

**ETUDES PREALABLES AU DEBAT PUBLIC SUR LA LGV PACA**

~~~~~

**ESQUISSE DE VARIANTES EN SOUTERRAIN SOUS  
MARSEILLE ET TOULON**

~~~~~

**NOTE DE SYNTHESE**

~~~~~

**25 mai 2004**

Etude réalisée pour le compte de RFF par :

---



**setec international**

Henri Grimond et Guy Salas fondateurs

5, chemin des Gorges de Cabriès 13127 Vitrolles

Tél. 04 42 89 92 72 Fax. 04 42 89 56 40

Mél : [setecinter-vit@setec.fr](mailto:setecinter-vit@setec.fr)

---

## ETUDES PREALABLES AU DEBAT PUBLIC SUR LA LGV PACA

### ESQUISSE DE VARIANTES EN SOUTERRAIN SOUS MARSEILLE ET TOULON

## SYNTHESE

---

Dans le cadre des réflexions relatives aux principaux enjeux du projet de LGV PACA, et des discussions au sein du Comité Technique, il a été décidé d'approfondir des possibilités de liaison à grande vitesse sous Marseille et Toulon. L'urbanisation dense de ces agglomérations a imposé d'emblée de n'envisager que des solutions souterraines sur ces 2 tronçons, qui conduisent à des ouvrages en tunnel de longueur exceptionnelle.

La réglementation en vigueur vis-à-vis de la sécurité (ITI 98) ne concerne pas les tunnels de longueur supérieure à 10 km pour lesquels l'avis d'une commission de sécurité « ad hoc » est requis. La comparaison technico-économique et sécuritaire de différentes coupes en travers types a conduit à retenir une solution de type bitube avec rameaux de liaison inter-tube tous les 400 m, qui a obtenu la faveur de telles commissions sur des projets précédents de longs tunnels LGV.

La prise en compte de la géologie traversée diversifiée et complexe, des contraintes géométriques du référentiel technique LGV, de la couverture minimale à conserver sur les tunnels et des coûts de construction importants (liées à des tronçons de l'ordre de 25 km en souterrain), conduit à proposer une vitesse de ligne de 270 km/h.

Les gares souterraines sont situées entre 35 et 50 m sous le niveau du sol du fait du profil en long de la ligne imposé par le référentiel technique et les contraintes de préservation du bâti de surface. Pour des raisons de sécurité, l'attente des voyageurs sera privilégié dans le hall d'accueil en surface et l'espace voyageurs souterrain isolé des voies, plutôt que sur les quais eux-mêmes.

- Trois solutions de tracé sont envisagées **sous Marseille** (et Aubagne).

Elles prolongent la LGV Méditerranée au débouché du tunnel de Marseille, et vont au-delà d'Aubagne.

Leurs principales caractéristiques sont :

| <b>Solutions LGV PACA sous Marseille</b> |                                |                 |             |                                               |
|------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------------------------------|
| <i>Dénomination</i>                      | <i>Localisation de la gare</i> | <i>Longueur</i> | <i>Coût</i> | <i>Délais de construction et d'équipement</i> |
| Saint-Charles                            | Saint-Charles                  | 27,3 km         | 2,4 Md € HT | 6 ans                                         |
| La Rose                                  | La Rose                        | 24,4 km         | 2,2 Md € HT |                                               |
| St-Just                                  | St-Just ou La Fourragère       | 24,0 km         | 2,1 Md € HT |                                               |

Le gain de temps est de l'ordre d'une dizaine de minutes par rapport à la solution réutilisant la ligne existante entre le Nord de Marseille et l'Est d'Aubagne.

Les délais de construction et d'équipement sont de l'ordre de 6 ans dans l'hypothèse d'une excavation mécanisée avec 2 tunneliers par tube.

- Trois solutions de tracé sont envisagées **sous Toulon** (entre la plaine du Beausset et celle du Gapeau).

Leurs principales caractéristiques sont :

| <i>Dénomination</i> | <i>Localisation de la gare souterraine</i> | <i>Longueur</i> | <i>Coût</i> | <i>Délais de construction et d'équipement</i> |
|---------------------|--------------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------------------------------------|
| Gare actuelle       | Gare SNCF existante                        | 24,6 km         | 2,5 Md € HT | 7,5 ans                                       |
| La Pauline          | La Pauline                                 | 25,3 km         | 2,7 Md € HT | 9 ans                                         |
| Mont Faron          | La Chaberte                                | 23,2 km         | 2,4 Md € HT | 7 ans                                         |

La solution du Mont Faron apparaît comme la plus intéressante, mais elle reste à ce stade la solution où les conditions géologiques sont les plus mal connues en raison de la complexité tectonique des massifs traversés, rendant l'exécution des travaux plus aléatoire.

Le gain est de l'ordre de cinq minutes par rapport à la solution réutilisant la ligne existante entre l'Ouest et l'Est de l'agglomération toulonnaise.

Dans l'hypothèse d'un creusement en méthodes traditionnelles (à l'explosif) justifiée en raison de conditions géologiques complexes et hétérogènes, les délais de construction et d'équipement varient de 7 à 9 ans, avec 6 attaques bi-tubes.

---

## ÉTUDES PREALABLES AU DEBAT PUBLIC SUR LA LGV PACA

### ESQUISSE DE VARIANTES EN SOUTERRAIN SOUS MARSEILLE ET TOULON

---

## NOTE DE SYNTHÈSE

### TABLE DES MATIÈRES

|    |                                                       |    |
|----|-------------------------------------------------------|----|
| G1 | CONTEXTE ET OBJECTIFS .....                           | 1  |
| G2 | CONTRAINTES ET ENJEUX DE LA SÉCURITÉ EN TUNNELS ..... | 3  |
| G3 | ESQUISSE DES SOLUTIONS / COUPES TRANSVERSALES.....    | 3  |
| G4 | RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE / TRACÉS.....                   | 4  |
| G5 | MÉTHODES D'ESTIMATION DES COÛTS.....                  | 4  |
| G6 | IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT .....                     | 7  |
| M1 | PRINCIPALES CONTRAINTES.....                          | 8  |
| M2 | ESQUISSE DES SOLUTIONS / FUSEAUX DE TRACÉ.....        | 10 |
| M3 | ESTIMATION DES COÛTS .....                            | 13 |
| M4 | TEMPS DE PARCOURS.....                                | 13 |
| M5 | DÉLAIS .....                                          | 13 |
| T1 | PRINCIPALES CONTRAINTES.....                          | 14 |
| T2 | ESQUISSE DES SOLUTIONS / FUSEAUX DE TRACÉ.....        | 16 |
| T3 | ESTIMATION DES COÛTS .....                            | 19 |
| T4 | TEMPS DE PARCOURS.....                                | 19 |
| T5 | DÉLAIS .....                                          | 19 |

## PARTIE G : GENERALITES

### G1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

#### q **Contexte**

Réseau Ferré de France, RFF, Direction du Développement, explore les principaux enjeux du projet de grande vitesse et de grande capacité, LGV PACA.

Ce projet est aujourd'hui au stade des études d'opportunité préalables au futur débat public.

Les discussions tenues dans le cadre du Comité Technique ont conduit à approfondir la possibilité de liaison à grande vitesse sous Marseille et Toulon. Le contexte urbain dense des tronçons concernés a imposé d'emblée de recourir à des solutions souterraines.

#### q **Zones d'études**

Les liaisons voyageurs à grande vitesse envisagées sous Marseille et Toulon, se raccordent à leurs deux extrémités aux variantes LGV littorales préalablement considérées dans les "études d'opportunité de la desserte ferroviaire à grande vitesse vers Toulon et la Côte d'Azur" (Scetauroute / juillet 2001 à janvier 2003).

Le projet porte ainsi sur les zones suivantes (voir cartes page suivante) :



- entre Marseille (tête sud du tunnel de Marseille de la LGV Méditerranée) et l'est d'Aubagne : 25 km environ ;
- entre le nord-ouest (plateau du Beausset) et le nord-est de Toulon (plaine du Gapeau) : 25 km environ.

Il ne préjuge pas du type d'aménagement (tracés à l'air libre, en tunnels...) qui sera retenu au-delà des extrémités des 2 zones d'études.



**Etudes d'opportunité de la desserte ferroviaire à grande vitesse vers Toulon et la Côte d'Azur**

**LEGENDE:**

-  Lignes ferroviaires classiques existantes
-  LGV Méditerranéenne



**LGV SOUS MARSEILLE ET TOULON  
ZONES D'ETUDES**



**ZE.1**

## G2 CONTRAINTES ET ENJEUX DE LA SECURITÉ EN TUNNELS

Les risques liés aux trains de voyageurs sont beaucoup plus faibles que ceux liés aux trains de marchandises ; mais ils peuvent impliquer un nombre de personnes très élevé (jusqu'à 1 200 personnes par double rame duplex).

En France, l'Instruction Technique Interministérielle n° 98.300 du 8 juillet 1998 (**ITI 98**) relative à la sécurité dans les tunnels ferroviaires s'applique aux tunnels de longueur comprise entre 400 m et 10 km (5 km pour les autoroutes ferroviaires). Les tunnels de plus grande longueur sont traités par des commissions "ad hoc" mises en place spécifiquement pour chaque ouvrage.

La Commission Européenne entend proposer prochainement un projet de directive sur la sécurité dans les tunnels.

Ainsi, l'ITI 98 semble rester à ce jour une référence intéressante en termes de contraintes de sécurité, même pour des ouvrages souterrains de grande longueur.

Les principales dispositions retenues en application de l'ITI 98 sont :

- cheminement de 70 cm de large minimum pour l'évacuation des personnes,
- emmarchement des voitures sur trottoir limité à 40 cm,
- priorité à l'évacuation des passagers au moyen d'un autre train en cas d'incident entraînant l'arrêt d'un train en tunnel,
- si tunnel bi-tube, galeries de communication inter-tube tous les 800 m maximum,
- moyens mécaniques de ventilation / désenfumage.

Les dispositions complémentaires suivantes ont reçu les faveurs des commissions "ad hoc" sur de précédents projets de longs tunnels LGV :

- tunnel bi-tube, avec galerie de communication inter-tubes tous les 400 m,
- station d'arrêt d'urgence, si les débouchés à l'air libre ou les gares commerciales adjacents sont distants de plus de 20 km.

## G3 ESQUISSE DES SOLUTIONS / COUPES TRANSVERSALES

q Il a été retenu le principe d'une solution de base creusée selon la méthode traditionnelle à l'explosif ; différents profils types de soutènement ont été appliqués en fonction des conditions géologiques prévisibles (réf. : recommandations AFTES).

Une solution de creusement mécanisé au tunnelier est envisageable en variante sous Marseille, et partiellement sous Toulon.

La section des longs tunnels est imposée par la section d'air minimale vis-à-vis des conditions aérauliques (surpressions au passage d'un train), ainsi que par les équipements et réseaux prévus.

q Le tableau de la page suivante présente les coupes transversales considérées en section courante. Compte tenu des dispositions validées par les commissions « ad hoc » sur des ouvrages de grandes longueurs récents, il a été retenu à ce stade une **coupe de type bi-tube**, qui présente aujourd'hui :

- ž la meilleure garantie vis-à-vis de la sécurité,
- ž un coût de réalisation similaire à un monotube + galerie de secours,
- ž et des facilités d'exploitation en voie unique pendant les périodes de maintenance.

La solution "monotube cloisonné" (cf. tunnel LGV de Grøene Hart en Hollande) ne bénéficie encore d'aucun retour d'expérience en exploitation, mais elle montre que des économies substantielles sont envisageables sur le coût du projet.

q La conception des gares souterraines méritera une réflexion approfondie. Les principes retenus à ce stade sont (cf. schéma ci-après) :

- ž maintenir une voie directe spécifique au transit des TGV pour chaque sens, séparée des voies à quai ;
- ž disposition centrale des voies à quai permettant l'aménagement d'un seul espace voyageur commun aux 2 directions de la ligne ;
- ž privilégier l'attente des voyageurs dans un espace sécurisé (hall d'accueil en surface et espace voyageurs central dans un tube isolé) plutôt que sur les quais.

#### G4 RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE / TRACÉS

Les études de tracé s'appuient sur le référentiel technique LGV – tome 1 : Géométrie – version de novembre 2003, qui définit les corrélations à respecter entre la vitesse de ligne, et les caractéristiques géométriques principales du projet (tracé en plan, profil en long, équipements divers tels que les appareils de voie) ; il fixe également les contraintes géométriques en zones de gare.

Les sections des tunnels sont également liées à la vitesse de ligne pour des raisons d'aérodynamique.

La vitesse de ligne finalement retenue résulte généralement d'un compromis entre le temps de parcours et le coût de construction, en intégrant les diverses contraintes propres au projet (géologie, environnement,...).

#### G5 MÉTHODES D'ESTIMATION DES COÛTS

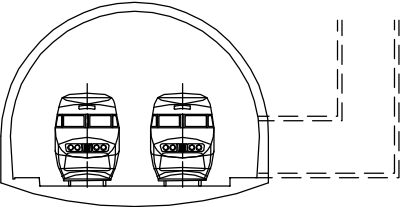
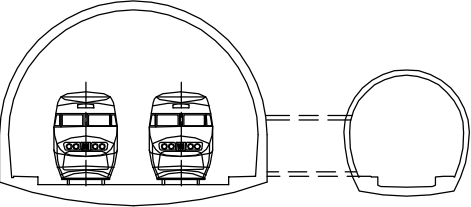
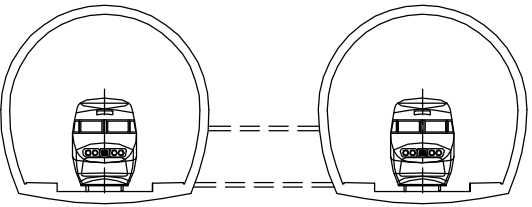
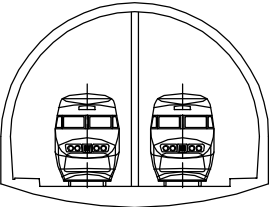
La présente étude se situe au niveau d'une esquisse. Les montants indiqués sont à ce stade des ordres de grandeur.

Ces montants ont été déterminés à partir de :

- ratios de prix pour les sections courantes en tunnels, évalués à partir de projets comparables,
- plus-value pour les gares souterraines,
- coût correspondant aux tranchées d'accès (éventuelles) et autres ouvrages annexes,
- sujétion spécifique pour le raccordement à la LGV Méditerranée,
- ratio de coût des équipements ferroviaires évalués à partir de projets comparables,
- pourcentage pour aléas et honoraires (16 %).

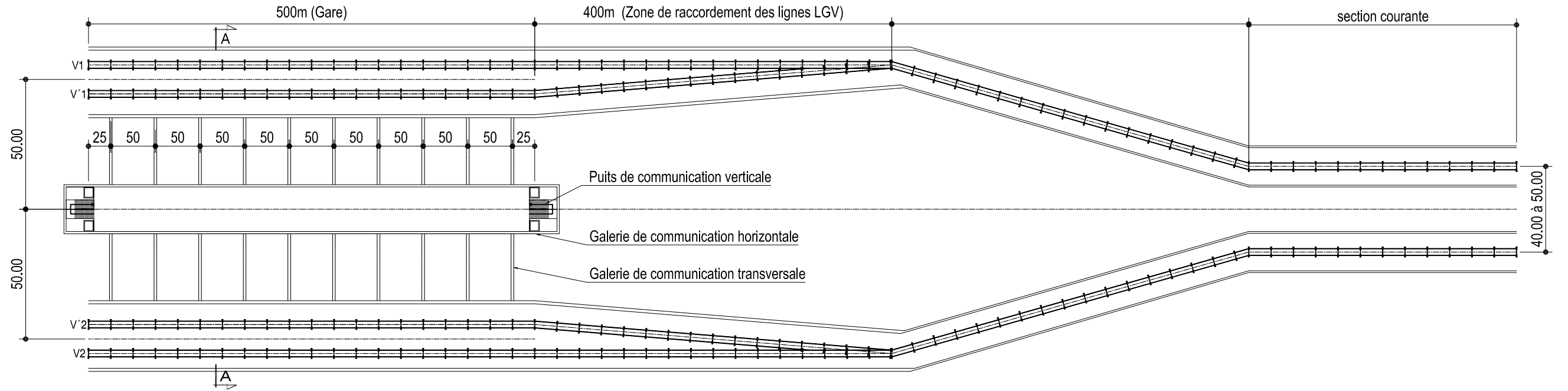


## COUPES TRANSVERSALES CONSIDEREES

| N°  | COUPE                                                                               | DESCRIPTION                                                                                                                           | COMMENTAIRE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| M   |    | <p><b>Monotube - 2 voies</b></p> <p><i>Section d'air à V=270km/h: 71 m<sup>2</sup></i></p>                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Admissible en trafic voyageurs exclusivement</li> <li>- Risque de choc frontal si déraillement</li> <li>- Nécessité d'accès et de dispositifs d'évacuation des voyageurs tous les 800m (puits reliés à la surface); et de refuges intermédiaires (tous les 400m)</li> </ul>                                       |
| M+G |    | <p><b>Monotube - 2 voies<br/>+ Galerie de secours</b></p> <p><i>Section d'air à V=270km/h: 71 m<sup>2</sup> + 18m<sup>2</sup></i></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Admissible en trafic voyageurs exclusivement</li> <li>- Risque de choc frontal si déraillement</li> <li>- Galerie de secours à équiper pour permettre une évacuation des voyageurs par un convoi électrifié spécifique</li> <li>- Coût génie civil de l'ordre de 30% supérieur à celui du monotube (M)</li> </ul> |
| B   |   | <p><b>Bitube - 2 x 1 voie</b></p> <p><i>Section d'air à V=270km/h: 2x50 m<sup>2</sup></i></p>                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité de rameaux de liaison tous les 400m</li> <li>- Coût génie civil du même ordre de grandeur que celui du monotube + galerie de secours(M+G)</li> </ul>                                                                                                                                                    |
| MC  |  | <p><b>Monotube Cloisonné - 2 x 1 voie</b></p>                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Solution innovante</li> <li>- Coût de génie civil légèrement supérieur à celui du monotube (M)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                         |

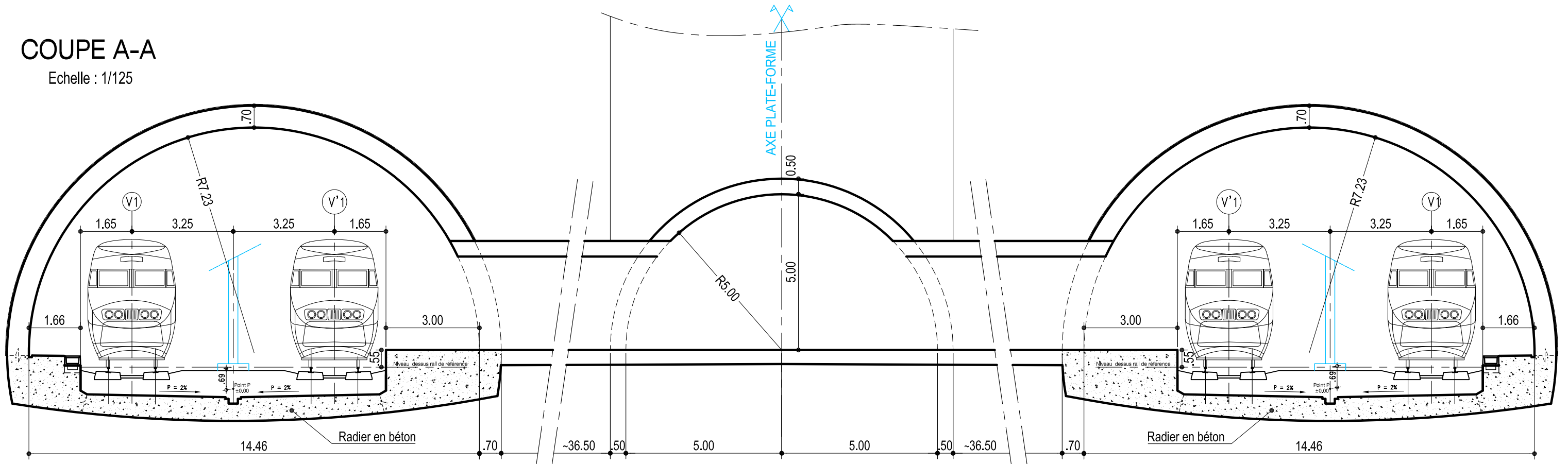
# GARE SOUTERRAINE

## SYNOPTIQUE



## COUPE A-A

Echelle : 1/125



ETUDES DE VARIANTES LGV VOYAGEURS  
EN SOUTERRAIN SOUS MARSEILLE ET TOULON  
1 OPTION BITUBE

GARE SOUTERRAINE

| Ind | Date       | Libellé           | Etabli | Vérifié | Validé | Feuillet |
|-----|------------|-------------------|--------|---------|--------|----------|
| 0   | 24/03/2004 | Première émission | TM     | CB      | CB     | 3/10     |

## G6 IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

En phase d'exploitation, la ligne LGV mise en souterrain ne devrait présenter des impacts qu'au niveau des têtes de tunnels.

Des nuisances potentiellement assez forte sont prévisibles en phase travaux vis-à-vis de la pollution des eaux, au niveau des puits de construction, et des voies d'accès au chantier ; des précautions particulières seront prises vis-à-vis des vibrations et du bruit. Les modalités de transport des matériaux seront étudiées avec soin.

Des sites de dépôts définitifs devront être recherchés pour les quelques 4,5 millions de mètres cube qui seront extraits sous Marseille, et autant sous Toulon ; ceux-ci devraient faire l'objet d'une étude paysagère détaillée, en vue de leur intégration dans les sites.

## **M1 PRINCIPALES CONTRAINTES**

Celles-ci sont géométriques, géologiques et environnementales.

### **q Géométrie**

Les contraintes spécifiques aux variantes sous Marseille sont :

- un raccordement à la LGV Méditerranée, entre le tunnel de Marseille et le tunnel Saint Louis, permettant le transit en grande vitesse continue (230 km/h minimum) ;
- une gare LGV souterraine ;
- un raccordement à la LGV PACA à l'Est d'Aubagne.

### **q Géologie**

La géologie de Marseille se caractérise schématiquement par (voir carte page suivante) :

- un bassin sédimentaire tertiaire d'âge oligocène, bordé par les massifs calcaires secondaires de la Nerthe et de l'Etoile au nord, et de Carpiagne au sud ;
- le soubassement de ce bassin est rehaussé en son centre par une dorsale reliant le massif de La Garde à celui d'Allauch (dislocation triassique de La Salette,...) ;
- en surface, des dépôts quaternaires (travertins et tufs calcaires lacustres ; et alluvions à graviers associés aux principaux cours d'eau) ;
- en bordure littorale, des dépôts marins sub-actuels, généralement peu consolidés.

Dans cet édifice, les variantes souterraines resteront de préférence dans les terrains oligocènes, relativement homogènes (argiles sableuses, grès, conglomérats). Les points durs concernent notamment :

- la zone littorale d'Arenc,
- les traversées souterraines de l'Huveaune,
- l'interférence avec la dorsale triassique de La Salette (variante La Rose – cf. § M2 ci-après).

En creusement traditionnel, le franchissement de ces points durs nécessitera des techniques spéciales. En creusement mécanisé, le franchissement de la dorsale de La Salette est de nature à compliquer fortement la conception du tunnelier ; une exécution en traditionnel est sans doute préférable ici.

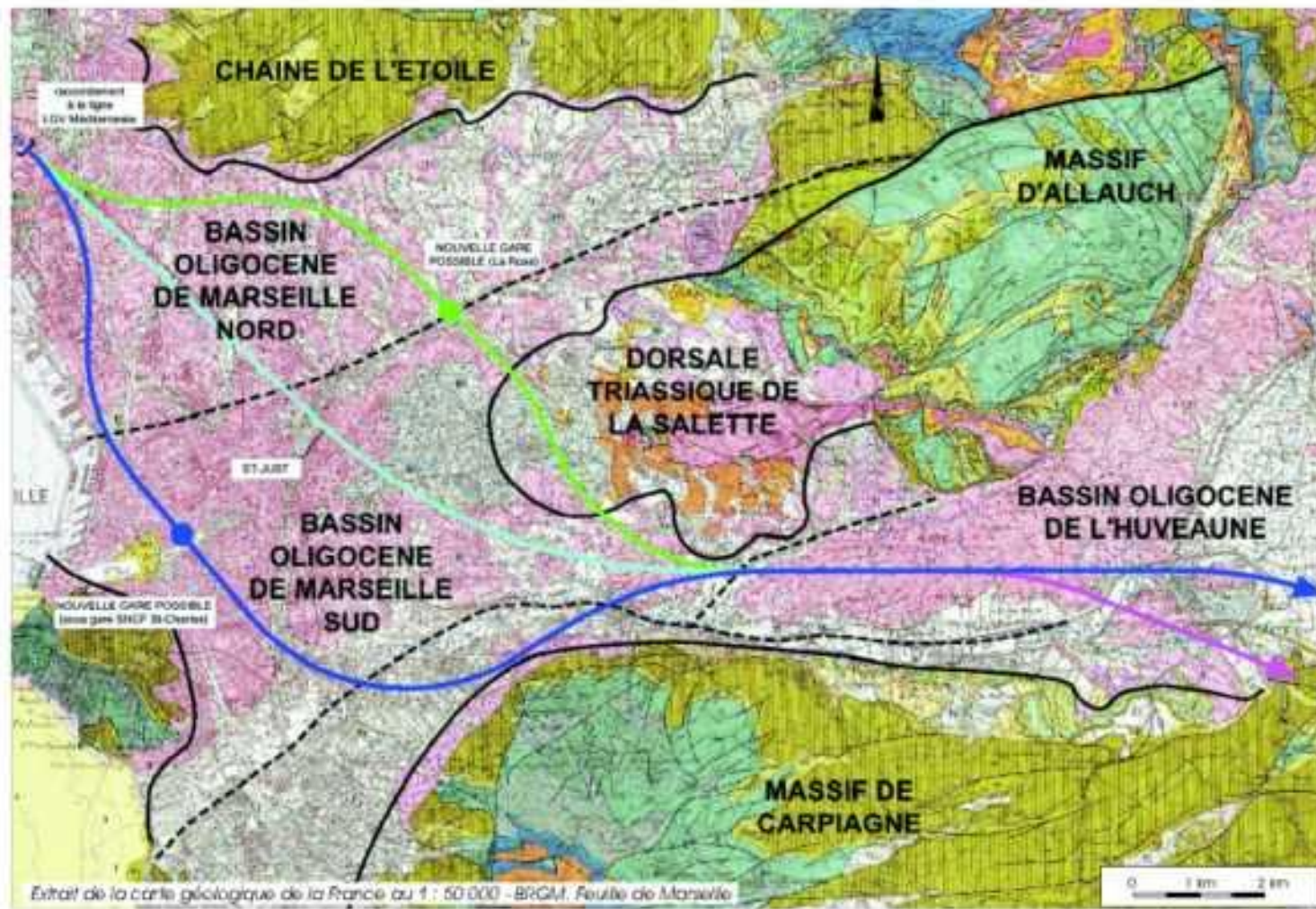
### **q Environnement**

Le recueil de données préliminaire a permis d'identifier diverses contraintes :

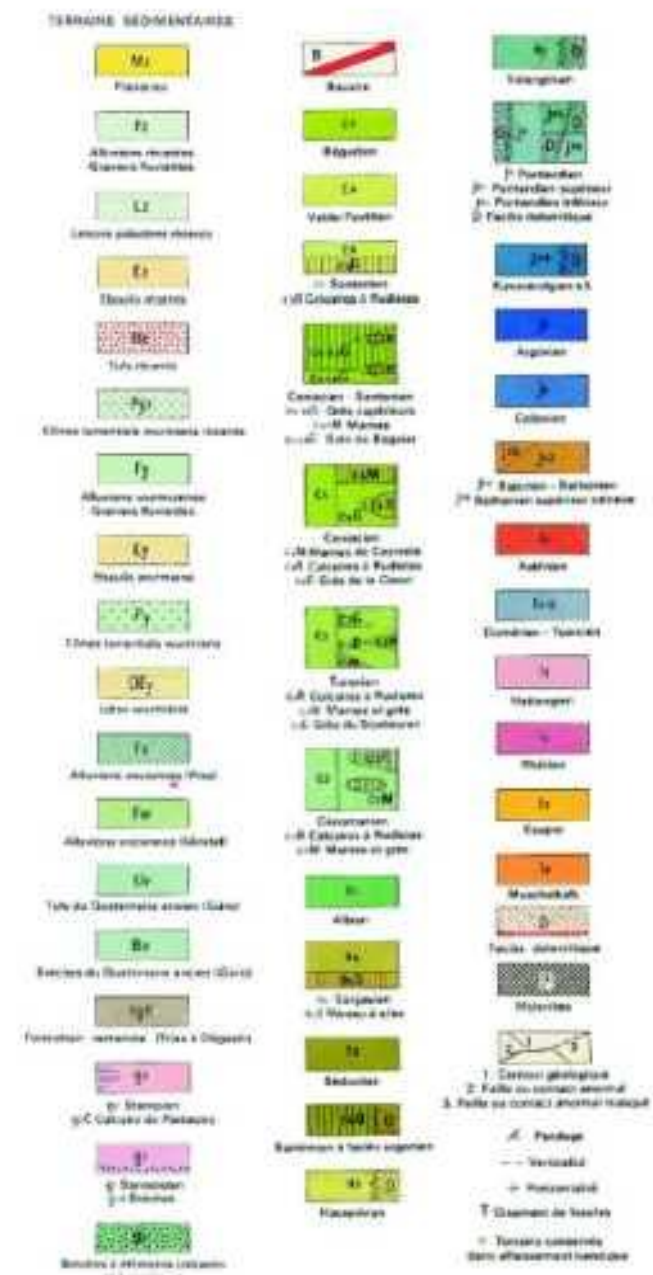
- milieu physique :
  - ž le littoral et les cours d'eau,
  - ž 1 captage d'eau potable à Gémenos, et 2 de secours à Aubagne.

Les impacts concerneront a priori essentiellement la phase travaux ; les mesures seront définies à l'issue d'études plus fines ultérieures.

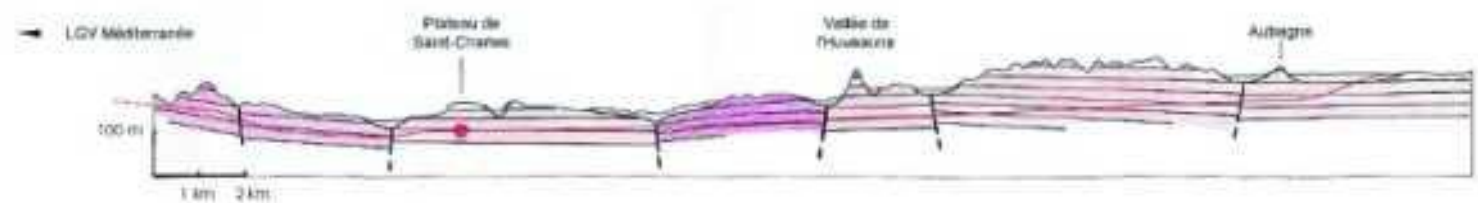
# CARTE GÉOLOGIQUE DU BASSIN DE MARSEILLE



# LÉGENDE



## COUPE GÉOLOGIQUE SIMPLIFIÉE (suivant tracé bleu)



- Recouvrement alluvial, dépôts fluviaux
- Tuf calcaire villafranchien
- Sannoisien - Calcaires, marne, grès
- Stampien - Faciès argileux dominant
- Stampien - Grès, argiles sableuses, conglomérats

**Etudes d'opportunité de la desserte ferroviaire à grande vitesse vers Toulon et la Côte d'Azur**

RESEAU FERRE DE FRANCE

CARTE ET COUPE GÉOLOGIQUE DE MARSEILLE

SFTEC

G1

- milieu naturel :
  - Ž 3 ZNIEFF de type 2,
  - Ž 2 ZNIEFF de type géologique,
  - Ž 1 site éligible NATURA 2000,
  - Ž 2 sites proposés au titre des sites d'Intérêt Communautaire.

Ces contraintes, essentiellement de surface, ne devraient concerner que les zones de têtes de tunnels éventuelles.

- milieu humain :
  - Ž urbanisation dense, notamment Marseille et Aubagne, qui impose de n'imaginer le tronçon qu'en souterrain,
  - Ž 2 établissements industriels classés à risque dans la vallée de l'Huveaune.

Ces contraintes porteront essentiellement sur la préservation du bâti, qui peut influencer sur les conditions de creusement.

## M2 ESQUISSE DES SOLUTIONS / FUSEAUX DE TRACÉ

- q Les variantes envisagées sont dénommées par l'implantation des **gares** considérées sous Marseille :
  - Ž Saint-Charles : sous la gare actuelle, bien desservie (métro, autoroute, réseau ferroviaire régional),
  - Ž La Rose : urbanisation moins dense, mais potentiel de développement important (technopôle de Château Gombert,...), desserte métro et routière (facilité d'accès à la L2 et la S8),
  - Ž Saint Just : tracé le plus direct sous Marseille. Gares possibles à Saint Just (desserte métro et S8), ou La Fourragère (prolongement métro depuis La Timone programmé avant 2010 – cf. PDU) – trafic urbain dense.

Ces gares sont situées 35 à 50 m sous le niveau du sol, compte tenu des contraintes du profil en long de la ligne imposées par le référentiel technique et les contraintes de préservation du bâti de surface.

- q Ces variantes se **raccordent** :
  - Ž à la LGV Méditerranée au débouché du tunnel de Marseille ; le transit à grande vitesse impose une reprise de la tranchée couverte de Saint-André ; le projet maintient la continuité de la ligne ferroviaire classique, ainsi que le raccordement de la LGV Méditerranée avec la gare Saint-Charles pour les rames dont Marseille est le terminus,
  - Ž à l'est d'Aubagne, à un prolongement LGV vers Toulon et Nice étudié par ailleurs (aérien ou souterrain).

- q Les **variantes considérées** sont présentées sur les 2 planches suivantes (vue en plan et profils en long).

Les contraintes géométriques conduisent à opter pour une vitesse de ligne de 270 km/h ; seule la variante Saint Just pourrait être circulée à 350 km/h, moyennant un surcoût de réalisation du génie civil des tunnels de l'ordre de 20 % (solution non privilégiée à ce stade).

Etudes d'opportunité de la desserte ferroviaire  
à grande vitesse vers Toulon et la Côte d'Azur

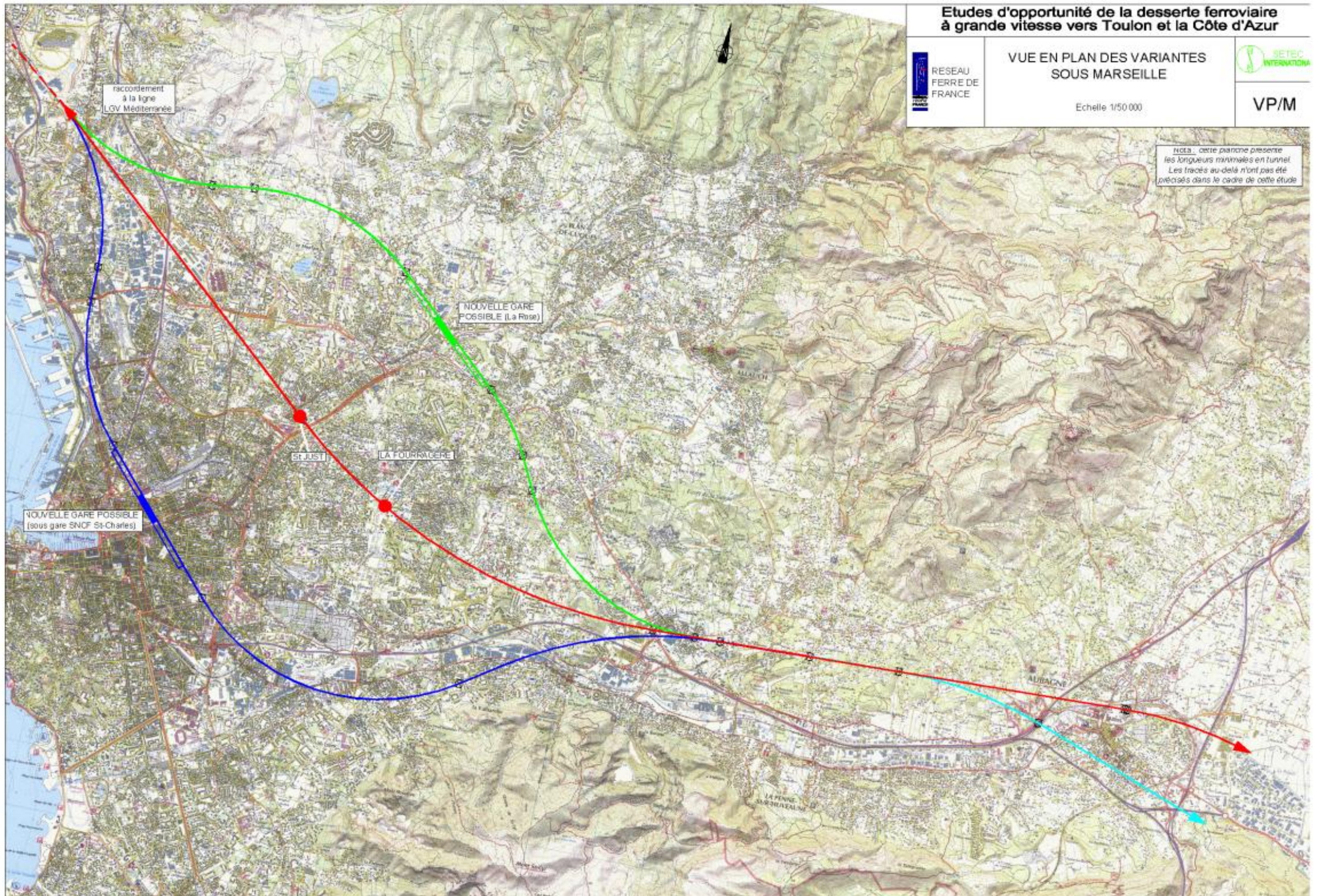


VUE EN PLAN DES VARIANTES  
SOUS MARSEILLE



Echelle 1/50 000

VP/M



NOUVELLE GARE POSSIBLE  
(sous gare SNCF St-Charles)

raccordement  
à la ligne  
LGV Méditerranée

NOUVELLE GARE  
POSSIBLE (La Rose)

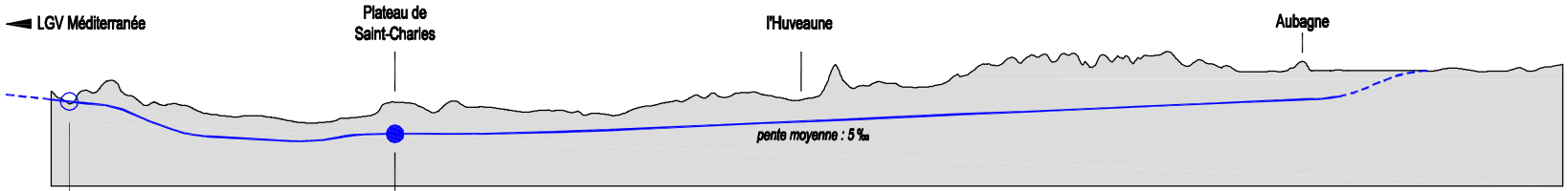
ST JUST

LA FOURRAGERE

ALBACNE

LE PENNE  
SARCHEVALENE

# PROFIL EN LONG DES VARIANTES SOUS MARSEILLE

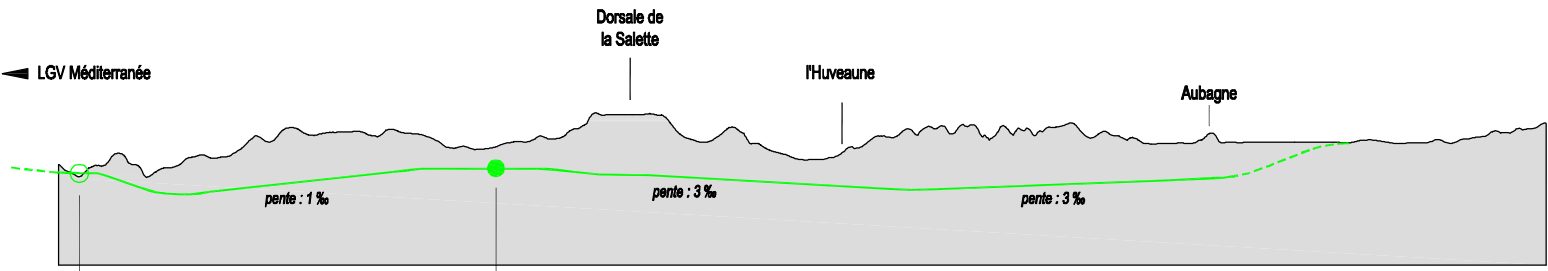


VARIANTE SOUS MARSEILLE  
VIA LA GARE SAINT-CHARLES  
( Variante bleue )

coordonement à la Méditerranée

NOUVELLE GARE POSSIBLE (sous gare SNCF St-Charles)

Longueur totale : 27,3 km  
Profondeur moyenne : entre 35 et 45 m

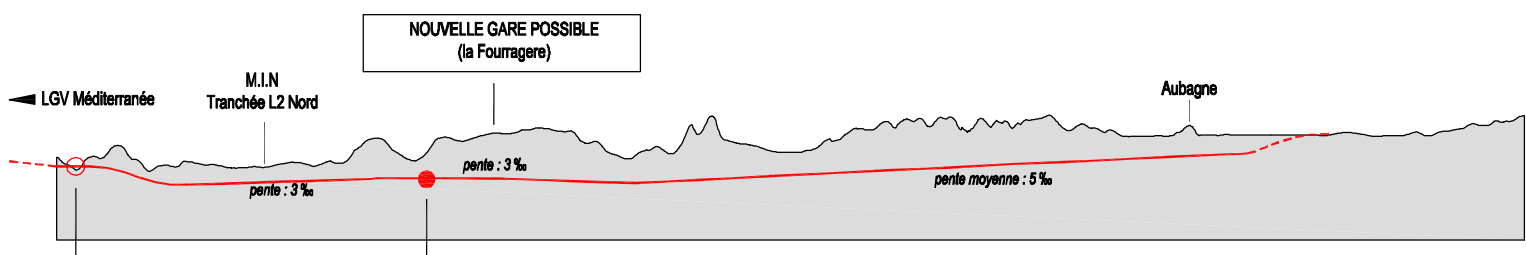


VARIANTE SOUS MARSEILLE  
VIA LA ROSE  
( Variante verte )

coordonement à la Méditerranée

NOUVELLE GARE POSSIBLE (La Rose)

Longueur totale : 24,35 km  
Profondeur moyenne sous Marseille: entre 35 et 45 m

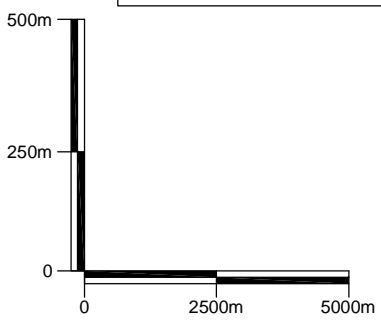




VARIANTE SOUS MARSEILLE  
VIA SAINT JUST ET LA FOURRAGERE  
( Variante rouge )

coordonement à la Méditerranée

NOUVELLE GARE POSSIBLE (St Just)

Longueur totale : 23,95 km  
Profondeur moyenne : entre 35 et 45 m



| Etudes d'opportunité de la desserte ferroviaire à grande vitesse vers Toulon et la Côte d'Azur                  |                                                |                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>RESEAU FERRE DE FRANCE | PROFIL EN LONG<br>DES VARIANTES SOUS MARSEILLE | <br>SETEC INTERNATIONAL |
|                                                                                                                 |                                                | PL/M                                                                                                         |



### M3 ESTIMATION DES COÛTS

Les estimations des variantes sous Marseille ont été évaluées en excavation traditionnelle, et en excavation mécanisée envisageable à Marseille en raison de la nature homogène des terrains (voir § M1.2).

Les méthodes d'excavation conduisent à des coûts comparables pour chaque variante, mais l'excavation au tunnelier assure une plus grande fiabilité et permet de réduire les délais de construction.

L'estimation des coûts de construction est récapitulée ci-dessous :

| <b>Variantes</b>                                              | <b>Saint-Charles</b> | <b>Saint Just</b> | <b>La Rose</b> |
|---------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|
| <b>Longueur traversée</b> (km)                                | 27,3                 | 24,0              | 24,4           |
| Prix génie civil (M€ HT) *                                    | 1 910                | 1 705             | 1 730          |
| Prix équipements ferroviaires (M€ HT)                         | 150                  | 130               | 135            |
| Aléas et études                                               | + 16 %               | + 16 %            | + 16 %         |
| <b>Montant estimé</b> (en M€ HT, aléas et honoraires compris) | <b>2 390</b>         | <b>2 130</b>      | <b>2 160</b>   |

\* : dont : rameaux de communication, gare souterraine, têtes et trémies d'accès, raccordement à la LGV Méditerranée, équipements non ferroviaires de sécurité.

### M4 TEMPS DE PARCOURS

Le gain de temps de parcours à destination de l'est de la région est de l'ordre d'une dizaine de minutes par rapport à la solution réutilisant la ligne existante entre le Nord et l'Est de l'agglomération.

### M5 DÉLAIS

Excavation traditionnelle : 8 à 9 ans (avec 3 attaques)  
Excavation mécanisée : 4 à 4,5 ans avec 2 tunneliers par tube

+ pose des voies, équipements, essais : 1,5 ans

## **T1 PRINCIPALES CONTRAINTES**

### **q Géométrie**

Les contraintes spécifiques aux variantes sous Toulon sont :

- des raccordements à la LGV PACA :
  - Ž au nord-ouest de Toulon sur le plateau du Beausset,
  - Ž à l'est de Toulon, dans la plaine du Gapeau.
- une dénivelée de près de 250 m entre le plateau du Beausset et le passage en souterrain sous Toulon.

### **q Géologie**

La géologie de la région toulonnaise est le résultat d'une évolution tectonique complexe dans une cinématique de chevauchements à vergence Nord, qui s'exprime schématiquement par l'assemblage de 4 grands ensembles structuraux (cf. carte géologique page suivante) :

- au Sud : le massif primaire métamorphique de l'unité du Cap Sicié (formations schisteuses fortement déformées et écaillées),
- au Nord : les chaînons toulonnais (massif d'Evenos, du Mont Faron et du Coudon ; série sédimentaire décollée de son soubassement, plissée, fracturée et karstifiée),
- entre ces 2 unités : ensemble d'écailles tectoniques entre Ollioules et Le Pradet (schistes, grès, calcaires, gypse et argilites du Trias + fracturation intense),
- vers le Nord-Est : reliefs permien du Touar à La Farlède (grès et pélites gréseuses, plus homogènes), premiers témoins de l'auréole permienne du massif des Maures.

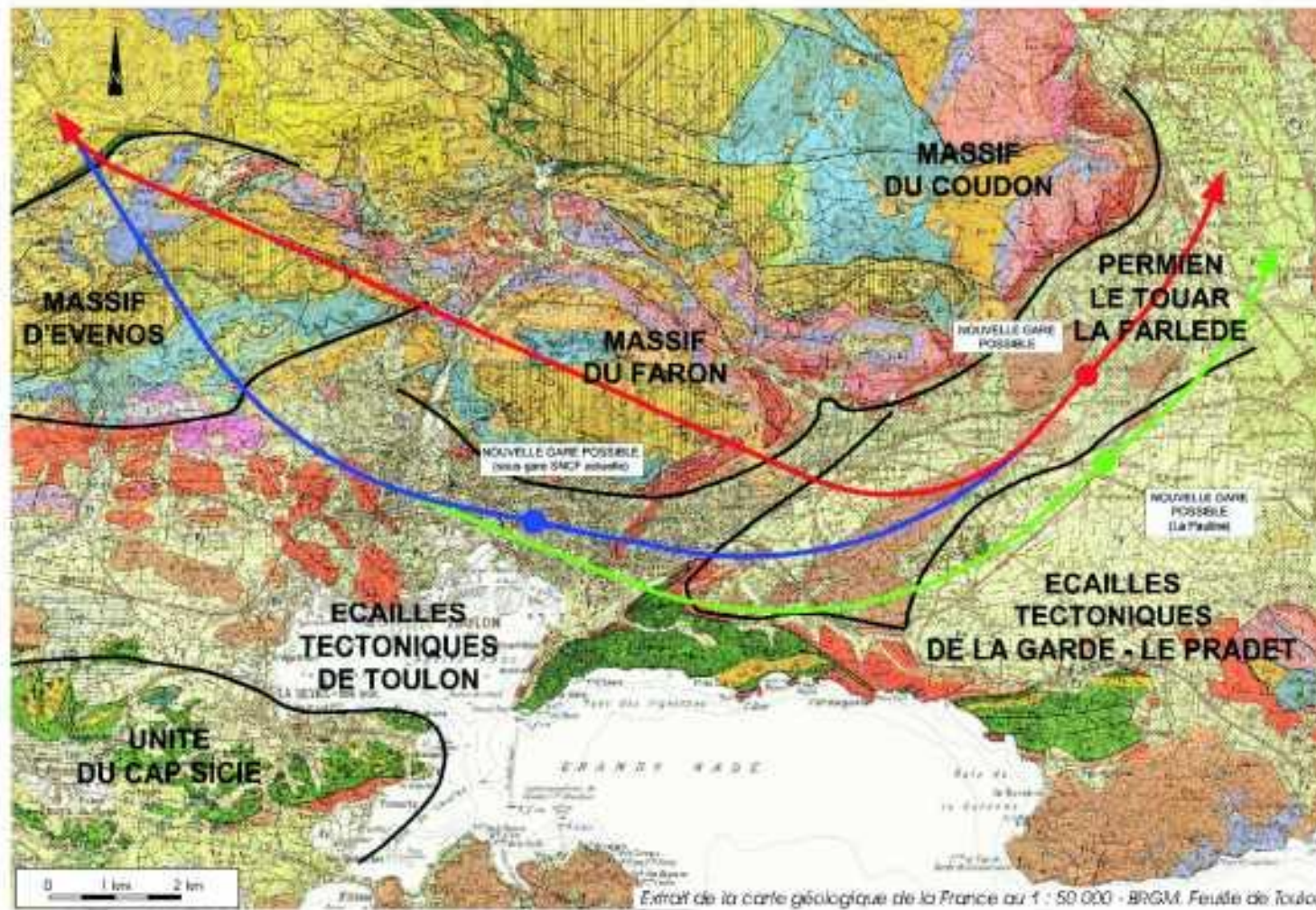
Le recouvrement quaternaire est bien exprimé au niveau de Toulon-ville et de la vallée du Gapeau ; des surcreusements importants sont possibles sous le lit des cours d'eau actuels. En bordure littorale, des dépôts marins sub-actuels sont présents au débouché du Las et dans le secteur de l'arsenal militaire à Toulon.

Le caractère fortement hétérogène de l'environnement géologique accroît le degré d'acuité des risques liés à l'aléa géologique, et écarte sur une bonne partie du linéaire la possibilité d'une exécution mécanisée au tunnelier.

Les variantes envisagées réduisent autant que possible le linéaire d'ouvrage en interférence avec les zones les plus hétérogènes, et visent à inscrire au plus court le projet dans les assises permien de l'alignement Le Touar – La Farlède. Les points durs concernent notamment :

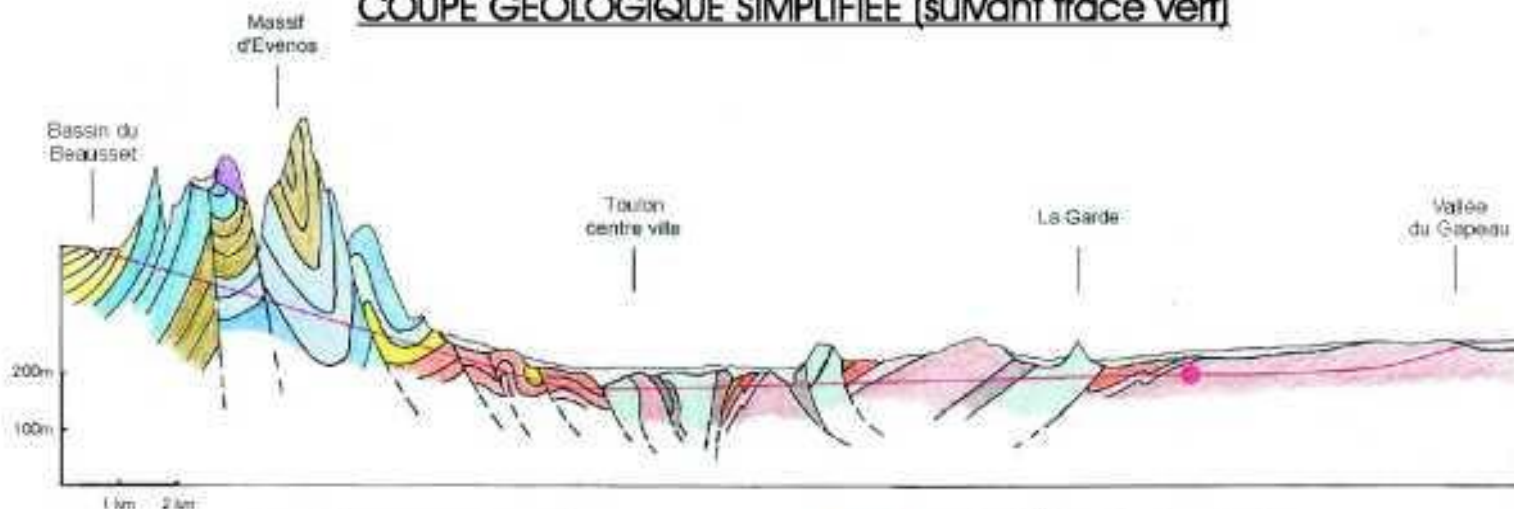
- pour les variantes passant par Toulon ville :
  - Ž la zone littorale de l'arsenal de Toulon au débouché du Las,
  - Ž la traversée des écailles tectoniques de Toulon ville,
  - Ž le franchissement des accidents tectoniques, probablement karstifiés, du massif d'Evenos.

# CARTE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION TOULONNAISE



Extrait de la carte géologique de la France au 1 : 50 000 - BRGM, Feuille de Toulon

## COUPE GÉOLOGIQUE SIMPLIFIÉE (suivant tracé vert)



- |                                            |                                                 |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Recouvrement quaternaire                   | Jurassique inférieur - Calcaires, dolomies      |
| Saclite d'Évenos - tertiaire               | Trias supérieur - gypse, marnes, argiles        |
| Crétacé supérieur marnéux                  | Trias moyen - Calcaires, dolomies, marnes       |
| Crétacé moyen - Calcaires, grès, marnes    | Trias inférieur - Grès, conglomérats            |
| Crétacé inférieur - Calcaires massifs      | Permien - Grès, arkoses, pelites                |
| Jurassique supérieur - Calcaires, dolomies | Carbonifère - schistes charbonneux, calcaires   |
| Jurassique moyen - Calcaires, marnes       | Socle primaire - Schistes, quartzites, phylades |

# LÉGENDE

|                                         |                             |                    |                     |
|-----------------------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|
| <b>TERRAINS DÉCOUVERTS</b>              | <b>Crétacé</b>              | <b>Trias</b>       | <b>Permien</b>      |
| Fz<br>Rivières alluviales               | Cr1-Cr2<br>Crétacé à Toulon | T1-T3<br>Trias     | P1-P2<br>Permien    |
| R1<br>Région de distribution            | Cr3-Cr4<br>Crétacé          | T4-T5<br>Trias     | P3-P4<br>Permien    |
| M1<br>Bassin de la basse vallée         | Cr5-Cr6<br>Crétacé          | T6-T7<br>Trias     | P5-P6<br>Permien    |
| Fy<br>Sud de la basse vallée            | Cr7-Cr8<br>Crétacé          | T8-T9<br>Trias     | P7-P8<br>Permien    |
| Ly<br>Lyon (Lyon)                       | Cr9-Cr10<br>Crétacé         | T10-T11<br>Trias   | P9-P10<br>Permien   |
| Py<br>Sud de la basse vallée            | Cr11-Cr12<br>Crétacé        | T12-T13<br>Trias   | P11-P12<br>Permien  |
| Rly<br>Débris et roches non décomposées | Cr13-Cr14<br>Crétacé        | T14-T15<br>Trias   | P13-P14<br>Permien  |
| Ey<br>Sud de la basse vallée            | Cr15-Cr16<br>Crétacé        | T16-T17<br>Trias   | P15-P16<br>Permien  |
| E<br>Sud de la basse vallée             | Cr17-Cr18<br>Crétacé        | T18-T19<br>Trias   | P17-P18<br>Permien  |
| G<br>Sud de la basse vallée             | Cr19-Cr20<br>Crétacé        | T20-T21<br>Trias   | P19-P20<br>Permien  |
| H<br>Sud de la basse vallée             | Cr21-Cr22<br>Crétacé        | T22-T23<br>Trias   | P21-P22<br>Permien  |
| I<br>Sud de la basse vallée             | Cr23-Cr24<br>Crétacé        | T24-T25<br>Trias   | P23-P24<br>Permien  |
| J<br>Sud de la basse vallée             | Cr25-Cr26<br>Crétacé        | T26-T27<br>Trias   | P25-P26<br>Permien  |
| K<br>Sud de la basse vallée             | Cr27-Cr28<br>Crétacé        | T28-T29<br>Trias   | P27-P28<br>Permien  |
| L<br>Sud de la basse vallée             | Cr29-Cr30<br>Crétacé        | T30-T31<br>Trias   | P29-P30<br>Permien  |
| M<br>Sud de la basse vallée             | Cr31-Cr32<br>Crétacé        | T32-T33<br>Trias   | P31-P32<br>Permien  |
| N<br>Sud de la basse vallée             | Cr33-Cr34<br>Crétacé        | T34-T35<br>Trias   | P33-P34<br>Permien  |
| O<br>Sud de la basse vallée             | Cr35-Cr36<br>Crétacé        | T36-T37<br>Trias   | P35-P36<br>Permien  |
| P<br>Sud de la basse vallée             | Cr37-Cr38<br>Crétacé        | T38-T39<br>Trias   | P37-P38<br>Permien  |
| Q<br>Sud de la basse vallée             | Cr39-Cr40<br>Crétacé        | T40-T41<br>Trias   | P39-P40<br>Permien  |
| R<br>Sud de la basse vallée             | Cr41-Cr42<br>Crétacé        | T42-T43<br>Trias   | P41-P42<br>Permien  |
| S<br>Sud de la basse vallée             | Cr43-Cr44<br>Crétacé        | T44-T45<br>Trias   | P43-P44<br>Permien  |
| T<br>Sud de la basse vallée             | Cr45-Cr46<br>Crétacé        | T46-T47<br>Trias   | P45-P46<br>Permien  |
| U<br>Sud de la basse vallée             | Cr47-Cr48<br>Crétacé        | T48-T49<br>Trias   | P47-P48<br>Permien  |
| V<br>Sud de la basse vallée             | Cr49-Cr50<br>Crétacé        | T50-T51<br>Trias   | P49-P50<br>Permien  |
| W<br>Sud de la basse vallée             | Cr51-Cr52<br>Crétacé        | T52-T53<br>Trias   | P51-P52<br>Permien  |
| X<br>Sud de la basse vallée             | Cr53-Cr54<br>Crétacé        | T54-T55<br>Trias   | P53-P54<br>Permien  |
| Y<br>Sud de la basse vallée             | Cr55-Cr56<br>Crétacé        | T56-T57<br>Trias   | P55-P56<br>Permien  |
| Z<br>Sud de la basse vallée             | Cr57-Cr58<br>Crétacé        | T58-T59<br>Trias   | P57-P58<br>Permien  |
| AA<br>Sud de la basse vallée            | Cr59-Cr60<br>Crétacé        | T60-T61<br>Trias   | P59-P60<br>Permien  |
| AB<br>Sud de la basse vallée            | Cr61-Cr62<br>Crétacé        | T62-T63<br>Trias   | P61-P62<br>Permien  |
| AC<br>Sud de la basse vallée            | Cr63-Cr64<br>Crétacé        | T64-T65<br>Trias   | P63-P64<br>Permien  |
| AD<br>Sud de la basse vallée            | Cr65-Cr66<br>Crétacé        | T66-T67<br>Trias   | P65-P66<br>Permien  |
| AE<br>Sud de la basse vallée            | Cr67-Cr68<br>Crétacé        | T68-T69<br>Trias   | P67-P68<br>Permien  |
| AF<br>Sud de la basse vallée            | Cr69-Cr70<br>Crétacé        | T70-T71<br>Trias   | P69-P70<br>Permien  |
| AG<br>Sud de la basse vallée            | Cr71-Cr72<br>Crétacé        | T72-T73<br>Trias   | P71-P72<br>Permien  |
| AH<br>Sud de la basse vallée            | Cr73-Cr74<br>Crétacé        | T74-T75<br>Trias   | P73-P74<br>Permien  |
| AI<br>Sud de la basse vallée            | Cr75-Cr76<br>Crétacé        | T76-T77<br>Trias   | P75-P76<br>Permien  |
| AJ<br>Sud de la basse vallée            | Cr77-Cr78<br>Crétacé        | T78-T79<br>Trias   | P77-P78<br>Permien  |
| AK<br>Sud de la basse vallée            | Cr79-Cr80<br>Crétacé        | T80-T81<br>Trias   | P79-P80<br>Permien  |
| AL<br>Sud de la basse vallée            | Cr81-Cr82<br>Crétacé        | T82-T83<br>Trias   | P81-P82<br>Permien  |
| AM<br>Sud de la basse vallée            | Cr83-Cr84<br>Crétacé        | T84-T85<br>Trias   | P83-P84<br>Permien  |
| AN<br>Sud de la basse vallée            | Cr85-Cr86<br>Crétacé        | T86-T87<br>Trias   | P85-P86<br>Permien  |
| AO<br>Sud de la basse vallée            | Cr87-Cr88<br>Crétacé        | T88-T89<br>Trias   | P87-P88<br>Permien  |
| AP<br>Sud de la basse vallée            | Cr89-Cr90<br>Crétacé        | T90-T91<br>Trias   | P89-P90<br>Permien  |
| AQ<br>Sud de la basse vallée            | Cr91-Cr92<br>Crétacé        | T92-T93<br>Trias   | P91-P92<br>Permien  |
| AR<br>Sud de la basse vallée            | Cr93-Cr94<br>Crétacé        | T94-T95<br>Trias   | P93-P94<br>Permien  |
| AS<br>Sud de la basse vallée            | Cr95-Cr96<br>Crétacé        | T96-T97<br>Trias   | P95-P96<br>Permien  |
| AT<br>Sud de la basse vallée            | Cr97-Cr98<br>Crétacé        | T98-T99<br>Trias   | P97-P98<br>Permien  |
| AU<br>Sud de la basse vallée            | Cr99-Cr100<br>Crétacé       | T100-T101<br>Trias | P99-P100<br>Permien |

Etudes d'opportunité de la desserte ferroviaire à grande vitesse vers Toulon et la Côte d'Azur

|                        |                                     |                      |
|------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| RESEAU FERRE DE FRANCE | CARTE ET COUPE GÉOLOGIQUE DE TOULON | SETEC INFRASTRUCTURE |
|                        |                                     | G2                   |

- pour la variante Nord passant sous le Mont Faron :
  - ž la traversée de zones de dislocations tectoniques injectées de terrains gypseux, qui délimitent les chaînons toulonnais,
  - ž les zones de failles probablement karstifiées des massifs calcaires du Croupatier et du Faron,
  - ž le franchissement de la vallée du Las.

Ces points durs nécessiteront des techniques d'exécution spéciales qui alourdissent fortement le coût du projet et pénalisent les délais de construction.

#### q **Environnement**

Le recueil de données préliminaire a permis d'identifier diverses contraintes :

- milieu physique :
  - ž le littoral et les cours d'eau,
  - ž 7 captages d'eau potable.

Les impacts concernent a priori essentiellement la phase travaux ; les mesures seront définies à l'issue d'études plus fines ultérieures.

- milieu naturel :
  - ž 4 ZNIEFF de type 1,
  - ž 6 ZNIEFF de type géologique,
  - ž 1 site éligible NATURA 2000,
  - ž 1 site proposé au titre des Sites d'Intérêt Communautaire,
  - ž 3 sites classés.

Ces contraintes, essentiellement de surface, ne devraient concerner que les zones de têtes de tunnels.

- milieu humain :

Les contraintes liées à l'urbanisation portent essentiellement sur la préservation du bâti, qui impose de n'imaginer la traversée de l'agglomération qu'en souterrain.

## T2 ESQUISSE DES SOLUTIONS / FUSEAUX DE TRACÉ

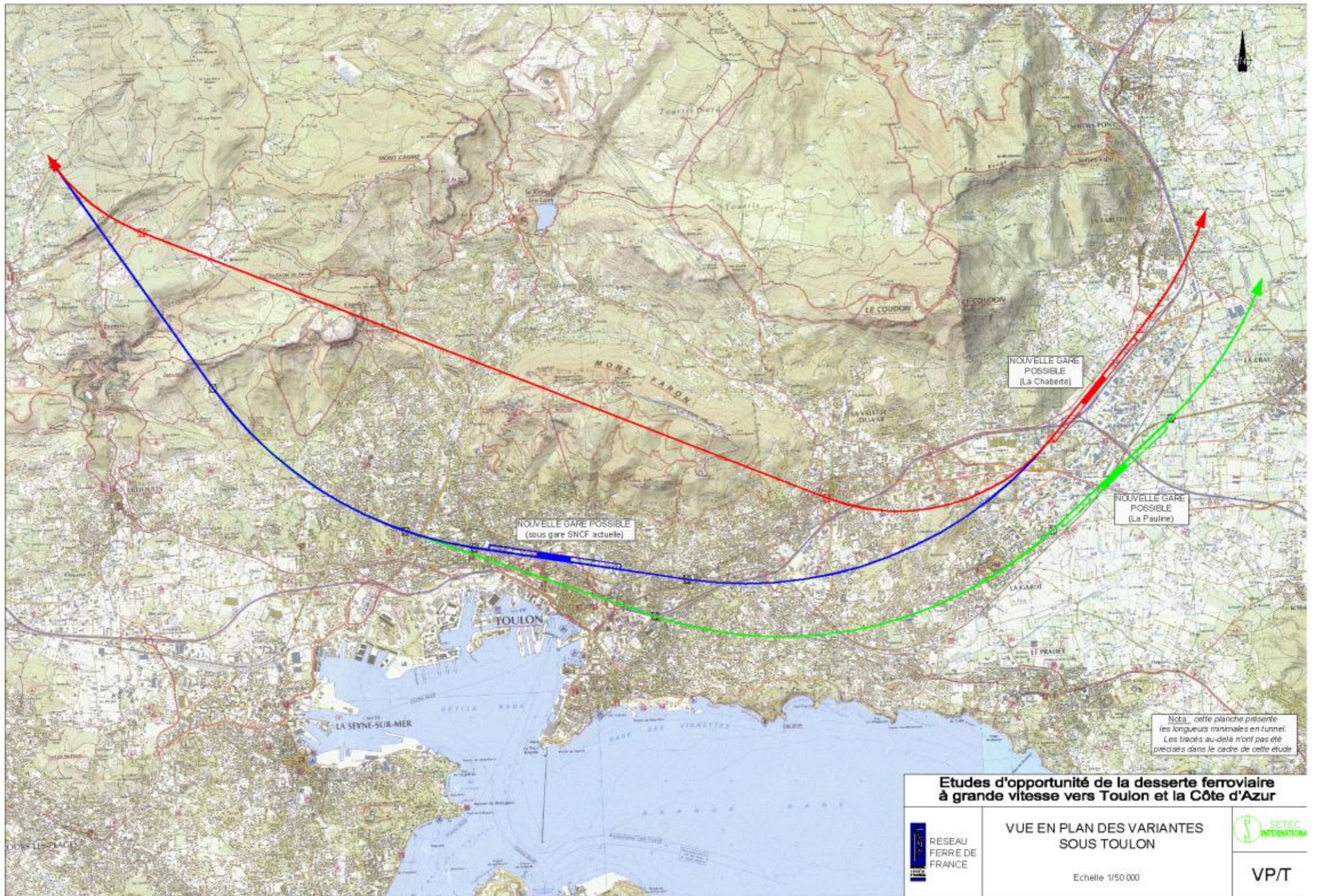
q **Trois gares potentielles** en souterrain ont été considérées :

- sous la gare SNCF actuelle (accès routiers multiples, réseau ferroviaire régional) ;
- sous la gare existante de La Pauline (entre A570 et RN 98, ligne ferroviaire vers le centre de Toulon) ;
- entre l'A57 et la RN 97, près de l'aire de service autoroutière à La Chaberte (bonne desserte routière, espace foncier dégagé).

q Ces variantes **relient** en souterrain le plateau du Beausset à la plaine du Gapeau.

q Les **variantes considérées** sont présentées sur les 2 planches suivantes (vue en plan et profils en long).

Les contraintes géométriques en profil en long conduisent à opter pour une vitesse de ligne de 270 km/h.



Nota : cette planche présente les longueurs minimales en tunnel. Les tracés au-delà n'ont pas été précisés dans le cadre de cette étude.

**Etudes d'opportunité de la desserte ferroviaire à grande vitesse vers Toulon et la Côte d'Azur**



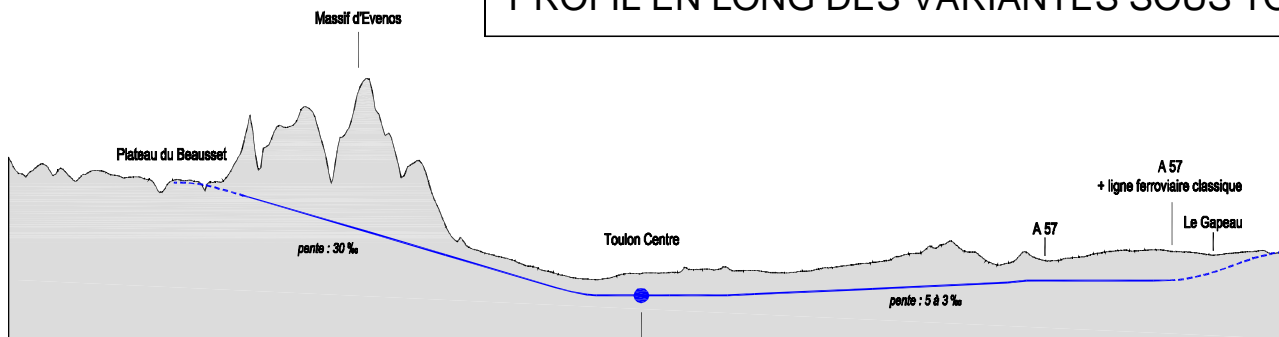
VUE EN PLAN DES VARIANTES SOUS TOULON

Echelle 1/50 000

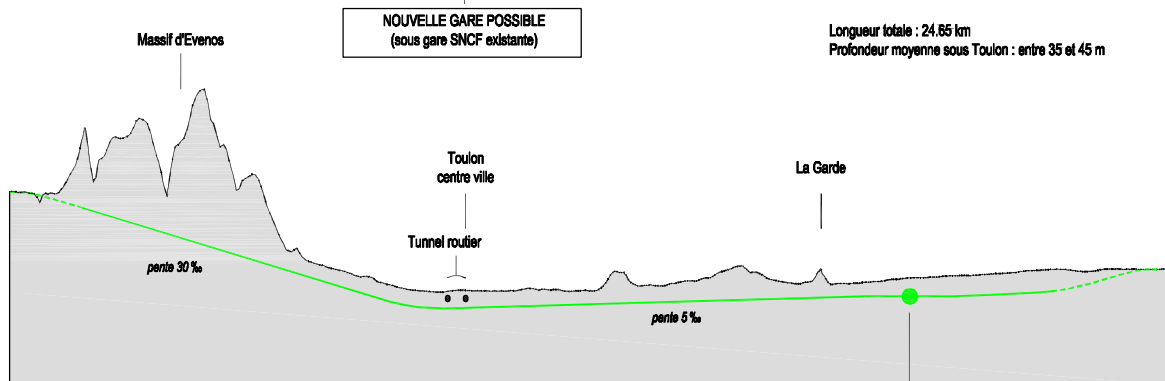


VP/T

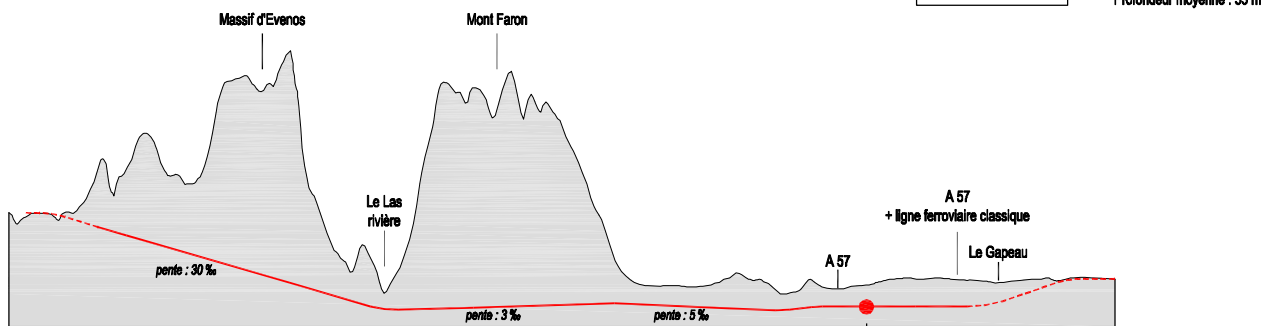
# PROFIL EN LONG DES VARIANTES SOUS TOULON



VARIANTE SOUS TOULON  
VIA LA GARE SNCF EXISTANTE ( TOULON CENTRE )  
( Variante bleue )



VARIANTE SOUS TOULON  
VIA LA PAULINE  
( Variante verte )

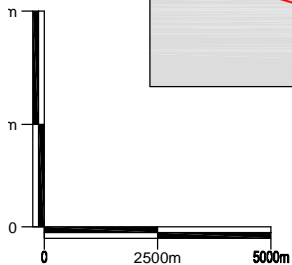




VARIANTE SOUS TOULON  
VIA LA CHABERTE  
( Variante rouge )

Longueur totale : 23.25 km  
Profondeur moyenne sous Toulon : entre 30 et 500 m

Longueur totale : 26,5 km  
Profondeur moyenne : 35 m

Longueur totale : 24.85 km  
Profondeur moyenne sous Toulon : entre 35 et 45 m



| Etudes d'opportunité de la desserte ferroviaire à grande vitesse vers Toulon et la Côte d'Azur                      |                                                     |                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>RESEAU FERRE DE FRANCE</p> | <p>PROFIL EN LONG<br/>DES VARIANTES SOUS TOULON</p> |  <p>PL/T</p> |

### T3 ESTIMATION DES COÛTS

Seule l'excavation traditionnelle est envisagée pour les tunnels sous Toulon ; à l'exception de la variante "gare actuelle" qui permettrait un tronçon de 8 km environ en excavation mécanisée dans la traversée du permien.

L'estimation des coûts de construction est récapitulée ci-dessous :

| <b>Variante</b>                                               | <b>Sous gare SNCF actuelle</b> | <b>La Pauline</b> | <b>La Chaberte</b> |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|
| <b>Longueur traversée (km)</b>                                | 24,6                           | 25,3              | 23,2               |
| Prix génie civil (M€ HT) *                                    | 2 010                          | 2 185             | 1 900              |
| Prix équipements ferroviaires (M€ HT)                         | 135                            | 140               | 125                |
| Aléas et études                                               | + 16 %                         | + 16 %            | + 16 %             |
| <b>Montant estimé (en M€ HT, aléas et honoraires compris)</b> | <b>2 490</b>                   | <b>2 700</b>      | <b>2 350</b>       |

\* : dont : rameaux de communication, gare souterraine, têtes et trémies d'accès, raccordement à la LGV Méditerranée, équipements non ferroviaires de sécurité.

Les écarts de coûts entre les différentes variantes sont en faveur du tracé Nord sous le Mont Faron qui est le plus court. Toutefois, ce tracé recoupe des structures géologiques complexes et mal connues dans le détail, si bien que cette variante est probablement celle dont le degré d'acuité de l'aléa est le plus fort.

### T4 TEMPS DE PARCOURS

Le gain de temps de parcours est de l'ordre de cinq minutes par rapport à la solution réutilisant la ligne existante entre l'Ouest et l'Est de l'agglomération.

### T5 DÉLAIS

Les délais de construction sont conditionnés par ceux nécessaires pour excaver les zones d'écaillés tectoniques (concerne les tracés "gare SNCF actuelle" et "La Pauline").

|                                                          |                                                                          |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Tracé "gare SNCF actuelle" : 6 ans environ               | } chacune avec 2 attaques par zone de terrains cohérents soit 6 attaques |
| Tracé "La Pauline" : 7,5 ans environ                     |                                                                          |
| Tracé "La Chaberte" sous le Mont Faron : 5,5 ans environ |                                                                          |

+ pose des voies, équipements, essais : 1,5 ans

Le tracé Nord (la Chaberte) permet un délai théorique de réalisation le plus réduit car c'est l'ouvrage le plus court ; il est toutefois rappelé que le passage sous le Mont Faron présente aujourd'hui, du fait de la complexité des structures géologiques et des incertitudes qui en découlent, des conditions de réalisation sensiblement plus aléatoires que sur les autres variantes.