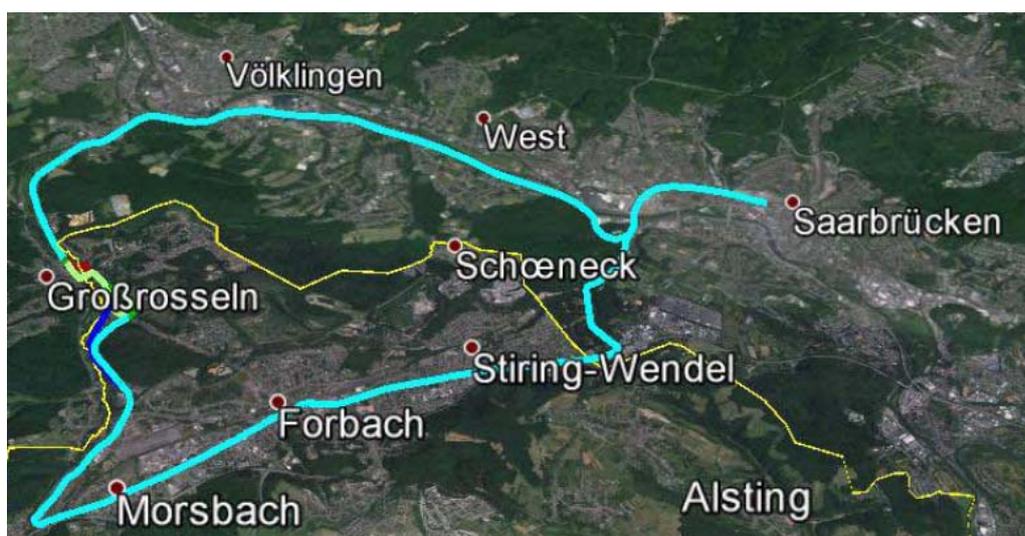
### 3 Partie 3 – Petite boucle ou Grande boucle

L'étude de faisabilité de la « Petite boucle » reposait sur les principes suivants :

- Tracé autant que possible à simple voie (lorsque celui-ci peut passer en dehors de la voirie), avec installation de plusieurs croisements aux fins de la mise en œuvre de l'exploitation et du cadencement prévu ;
- Électrification intégrale de la ligne ;
- Utilisation de véhicules bicourant capables de fonctionner avec un courant continu de 750 V et un courant alternatif de 15 kV (comme actuellement ceux de la société Stadtbahn Saar GmbH) ;
- Si possible, voie en site propre indépendante du TIM afin de renforcer l'acceptation du moyen de transport et d'éviter les ralentissements dûs à la circulation automobile ;
- Une cadence au quart d'heure au moins aux heures de grande affluence est envisagée sur le tracé.

#### 3.1 Description du tracé de la « Petite boucle »

Le tracé de tram-train appelé « Petite boucle » débute à la gare centrale de Sarrebruck et franchit la Sarre par le pont ferroviaire existant dans le secteur du parc des expositions. Le tracé continue en direction du sud via Stiring-Wendel et Forbach, puis bifurque derrière Forbach vers le nord-ouest sur l'ancienne ligne de chemin de fer des HBL (VFLI) en direction de Petite-Rosselle. À Großrosseln, il est relié à la ligne désaffectée Fürstenhausen–Warndt de la DB AG. À Völklingen, il intègre la voie ferrée actuelle de la Rosseltalbahn de la DB et continue parallèlement à la Sarre vers l'est, puis franchit de nouveau le pont ferroviaire en direction de la gare centrale de Sarrebruck.



Déroulement du tracé de la « Petite boucle »

### 3.2 Synthèse des résultats

Dans le cadre de l'analyse des différents tronçons et variantes, une estimation des coûts approximatifs correspondants a été réalisée. À cet égard, seuls les coûts d'investissement relatifs à la construction du tracé ont été évalués. L'estimation ne contient pas les coûts liés à l'exploitation ultérieure du chemin de fer ni les coûts de planification.

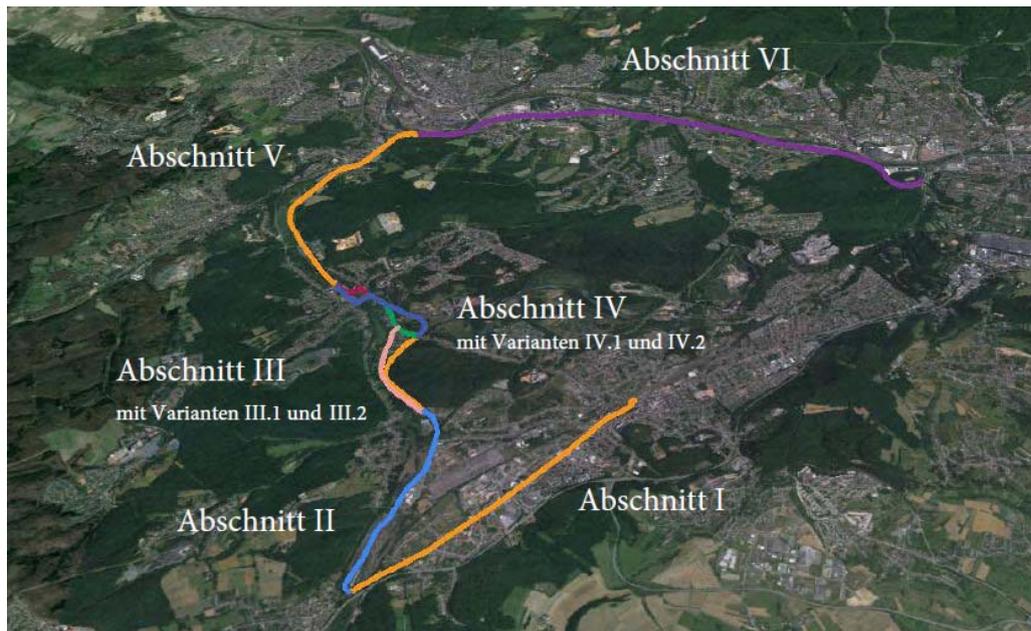
Résultats de l'estimation des coûts liés aux variantes :

Tronçons	Longueur du tracé (m)	Frais de construction (euros)	Par kilomètre (euros/km)	Degré de difficulté de la réalisation
I	4460	42,4 M	9,5 M	Élevé
II	3010	17,7 M	5,9 M	Moyen
III.1	1730	Non calculés		Pas de poursuite possible du tracé (tronçon IV) --> Variante exclue
III.2a	3500	42,9 M	12,3 M	Élevé
III.2b	3480	Non calculés		Élevé, rayon de courbure non réalisable au niveau du rond-point existant
IV.1a	1890	Non calculés		Non réalisable à des coûts raisonnables --> Variante exclue
IV.1b	1940	Non calculés		Non réalisable à des coûts raisonnables --> Variante exclue
IV.2a	2100	Non calculés		Non réalisable à des coûts raisonnables --> Variante exclue
IV.2b	2070	Non calculés		Non réalisable à des coûts raisonnables --> Variante exclue
V	4720	31,7 M	6,7 M	Moyen
VI	9100	9,1 M	1,0 M	Faible
<b>Total (tronçons réalisables)</b>	<b>24 790</b>	<b>143,8 M</b>	<b>5,8 M</b>	

### 3.3 Analyse détaillée du tracé

Le tracé a été découpé en plusieurs tronçons pour une meilleure structuration. L'image ci-après présente un aperçu de ces tronçons (= « Abschnitte »).

Le kilométrage utilisé dans les tronçons et la documentation photographique commence avec le kilomètre 0 à chaque limite entre les tronçons.



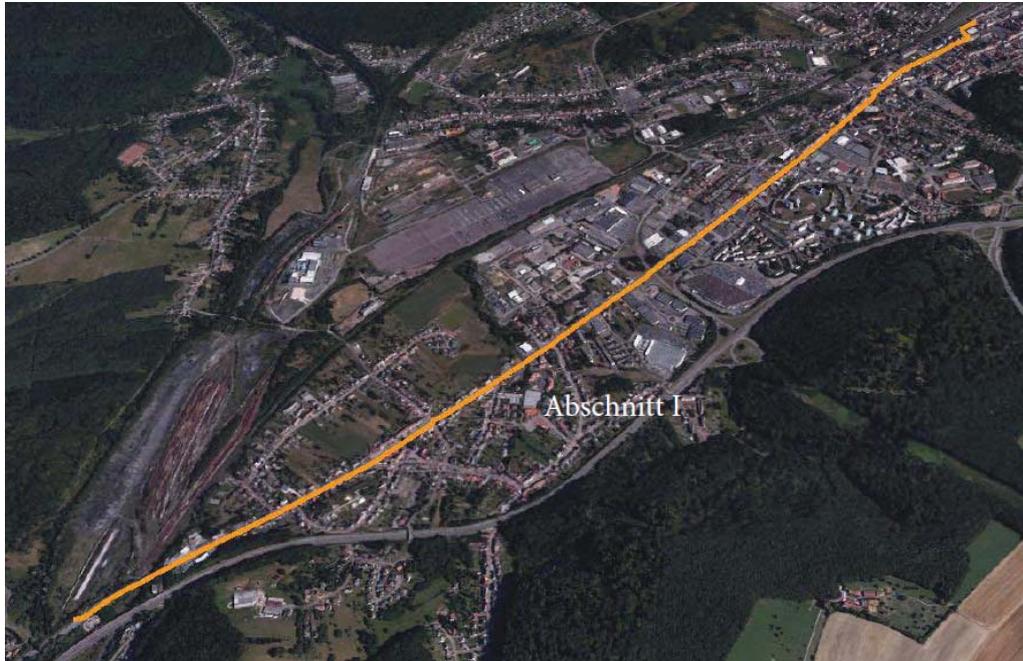
Périmètre d'analyse de la présente étude

#### Longueur totale de la Petite boucle selon les variantes (périmètre de l'analyse) :

		III.1 / IV.1a	III.1 / IV.1b	III.1 / IV.2a	III.1 / IV.2b	III.2a	III.2b
<b>Tronçon I</b>	<b>4460</b> m	4460	4460	4460	4460	4460	4460
<b>Tronçon II</b>	<b>3010</b> m	3010	3010	3010	3010	3010	3010
<b>Tronçon III</b>							
Variante III.1	<b>1730</b> m	1730	1730	1730	1730		
Variante III.2a	<b>3500</b> m					3500	
Variante III.2b	<b>3480</b> m						3480
<b>Tronçon IV</b>							
Variante IV.1a	<b>1890</b> m	1890					
Variante IV.1b	<b>1940</b> m		1940				
Variante IV.2a	<b>2100</b> m			2100			
Variante IV.2b	<b>2070</b> m				2070		
<b>Tronçon V</b>	<b>4720</b> m	4720	4720	4720	4720	4720	4720
<b>Tronçon VI</b>	<b>9100</b> m	9100	9100	9100	9100	9100	9100
<b>Longueur totale (m)</b>		<b>24 910</b>	<b>24 960</b>	<b>25 120</b>	<b>25 090</b>	<b>24 790</b>	<b>24 770</b>

Les variantes IV1a, IV1b, IV2a et IV2b ne peuvent être combinées qu'avec la variante III.1.

### 3.3.1 Tronçon I - Forbach (gare)–Rosbruck (pont ferroviaire)



Tronçon I

#### Déroulement du tracé

- ✓ Une seule voie bidirectionnelle sur un tracé en site propre
- ✓ Possibilité n° 1 : deux voies sur la chaussée  
Exclue en raison des perturbations occasionnées par le TIM
- ✓ Possibilité n° 2 : une seule voie dans une direction  
Exclue en raison de temps de trajet trop longs (manque d'adhésion du public)

#### Arrêts

- ✓ 2 arrêts
- ✓ Forbach 2 au km 1,560 ; au niveau du supermarché Lidl
- ✓ Forbach 3 au km 3,280 ; au niveau de l'église

#### Traversées

- ✓ 6 feux de signalisation existants + 5 nouveaux (ronds-points)

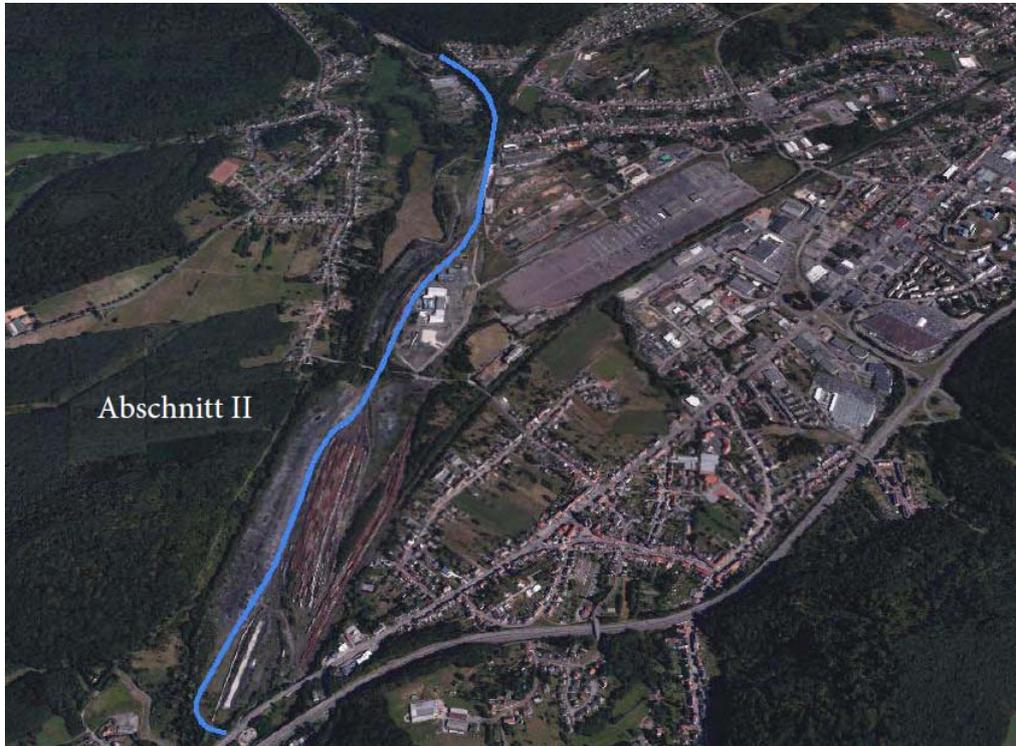
#### Mesures

- ✓ Aménagement du pont au km 2,230
- ✓ Construction (partielle) d'un pont au km 4,460

#### Coûts

- ✓ 42,4 millions d'euros HT

### 3.3.2 Tronçon II - Rosbruck (pont ferroviaire)–Marienau (pont ferroviaire-D31)



Tronçon II

#### Déroulement du tracé

- ✓ Une seule voie bidirectionnelle sur le tracé existant (installation de remisage)
- ✓ Point de croisement (longueur : 300 m)

#### Arrêts

- ✓ Aucun

#### Traversées

- ✓ Passage à niveau au niveau d'une surface d'entreposage au km 2,170
- ✓ Passage à niveau au niveau d'une piste cyclable au km 2,320

#### Mesures

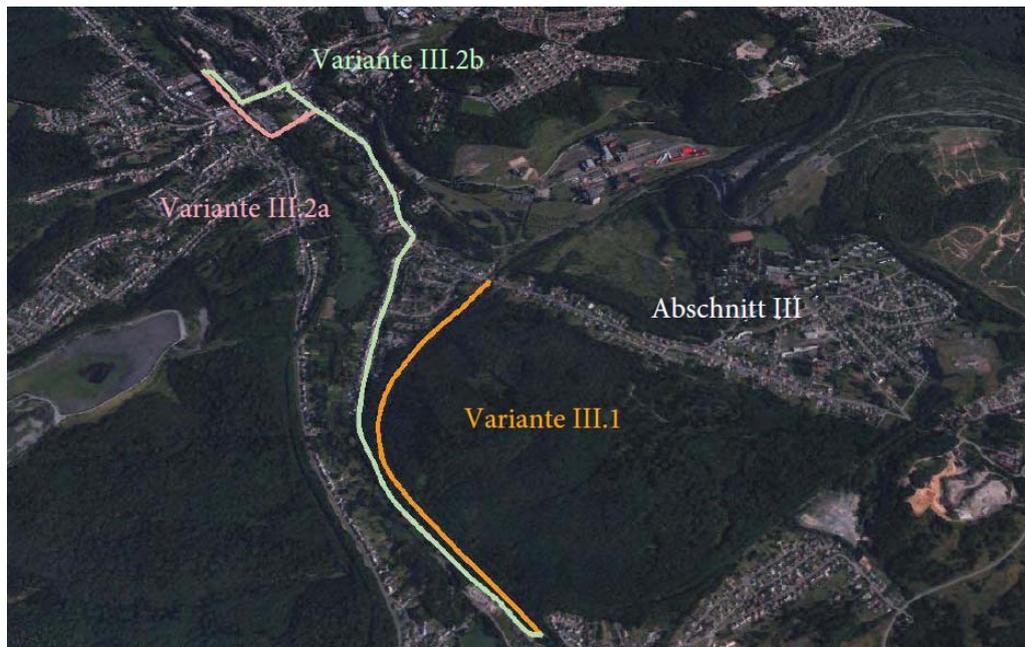
- ✓ Construction d'un pont au km 1,300

#### Coûts

- ✓ 17,7 millions d'euros HT

### 3.3.3 Tronçon III - Marienau (pont ferroviaire-D31)–Großrosseln (gare)

Les différentes variantes analysées sur le tronçon III sont représentées sur l'image ci-dessous et décrites dans le texte suivant.



Tronçon III

#### Déroulement du tracé

- ✓ Une seule voie bidirectionnelle à côté de la D 31 jusqu'au km 1,250
- ✓ Deux voies dans la voirie de la D31 jusqu'au km 2,743
- ✓ Une seule voie jusqu'au km 3,500

#### Arrêts

- ✓ 3 arrêts
  - ✓ Sortie de la ligne de chemin de fer vers la D31, deux voies (point de croisement) au km 0,160
  - ✓ Après le rond-point au km 1,940
  - ✓ Centre de Petite-Rosselle au km 2,640

#### Traversées

- ✓ Feux de signalisation sur la D31 au km 0,160 + km 1,910

#### Mesures

- ✓ Construction d'un pont au km 2,886
- ✓ Réfection du pont au km 3,066 + km 3,230
- ✓ Divers ouvrages de soutènement

#### Coûts

- ✓ 42,9 millions d'euros HT

Étant donné que le tracé de la variante III.1 suit une ligne de chemin de fer désaffectée et ainsi, contrairement à la variante III.2, n'occasionne pas de nuisance directe pour les riverains, il serait pertinent de le privilégier. Toutefois, le site au niveau de la jonction avec le tronçon III.1 présente des obstacles majeurs (dénivelé important et déclivité extrême de la route) qui empêchent la poursuite du tracé à des coûts raisonnables, contraignant finalement à exclure la variante III.1. Cf. les explications concernant le tronçon IV au chiffre 5.4 du rapport.

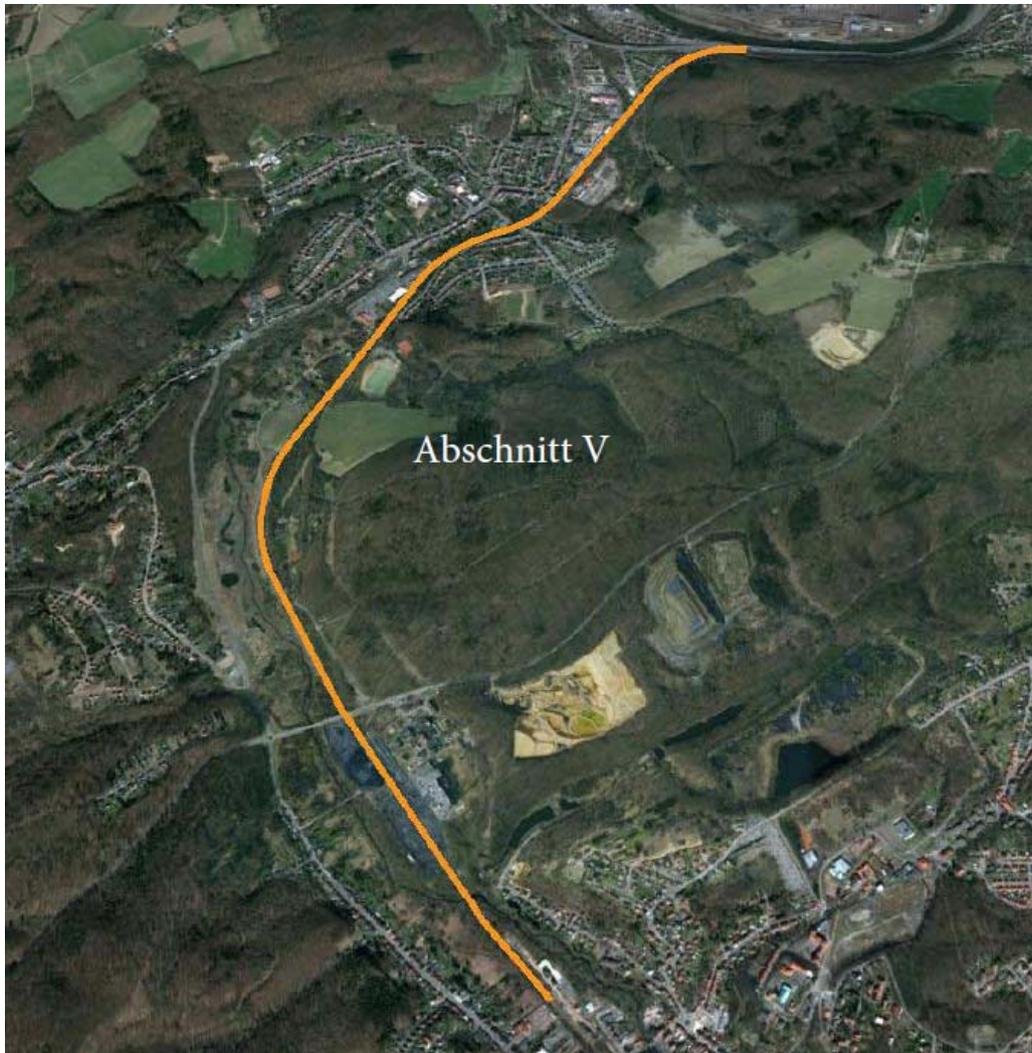
En raison de l'espace disponible et des rayons de courbure minimum nécessaires sur le tracé, la variante III.2b n'est pas réalisable.

La seule variante réalisable est donc la variante III.2a.

#### **3.3.4 Tronçon IV**

Les différentes variantes analysées sur le tronçon IV sont liées à la variante III.1. En raison des obstacles susmentionnés, elles ne sont pas développées ci-après et le tronçon IV est regroupé avec le tronçon III sous la variante III.2.a.

### 3.3.5 Tronçon V - Großrosseln (gare)–Geislautern (tracé à gauche de la Sarre)



Tronçon V

#### Déroulement du tracé

- ✓ Une seule voie bidirectionnelle sur le tracé existant
- ✓ 2 points de croisement (longueur de 85 m en cas d'arrêts)

#### Arrêts

- ✓ 3 arrêts
  - ✓ Gare de Grande-Rosselle au km 0,000
  - ✓ Mine de Velsen au km 0,820
  - ✓ Gare de Geislautern au km 3,700

#### Traversées

- ✓ Passage à niveau au km 0,860

#### Mesures

- ✓ 6 réfections de ponts (1x pont routier et 5x ponts ferroviaires)
- ✓ km 0,420 + km 1,130 + km 2,740 + km 3,450 + km 3,550 + km 4,220

#### Coûts

- ✓ 31,7 millions d'euros HT

### 3.3.6 Tronçon VI - Geislautern–SB (Messe/Achterbrücke)



Tronçon VI

#### Déroulement du tracé

- ✓ Une seule voie bidirectionnelle sur le tracé existant
- ✓ 2 points de croisement (longueur de 85 m en cas d'arrêts)

#### Arrêts

- ✓ 6 arrêts
  - ✓ Völklingen au km 1,220
  - ✓ Fürstenhausen au km 2,400
  - ✓ Fenne au km 3,990
  - ✓ Ottenhausen au km 4,630
  - ✓ Gersweiler au km 6,950
  - ✓ Messe (parc des expositions) au km 8,330

#### Traversées

- ✓ Aucune

#### Mesures

- ✓ Aucune

#### Coûts

- ✓ 9,1 millions d'euros HT

### 3.4 Description du tracé de la « Grande boucle »

Le tracé de tram-train appelé « Grande boucle » débute à Morsbach, après le grand pont routier au niveau du passage du tronçon I au tronçon II du tracé de la Petite boucle (cf. « Étude de faisabilité de la Petite boucle »). Le tracé prend la direction du sud avant d'obliquer vers l'ouest à Freyding-Merlebach sur la ligne actuelle de la SNCF en direction de L'Hôpital et de Creutzwald. À proximité de Falck, la ligne rejoint la ligne ferroviaire désaffectée circulant dans le sens ouest-est de Falck via Merten. Le tracé traverse la frontière franco-allemande entre Merten et Überherrn. À partir de Überherrn, la ligne est en service pour des courses occasionnelles de trains de marchandises (source : Wikipédia).

Dans le secteur de Völklingen, le tracé rejoint celui de la Petite boucle (cf. « Étude de faisabilité de la Petite boucle »).



Déroulement du tracé de la «Grande boucle »

### 3.5 Synthèse des résultats

Dans le cadre de l'analyse des différents tronçons et variantes, une estimation des coûts approximatifs correspondants a été réalisée. À cet égard, seuls les coûts d'investissement relatifs à la construction du tracé ont été évalués. L'estimation ne contient pas les coûts liés à l'exploitation ultérieure du chemin de fer ni les coûts de planification.

L'estimation des coûts repose sur les longueurs de tracé et les prix unitaires calculés à partir des expériences réalisées dans le cadre d'autres projets. Des hypothèses ont été formulées lorsque cela s'avérait nécessaire (cf. annexe 2.8 « Liste des prix unitaires utilisés » et annexe 2.9 « Détermination des prix unitaires »).

Il est à noter que l'estimation des coûts est susceptible de varier en raison de l'absence de certaines connaissances et données, telles que les données topographiques, les rapports fonciers et de propriété, le nombre et le type de lignes présentes et l'état (étude) des ouvrages existants.

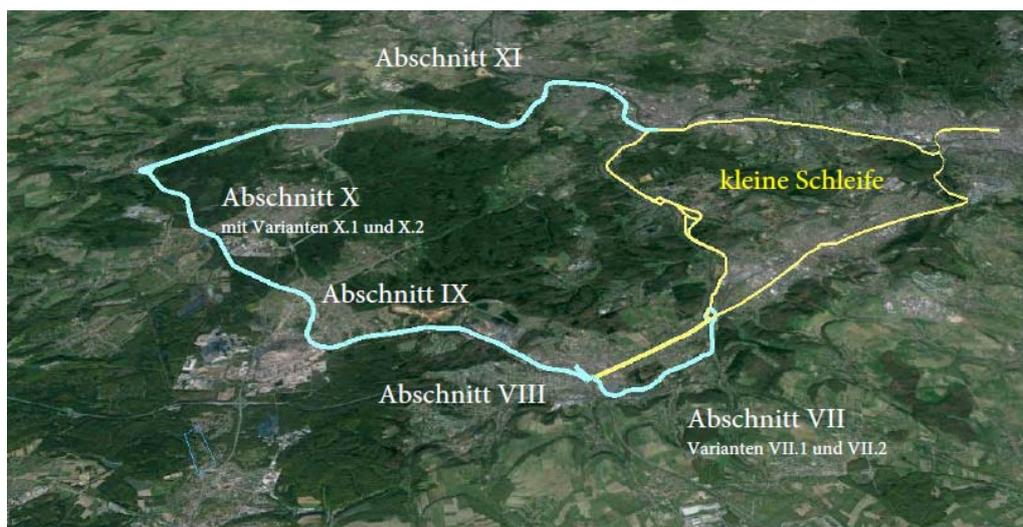
Résultats de l'estimation des coûts liés aux variantes :

Tronçon	Longueur du tracé (m)	Frais de construction (euros)	Frais de construction par kilomètre (euros/km)	Degré de difficulté de réalisation
VII.1	3795	34,2 M	9,0 M	Élevé
VII.2	5650	34,3 M	6,0 M	Moyen
VIII	4290	30,3 M	7,1 M	Moyen
IX	8580	71,9 M	8,4 M	Élevé
X.1	4750	45,3 M	9,5 M	Moyen
X.2	5119	45,6 M	8,9 M	Moyen
XI	19 760	111,0 M	5,6 M	Faible
<b>Total (tronçons les plus favorables)</b>	<b>41 175</b>	<b>292,7 M</b>	<b>7,1 M</b>	

### 3.6 Analyse détaillée du tracé

Le tracé a été découpé en plusieurs tronçons pour une meilleure structuration. L'image ci-après présente un aperçu de ces tronçons.

Le kilométrage utilisé dans les tronçons et la documentation photographique commence avec le kilomètre 0 à chaque limite entre les tronçons.

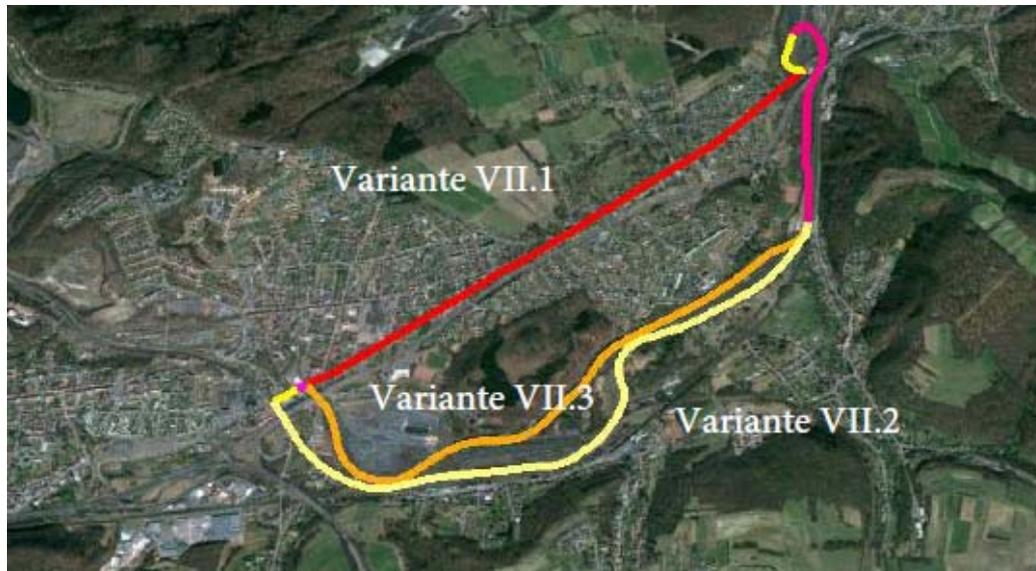


Périmètre d'analyse de la présente étude

#### Longueur totale de la Grande boucle selon les variantes :

		VII.1 /	VII.1 / X.2	VII.2 / X.1	VII.2 / X.2
<b>Tronçon VII</b>					
Variante VII.1	3795 m	3795 m	3795 m		
Variante VII.2	5650 m				
<b>Tronçon VIII</b>	<b>4290 m</b>				
<b>Tronçon IX</b>	<b>8580 m</b>	8580 m	8580 m	8580 m	8580 m
<b>Tronçon X</b>					
Variante X.1	4750 m	4750 m		4750 m	
Variante X.2	5119 m		5119 m		5119 m
<b>Tronçon XI</b>	<b>19 760 m</b>	19 760 m	19 760 m	19 760 m	19 760 m
<b>Longueur totale (m)</b>		<b>41 175 m</b>	<b>41 544 m</b>	<b>43 030 m</b>	<b>43 399 m</b>

### 3.6.1 Tronçon VII - Rosbruck (pont ferroviaire)–Freyming (pont ferroviaire-A320)



Tronçon VII

#### Déroulement du tracé de la variante 1

- ✓ Une seule voie dans la voirie de la N3 jusqu'au km 3,795

#### Arrêts

- ✓ 4 arrêts
  - ✓ Rosbruck au km 0,630 ; au niveau de la station-service
  - ✓ Naßweiler au km 1,440
  - ✓ Freyming I au km 2,630 ; deux voies, point de croisement
  - ✓ Freyming II au km 3,480

#### Traversées

- ✓ Traversée d'un ruisseau au km 0,155 + km 3,696
- ✓ Feux de signalisation au km 3,755
- ✓ Traversée de plusieurs ronds-points

#### Mesures

- ✓ Construction d'un pont au km 0,155 + km 3,696

#### Coûts

- ✓ 34,2 millions d'euros HT

#### Déroulement du tracé de la variante 2

- ✓ Une seule voie sur ligne désaffectée VFLI parallèle à celle en service de RFF

#### Arrêts

- ✓ 2 arrêts
  - ✓ Gare de Cocheren au km 1,590 ; deux voies, point de croisement
  - ✓ Gare de Béning-lès-Saint-Avold au km 4,330 ; deux voies, point de croisement

#### Traversées

- ✓ Passage à niveau (en service) au km 1,640

#### Mesures

- ✓ Transformation du pont autoroutier actuel

#### Coûts

- ✓ 34,3 millions d'euros HT

### Variante recommandée pour la suite de la planification

- ✓ Variante VII.1, vu que la variante VII.2 n'apporte pas d'avantage en termes de coûts

#### Variante VII.1

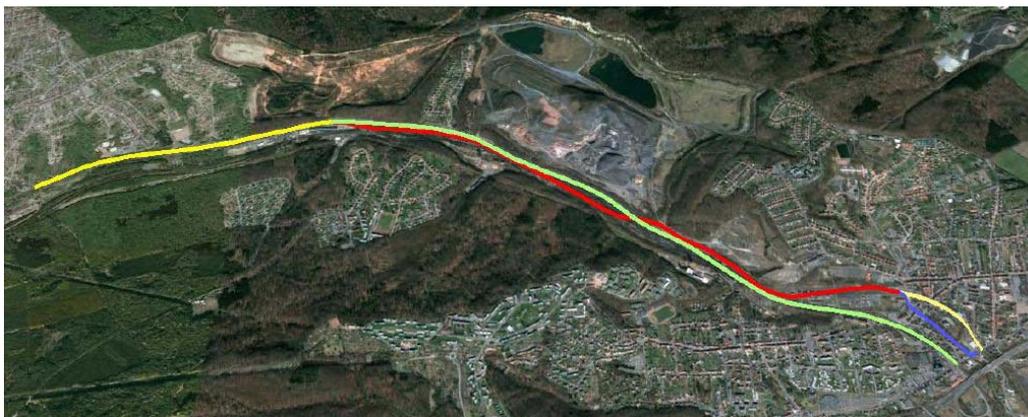
- + Situation en centre-ville : hausse de l'acceptation et du nombre de clients

#### Variante VII.2

- + Voie désaffectée
  - Situation à l'extérieur du tissu urbain
    - Les zones d'habitation sont largement contournées
    - Pas d'acceptation en cas de distance supérieure à 1500 m à vol d'oiseau de l'arrêt
  - Difficultés de réalisation des travaux de transformation du pont autoroutier existant sans interruption de l'exploitation

### 3.6.2 Tronçon VIII - Freyming–L'Hôpital

#### Remarque préliminaire sur le choix de la variante



Variantes initiales du tronçon VIII

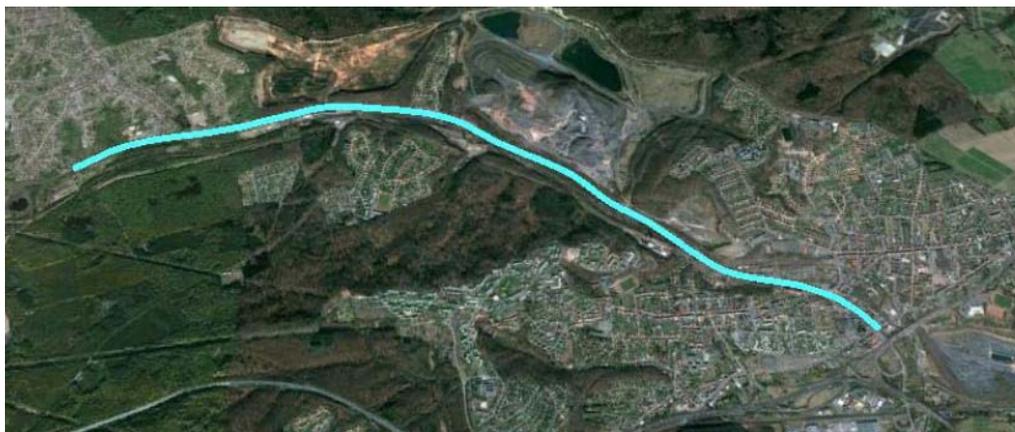
À l'origine, il s'agissait de mettre à l'étude différentes variantes sur le tronçon VIII. Après concertation avec le maître d'ouvrage, toutes les variantes ont été exclues hormis celle représentée en vert en raison de conflits liés à la planification d'une zone commerciale. Seule la variante en vert a donc fait l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de la présente étude de faisabilité.

L'auteur de la présente étude considère la variante retenue comme l'option de tracé la moins rentable. Le tram-train ne pouvant pas circuler sur les voies de la SNCF en raison de la tension de la ligne de contact, une voie supplémentaire dédiée devra être construite à côté de la ligne en service. Pour ce faire, tous les ouvrages existants (ponts ferroviaires et routiers) devront être adaptés afin de créer un corridor pour les voies du tram-train dans une zone de circulation en partie restreinte. Les frais subséquents seront considérables. Les autres variantes empruntent en partie des tracés désaffectés et ne nécessitent donc pas la mise en place d'un corridor spécial.

Sur la base de ces constats, les recommandations suivantes sont formulées :

- Concertation avec les planificateurs responsables de la zone commerciale pour clarifier la possibilité de prévoir et de réserver un corridor pour le tram-train.
- Concertation avec la SNCF pour clarifier la possibilité de renoncer à une voie ferroviaire au profit de son utilisation par le tram-train. Il serait ainsi possible de démanteler la caténaire de la SNCF présente sur cette voie et de construire la ligne de contact nécessaire pour le tram-train.
- Modification du système d'électrification prévu (courant 750 V) en faveur d'un autre système de motorisation (p. ex. traction diesel). Le tram-train pourrait ainsi circuler sur les voies en service de la SNCF.

Dans ce contexte, il est à noter que de nombreuses entreprises de transport réfléchissent actuellement à des systèmes de motorisation alternatifs afin de prévenir des investissements très coûteux dans des systèmes de ligne de contact.



Tronçon VIII

#### Déroulement du tracé

- ✓ Une seule voie dans la voirie de la N3 jusqu'au km 4,290

#### Arrêts

- ✓ 2 arrêts
  - ✓ Gare de Freyming-Merlebach au km 0,388
  - ✓ Pleine voie au km 3,560

#### Traversées

- ✓ Ponts routiers au km 0,234 + km 1,360
- ✓ Passage de lignes au km 0,724 + km 1,500
- ✓ Pont ferroviaire au km 2,100 ; tracé désaffecté - démolition
- ✓ Point de croisement d'env. 300 m au km 3,250
- ✓ Passage à niveau au km 4,150

#### Mesures

- ✓ Modification de l'écoulement des eaux de pluie sur 1000 m pour la D26
- ✓ Démolition du poste d'enclenchement et construction d'un mur de soutènement sur 300 m de long ; hauteur de 3,50 m

#### Coûts

- ✓ 30,2 millions d'euros HT

### 3.6.3 Tronçon IX - L'Hôpital–Creutzwald



Tronçon IX

#### Déroulement du tracé

- ✓ Une seule voie parallèle à la ligne en service de RFF

#### Arrêts

- ✓ 3 arrêts
  - ✓ Gare de L'Hôpital au km 1,020 ; deux voies, point de croisement
  - ✓ Passage à niveau à L'Hôpital au km 2,530
  - ✓ Gare de Carling au km 4,850 ; deux voies, point de croisement

#### Traversées

- ✓ Passerelle pour piétons au km 0,353
- ✓ Pont ferroviaire au km 1,900 + km 4,540
- ✓ Ponts routiers au km 3,150 + km 3,680 + km 5,520 + km 7,380
- ✓ Point de croisement d'env. 300 m au km 6,950
- ✓ Passage à niveau au km 2,530 + km 4,850

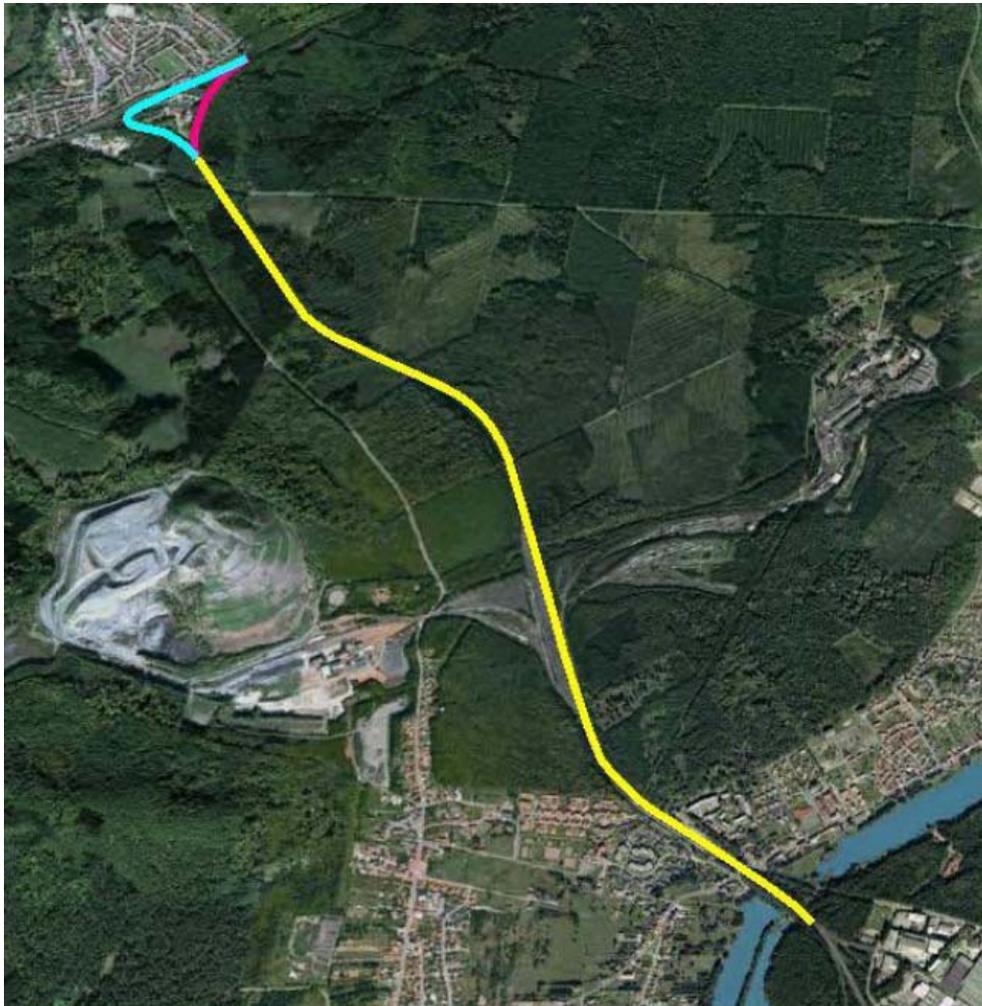
#### Mesures

- ✓ Mur de soutènement au km 0,000, longueur d'env. 1200 m, hauteur d'env. 3 m
- ✓ Ouvrage de soutènement au km 4,540, longueur d'env. 800 m, hauteur d'env. 7 m (paroi de pieux forés)

#### Coûts

- ✓ 71,7 millions d'euros HT

### 3.6.4 Tronçon X - Creutzwald–Falck



Tronçon X

#### Déroulement du tracé

- ✓ Une seule voie, parallèle à ligne en service de RFF jusqu'au km 4,180
- ✓ Construction jusqu'au km 4,750
- ✓ Ligne ferroviaire désaffectée jusqu'au km 5,119

#### Arrêts

- ✓ 2 arrêts
  - ✓ Gare de Creutzwald au km 0,590, deux voies, point de croisement
  - ✓ Falck au km 4,718, deux voies, point de croisement

#### Traversées

- ✓ Pont ferroviaire au km 0,287 + km 4,000
- ✓ Ponts routiers au km 2,150

#### Mesures

- ✓ Élargissement des ponts ferroviaires et routiers
- ✓ Ouvrage de soutènement au km 0,287, longueur env. 800 m, hauteur env. 7 m

#### Coûts

- ✓ 45,3 millions d'euros HT

### 3.6.5 Tronçon XI - Falck-Überherrn-Wadgassen (tracé à gauche de la Sarre)



Tronçon X

#### Déroulement du tracé

- ✓ Une seule voie jusqu'au km 19,760 sur le tracé existant (en partie en service)

#### Arrêts

- ✓ 3 arrêts
  - ✓ Gare de Überherrn au km 4,660, deux voies, point de croisement
  - ✓ Differten au km 10,730, deux voies, point de croisement
  - ✓ Wadgassen au km 14,170, deux voies, point de croisement

#### Traversées

- ✓ 5 passages à niveau (1x désaffecté au km 2,800 ; 1x non protégé au km 4,500 ; 3x protégés aux km 10,730 ; 12,080 ; 14,170)
- ✓ 9 ponts ferroviaires (km 2,030 ; 3,440 ; 5,960 ; 14,210 ; 14,360 ; 16,460 ; 17,160 ; 17,460 ; 19,010)
- ✓ 8 ponts routiers (km 2,800 ; 4,250 ; 7,040 ; 9,380 ; 14,560 ; 15,960 ; 18,360 ; 18,460)

#### Mesures

- ✓ Réfection du tunnel au km 18,760
- ✓ Modification du tracé au km 14,560
- ✓ Points de croisement aux km 2,100 ; 7,560 ; 16,560
- ✓ Concertation avec l'exploitant privé actuel concernant la future utilisation

#### Coûts

- ✓ 111 millions d'euros HT

### 3.7 Recommandation concernant la suite de la procédure

Afin de consolider les hypothèses formulées dans la présente étude de faisabilité et de renforcer la sécurité de la planification lors du choix de la variante, il est préconisé de procéder dans une prochaine étape au relevé topographique du tracé prévu et de réaliser un tracé sommaire au niveau des nouveaux tronçons.

Il est préconisé de faire appel à un expert pour évaluer l'état et la possibilité d'assainissement des ouvrages existants afin d'accroître la fiabilité des coûts.

Les concertations avec la SNCF et l'exploitant privé (tronçon XI) devront être engagées suffisamment tôt.

## 4 Partie 4 – Benchmark relatif à une exploitation basée sur le biogaz

### 4.1 Motorisation au biogaz (uniquement pour les bus)

Il convient de déterminer dans un premier temps le parc de véhicules nécessaires en fonction de la ligne planifiée (Sarrebbruck–Forbach, Petite ou Grande boucle), du cadencement et de la longueur du parcours, puis de définir la consommation annuelle de biocarburants.

Les bus sont de gros consommateurs de carburant avec près de 70 Nm<sup>3</sup>/100 km pour environ 400 km d'autonomie (p. ex. Irisbus Agora CNG), soit 70 l/100 km. Selon plusieurs analyses économiques, le surcoût d'env. 15% des bus au gaz naturel par rapport aux bus diesel est compensé par des économies de carburant substantielles.

La taille des stations de recharge des bus est fonction du procédé de remplissage. Dans le cas d'un remplissage sous pression, un stockage à haute pression à 250 bars ou plus est nécessaire. Le ravitaillement peut s'effectuer en quelques minutes. Le remplissage lent étant préconisé pour les bus, celui-ci s'effectue généralement de nuit sur de grandes surfaces.

### 4.2 Production d'énergie via une centrale de cogénération et injection

Les possibilités de production d'énergie électrique à partir du biogaz et d'injection directe de celle-ci dans le système d'entraînement n'ont pas pu être analysées dans le cadre de la présente comparaison. Par la suite, il conviendrait d'étudier la possibilité d'injection directe vers la caténaire ou via un accumulateur tampon et un rechargeur intermédiaire aux stations (cf. le tramway dans la ville de Luxembourg).

### 4.3 Pile à combustible alimentée par hydrogène

La pile à combustible produit de l'énergie en transformant l'hydrogène et l'oxygène en eau à l'aide d'un catalyseur. Actuellement, il n'existe pas de moyen de transport équipé de ce type de motorisation prêt pour une fabrication en série. Dans ce contexte, il est à noter que de nombreuses entreprises de transport réfléchissent actuellement à des systèmes de motorisation alternatifs afin de prévenir des investissements très coûteux dans des systèmes de ligne de contact. Le Ministère fédéral allemand des transports et de l'infrastructure numérique (*Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, BMVI*) encourage le développement d'une nouvelle génération de véhicules ferroviaires à motorisation par pile à combustible et, dans le cadre d'un marché de prestations de services, indique ce qui suit :

*« Étant donné que seulement 50% du réseau ferroviaire allemand est électrifié en raison de la part élevée de lignes secondaires, la motorisation diesel conserve une importance élevée. Une grande partie des lignes du trafic régional n'est pas électrifiée ou seulement partiellement. Dans d'autres pays également, où le pourcentage de lignes électrifiées est en partie largement inférieur à celui en Allemagne, les tractions diesel continuent d'occuper une place importante. L'électrification a posteriori des lignes secondaires n'étant, la plupart du temps, pas économiquement viable en raison de prestations de transport insuffisantes,*

*les véhicules pourvus d'un système moteur autonome revêtent une importance majeure sur l'ensemble du réseau.*

*Devant ce constat, le Ministère fédéral allemand des transports et de l'infrastructure numérique soutient le développement par la société Alstom d'une nouvelle génération de véhicules ferroviaires à motorisation par pile à combustible, dans le cadre du programme d'innovation national dédié aux technologies de l'hydrogène et des piles à combustible. Ces véhicules représentent à long terme une alternative écologique aux autorails diesel conventionnels utilisés actuellement sur les lignes du trafic régional non électrifiées. La motorisation par pile à combustible offre des perspectives d'efficacité énergétique accrue et de coûts moindres par rapport aux autorails diesel conventionnels. Si cette technologie s'avérait utilisable au quotidien, elle représenterait une alternative à zéro émission.*

*Des véhicules ferroviaires seront développés sur la base de l'autorail diesel Lint 54 de la société Alstom. Les premiers prototypes seront testés dès la fin 2016. Les véhicules seront développés et fabriqués au sein du centre de compétences des trains régionaux d'Alstom à Salzgitter. D'ici à 2021, 50 véhicules au total seront mis en service dans quatre Länder (Basse-Saxe, Rhénanie-du-Nord-Westphalie, Bade-Wurtemberg et Hesse) dans le cadre du trafic voyageurs régulier. »*

Source : <https://www.bund.de/IMPORTE/Ausschreibungen>