

Etudes complémentaires suite au débat public

Rapports

nice gènes toulon lyon marseille barcelone paris aix-en-provence turin londres bordeaux bruxelles



lille nice madrid montpellier cannes strasbourg amsterdam frejus toulon st-raph



Etudes de points singuliers

Rapport

Juin 2008



SOMMAIRE

1.	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	2
1.1	Contexte	2
1.2	Zones d'étude	2
1.3	Objet du présent rapport.....	3
2.	DEMARCHE DE L'ETUDE	4
2.1	Méthodologie générale	4
2.2	Eléments dimensionnants.....	4
2.3	Méthode d'optimisation du tracé – Mesure des impacts.....	11
2.4	Méthode retenue pour l'estimation	12
2.5	Organisation de chantier / éléments de phasage	13
3.	PRESENTATION DES SOLUTIONS ETUDIEES AU NORD DE MARSEILLE	14
3.1	Tronçon commun.....	14
3.2	Solution Saint-Charles : tunnel avant l'A7.....	14
3.3	Solution Blancarde : tunnel à Saint-Barthélémy	15
3.4	Tunnel monotube ou bitube	16
4.	TUNNEL A SAINT-MARCEL.....	17
5.	ÉTUDE D'UNE TRAVERSEE EN SURFACE DE TOULON	18
5.1	Présentation des solutions à l'Ouest de Toulon.....	18
5.2	Présentation des solutions en gare de Toulon	18
5.3	Présentation des solutions à l'est de la gare	19
5.4	La prise en compte d'un scénario "traversée souterraine du centre de Toulon" .	19
6.	ÉTUDE DE SOLUTIONS D'ARRIVEE A NICE	20
6.1	Présentation de la solution proposée pour une arrivée à Cagnes-sur-Mer (solution de base, dite PK 211).....	20
6.2	Présentation de la solution proposée pour l'arrivée à Saint Laurent du Var (solution variante, dite PK 216).....	21
7	SYNTHESE ET QUANTIFICATION DES IMPACTS.....	23
.		

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

1.1 Contexte

Suite au débat public sur la LGV PACA qui s'est déroulé en 2005, RFF et les partenaires co-financeurs ont établi un programme d'études complémentaires. Celles-ci visent à :

- examiner et comparer les diverses contributions apportées au débat public pour en déduire des scénarios évalués de manière homogène,
- compléter l'évaluation technique de ces scénarios par une évaluation en termes de performances sur le plan transport.

La présente étude s'inscrit dans ce contexte de "compléments au débat public" préalable aux études préliminaires. Elle porte sur une série de "zooms techniques" sur quelques points de tracé en zone urbaine retenus à Marseille, Toulon et à l'arrivée à Nice, pour lesquels les enjeux sont :

- recherche de solutions "optimales" en termes d'impact, en s'assurant de leur faisabilité technique au regard des référentiels techniques ferroviaires,
- quantification des impacts des solutions proposées,
- estimation du coût des travaux pour intégration aux divers scénarios analysés dans le cadre des études complémentaires au débat public.

1.2 Zones d'étude

L'étude porte sur cinq "points singuliers" :

- les deux premiers concernent le secteur marseillais dans les scénarios "Métropoles du Sud". Dans ces scénarios, la ligne nouvelle traverse Marseille en empruntant les couloirs ferroviaires existant au Nord (PLM) et au Sud (dans la vallée de l'Huveaune), ces deux sections étant reliées par un tunnel comprenant une gare souterraine située soit dans le secteur de Saint-Charles, soit autour de la gare de la Blancarde. Les deux points singuliers objet de l'étude sont :
 - ✓ d'une part, à Marseille Nord, le doublement de la PLM entre la jonction PLM-LGV Méditerranée (secteur des Tuileries) et la tête du tunnel sous le centre-ville (deux positions pour cette tête de tunnel selon la localisation de la gare de Marseille),
 - ✓ d'autre part, la tête de tunnel Sud à l'arrivée dans la vallée de l'Huveaune (secteur de Saint-Marcel),
- le troisième concerne la traversée en surface de Toulon (élargissement de l'existant) dans les scénarios "Métropoles du Sud" par Toulon Centre, avec plusieurs variantes fonctionnelles envisagées,
- les quatrième et cinquième concernent le raccordement de la ligne nouvelle sur la ligne classique pour la desserte de Nice, respectivement :
 - ✓ dans le secteur de Cagnes-sur-Mer (au niveau du PK 211 de la ligne classique),
 - ✓ dans l'hypothèse d'une jonction dans le secteur de Saint-Laurent-du-Var.

Les paragraphes de présentation de ces solutions rappellent les schémas fonctionnels retenus à ce stade.

1.3 **Objet du présent rapport**

Le présent rapport a pour objet de présenter :

- La méthodologie et les hypothèses employées.
- les résultats des études : tracés et quantification des impacts,

Les réflexions présentées sont menées au stade préalable aux études préliminaires, à l'échelle du 1/2000 qui est le niveau attendu pour un avant-projet.

Il est dès lors important de souligner qu'elles ont pour objectif de prendre la mesure des impacts des solutions envisagées, et non pas de figer le projet. Ces études sont ainsi réalisées en utilisant les valeurs "normales" (et non exceptionnelles) des référentiels techniques ferroviaires, pour des circulations réservées aux trains de voyageurs, ceci afin de permettre la prise en compte, dans les études ultérieures :

- des contraintes techniques locales (aspects géotechniques, problématique de réseaux en urbain,...),
- des évolutions ultérieures du contexte,
- des dispositions d'exploitation spécifiques (exemple : voies d'évitement...).

2. DEMARCHE DE L'ETUDE

2.1 Méthodologie générale

La méthodologie employée par SETEC suit les étapes suivantes :

- Repérage des contraintes par :
 - ✓ visite approfondie des sites d'étude,
 - ✓ rencontre avec les services des villes concernées : Marseille, Toulon, Nice,
 - ✓ intégration des données d'entrée : topo, projets à proximité des secteurs d'étude (L2 Nord, élargissement ferroviaire dans la vallée de l'Huveaune à Marseille ; projet de tramway à Toulon ; 3^{ème} voie ferroviaire dans le secteur de Nice).
- Définition des « éléments dimensionnants » : coupes, gabarits, valeurs minimales des éléments géométriques de tracé aux vitesses considérées pour des circulations voyageurs.
- Intégration des contraintes et éléments dimensionnants pour définir un tracé des voies ferrées « optimal » en termes d'impact minimal et de faisabilité sous exploitation.
- Mesure des impacts et estimation des coûts des solutions proposées.

2.2 Eléments dimensionnants

Les solutions de tracé étudiées n'intègrent que peu de données extérieures aux contraintes purement techniques. Sont notamment inconnues à ce stade : la géologie précise, les contraintes environnementales locales, ...

Il a donc été retenu de garder une souplesse pour la suite des études en restant systématiquement dans les limites normales des référentiels techniques ferroviaires.

- Gabarits

Le référentiel IN 0162 précise les données à prendre en compte en fonction des vitesses considérées. Les données sont résumées dans le tableau ci-après.

V	< 200 km/h	= 200 km/h
Entraxe entre 2 lignes (*)	3,62	3,67
Entraxe entre 2 lignes avec piste (*)(**)	5,50	5,50
Contour N : distance de sécurité à respecter vis-à-vis de l'obstacle le plus proche depuis l'axe de la voie (intègre une piste de 70 cm)	3,00	3,50

(*) sur une voie ferrée, chaque voie doit être longée par une piste de 0,70 m sur au moins un côté

(**) l'entraxe de 5,50 m peut permettre d'implanter un poteau caténaire intermédiaire

Les largeurs de plates-formes retenues, hors murs/talus, sont résumées dans le tableau ci-après.

	V < 200 km/h	V = 200 km/h
3 voies	19,70 m	Non rencontré dans l'étude
4 voies	25,20 m	25,25 m
4 voies optimisées	23,32 m	23,42 m
5 voies	28,82 m	non rencontré dans l'étude

A ces points, il est nécessaire d'ajouter, en bord extérieur de plate-forme, une réservation pour implanter un éventuel dispositif de drainage, des protections acoustiques (murs), des câbles nécessaires aux équipements de la voie (énergie, signalisation, télécom). Dans la présente étude, une largeur de 3,60 m a été retenue entre l'axe de la voie et le bord de plate-forme le plus proche (début du talus ou du dispositif d'assainissement), décomposée en :

- 2,30 m sans obstacle (contour réglementaire hors piste) ;
- 0,30 m de section du poteau caténaire ;
- 1 m pour la piste de 0,70 m et les équipements.

Par ailleurs, dans les zones de tranchées ouvertes ou couvertes, le respect du contour N conduit à considérer, entre murs, les largeurs suivantes :

	V < 200 km/h	V = 200 km/h
Tranchée pour une voie	$2 \times 3 = 6$	$2 \times 3,50 = 7$
Tranchée pour deux voies	$6 + 3,62 = 9,62$	$7 + 3,67 = 10,67$
Tranchée pour trois voies	$6 + 3,62 + 5,50 = 15,12$	$7 + 3,67 + 5,50 = 16,17$

Ici encore, ces valeurs a minima impliquent des dispositions spécifiques pour les caténaires dans les zones de tranchées ouvertes (poteaux sur les murs ou attaches des caténaires ancrées dans les murs de la tranchée).

Les profils en travers joints en annexe au présent rapport précisent ces dispositions.

Enfin il a été retenu, à ce stade et pour garder une souplesse ultérieure de tracé :

- un gabarit en hauteur de 10 m environ entre le niveau du projet et celui de la chaussée d'un rétablissement en passage supérieur (pont route : PRO),
- un gabarit de 7 à 8 m pour un rétablissement en passage inférieur (pont rail : PRA).

Ces gabarits ne sont pas contraignants à priori dans les profils en long étudiés. Ils permettent de respecter les gabarits routiers/ferroviaires, ainsi que de dégager les épaisseurs des structures d'ouvrage.

➤ Attaque des tunnels

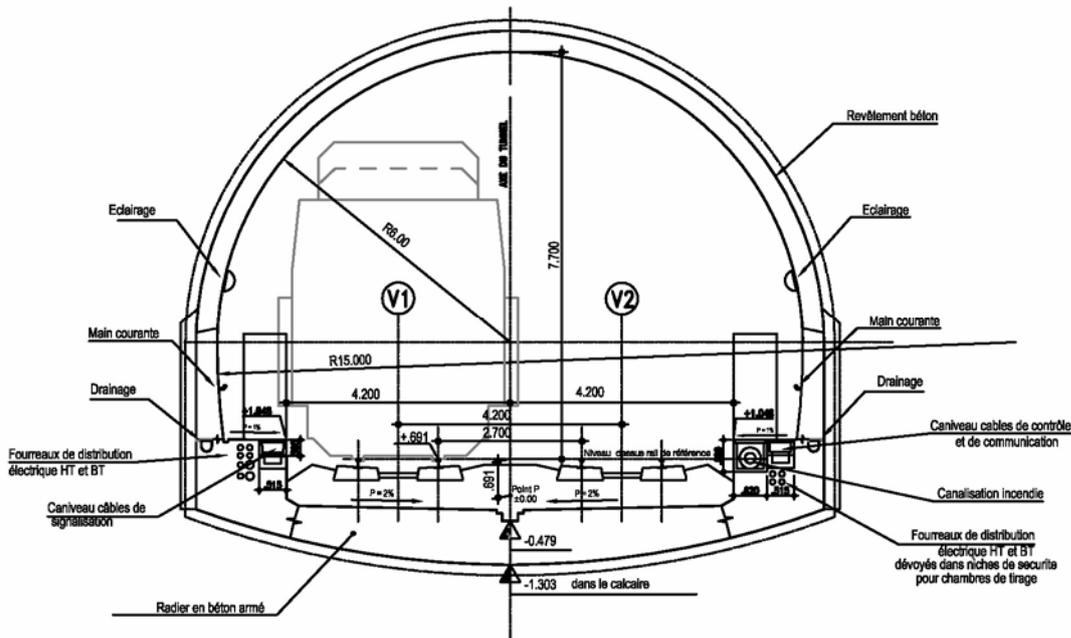
Un des principaux impacts des solutions étudiées concerne les secteurs des tranchées d'accès aux tunnels. En effet, les techniques spécifiques de creusement du tunnel (méthode traditionnelle ou mécanisée) impliquent :

- soit d'être suffisamment enterré pour ne pas influencer sur l'existant en surface (bâti, voirie, ...),
- soit de conforter les terrains au niveau des attaques à l'avancement.

A ce stade des études, aucune étude précise concernant les terrains rencontrés dans les secteurs étudiés n'est disponible. Afin de s'affranchir des risques potentiels sur la faisabilité ultérieure du projet, il est retenu dans le présent dossier de considérer une limite tranchée/tunnel quand une couverture de 1,5 diamètre au-dessus du tube est dégagée.

• *Tunnels monotubes*

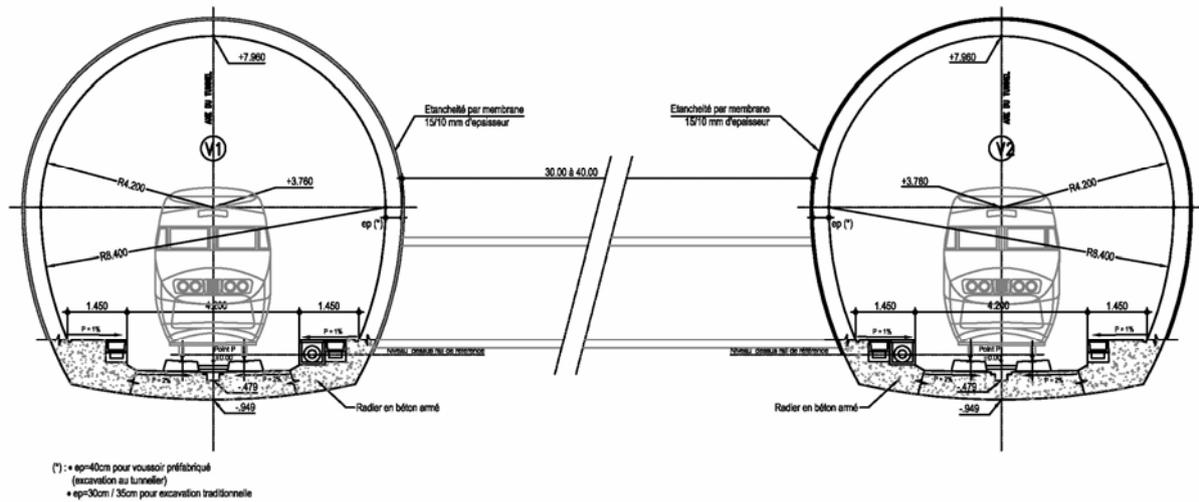
Les tunnels monotubes considérés ont des sections de 85 m² (voir coupe schématique ci-après), soit un diamètre de 12 m.



Une couverture de 27 m entre le terrain naturel et le niveau du projet a été recherchée pour les tunnels monotubes.

- *Tunnels bitubes*

Ils ont des sections de 52 m², pour un diamètre de 8,40 m.



Une couverture de 18 m entre le terrain naturel et le niveau du projet a été recherchée pour les tunnels monotubes.

De plus, le pilier entre les deux tubes doit être suffisant pour éviter que le creusement de l'un ne perturbe l'autre.

Il est retenu de rechercher des tracés présentant, au niveau des têtes, un entraxe autour de 20 à 25 m, soit deux diamètres entre tubes.

- *Cas particulier du tunnel de Saint-Louis*

Pour le tunnel de Saint-Louis à Marseille Nord, il a été recherché un « écart suffisant » en plan par rapport aux têtes du tunnel existant.

Une distance de 20 m environ est retenue.

Ces valeurs seront optimisées dans les prochaines phases d'étude (meilleure connaissance du contexte, des techniques adoptées pour le creusement, des sections d'air des tunnels considérées, ...). Cette optimisation devrait aller dans le sens d'une diminution des profondeurs, et donc des impacts.

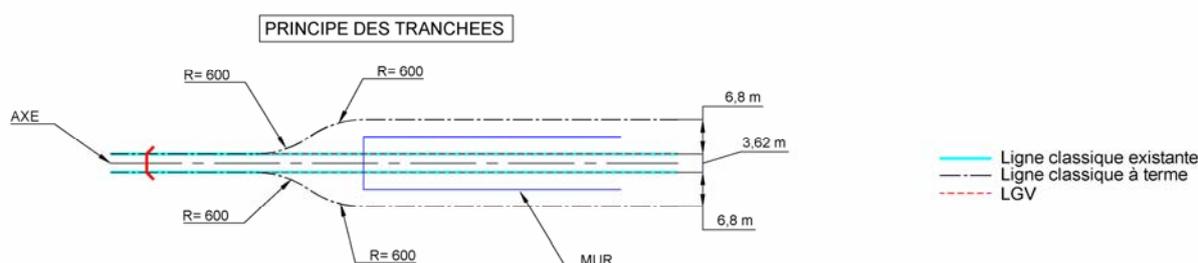
En effet, une couverture moindre permettrait de diminuer la longueur des tranchées, et notamment :

- les zones de tranchées ouvertes, dans lesquelles les voies LGV « plongent »,
- les zones de tranchées couvertes, à ouvrir car la couverture est insuffisante mais dégagant un gabarit suffisant pour permettre de couvrir par une dalle la tranchée. Dans ces zones, ce qui est en surface est détruit en phase chantier, mais un rétablissement (ferroviaire, routier) ou un bâtiment peuvent y être reconstruit par la suite.

A noter enfin que, vu la densité urbaine de certains secteurs étudiés, ces tranchées devront parfois être ouvertes entre deux murs de soutènement de grande hauteur (donc avec des techniques spécifiques : butons, ...) afin de minimiser leur impact.

Le coût de ces ouvrages de génie civil non courants est ainsi très élevé.

Afin de minimiser les emprises supplémentaires nécessaires, il a été recherché au maximum des solutions visant à réaliser ces tranchées dans les emprises ferroviaires, en rétablissant les lignes existantes sur les couvertures des zones de « tranchées couvertes » décrites ci-dessus, selon le schéma suivant :



➤ Valeurs géométriques

Les valeurs géométriques dimensionnantes pour les solutions étudiées sont les valeurs minimales normales, pour des circulations de trains de voyageurs, présentées dans les référentiels de tracés ferroviaires : IN 3278 et IN 0272.

Les ordres de grandeur des valeurs retenues sont résumés ci-après pour les vitesses considérées :

	V = 130 km/h	V = 200 km/h
Rmin en plan	650 m	1 500 m
Rmin parabole en long	6 000 m	10 000 m
Pente maximale	3,5 %	3,5 %

En théorie, pour les vitesses < 200 km/h, l'IN 0272 s'applique. Il est cependant, dans certains cas, plus contraignant que l'IN 3278 qui s'applique aux circulations de TGV. Dans ces cas, l'IN 3278 est retenue.

Dans les secteurs d'études, les nombreuses contraintes rencontrées impliquent que les problématiques de coordination des tracés en plan et profils en long deviennent souvent les éléments dimensionnants du tracé.

Les règles mentionnent sur ce point que :

- les interférences entre raccordements de tracé en plan et de profil en long sont interdits ;
- une distance minimale de 30 m entre ces éléments de tracés doit être respectée.

Ainsi, dans une zone au tracé sinueux, il est difficile d'implanter les éléments de géométrie en long permettant par exemple de « plonger » au plus tôt (voir par exemple les solutions

d'arrivée à Nice au droit de Saint-Laurent-du-Var).

➤ Elargissement des plates-formes existantes

Dans les secteurs où la plate-forme existante est à élargir, la géométrie des voies n'a globalement pas été modifiée (pas de rectification des valeurs des rayons en plan par exemple). De plus, il a été retenu un élargissement des plate-formes, sans modification des profils en long, notamment pour ne pas risquer d'entamer certains gabarits des voies franchies.

Le travail a ainsi essentiellement consisté en un repérage du « côté préférentiel » à impacter (au Nord, au Sud, de part et d'autre) pour implanter les voies supplémentaires, puis à prévoir des murs de soutènement du talus dans les secteurs où ceux-ci permettent de :

- rester dans les emprises,
- ou de minimiser l'impact (sur tel bâti, telle voirie, ...).

➤ Appareils de voie

L'implantation des appareils de voie est soumise à de nombreuses règles contraignantes pour la géométrie des tracés :

- implantation en alignement droit sur une longueur minimale $V/2 +$ longueur de l'appareil $X + 50$ m,
soit : plus de 200 m pour des appareils permettant une vitesse de 130 km/h en voie déviée,
143 m mini pour des appareils franchis à 80 km/h,
- implantation en déclivité constante ;
- implantation à plus de 50 m d'un ouvrage d'art non courant.

Ces règles ont une conséquence directe sur le choix des zones de raccordement LGV/ligne classique.

A noter que les études ultérieures pourront montrer l'intérêt d'employer des appareils de voie spécifiques (franchissement à des vitesses plus faibles, appareils de voie cintrés). Ceux-ci ne sont pas pris en compte à ce stade, toujours dans le double souci de :

- garder un maximum de souplesse de tracé pour la suite des études,
- mesurer au mieux l'impact potentiel des solutions retenues.

➤ Autres contraintes techniques

- *Installations de chantier*

Des zones potentielles d'installations de chantier sont repérées sur les plans. Elles n'ont pas de dimensionnement spécifique, mais permettent de réaliser l'impact de l'organisation de tels travaux de génie civil (tranchées, têtes de tunnel, tunnels, ...) dans des contextes urbains denses.

- *Locaux techniques et équipements des tunnels*

Des plates-formes (40 x 10 m) sont prévues en tête des tunnels pour implanter des locaux techniques. Ce point devra faire l'objet d'études ultérieures spécifiques, en accord avec la réglementation en vigueur au moment des travaux et les discussions avec les administrations concernées (SDIS, ...).

On peut cependant noter que le contexte urbain simplifie a priori ces problématiques : proximité des réseaux (eau, énergie), voiries pouvant être coupées à proximité des têtes pour dégager l'espace plan permettant d'installer un poste de secours avancé en cas d'accident (la STI « sécurité en tunnel » mentionne 500 m² à dégager en tête de tunnel, sur une surface plane), ...

- *Appareils de dilatation pour ouvrages d'art*

Les ouvrages d'art (viaduc, ...) de grande longueur (> 90 m) peuvent présenter des dilatations importantes, mal absorbées par les rails soudés. Il est alors nécessaire d'implanter, au niveau des culées de ces ouvrages, des appareils de dilatation sur les rails. L'implantation de ces appareils est très contraignante en terme de tracé : alignement droit ou courbe de rayon supérieur à 3 000m, pose en dehors des raccords progressifs, en déclivité constante a priori,...

Dans les secteurs étudiés, cette contrainte vient en plus de toutes celles précédemment citées... et il n'est souvent pas possible de la respecter (exemple : secteur de Saint-Marcel à Marseille). S'en affranchir implique des choix techniques spécifiques pour les ouvrages concernés, comme par exemple le choix de viaducs en estacade (somme de « petits » viaducs, de longueur inférieure à 90 m), ne permettant pas une grande souplesse sur les partis pris architecturaux par ailleurs.

2.3 Méthode d'optimisation du tracé – Mesure des impacts

L'objet de l'étude est d'affiner les impacts (hors considérations environnementales par ailleurs) des solutions envisagées. SETEC s'est ainsi attaché à appliquer les normes/référentiels (voir 2.2 ci-dessus) pour rechercher des solutions impactant « au minimum » les secteurs traversés. Ce minimum vient d'une analyse hiérarchisant les impacts : bâti > rétablissement de voirie > surface d'emprises non ferroviaire.

Par exemple, pour élargir à 4 voies une plate-forme existante à 2 voies, l'analyse conduira :

- à privilégier l'élargissement dans les emprises ferroviaires existantes, en raidissant par exemple les talus,
- quand il apparaît nécessaire d'envisager des emprises supplémentaires, à privilégier l'impact sur un jardin, voire une voirie, à rétablir par ailleurs, en évitant au maximum de devoir détruire des bâtiments.
- Néanmoins, ce principe de conception conduit à systématiser les murs de soutènement, parfois très proches des bâtiments, et devra être complété par des phases de concertation lors des études ultérieures.

L'objet étant cependant d'obtenir une idée des impacts potentiels, et non de définir le futur tracé exact des voies, il est retenu de regarder des tracés à une échelle précise (1/2 000) à ce stade très amont des études, échelle également rendu nécessaire par le fait que l'étude concerne des zones urbaines ou semi urbaines.

2.4 Méthode retenue pour l'estimation

Les ratios de prix retenus sont issus de ceux constatés ou agglomérés pour des projets ferroviaires récents ou études réalisés par SETEC (LGV Rhin Rhône, étude APS du Contournement Ferroviaire de Lyon). Les prix issus de ces sources ont été majorés de 15 % environ pour tenir compte du contexte urbain et de la proximité de voies ferroviaires circulées, rendant le présent projet très particulier (cadences faibles – voir paragraphe 2.5).

Plusieurs postes ont été retenus dans les ratios envisagés :

1) Etudes

Ce poste concerne les frais de maîtrise d'ouvrage, de maîtrise d'œuvre et les montants alloués aux études complémentaires permettant de définir le projet. Il représente 14 % du montant brut des travaux.

2) Foncier et dégagement d'emprises

Ce poste présente une estimation des surfaces d'emprises à acquérir, basée sur un calcul sommaire de surface et une comparaison avec les emprises ferroviaires existantes.

Cette famille comprend également les postes clôtures et écrans acoustiques. Pour ces derniers, au vu de la proximité des zones bâties, ils concernent suivant les cas 50 à 75 % des linéaires.

3) Travaux de terrassement et assainissement

Les quantités de déblais / remblais sont estimées par application de profil en travers dans les zones d'élargissement, et analyse des profils en long dans les zones de tranchée. Les prix unitaires comprennent pour moitié le transport des matériaux.

4) Travaux d'ouvrage d'art

Cette famille constitue le gros poste des solutions estimées. Il a été retenu un sectionnement par type d'ouvrage : mur de soutènement, mur de tranchée, dalle de couverture de tranchée (hors murs), viaduc,...

Pour chacun de ces ouvrages, la surface utile (surface apparente d'un mur – largeur utile d'un ouvrage de franchissement) est quantifiée.

5) Equipements des voies

Cette famille présente des ratios ramenés aux linéaires de voies à créer / translater.

6) Approches du génie civil des travaux en gare

Ce poste prend en compte, dans les aménagements en gare, le génie civil des quais et la construction d'un petit bâtiment. Cette approche sommaire permet essentiellement de ne pas omettre ces coûts dans le cas de rétablissement des haltes ferroviaires réaménagées (exemple : halte St Louis à Marseille).

7) Estimations des mesures complémentaires



Cette famille concerne essentiellement les voiries à rétablir, mais également les éventuelles mesures de compensation à envisager (exemple : reconstruction de parking pour l'hippodrome de Cagnes-sur-mer).

2.5 Organisation de chantier / éléments de phasage

Le stade des présentes études ne permet pas d'avancer des hypothèses très précises sur des éléments de programmation des solutions étudiées.

Quelques principes peuvent être soulignés :

- 1) Il peut-être préférable d'intervenir sur des voies existantes (pour des raccordements,...) lors de périodes de coupures prolongées. Cependant, les lignes considérées (PLM ou Marseille – Vintimille) ne permettront pas à priori des coupures d'exploitation : les travaux se feront donc à proximité de circulation ferroviaire, avec des cadences amoindries.
Cependant, certaines phases du chantier nécessiterons de fait des coupures importantes : décalage des voies existantes, constructions de tranchées couvertes dans les emprises ferroviaires,...
- 2) Les sites de travaux sont exigus, et les zones de dépôt a priori éloignées, ce qui rend les mouvements de matériaux difficiles. Pourtant, dans les zones de tranchées, les déblais à évacuer peuvent être importants. Ce point peut devenir dimensionnant dans l'organisation du chantier.
- 3) L'objectif retenu de minimiser les impacts entraîne la multiplication des ouvrages d'art de soutènement, de couverture,... Ce point rend également complexe l'organisation du chantier.

3. PRESENTATION DES SOLUTIONS ETUDIEES AU NORD DE MARSEILLE

Dans les variantes de la LGV PACA envisageant une traversée souterraine de Marseille, les scénarios retenus consistent en :

- l'élargissement de la plate-forme ferroviaire en sortie de la tranchée de Saint-Antoine sur la LGV Méditerranée, pour ajouter 2 voies supplémentaires dans les zones franchies en surface,
- l'implantation d'une tête de tunnel avec 2 secteurs envisagés :
 - . avant le franchissement de l'A7 (scénario Saint-Charles),
 - . au niveau de Saint-Barthélémy (scénario Blancarde).

Cette traversée de Marseille est conçue pour une vitesse de 200 km/h sur les voies principales (voies LGV). Le schéma fonctionnel retenu pour l'étude est rappelé avec les synoptiques des solutions retenues présentés ci-après.

3.1 Tronçon commun

Dans toutes les solutions, la plate-forme est élargie avec ajout de 2 voies supplémentaires à partir de la zone des Tuileries, au raccordement avec la LGV Méditerranée. Cet élargissement permet d'implanter 2 voies LGV au centre, et les lignes classiques (TER / fret) en extérieur, afin de maintenir au mieux les fonctionnalités existantes (haltes ferroviaires, embranchements).

Cet ajout implique le percement de 2 nouveaux tubes de part et d'autre du tunnel de Saint-Louis existant, éloignés d'une vingtaine de mètres du tube existant (hypothèse de creusement réaliste à ce stade des études).

Ce percement engendre la destruction de bâtiments à proximité des têtes existantes.

En sortie de tunnel, la voie ferrée existante traverse en ligne droite et en remblai, une zone d'ambiance mixte industries / lotissements pavillonnaires.

La largeur de plate-forme permet son élargissement sans impact majeur sur les bâtiments (voiries longitudinales aux caractéristiques éventuellement réduites), quitte à multiplier les murs de soutènement.

Il est souligné :

- Le maintien d'une halte ferroviaire à Saint-Louis (quais à refaire),
- le maintien du fonctionnement du centre de tri des déchets de St Louis

3.2 Solution Saint-Charles : tunnel avant l'A7

La solution retenue vise à privilégier une tranchée d'accès au tunnel dans les emprises ferroviaires, en écartant les voies latérales jusqu'à une profondeur de tranchée permettant son recouvrement.

Une telle solution :

- permet de s'affranchir des contraintes repérées au droit du secteur du tunnel : lotissement des Castors, lycée professionnel La Floride, ...
- au détriment des facilités de travaux sous exploitation ferroviaire (travaux de génie civil lourds à proximité des voies).

3.3 Solution Blancarde : tunnel à Saint-Barthélémy

➤ Secteur concerné

Les précédentes études ont mis en avant le triangle formé par la ligne PLM et la ligne Aix-Marseille, non bâti, permettant d'envisager des travaux lourds de génie civil (tunnel et tranchée).

➤ Solution retenue

Elle consiste, comme dans le scénario Saint-Charles, à implanter la tranchée au sein des emprises ferroviaires.

➤ Impact

L'impact de cette solution est mesuré en multipliant les murs de soutènements :

- le phasage sera délicat au niveau du rond-point de Sainte-Marthe dans sa configuration actuelle (avant la L2 Nord),
- impact potentiel sur le bâti au Sud de la voie ferrée, au niveau du rond-point de Sainte-Marthe, dans un îlot actuellement en reconstruction,
- impact ressenti au niveau de la cité cheminot à Saint-Barthélémy, avec un tracé de la voie ferrée élargie très proche des bâtiments.

➤ Projet au droit du MIN et interférence avec la L2 Nord

- Une discussion est en cours avec la DRE pour arrêter définitivement l'emprise ferroviaire dans le secteur du MIN, dans une hypothèse d'élargissement future de la plate-forme, pour intégrer cet élargissement à la restructuration du MIN. Cette réflexion intègre la nécessité d'un embranchement ferroviaire à rétablir au MIN.
- 2 options ont été envisagées, conformément au cahier des charges :
 - 2 voies supplémentaires au Nord (côté MIN) pour minimiser les impacts potentiels sur les zones habitées au Sud, en décalant l'axe existant,
 - 1 voie de part et d'autre, avec une emprise ferroviaire de 10,50 m au Nord. L'impact de cette deuxième solution est minime sur le bâti, et permet de moins impacter le projet de L2 nord.

3.4 Tunnel monotube ou bitube

Pour chaque solution, le tracé proposé envisage les deux possibilités de tunnels (monotube et bitube). Dans les deux cas, on peut considéré que l'impact est identique :

- dans la solution Saint Charles, le tracé en bitube , nécessite une développée importante des deux voies LGV qui doivent « s'écarter » l'une de l'autre. Cette développée entraîne un approfondissement des tracés au-delà de la couverture de 18 m envisagée comme hypothèse pour un tunnel bitube. La couverture retenue de 23 m, proche des 27 m envisagés pour un monotube, permet de retenir le tracé de la voie 2 comme tracé d'une variante en monotube du tunnel :
- dans la solution Blancarde, à l'opposé, c'est la développée nécessaire au dégagement de la couverture de 27 m pour l'option monotube (variante de base) qui permettrait d'envisager l'écartement des deux voies dans une option bitube.

Sur les plans, des zones pour installations de chantier de l'ordre d'un demi-hectare sont repérées à proximité immédiate des têtes de tunnel. Ces zones permettent a priori d'implanter les éléments nécessaires au chantier, quelle que soit la méthode de creusement retenue (traditionnelle ou par tunnelier).

L'accès au tunnel se ferait depuis ces zones en passant « sous » la voie classique déviée, celle-ci étant ainsi maintenue en exploitation.

A noter que pour les deux solutions présentées, les zones repérées n'engendrent pas d'impact sur le bâti. De plus, des surfaces supplémentaires se trouvent à proximité.

4. TUNNEL A SAINT-MARCEL

En sortie sud de Marseille, il a été recherché une sortie à l'air libre avant le franchissement de l'A50 et de la vallée de l'Huveaune, ceci notamment afin de minimiser les longueurs des tunnels considérés.

- Le secteur présenté dans cette étude est repéré car :
 - il présente une tête de tunnel dans une colline, ce qui permet de diminuer les longueurs des tranchées d'accès,
 - il concerne une zone peu bâtie (jardin d'une résidence), à proximité de la zone de raccordement à la ligne classique envisagée.
- Ce secteur présente de nombreuses contraintes :
 - franchissement de l'A50,
 - franchissement de l'Huveaune,
 - raccordement à la ligne classique (projet à 4 voies dans la vallée de l'Huveaune étudié par ailleurs et pris comme entrant de la présente étude), à proximité de la gare de Saint-Marcel.
- Setec a étudié diverses solutions :
 - suivant la vitesse de franchissement ($V = 130 \text{ km/h}$, $V = 200 \text{ km/h}$),
 - suivant les impacts (impacts sur des bâtis industriels ou impacts sur la gare de Saint-Marcel).

La solution préférentielle retenue est une solution à $V = 200 \text{ km/h}$ (préservant des développements futurs dans la vallée de l'Huveaune) n'impactant pas la gare de Saint-Marcel. Le rétablissement (provisoire et définitif en PRO) de la RD2 est envisagé.

A noter que, comme précisé ci-dessus, les contraintes géométriques imposent un franchissement de l'A50 et de la vallée de l'Huveaune par un viaduc en estacade (impossibilité de positionner des appareils de dilatation).

- En termes d'impact, on note :
 - un impact sur le Master Park (rétablissement de la RD2, emprises de chantier),
 - un impact sur les bâtis industriels dans la vallée de l'Huveaune,
 - un impact visuel pour les zones pavillonnaires à proximité de la tête de tunnel (illustré par une coupe sur les vues en plan).

5. ÉTUDE D'UNE TRAVERSEE EN SURFACE DE TOULON

Contrairement aux secteurs de tunnel étudiés à Marseille et Nice, la traversée de Toulon consiste essentiellement en une recherche du meilleur compromis permettant l'élargissement des plates-formes ferroviaires existantes pour implanter une à deux voies supplémentaires suivant les zones considérées, selon les résultats des études de capacité.

5.1 Présentation des solutions à l'Ouest de Toulon

➤ Principe retenu

- le contexte à l'Ouest de la Seyne-sur-Mer conduit Setec à implanter 2 voies supplémentaires au Sud, notamment pour éviter d'impacter l'avenue Robert Brun,
- entre la gare de la Seyne-sur-Mer et la gare de Toulon centre, la solution d'une troisième voie au Nord est retenue compte tenu de l'environnement urbain.

➤ Impacts

Divers bâtiments et voiries à rétablir sont représentés sur les vues en plan.

5.2 Présentation des solutions en gare de Toulon

➤ Trois solutions sont envisagées par Setec pour réaliser l'objectif d'une sixième voie à quai en gare de Toulon :

- solution 1 : construction d'une voie + quai sous le boulevard du Commandant Nicolas, rétabli en estacade entre le pont Louis Armand et la rue François Fabié, avec rétablissement d'une voie desservant l'îlot Montety et la rue Montebello,
- solution 2 : construction d'un quai sous une partie du boulevard du Commandant Nicolas, qui est en partie dévié dans l'emprise actuelle de l'îlot Montety et de l'esplanade devant le Zénith. Le quai accolé au BV existant est réduit,
- solution 3 : impact au Sud sur le BV existant permettant de ne pas impacter le boulevard du Commandant Nicolas.

➤ La solution 2 semble préférentielle au vu des éléments disponibles, que ce soit au niveau des futurs aménagements de la gare comme au niveau des projets urbains dans le secteur. Le devenir fonctionnel du boulevard du Commandant Nicolas sera à préciser (voie de transit ? maintenue à 2 voies ?) pour finaliser les schémas d'aménagement du pôle au Nord de la gare.

5.3 Présentation des solutions à l'est de la gare

Les vues en plan présentent le résultat de la recherche d'optimisation pour l'implantation d'une troisième voie et l'implantation d'une troisième et quatrième voie, prenant en compte notamment le projet de TCSP.

- Principe retenu et impacts à 3 voies
 - en sortie en la gare de Toulon, la 3ème voie est ajoutée au sud, pour profiter des emprises ferroviaires, avec un impact sur les bâtiments (2 entreprises, une douzaine de maison) au niveau de l'ouvrage de la rue Henri Dunant.
 - en raison de la contrainte de l'ouvrage de l'A57, du jumelage avec le tramway, et de la faisabilité apparente du rétablissement de la rue André Blondel, la troisième voie est ajoutée au nord entre l'avenue Colonel Picot et le boulevard des Amaris.
 - le contexte est ensuite moins urbain, surtout au sud et à l'est de la voie ferrée, côté préféré pour l'ajout d'une troisième voie. L'impact jusqu'à la Garde concerne quelques rétablissements de voiries, 7 maison individuelles proches des voies (notamment le long de l'avenue du Pouverel), un bâtiment industriel.

- Principe retenu et impacts à 4 voies
 - le principe retenu pour l'élargissement à 4 voies est globalement similaire à celui à 3 voies. Une recherche d'optimisation du tracé permet d'élargir parfois au nord, parfois au sud, parfois de part et d'autre.
 - en terme d'impact, le passage à 4 voies entraîne la destruction d'une vingtaine de maisons supplémentaires, ainsi que d'un bâtiment industriel. L'emploi de murs permet de rester au maximum dans les emprises existantes.
 - on note cependant une zone de conflit potentiel avec le projet de tramway et le rétablissement de la rue André Blondel au niveau du passage sous l'A57, sur lequel l'élargissement d'un seul côté est privilégié. De plus, la nouvelle rue du Commandant Morazzani, récemment réhabilitée, est impactée.

Entre la gare de la Garde (incluse) et le débranchement de la LGV, une solution à 5 voies a été étudiée, conforme aux spécifications de capacité. (2 voies extérieures dédiées à la LGV, et 3 voies centrales pour les autres missions).

5.4 La prise en compte d'un scénario "traversée souterraine du centre de Toulon"

Setec a étudié l'esquisse d'une solution de traversée en souterrain du centre de Toulon, avec une gare en surface à Toulon centre ; ceci afin de mesurer l'impact d'un tel tunnel et le « gain » sur les impacts dans l'hypercentre.

Un tel tracé vise à minimiser le coût des ouvrages souterrains par rapport à une solution de traversée de l'agglomération toulonnaise intégralement en tunnel, en limitant la longueur des ouvrages souterrains aux seules zones urbaines denses et en s'affranchissant du coût d'une gare souterraine.

Cependant cette solution, compte tenu des longueurs de tranchées (ouverte et couverte) nécessitées par les contraintes de tracé ferroviaire, n'apporte pas d'amélioration significative en terme d'impact urbain par rapport à une solution intégralement en surface.

6. ÉTUDE DE SOLUTIONS D'ARRIVÉE A NICE

6.1 Présentation de la solution proposée pour une arrivée à Cagnes-sur-Mer (solution de base, dite PK 211)

- Ce secteur est mis en avant car :
 - il présente un profil en long favorable à une tête de tunnel (colline) ;
 - dans la colline repérée, un « couloir vert » peu dense en bâti a été repéré, permettant de minimiser les impacts ;
 - les abords de l'hippodrome sont également peu denses (parkings,...).

- Les contraintes repérées sont :
 - la RN7 et l'A8 à franchir en sortie de tunnel ;
 - le saut-de-mouton à implanter sur les 3 voies existantes ;
 - le Loup, fleuve ne permettant pas d'envisager une arrivée « par en-dessous » (passage en souterrain sous l'autoroute ;
 - la halte ferroviaire de l'hippodrome ;
 - la proximité de la gare ferroviaire de Cagnes-sur-Mer, qui impose la zone de raccordement des voies LGV aux lignes classiques.

- La solution proposée (vitesse de ligne : 130 km/h):
 - franchit la RN7 en viaduc ;
 - impose une couverture de l'A8 pour son franchissement. Cette couverture est délicate, notamment sous circulation. SETEC propose donc de raccourcir au maximum ce franchissement, en écartant au sud la voie 1 de la ligne classique existante pour implanter à sa place la voie 1 LGV en estacade ;
 - permet le passage de 5 à 3 voies avant le PRO de la RN7.

- En terme d'impact, on note :
 - des pavillons situés à l'angle Loup / voie ferrée seront à acquérir ;
 - des parkings seront à recréer pour l'hippodrome ;
 - la halte ferroviaire de l'hippodrome est supprimée ;
 - des perturbations sont à prévoir sur l'A8 pour réaliser sa couverture.

6.2 Présentation de la solution proposée pour l'arrivée à Saint Laurent du Var (solution variante, dite PK 216)

- Ce secteur est repéré car :
 - il permet un raccordement de la LGV « au plus prêt de la future gare de Nice St Augustin » ;
 - il présente, à proximité du Var, un profil en long favorable à une tête de tunnel (colline de l'institut Tzanck).
- Les contraintes repérées sont :
 - le franchissement du Var, avec un viaduc à 3 voies en hypothèse de base ;
 - le maintien de la gare de St Laurent du Var (le cas échéant réaménagée), compte tenu de son importance en terme de trafic voyageurs.
 - la densité urbaine – en cherchant à impacter préférentiellement le sud des voies existantes, sur lequel la CANCA possède quelques bâtiments ;
 - la proximité de l'institut Tzanck ;
 - le passage Moatti, seul axe nord/sud à Saint Laurent dans le secteur.

A noter qu'une vérification des données du PPRI du Var actuellement en cours dans la zone a été faite, qui montre la faisabilité d'un nouvel ouvrage de franchissement en s'affranchissant des problématiques de crue (niveaux estimés pour un débit de 3 500 m3 supérieur à la crue centennale).

SETEC a étudié plusieurs solutions (vitesse de ligne : 130 km/h, voire 80 km/h dans les embranchements), en fonction du nombre de voies franchissant le Var :

- des franchissements à 3 et 4 voies, nécessitant un « échange » LGV / ligne classique à l'ouest du Var ;
 - un franchissement du Var à 5 voies, les « échanges » LGV / ligne classique étant réalisés à l'est du Var (avec éventuellement 5 voies à quai à Nice Saint Augustin), ceci afin de « plonger » au plus tôt en extrémité du viaduc.
- les solutions avec franchissement à 3 et 4 voies du Var :
 - impliquent une tête de tunnel au-delà de l'institut Tzanck, sans impacter directement celui-ci ;
 - sont compliquées à réaliser en phasage de travaux sous circulation ferroviaire en raison du biais important des croisements LGV / ligne classique.
 - la solution avec franchissement à 5 voies du Var :
 - permet de « plonger » dès la sortie du viaduc du Var, et de positionner une tête de tunnel au plus tôt ;
 - est compliquée à réaliser en phasage de travaux sous circulation ferroviaire en raison du biais important des croisements LGV / ligne classique ;
 - représente une large « saignée » dans le paysage urbain, avec une grande difficulté pour le rétablissement du passage Moatti ;
 - n'a pas été estimée, en raison de l'importance du génie civil et du projet d'aménagement urbain l'accompagnant nécessairement, qui rend caduque une estimation applicable à des travaux d'infrastructure linéaire.
 - En terme d'impact, on note :
 - du bâti impacté, au nord et au sud de l'axe ferroviaire existant, et notamment pour le rétablissement de la rue Léonard Anfossi ;
 - des problématiques de rétablissement de l'ex RN7.

En conclusion, ces solutions impactent fortement le secteur de la gare de Saint Laurent du

Var, et peuvent notamment présenter un intérêt dans le cadre d'un projet de renouvellement urbain de grande ampleur.

Concernant le secteur de la gare, la solution « à 3 voies » présente un impact bien que la troisième voie soit considérée comme déjà réalisée. Le tracé est en effet repris dans la zone pour respecter les référentiels de tracé ferroviaire utilisés à ce niveau d'études. Le maintien du tracé existant permettrait de ne pas avoir d'impact complémentaire par rapport au projet de 3^{ème} voie à l'Est des points de raccordement LGV /LC.

7. SYNTHÈSE ET QUANTIFICATION DES IMPACTS

En conclusion de l'étude, il est important de rappeler son objectif : mesurer l'impact potentiel des solutions envisagées. Le choix retenu est celui de regarder, à une échelle précise, des tracés potentiels et en n'envisageant que le seul point de vue technique de tracé ferroviaire. Les quantités avancées dans cette étude sont à retenir en terme d'ordres de grandeur, mais seules les phases d'études ultérieures pourront les préciser réellement.

Le tableau ci-après présente les principaux ordres de grandeur à retenir :

		Linéaire considéré
Marseille nord – tunnel + élargissement	Tête de tunnel avant l'A7 pour une gare à St Charles	2 650 m
Marseille nord – tunnel + élargissement	Tête de tunnel à St Barthélémy pour une gare à La Blancarde	4 150 m
Marseille sud – tunnel	Sortie au sud de Marseille à St Marcel	1 400 m
Toulon élargissement –	4 voies à l'ouest, entre le racc. LGV/LC et la gare de la Seyne	3 900 m
Toulon élargissement –	3 voies entre la gare de la Seyne et celle de Toulon	4 180 m
Toulon élargissement –	3 voies entre la gare de Toulon et le décrochement de la LGV à l'est	9 800 m
Toulon élargissement –	4 voies entre la gare de Toulon et le décrochement de la LGV à l'est	9 800 m
Toulon – tunnel	Esquisse d'une solution en tunnel, avec gare en surface	17 880 m
Nice – tunnel	Arrivée à Cagnes-sur-mer	1 650 m
Nice – tunnel	Arrivée à St Laurent du Var – 3 voies sur viaduc	1 450 m
Nice – tunnel	Arrivée à St Laurent du Var – 3 voies sur viaduc	1 450 m

Ces données sont reprises par ailleurs, pour les secteurs de tunnel à Nice et Marseille, dans les fiches de synthèse présentées en annexe.