

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



Méthodologie et résultats principaux des estimations

Juin 2008



SOMMAIRE

1	PROGRAMME EXAMINE – STRUCTURE DE LA PRESENTE NOTE	5
1.1	14 scénarios étudiés.....	5
1.2	Choix techniques majeurs	8
1.2.1	Méthologie de conception.....	8
1.2.1.1	Section courante de ligne nouvelle et travaux sur ligne classique.....	8
1.2.1.2	Tunnels	8
1.2.2	Vitesses en ligne	10
1.2.3	Fonctionnalités assurées.....	10
2	DEMARCHE GENERALE	11
2.1	Structure des estimations.....	11
2.2	Décomposition des résultats.....	11
2.3	Conditions économiques	12
3	ESTIMATION BRUTE DES TRAVAUX SUR LIGNE NOUVELLE (Y COMPRIS RACCORDEMENTS)	13
3.1	Prix communs : frais de maîtrise d’ouvrage et de maîtrise d’œuvre	13
3.1.1	Frais de Maitrise d’Œuvre ligne nouvelle	13
3.1.2	Frais de Maitrise d’Ouvrage.....	13
3.2	Tunnels (Génie civil et équipements non ferroviaires).....	13
3.2.1	Tunnels de Marseille	13
3.2.1.1	Plusieurs études convergentes	13
3.2.1.2	De multiples configurations estimées	14
3.2.1.3	Estimation brute.....	15
3.2.2	Autres tunnels urbains	17
3.2.3	Tunnels interurbains	17
3.2.3.1	Principes de conception.....	17
3.2.3.2	Estimation brute.....	19
3.3	Viaducs	22
3.3.1	Typologie des ouvrages	22
3.3.2	Macroprix estimation technique	23
3.3.3	Sommes à valoir.....	24
3.4	Ouvrages en terre	24
3.4.1	Méthodologie générale	24
3.4.2	Estimation technique	25
3.4.2.1	Préparations et installations de chantier.....	25

3.4.2.2	Terrassements en déblais et en remblais.....	25
3.4.2.3	Excédents et Déficits du mouvement des terres	27
3.4.2.4	« Matériaux nobles »	27
3.4.2.5	Difficultés géotechniques.....	28
3.4.2.6	Bilan des ratios « Ouvrages en Terre ».....	28
3.4.3	Sommes à valoir	29
3.5	Equipements ferroviaires	29
3.5.1	Estimation technique	29
3.5.2	Sommes à valoir	30
3.6	Acquisitions foncières	31
3.6.1	Estimation technique	31
3.6.1.1	Acquisitions foncières :	31
3.6.1.2	Acquisitions démolition du bâti	32
3.6.1.3	Autres postes.....	32
3.6.2	Sommes à valoir	33
3.7	Libérations d’emprises.....	33
3.7.1	Estimation technique	33
3.7.1.1	Déplacement des réseaux.....	33
3.7.1.2	Dégagement des emprises.....	33
3.7.2	Sommes à valoir	33
3.8	Mesures de protections environnementales	33
3.8.1	Estimation technique	33
3.8.2	Sommes à valoir	34
3.9	Autres postes	34
3.9.1	Estimation technique	34
3.9.2	Sommes à valoir	35
3.10	Gares.....	35
3.10.1	Estimation brute des gares	35
4	ESTIMATION BRUTE DES TRAVAUX SUR LIGNE EXISTANTES..	37
5	PROVISIONS POUR RISQUES	38
5.1	Provision pour risques identifiés	38
5.1.1	Risques sur les coûts de tunnels	38
5.1.1.1	Tunnels de Marseille.....	38
5.1.1.2	Autres tunnels.....	38
5.1.2	Risques sur l’arbitrage entre remblai, viaducs et tunnels	38
5.2	Provision pour risques non identifiés.....	38
5.3	Risques et évolutions de coûts exclus des estimations	39

5.3.1 Risques de type réglementaire	39
5.3.2 Risques de type programmatiques	39
5.3.3 Evolution du coût des matières premières.....	39
6 ANNEXES : TABLEAUX DES RESULTATS DETAILLES.....	40

1 Programme examiné – Structure de la présente note

L'objet de la présente note est de présenter l'ensemble des hypothèses et méthodes qui ont conduit aux estimations des études complémentaires.

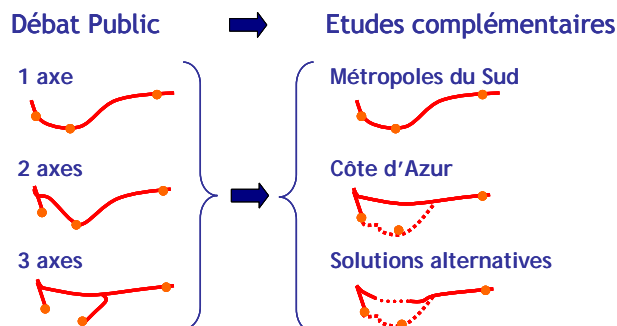
Il s'agit en particulier :

- Des grandes caractéristiques du programme, des choix techniques majeurs et des limites des estimations (chapitre 1),
- De la structuration des estimations et des grands choix de présentation (chapitre 2),
- De la méthodologie et des valeurs de ratios retenus pour les estimations brutes des sections de ligne nouvelle (chapitre 3) et des aménagements sur le réseau classique (chapitre 4),
- De la description du périmètre des risques estimés, de la méthodologie et des paramètres déterminants retenus (chapitre 5).

Nota : la SNCF a eu la charge des études concernant les aménagements de gare (hors voies et quais). Ce rapport ne traite donc pas des estimations sur ce périmètre. On se reportera pour cela au rapport B 3.2.

1.1 14 scénarios étudiés

Pour mémoire, l'évolution entre le Débat Public et les études complémentaires peut être représenté comme le montre le schéma suivant :



Trois familles de scénarios ont donc été examinées lors des études complémentaires :

- Une famille « Métropoles du Sud », qui dessert en chapelet les métropoles de la région en passant au plus près de la ligne actuelle du littoral,
- Une famille « Côte d'Azur », destinée à rapprocher le plus possible les Alpes Maritimes de Paris et du reste de l'Europe en utilisant un itinéraire au plus court le long de l'autoroute A8,
- Une famille des « Solutions alternatives », proche dans ses fonctionnalités de la famille Côte d'Azur, mais plus proche du couloir ferroviaire de la ligne Gardanne-Carnoules au prix d'un tracé moins performant en vitesse.

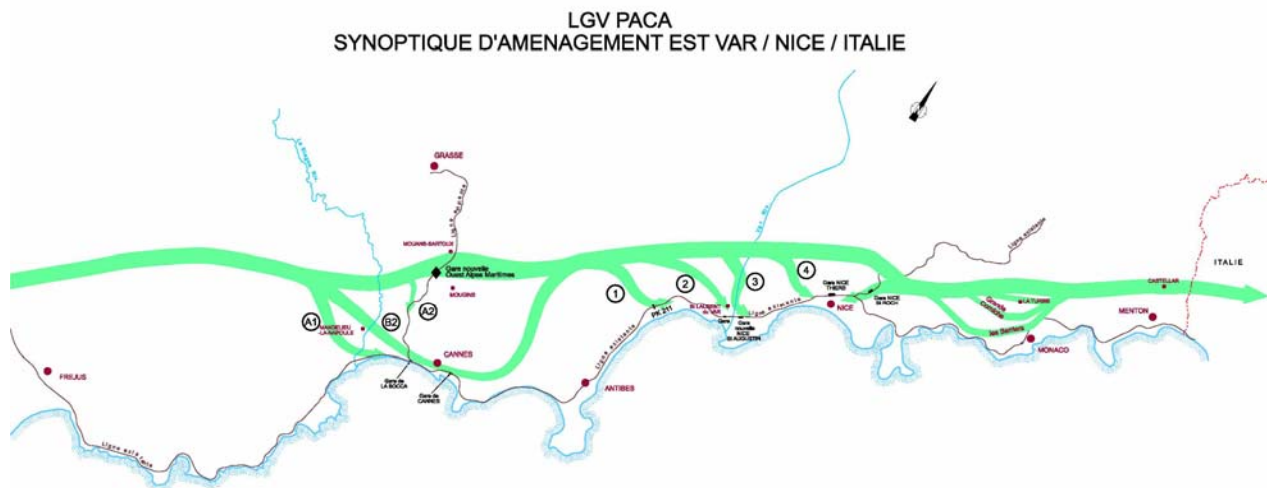
Quatorze scénarios d'infrastructures de LGV ont été étudiés :

- six scénarios en « Métropoles du Sud » résultant de la combinaison de : deux options de gare souterraine à Marseille (au droit de la gare actuelle de Saint-Charles ou de celle de la Blancarde) ; trois options de gare pour desservir Toulon (Toulon Nord dans les environs de Cuers ; Toulon Est entre Toulon et Hyères ; Toulon Centre).

- six scénarios en « Côte d'Azur » : quatre scénarios résultant de la combinaison de deux options pour le décrochement de la LGV Méditerranée au nord d'Aix-en-Provence (l'une à hauteur d'Orange via la vallée de la Durance ; l'autre au nord immédiat du massif de la Sainte-Victoire) et de deux options de passage dans le Var (l'une par le centre du département, le long d'A8 ; l'autre par le nord du département) ; deux scénarios avec option de passage par le centre du Var et décrochant au sud d'Aix-en-Provence (soit au nord de la gare d'Aix-TGV, soit au sud).
- deux scénarios « Alternatifs », selon le débranchement au nord ou au sud de la gare d'Aix TGV.

auxquels il faut ajouter le prolongement entre Nice et l'Italie et le contournement de Nice, étudiés au même niveau de précision que les autres sections des scénarios.

Nota : à partir d'Est Var, tous les scénarios ont une partie commune côté Est. Mais sur cette section, plusieurs variantes ont été étudiées, tant au droit de Cannes qu'à l'arrivée sur Nice, comme l'illustre la carte ci-après (on se reportera au rapport B.3.1.3.3 pour une description plus précise).



Famille "Métropoles du Sud"



Famille "Côte d'Azur"



Famille "Solutions alternatives"



1.2 Choix techniques majeurs

1.2.1 Méthologie de conception

1.2.1.1 Section courante de ligne nouvelle et travaux sur ligne classique

Les règles de conception géométrique conduisant aux solutions présentées sont issues :

- du référentiel technique RFF pour l'étude de lignes à grande vitesse voyageurs pour les parties où la vitesse maximale des trains pourrait être de 230 km/h et plus, (RT IN3279 pour la réalisation des LGV partie GC et Equipements ferroviaires - Edition de 2006)
- les référentiels utilisés pour les aménagements de voies à $V \leq 220$ km/h ont été l'IN 3278 et l'IN 0272 (EF 2 C32) Edition du 9 décembre 2004 pour les tracés ferroviaires, et l'IN 0162 pour la détermination du gabarit (permettant de définir les profils en travers types selon le nombre de voies).

On se reportera au rapport B.3.1.1.2 « Conception technique générale : méthodologie » pour plus de détail sur le cas des sections de ligne nouvelle et aux rapports B.3.1.3 sur les études de points singuliers pour les aménagements du réseau classique.

1.2.1.2 Tunnels

En ce qui concerne les tunnels, on se reportera au rapport intitulé « Expertise sur la conception des tunnels dans le cadre de la STI ' sécurité dans les tunnels ferroviaires ' » qui est à la base de la conception des tunnels.

Principes de conception

Pour mémoire, les principaux principes de conception appliqués sont les suivants :

- Longueur inférieure à 1 000 m : monotube simple sauf si des circonstances exceptionnelles conduisent à une autre solution.
- Longueur de 1 000 m à 2 000 m : le monotube avec accès latéraux ou verticaux est possible. Deux sortes de cas se présentent :
 - o *Cas favorable*
L'on peut, à partir d'un point situé à moins de 1 000 m des têtes, réaliser une galerie d'évacuation de longueur inférieure à 500 m (si possible) aboutissant à une zone permettant d'implanter un parking de secours de 500 m² et une safe area de 1 000 m², le tout relié par une piste à une route existante pas trop éloignée ; dans ce cas, 1 galerie d'évacuation est suffisante et permet de réaliser une solution moins chère que les autres.
 - o *Cas normal*
La galerie d'évacuation parallèle au tunnel débouchant à la tête est la plus intéressante : soit une galerie pour les tunnels de 1 000 m à 1 500 m, soit 2 galeries débouchant aux 2 têtes, pour les tunnels de 1 500 m à 2 000 m.

La STI est appliquée à minima : par exemple, pour un tunnel de 1100 m de long on prévoit une galerie de 100 m.

- Longueur de 2 km à 20 km :
Pour cette longueur, les solutions suivantes, toutes théoriquement possibles, doivent être comparées :
 - o monotube avec accès latéraux, tous les 1 000 m par galeries non parallèles au tunnel, éventuellement complétées ou partiellement remplacées par des galeries parallèles au tunnel de longueur inférieure à 500 m et débouchant aux têtes,
 - o bi-tube avec rameaux de communication tous les 500 m,
 - o monotube avec galerie de sécurité parallèle au tunnel sur toute la longueur,

- monotube cloisonné.
 et l'on retient la solution la moins chère.

Cependant, en règle générale, l'arbitrage se joue entre les deux premières configurations car :

- dans le cas du monotube avec galerie de sécurité parallèle au tunnel sur toute sa longueur, outre la longueur importante de galerie, la nécessité de pouvoir y faire circuler des véhicules, notamment pour les services de secours, conduit à des dimensions transversales importantes, et à l'installation d'équipements de sécurité et d'exploitation à l'intérieur de la galerie de mêmes natures que pour les tunnels routiers, notamment en matière de ventilation.
- le monotube cloisonné est plus cher et comporte plus d'aléas de construction que le bi-tube, sauf dans deux cas :
 - lorsque le rocher est d'excellente qualité tout le long du tunnel : les inconvénients de la grande section au moment du creusement, et le surcoût qui en découlent, disparaissent,
 - lorsque le sol est d'une qualité exécrationnelle ; ainsi, pour le tunnel du Groene Hart, le monotube cloisonné a permis d'éviter la construction de rameaux inter-tubes qu'on ne pouvait réaliser qu'en congelant préalablement le sol pour lui donner consistance et imperméabilité.

En outre, dans les scénarios étudiés, à une ou deux exceptions près, on ne rencontre pratiquement pas de tunnel de plus de 5 km de long où le monotube avec les galeries d'accès soit compétitif par rapport au bitube.

Dimensionnement : sections d'air

Les vitesses de référence dans les tunnels se caractérisent comme suit pour les différentes familles de sections élémentaires (on pourra se reporter à la carte des vitesses au chapitre suivant) :

- Sections élémentaires de la partie Ouest des scénarios Côte d'Azur : V 300 km/h,
- Sections élémentaires de la partie Ouest des scénarios Métropoles du sud : V270 à V300, (succession de tunnels à des vitesses différentes), sauf dans le secteur de Marseille / Aubagne où la vitesse dans les tunnels est de 200/230,
- Sections élémentaires de la partie Est (d'Est Var à l'Italie, y compris contournement de Nice) : certaines sections sont à V270, d'autres à V300. Leurs longueurs justifient une différenciation des sections d'air.

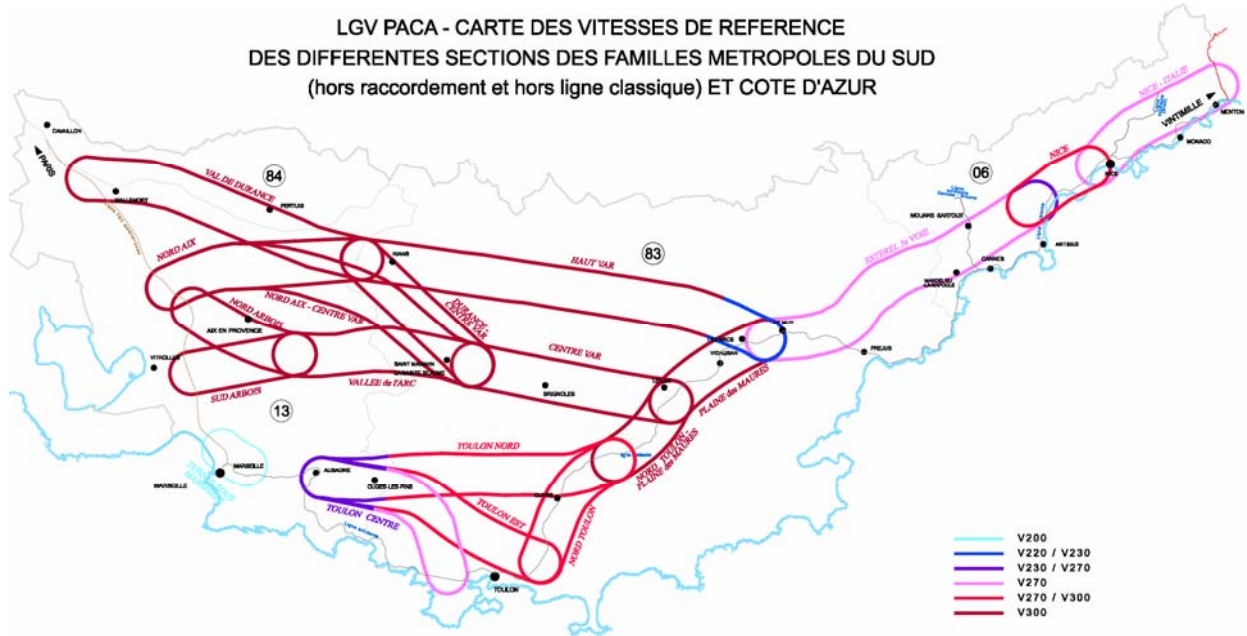
Les dimensions des profils en travers adoptés en fonction de la vitesse de circulation des trains sont indiquées dans le tableau suivant.

		Section d'air (m ²)	Section excavée (m ²)
Vitesse 200 - 230 km/h	Mono tube	63	90
	Bi tube	2 x 50	2 x 75
Vitesse 230 à 270 km/h	Mono tube	71	100 à 105
	Bi tube	2 x 51	2 x 75
Vitesse 270 à 300 km/h	Mono tube	85	120 à 130
	Bi tube	2 x 51	2 x 75

Nota : le cas de figure d'une V 350km/h n'a pas été retenu ; ce cas avait toutefois été étudié dans des études antérieures : cf. études SCETAUROUTE et SETEC 2001.

1.2.2 Vitesses en ligne

La carte ci-après représente les vitesses de référence sur les grandes sections des scénarios Métropoles du Sud et Côte d’Azur.

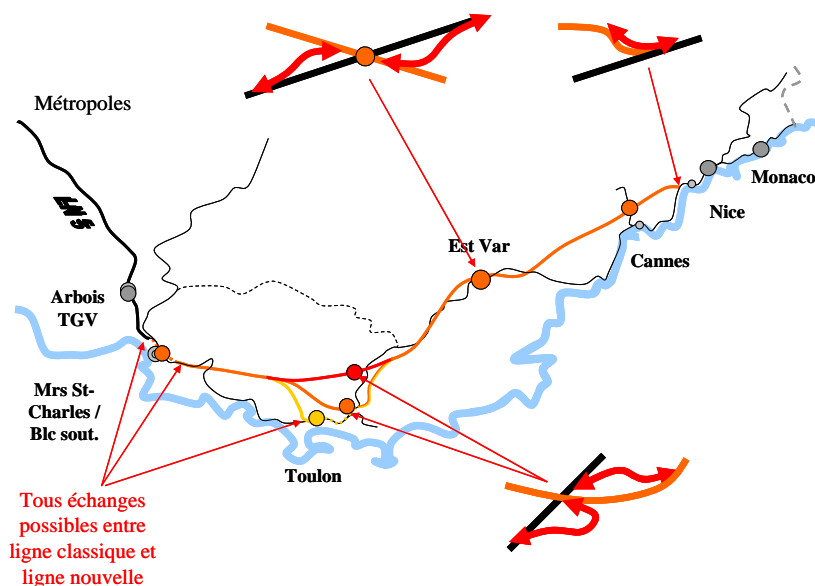


Pour les scénarios de la famille des solutions alternatives, seule la section « Vallée de l’Arc » est différente de la famille Côte d’Azur, avec des vitesses permises variant entre 100 et 160 km/h au lieu de 300 km / h sur la partie de ligne existante réaménagée entre Gardanne et Brignoles.

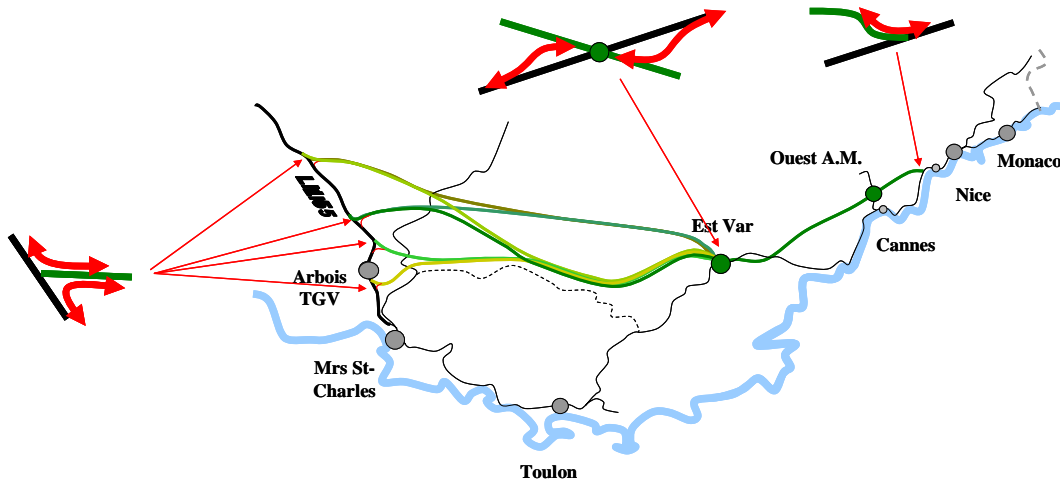
1.2.3 Fonctionnalités assurées

Les schémas ci-après explicitent les liaisons permises par les raccordements envisagés dans les différents scénarios.

Famille Métropoles du Sud :



Famille Côte d’Azur et des solutions alternatives :



2 DEMARCHE GENERALE

2.1 Structure des estimations

Le coût d’un scénario est égal à la somme des composantes suivantes :

- l’estimation brute, elle-même composée de :
 - l’estimation technique,
 - la somme à valoir.
- les provisions pour risques, elles-mêmes subdivisées en :
 - provisions pour risques identifiés, destinée à couvrir les risques envisagés,
 - provisions pour risques non identifiés destinée à couvrir les risques non envisagés.

Les sommes à valoir correspondent aux incertitudes sur les quantités et sur les coûts unitaires. Elles sont représentatives de la précision des études. Elles sont explicitées dans la présente note aux chapitres 2 et 3, consacrés aux estimations brutes des travaux.

Les Provisions pour Risques sont détaillées au chapitre 4.

2.2 Décomposition des résultats

Les estimations brutes et provisions pour risques identifiés peuvent être décomposées selon deux logiques croisées :

- d’une part un sectionnement géographique : les scénarios sont le cumul de sections élémentaires (longues de quelques km à quelques dizaines de km). Une description de ces sections élémentaires est faite dans le rapport « Description des sections élémentaires » au B.3.1.1.5.
- d’autre part des grandes familles de travaux :
 - les sections de ligne nouvelle, comprenant :
 - les sections courantes hors viaducs et tunnels,
 - les sections de tunnels,
 - les sections de viaducs,

- les raccordements,
- les gares nouvelles (y compris gares TER créées)
- les aménagements sur le réseau classique indispensables à la réalisation du programme.

En revanche, les provisions pour risques non identifiés sont calculées pour le scénario dans son ensemble.

2.3 Conditions économiques

Les résultats généraux, notamment dans les documents de synthèse (volet A) sont présentés :

- en euros aux conditions économiques (c.e.) janvier 2004 par soucis de comparabilité avec les résultats présentés au Débat Public,
- en euros aux conditions économiques janvier 2008 par souci d'actualisation.

Pour autant, les différentes études menées ont la plupart du temps produit des estimations en condition économiques janvier 2005 (parfois différentes). Sauf précision contraire dans ce rapport, les c.e. sont 01-05.

L'actualisation, à ce stade d'étude est réalisée sur la base de l'indice TP 01.

Nota :

- les coûts n'incluent aucune provision ou risque relatifs aux actualisations qui pourront être faites dans le futur. Il appartiendra à l'estimateur d'utiliser les indices adéquats pour ce faire.
- les ratios suivants sont réputés intégrer également tous les coûts de réalisation travaux, notamment les installations de chantier nécessaires, et bases travaux.

3 ESTIMATION BRUTE DES TRAVAUX SUR LIGNE NOUVELLE (Y COMPRIS RACCORDEMENTS)

3.1 Prix communs : frais de maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre

Ils s'ajoutent à tous les postes décrits dans les chapitres suivants.

3.1.1 Frais de Maitrise d'Œuvre ligne nouvelle

- 7% des postes de l'infrastructure (libération d'emprises -hors foncier- terrassements, ouvrage d'art, drainage, chaussée et équipements des voies rétablies, clôtures, protection de l'environnement).
- 10% des postes de la superstructure (voies, signalisation, alimentation électrique, télécommunication).

3.1.2 Frais de Maitrise d'Ouvrage

- 5% des postes de l'infrastructure (libération d'emprises, terrassements, ouvrage d'art, drainage, chaussée et équipements des voies rétablies, clôtures, protection de l'environnement).
- 3% des postes de la superstructure (voies, signalisation, alimentation électrique, télécommunication).

Ces deux postes couvrent en particulier l'intégralité des frais d'étude des phases ultérieures.

3.2 Tunnels (Génie civil et équipements non ferroviaires)

3.2.1 Tunnels de Marseille

3.2.1.1 Plusieurs études convergentes

Les tunnels de Marseille constituaient un cas spécifique de tunnel qui a nécessité un traitement approfondi pour plusieurs raisons :

- une plus grande complexité technique : en effet, les aspects suivants ont dû être pris en compte :
 - o tassements possibles des zones en surface et des ouvrages situés au-dessus ; ouvrages enterrés situés au-dessus ou à proximité (réseaux d'assainissement, parkings souterrains, métro ou autres tunnels),
 - o problématique de l'insertion des têtes des sorties de secours en cas de choix d'un tunnel monotube avec sorties verticales tous les 1000 m au moins, tant en termes de faisabilité (ces sorties doivent être suffisamment accessibles aux services de secours) que d'acceptabilité (impacts sur le tissu urbain et leurs conséquences),
 - o Impact des entrées de tunnel dans un milieu restreint : en phase définitive, insertion dans le tissu urbain, en phase « construction », impact des zones en tranchée couverte et des zones de faible couverture sur les réseaux et le bâti. Ce point est à mettre en relation avec les accès à l'ouvrage en phase d'exploitation,
 - o Impact des travaux sur le voisinage et l'environnement proche des zones de travaux : surcoût de la logistique des travaux et contraintes sur les plages de travail pour certaines activités qui se répercutent ensuite sur les cadences de production.
- des fonctionnalités à assurer (fonctionnement de la gare nouvelle en interaction avec la gare existante et les réseaux de transport urbains) qui conduisent à une exigence

d'optimisation de la localisation de l'ouvrage. Ainsi, plusieurs localisations ont été envisagées pour la gare souterraine dans le secteur de St-Charles, afin de vérifier l'influence sur le coût de positionnements plus ou moins éloignés du cœur de la gare actuelle, en plan comme en dénivelé (question de la profondeur de la gare nouvelle). Pour l'option Blancarde, ces optimisations ont également été recherchées jusqu'à l'hypothèse d'une gare semi-enterrée.

Egis Rail et Setec TPI ont examiné les tunnels de Marseille, avec deux méthodologies distinctes.

Compte tenu de la plus grande précision des travaux d'Egis par rapport à ceux de Setec TPI, ce sont les premiers qui ont été retenus pour les estimations des scénarios. Cependant, la vérification de cohérence globale entre les deux estimations a été faite et donne les résultats suivants :

c.e. 01-05	TOTAL	Ecart
St-Charles moontube		
Egis Rail	1 162	-3%
Setec TPI	1 126	
Blancarde moontube		
Egis Rail	993	0%
Setec TPI	996	
St-Charles bitube		
Egis Rail	1 464	-6%
Setec TPI	1 375	
Blancarde bitube		
Egis Rail	1 116	6%
Setec TPI	1 183	

Si le poids relatif des tunnels et de la gare souterraine sont différents entre les deux études, la cohérence entre les deux séries d'estimations est donc au final assez bonne (moins de 6% d'écart) quand on prend en compte les provisions pour risque proposées par Setec TPI.

Nota : pour les têtes de tunnel, ce sont les estimations de Setec International qui ont été retenues, les impacts urbains y ayant été plus finement évalués.

C'est donc la méthodologie d'Egis Rail qui est détaillée dans ce chapitre 3.2.1. On pourra pour plus de détail se reporter :

- au rapport B.3.1.4 de Setec TPI « expertise sur la conception des tunnels dans le cadre de la STI 'sécurité dans les tunnels ferroviaires' »,
- aux rapports B.3.1.3 des études Egis Rail concernant les variantes de traversée de Marseille et celles de Setec International pour ce qui est des têtes de tunnel rapports du chapitre B.3.1.2.

3.2.1.2 De multiples configurations estimées

Afin de mesurer l'influence de divers paramètres sur le coût du tunnel et de la gare associé, plusieurs configurations ont été conçues et estimées, se différenciant par :

- la nature du tunnel principal : monotube ou bitube
- La localisation de la gare souterraine (en plan et en profil en long, avec le souci de le rehausser au maximum en vue de réduire la profondeur de la gare),
- Le positionnement des quais (solution variante aux deux exposées au schéma ci-dessus, avec 2 tubes comprenant chacun 2 voies à quai de même sens de circulation et un quai central).

Il faut préciser que les contraintes suivantes ont été prises en compte pour le tracé des tunnels :

- Position exacte des lignes de Métro intersectées,
- Position exacte des collecteurs primaires intersectés,
- Semi de points 3D de la ville de Marseille précis pour le positionnement du Terrain Naturel.

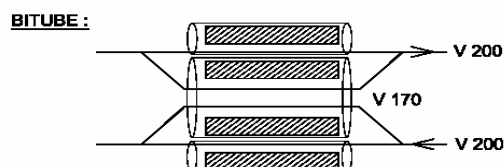
3.2.1.3 Estimation brute

3.2.1.3.1 Configuration des tunnels et de la zone gare et principe de sectionnement pour l'estimation

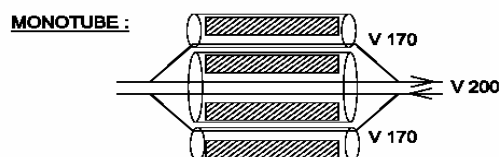
Les études de capacité ont montré qu'il était nécessaire de prévoir dès la mise en service 4 voies à quai. La réflexion menée par Egis sur la configuration des gares a abouti aux deux schémas suivants :

- un tube central avec deux voies filantes ou à quais,
- un tube latéral de part et d'autre avec soit une voie filante soit une voie à quai.

Cas d'un tunnel bitube



Cas d'un tunnel monotube



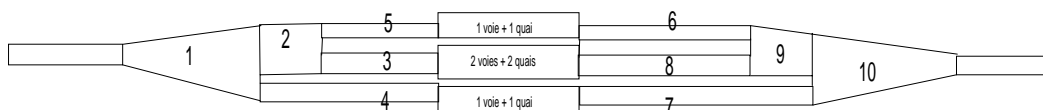
Le passage d'un ouvrage classique à section constante (tunnel monotube 2 voies ou bitube monovoie) à la zone gare se fait par des ouvrages de transition de différentes sections.

La géométrie est déterminée par la position des têtes de tunnel, celle souhaitée pour la gare, les contraintes d'affleurement (le profil en long ne doit pas remonter trop près de la surface - à ce stade des études, un ratio de 1,5 à 2 diamètres est communément admis comme le minimum à respecter), le positionnement des appareils de voie (en alignements droits à ce stade d'étude) et par les règles de coordination entre axe en plan et profil en long.

Les ouvrages à section variables (ou ouvrages d'entonnement) permettent d'écartier suffisamment les voies pour permettre la réalisation de 2 tunnels séparés. Ils peuvent constituer des sections à 3 ou 4 voies.

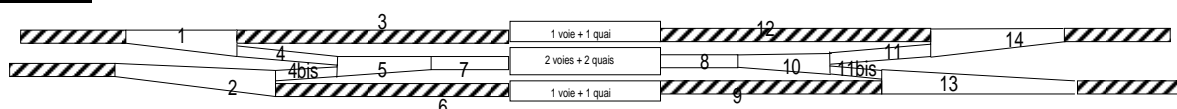
Les schémas suivants représentant les solutions monotube et bitube illustrent ces changements de sections de génie civil :

Solution monotube :



- Les zones 1 et 10 correspondent à des sections variables de 2 à 4 voies,
- Les zones 2 et 9 permettent de passer d'un ouvrage à 3 voies à 2 ouvrages respectivement à 2 et 1 voies,
- Les zones 3 à 7 correspondent à des ouvrages à section constante.

Cas bitube :



On obtient des zones de transition dissymétriques car le tracé en plan est courbe.

La courbure du tracé en plan génère des zones de transition différentes de part et d'autre de la gare. L'objectif de conception pour ces ouvrages est de limiter la longueur globale de ces zones de transition, et plus particulièrement les zones à sections variables, afin d'optimiser le coût global du tunnel.

L'estimation du génie civil est donc établie en distinguant :

- les parties linéaires en section courante, monotubes et bitubes,
- les ouvrages d'entonnement,
- la partie centrale constituant la gare souterraine.

Chacune de ces parties est alors estimée avec la méthode la plus appropriée appliquée à des ouvrages dont la définition (en longueur et en section) correspond au niveau de nos études.

3.2.1.3.2 Ratio de base utilisé pour le calcul du Génie Civil linéaire

L'estimation est basée sur l'utilisation des prix unitaires suivants :

- tunnel bitube : section excavée de 75 m² (pour une section d'air de 52 m²) : 31 millions d'euros HT/km ;
- tunnel monotube : section excavée de 90 m² (pour une section d'air de 63 m²) : 43 millions d'euros HT/km ;
- section en entonnement : variable selon leurs dimensions ;
- section centrale de la gare : 150 M€ / km pour une section excavée de 350 m² ;
- puits verticaux : 15 M€ / km.

Les prix unitaires utilisés ont été établis à partir d'un ratio issu de bases de données de projets de travaux souterrain de 290 € HT le mètre cube excavé pour les opérations de creusement, soutènement, étanchéité et revêtement définitif d'un tunnel et 430 € / m³ excavé pour les gares et ouvrages spécifiques de grande section / section variable.

Ces ratios sont destinés à traduire à la fois la géologie spécifique sous Marseille et le contexte de réalisation des travaux en milieu urbain. La géologie du bassin de Marseille est décrite dans la bibliographie technique qui met en avant a) une hétérogénéité des formations et b) la dispersion des caractéristiques mécaniques de ces formations ; nous citons ci-après quelques références :

- Géologie Méditerranéenne, Tome IV, n° 1, 1977 : pp. 55 à 64 - « observations géologiques et géotechniques à l'occasion de travaux souterrains dans le bassin de Marseille » par B. Dellery et B. Gaudin ;
- Géologie Méditerranéenne, Tome IV, n° 1, 1977 : pp. 65-66 : « Problèmes de fondations et de réalisation des fouilles » par R. Bertrand ;
- « Pressions de terrain sur une galerie creusée dans des marnes du Stampien », par B. Gaudin, mai-juin 1972 ;
- « Sollicitations différées des revêtements de tunnels creusés dans les marnes » par B. Gaudin et M. Ricard, avril 1974, rapport basé sur les études entreprises pour la construction du métro de Marseille.

La prise en compte d'un tel ratio basé sur les données de projets analogues, a été recoupée avec des estimations établies avec des méthodes différentes sur les études antérieures.

En effet, le rapport « Etudes préalables au débat public sur la LGV PACA - Etude d'aménagement de la traversée de Marseille - rapport SETEC de janvier 2005 » indique à la page 19/21 que le tunnel monotube dans la solution « Saint Charles » est estimé à 45 k€/ml pour une section d'environ 100 m²; le rapport indique à la page 20/21 que cette estimation est établie à partir d'une analyse précise des terrains traversés et l'application de profils type de soutènement.

Ces résultats très proches obtenus par des méthodes différentes confortent le ratio retenu dans les présentes estimations des tunnels sous Marseille.

3.2.1.3.3 Equipements de sécurité

D'un montant de 6 M€ / km, ils prennent en compte l'éclairage, la signalisation, la GTC (Gestion Technique Centralisée) et le RAU (Réseau d'Appel d'Urgence). Les coûts éventuels de ventilation de désenfumage ne peuvent être estimés à ce niveau d'études et sont inclus globalement dans les sommes à valoir.

3.2.1.3.4 Sommes à valoir

Les sommes à valoir retenues sont de 10% sur le GC.

3.2.2 Autres tunnels urbains

Les enseignements des études fines menées sur Marseille ont été valorisés pour l'examen de deux variantes sur la partie Est comportant également des tunnels en milieu urbain dense et/ou comprenant une gare souterraine :

- le tunnel avec gare souterraine à l'intersection avec la ligne Cannes-Grasse dans l'arrière pays cannois,
- le tunnel sous Cannes avec gare souterraine (variante desservant le centre de Cannes en ligne par une gare souterraine),
- le tunnel d'arrivée à Nice Thiers dans le cadre de l'étude d'une variante de raccordement,
- enfin, le tunnel avec gare souterraine au droit de Monaco sur le prolongement entre Nice et l'Italie.

3.2.3 Tunnels interurbains

Ils ont été estimés par Setec TPI. On se reportera donc au rapport B.3.1.4 « expertise sur la conception des tunnels dans le cadre de la STI 'sécurité dans les tunnels ferroviaires' » pour plus de détails.

3.2.3.1 Principes de conception

3.2.3.1.1 Grands principes de la STI

Le texte régissant la conception des tunnels avant 2008, était l'Instruction Technique Interministérielle n°98-300, dénommé ci-après « ITI ».

Mais la Spécification Technique d'Interopérabilité « Sécurité dans les tunnels ferroviaires » du système ferroviaire transeuropéen conventionnel et à grande vitesse (ci-après « STI ») est applicable à partir du 1er juillet 2008 suite à la décision de la Commission du 20 décembre 2007.

Lorsque tous les textes d'application seront parus, la STI devra être appliquée à tous les tunnels neufs. L'ITI 98-300 ne sera pas pour autant annulée et devra être appliquée lorsque ses dispositions sont plus sévères que celles de la STI.

La STI s'applique aux tunnels de longueur comprise entre 1 km et 20 km. Les tunnels de plus de 20 km nécessitent une étude particulière (l'ITI s'applique entre 0,4 km et 10 km ; si $l > 10$ km, étude particulière).

La conception des tunnels des différents scénarios étudiés a pris en compte les exigences découlant de cette double réglementation.

Certaines règles de la STI désormais applicables ont une influence sensible sur le coût du génie civil ou des équipements des tunnels. La principale d'entre elle est qu'en cas d'incendie, et si le train n'a pas pu quitter le tunnel et s'y est arrêté, les voyageurs sont évacués sous la direction du personnel de

bord ou s'échappent du train et rejoignent une zone sûre (safe area). Celle-ci est définie comme un espace placé à l'intérieur ou à l'extérieur du tunnel, répondant à tous les critères suivants :

- il permet la survie,
- les personnes peuvent y accéder avec ou sans assistance,
- les personnes peuvent s'échapper par elles-mêmes, si les circonstances le permettent, ou attendre l'intervention des services de sauvetage respectant les procédures décrites dans le plan d'urgence,
- les communications sont possibles, soit par téléphone, soit par des connexions fixes, avec le centre de contrôle du gestionnaire de l'infrastructure.

La conséquence principale est que les tunnels de 1 à 20 km doivent satisfaire à l'une des trois configurations suivantes :

- Issues de secours latérales et/verticales vers la surface au moins tous les 1 000 m,
- Galeries de communication vers l'autre tube du tunnel au moins tous les 500 m,
- Solutions techniques de substitution : des solutions techniques de substitution prévoyant un refuge avec un niveau de sécurité minimale équivalent sont admises. Une étude technique est entreprise afin de justifier la solution de substitution qui doit être soumise pour approbation par l'autorité nationale compétente.

3.2.3.1.2 Application aux tunnels de la LGV PACA

Les grands principes énoncés au chapitre précédent ont été appliqués pour l'estimation des tunnels interurbains de la LGV PACA avec les conséquences suivantes :

- Longueur inférieure à 1 000 m : monotube simple sauf si des circonstances exceptionnelles conduisent à une autre solution.
- Longueur de 1 000 m à 2 000 m : le monotube avec accès latéraux ou verticaux est possible. Deux sortes de cas se présentent :
 - o *Cas favorable*
L'on peut, à partir d'un point situé à moins de 1 000 m des têtes, réaliser une galerie d'évacuation de longueur inférieure à 500 m (si possible) aboutissant à une zone permettant d'implanter un parking de secours de 500 m² et une safe area de 1 000 m², le tout relié par une piste à une route existante pas trop éloignée ; dans ce cas, 1 galerie d'évacuation est suffisante et permet de réaliser une solution moins chère que les autres.
 - o *Cas normal*
La galerie d'évacuation parallèle au tunnel débouchant à la tête est la plus intéressante : soit une galerie pour les tunnels de 1 000 m à 1 500 m, soit 2 galeries débouchant aux 2 têtes, pour les tunnels de 1 500 m à 2 000 m.

La STI est appliquée à minima : par exemple, pour un tunnel de 1100 m de long on prévoit une galerie de 100 m.

- Longueur de 2 km à 20 km :
Pour cette longueur, les solutions suivantes, toutes théoriquement possibles, doivent être comparées :
 - o monotube avec accès latéraux ou verticaux, tous les 1 000 m par galeries non parallèles au tunnel, éventuellement complétées ou partiellement remplacées par des galeries parallèles au tunnel de longueur inférieure à 500 m et débouchant aux têtes,
 - o bi-tube avec rameaux de communication tous les 500 m,
 - o monotube avec galerie de sécurité parallèle au tunnel sur toute la longueur,
 - o monotube cloisonné.et l'on retient la solution la moins chère.

Cependant, en règle générale, l'arbitrage se joue entre les deux premières configurations car :

- dans le cas du monotube avec galerie de sécurité parallèle au tunnel sur toute sa longueur, outre la longueur importante de galerie, la nécessité de pouvoir y faire circuler des véhicules, notamment pour les services de secours, conduit à des dimensions transversales importantes, et à l'installation d'équipements de sécurité et d'exploitation à l'intérieur de la galerie de mêmes natures que pour les tunnels routiers, notamment en matière de ventilation.
- le monotube cloisonné est plus cher et comporte plus d'aléas de construction que le bi-tube, sauf dans deux cas :
 - lorsque le rocher est d'excellente qualité tout le long du tunnel : les inconvénients de la grande section au moment du creusement, et le surcoût qui en découlent, disparaissent,
 - lorsque le sol est d'une qualité exécrationnelle ; ainsi, pour le tunnel du Groene Hart, le monotube cloisonné a permis d'éviter la construction de rameaux inter-tubes qu'on ne pouvait réaliser qu'en congelant préalablement le sol pour lui donner consistance et imperméabilité.

En outre, dans les scénarios étudiés, à une ou deux exceptions près, on ne rencontre pratiquement pas de tunnel de plus de 5 km de long où le monotube avec les galeries d'accès soit compétitif par rapport au bitube.

A noter :

- les cas où des tunnels courts ne peuvent être conçus qu'en bitube du fait de leur trop grande proximité avec un autre tunnel bitube (et donc de l'impossibilité de rapprocher suffisamment les voies pour passer en monotube) ont été identifiés et l'estimation en a tenu compte,
- si les solutions avec sorties verticales sont traitées au même plan que les sorties latérales, elles ne peuvent être envisagées dans le cas général que lorsqu'elles ne dépassent pas 30 m de haut.

En effet, les puits de hauteur supérieure à 30 m sont rarement utilisés, car, d'une part, il faut prévoir un ascenseur pour les PMR et les secours et, d'autre part, on ne peut pas évacuer en ascenseur, les 1 000 voyageurs usagers d'un TGV, sauf à prévoir des installations considérables qui ne fonctionnent que les fois (très rares) où on évacuera un TGV à cet endroit.

Cependant, dans quelques cas exceptionnels, lorsqu'on est en ville et que la hauteur du puits ne dépasse pas 50 à 55 m, on peut envisager un puits avec un ascenseur pour PMR, dont l'entretien sera d'un prix abordable, dans la mesure où les équipes qui en sont chargées, auront d'autres ascenseurs à entretenir dans le voisinage.

Les escaliers et la salle d'attente des PMR seront semblables à ceux des puits de 30 m. Le vide vertical à laisser pour installer un ascenseur aura une section horizontale de 3 m x 3,5 m environ.

3.2.3.2 Estimation brute

3.2.3.2.1 Génie civil linéaire

Les caractéristiques et les coûts unitaires des profils type de soutènement en fonction des géologies traversées proposés par Setec International dans les études préalables au Débat Public sont repris dans ces études.

Pour mémoire, la méthodologie d'utilisation de ces 7 profils type se basait sur l'étude des cartes BRGM au 1/50 000 de la Région. Les résultats de ce travail ont été repris pour les cas inchangés, et mis à jour pour les tunnels des scénarios de la famille des Métropoles du Sud (cf étude Setec International B.3.1.7).

En allant de la meilleure qualité de terrain à la plus mauvaise, ces profils sont désignés comme suit : P1 (rocher de résistance élevée) à P6 (sols plastiques) et P6', correspondant au P6 renforcé par des

traitements de terrain. Pour mémoire, le tableau ci-après rappelle les caractéristiques issues des études précédentes par SETEC.

Contexte géomécanique	Class. AFTES	Profil de soutènement type
Rocher franc de résistance élevée faiblement fracturé (ex calcaires massifs)	R2b	P1 : boulonnage du ciel (10HA D25/m) + 8cm béton projeté
Roche compacte de résistance moyenne (ex grès)	R3a	P2 : boulonnage moyen (13HA D25/m) + 12cm béton projeté
Roche liée de résistance moyenne à faible (ex calcaires peu résistants, marnes)	R3b	P3: boulonnage dense (15HA D25/m) + 15cm béton projeté
Roche facturée ou schisteuse de faible résistance (ex calcaires tendres ou très fracturés, grès argileux)	R4	P4: cintres HEB 140, esp. = 1,0m ; béton projeté 5cm + 20cm béton de blocage
Roche tectonisée ou de très faible résistance (ex. marnes bariolées à gypse, marnes sableuses ou argileuses) ; sols sablo graveleux	R5a	P5: cintres HEB 200, esp. = 1,0m ; béton projeté 5cm + 20cm béton de blocage
	R5b	P6: voûte parapluie (tubes D100mm, esp=0.50m) + cintres HEB 200, esp. = 1,0m ; béton projeté 5cm + 20cm béton de blocage
Sols plastiques ex : marnes altérées, argiles, sables argileux) sous consolidés ou sans cohésion (limon vasards et sables lâches, terrains broyés)	R6a	P6: voûte parapluie (tubes D100mm, esp=0.50m) + cintres HEB 200, esp. = 1,0m ; béton projeté 5cm + 20cm béton de blocage
	R6b	P6' : idem P6+injection du terrain

Nota : il existe bien entendu une certaine variabilité des caractéristiques techniques possibles pour une géologie donnée. Celles présentées ci-dessus n'ont été fixées que pour les besoins des estimations.

Les ratios unitaires correspondant, y compris frais généraux (8 %) mais hors SAV et PRI, sont les suivants :

Profil type	Cout € HT/ml pour monotube de section d'air de 85 m ² valeur 01/01/2005
P1	22 100
P2	23 000
P3	24 800
P4	33 900
P5	36 700
P6	46 800
P6'	58 200

Les ratios pour les sections d'air réduites prévues pour les vitesses V270 (71 m²) et V230 / V200 (63 m²) sont obtenues par multiplication des précédents ratios par les coefficients suivants :

Vitesse réduite	Section d'air	Ratio / 85 m ²
V270	71 m ²	92%
V200 / V230	63 m ²	87%

Pour les tunnels bitubes, les ratios sont ceux qui sont indiqués ci-dessus pour une section d'air de 85 m², auxquels on applique un coefficient pour passage de monotube à bitube variant linéairement avec la complexité du terrain.

Les deux points de calage de ce coefficient sont les suivants :

Cela s'explique par le fait que, plus la géologie est délicate, plus les grands fronts de taille sont difficiles à maintenir et donc plus les bitubes, relativement aux monotubes, sont « économiquement » pertinents car de plus petites dimensions.

3.2.3.2.2 Ouvrages de tête

Coût total : 5,1 M€ / tête. Ce coût comprend :

Surcoût en cas de bitube : 1,5 M€ (présence de 2 faux-tunnels par tête et élargissement de la tranchée d'accès et donc du tympan à soutenir).

3.2.3.2.3 Equipements de sécurité du tunnel

Coût total : 2 M€ / km. Ce coût comprend les équipements suivants :

- conduite incendie du tunnel et hydrants tous les 250 m,
- éclairage du tunnel et prises de courant pour les services de secours,
- alimentation électrique du tunnel
- retransmission des radio-communications des services de secours à l'intérieur du tunnel,
- ventilation des locaux techniques intérieurs au tunnel,
- métallerie des locaux techniques intérieurs au tunnel,
- gestion technique centralisée des équipements de sécurité,

En cas de tunnel bitube, ce ratio passe à 3,2 M€ / km (rajout de la ventilation et de la métallerie des rameaux de communication).

3.2.3.2.4 Galerie de secours de longueur inférieure à 500 m

- zone sûre pour PMR (ou personnes peu vaillantes) : largeur de 5 m et longueur de 20 m : de 0,45 M€ à 0,65 M€ selon la nature du terrain,
- galerie pour gabarit de 1,50 m x 2,25 m : de 9,2 k€ / ml à 12,5 k€ / ml selon la nature du terrain,
- ouvrages de tête : 0,7 M€,
- piste d'accès aux sorties de secours : 1 M€ / km.

3.2.3.2.5 Galerie de secours de longueur supérieure à 500 m

- galerie pour gabarit de 3,50 m x 3,80 m : de 22,5 k€ / ml à 32,7 k€ / ml selon la nature du terrain,
- ouvrages de tête : 1 M€,
- piste d'accès aux sorties de secours : 1 M€ / km.

3.2.3.2.6 Puits de 15 m à 30 m de hauteur

- génie civil zone PMR : 0,69 M€ à 1,03 M€ selon la nature du terrain
- génie civil puits : 31,7 k€ / ml à 51,7 k€ / ml selon la nature du terrain

- ouvrages de tête : 1 M€,
- piste d'accès aux sorties de secours : 1 M €/km.

3.2.3.2.7 Puits de 30 m à 50 m de hauteur

- génie civil zone PMR : idem puits de 15 m à 30 de hauteur
- génie civil puits :
 - o 55 k€/ml en terrain normal,
 - o 88 k€/ml en mauvais terrain,
- génie civil ouvrages de tête et local technique : 0,6 M€,
- parking, piste : idem galerie et puits de hauteur inférieure à 30 m,
- ascenseur : 0,35 M€,
- autres équipements : idem galerie et puits de hauteur inférieure à 30 m.

3.2.3.2.8 Sommes à valoir

Les sommes à valoir s'élèvent à 10 % du montant des travaux et équipements.

3.3 Viaducs

3.3.1 Typologie des ouvrages

Les coûts des viaducs dépendent des paramètres suivants :

- hauteur de franchissement avec $H < 30$ m ou $H > 30$ m,
- nature du franchissement :
 - o Fleuve ou rivière importante,
 - o Vallée compressible ou non compressible,
 - o Vallée (ou site) accidentée ou encaissée.
- type de fondation profonde ou superficielle,
- contrainte majeure de franchissement comme un franchissement très biais d'une infrastructure importante ou une difficulté d'accès au site,
- coûts architecturaux.

On peut ainsi définir les principaux types de viaduc suivants :

- Type 1 : Viaduc de franchissement d'une vallée non compressible avec une hauteur $H < 30$ m et des fondations superficielles,
- Type 2 : Viaduc de franchissement d'une vallée compressible avec une hauteur $H < 30$ m et des fondations profondes,
- Type 3 : Viaduc de franchissement d'une vallée accidentée (ou site) encaissée avec une hauteur $H < 30$ m et des contraintes fortes d'accès au site,
- Type 4 : Viaduc de franchissement d'une vallée accidentée ou site encaissé avec une hauteur $H < 30$ m et présentant une longueur total inférieur à 250m,
- Type 5 : Viaduc de franchissement d'un fleuve ou rivière importante avec une hauteur $H < 30$ m et des fondations en rivière,
- Type 6 : Viaduc de franchissement d'une vallée accidentée ou site encaissée avec une hauteur $H > 30$ m et des contraintes fortes d'accès au site.

Remarque : ces types ne couvrent pas la totalité des cas théoriques possibles, mais représentent l'ensemble de ceux rencontrés dans le cas du projet LGV PACA.

Pour les viaducs dont les portées sont inférieures à 30m le tablier en bipoutre béton armé est le mieux adapté à partir du moment où la mise en œuvre d'un cintre ne pose pas de difficulté majeure. Le tablier en poutrelles enrobées, plus cher, sera à privilégier dans le cas contraire.

Pour les viaducs dont les portées sont supérieures à 30m et inférieures à 60m, les solutions les plus économiques et les plus simples de réalisation sont le tablier bipoutre mixte acier-béton à hauteur constante dont l'ossature métallique est mise en place par lançage ou le tablier en béton précontraint à hauteur constante mis en place par poussage pour des portées inférieure à 55 m ou construit par encorbellements successifs pour des portées supérieures.

Pour les viaducs dont les portées sont supérieures à 60m et inférieures à 80m, les solutions les plus économiques et les plus simples de réalisation sont le tablier bipoutre mixte acier-béton à hauteur variable dont l'ossature métallique est mise en place par lançage ou le tablier en béton précontraint à hauteur variable construit par encorbellements successifs.

Pour les viaducs de portées supérieures le tablier en béton précontraint à hauteur variable construit par encorbellements successifs constitue la solution la plus simple et la plus économique.

La largeur des ouvrages est fixée en 1ère approche à 15m.

Le choix des portées est un compromis entre le coût des appuis (fondation et hauteur de pile) et le coût du tablier.

D'un point de vue technico-économique :

- Les longueurs de portées comprises entre 30m et 60m conviennent pour les franchissements de type 1 à 4,
- Les longueurs de portées supérieures 60m sont mieux adaptées pour le franchissement de type 5,
- Les longueurs de portées supérieures à 80m seront recherchées pour les franchissements de type 6.

3.3.2 Macroprix estimation technique

Les macro-prix des coûts des ouvrages résultent de l'analyse statistique des ouvrages :

- de la LGV Méditerranée (moyenne des prix base juin 1995),
- de la LGV Est (moyenne des prix base mars 2003),
- de la LGV Rhin-Rhône (moyenne des prix base octobre 2005).

L'ensemble des prix a systématiquement été ramené sur la base janvier 2005, base d'estimation des études de fuseaux de la LGV Paca, par le biais des indices d'évolution des coûts d'ouvrage d'art (TPO2).

On obtient ainsi pour les différents types de franchissements les coûts (par ml de d'ouvrage) suivants :

Type de franchissement	Type d'ouvrage	Montant au ml d'OANC
1	Bipoutre mixte hauteur constante ou caisson poussé	30.6 K€/ml
2	Bipoutre mixte hauteur constante ou caisson poussé	32.4 K€/ml
3	Bipoutre mixte hauteur constante ou caisson poussé	36.9 K€/ml
4	Bipoutre mixte hauteur constante ou caisson poussé	36.9 K€/ml
5	Bipoutre mixte hauteur variable ou caisson en encorbellement	43.2 K€/ml
6	Caisson en encorbellement	45 K€/ml

Nota :

- dans les estimations d'Egis, aucun coût de foncier n'est comptabilisé au titre des viaducs. Ce facteur de minoration a été identifié, mais non corrigé dans la mesure où les ratios de base ont semblé plutôt majorants.
- Le passage en bitube de nombreux tunnels conduit, pour certains viaducs, à la nécessité de passer en deux tabliers séparés (monovoie), ce qui induit normalement un sucoût qui n'a pas été pris en compte (les estimations tunnel étant arrivées trop tard).

3.3.3 Sommes à valoir

Elles sont estimées à 10 % du coût technique et couvrent en particulier (cf étude Egis phase 1) :

- Les incertitudes sur les longueurs de viaduc : Obligation d'augmenter les longueurs initiales à la suite des études géotechniques, dimensionnement de travées et levés topographiques complémentaires.
- Les incertitudes sur le nombre de viaducs : obligation de concevoir des viaducs dans les vallées où des remblais de grande hauteur (comprise entre 25 m et 35 m) ont été prévus à la suite des études géotechniques et environnementales complémentaires. A noter qu'à ce stade de l'étude, le viaduc a été retenu au profit de remblais à partir d'une hauteur de 30/35 m

3.4 Ouvrages en terre

3.4.1 Méthodologie générale

Pour évaluer ce poste, cinq niveaux de macroprix sont identifiés (ce découpage résulte d'une analyse de la répartition des coûts constatés pour le poste terrassements sur opérations de lignes nouvelles ferroviaires antérieures en l'adaptant au contexte spécifique de la LGV PACA) :

- Les préparations et installations de chantier
- Terrassements en déblais et en remblais
- Excédents et Déficits du mouvement des terres
- Matériaux nobles
- Difficultés géotechniques

Pour chaque niveau, une fourchette de prix est donnée en fonction de l'appréciation actuelle du projet et des retours d'expérience sur des opérations similaires.

Pour l'établissement des estimations détaillées, le processus est le suivant :

- Dans un premier temps, le projet est découpé en tronçons de longueur 20 Km à 25 Km environ. Un tronçon peut également être défini entre 2 points successifs de coupure du mouvement des terres lorsque la longueur du tronçon qui en résulte reste proche de la fourchette ci-dessus. Ce linéaire correspond en effet à un allotissement habituel d'un chantier unitaire de terrassements globalement économique.
- Ensuite, on procède à une évaluation quantitative des volumes de terrassements (déblais / remblais) à partir d'un tracé (plan et profil en long) dit représentatif dans le fuseau de passage, ainsi qu'à l'élaboration du scénario de mouvement des terres le plus « probable » à ce stade de l'étude.
- Ces informations permettent alors, avec d'autres analyses qualitatives, de préciser la valeur des 4 macro-prix suscités pour la section considérée (c'est-à-dire de choisir dans la fourchette des prix unitaires le niveau le plus réaliste) et d'y associer des quantités réalistes.

La fourchette de prix du poste terrassements n'a donc pas été établie à partir des volumes « précis » calculés ; ces volumes restant encore largement variables à ce niveau d'étude et pour un calage restant dans un fuseau de 7km. Les ratios et SOMMES À VALOIR retenus permettent de lisser ces imprécisions, incertitudes en définissant de manière confortative le montant ici obtenu.

3.4.2 Estimation technique

3.4.2.1 Préparations et installations de chantier

Ces frais peuvent être évalués à environ 8 % du coût global des terrassements (4 postes suivants). Les modes de calculs et la répartition de ces frais varient d'une entreprise à l'autre, et ce taux est une valeur moyenne, susceptible de grandes variations.

3.4.2.2 Terrassements en déblais et en remblais

3.4.2.2.1 Contenu des ratios

Les macro-prix présentés, résultant de la mise à jour de nos bases de données issues d'opérations antérieures, comprend :

- Les travaux de déblais, quelle que soit la nature des matériaux. A ce niveau d'études, la distinction entre matériaux meubles et matériaux rocheux n'a pas été faite. Une hypothèse indicative d'une répartition 50/50 entre matériaux meubles et rocheux à toutefois été fixée. Les études à venir devront permettre de vérifier cette hypothèse impactant les macro-prix unitaires. Le ratio kilométrique tient compte d'une pondération entre ces différentes formations lorsque c'est nécessaire. Les déblais intègrent le décapage éventuel de la terre végétale ;
- Les travaux de remblais courants méthodiquement compactés, intégrant les opérations de traitements éventuels des matériaux et fournitures de liants associés ;
- Les opérations de préparation et d'installation de chantiers ;
- La fourniture et la mise en œuvre des couches d'assises (couche de forme et sous-couche).

Hypothèses géométriques

Pour mémoire, les hypothèses retenues pour la géométrie des déblais est la suivante :

- Largeur de plateforme : 14 m
- Largeur d'assainissement : 3,80 m
- Hauteur de talus inférieure à 10 : pente 1/1

- Hauteur de talus comprise entre 10 m et 20 m : pente 3/2 + risberme de 3 m de large à 10m de hauteur
- Hauteur de talus supérieure à 20 m : piège à cailloux de 5 m et pente de talus à 1/1 sans risberme
- Ratios kilométriques travaux de remblais :

Pour la géométrie des remblais : pente de talus à 3/2 et risbermes de 3 m de largeur tous les 10 m.

3.4.2.2 Ratios volumétriques et kilométriques

L'appréciation des volumes résulte essentiellement de la topographie et des pentes marquées du terrain naturel dont l'orientation intercepte celle du projet : les ratios de coûts kilométriques sont déduits de ratios volumétriques, eux-mêmes évalués par modélisation.

Ratios kilométriques travaux de déblais :

Ratios volumétriques	Prix unitaire	Ratios kilométriques
80 000 à 100 000 M3 / Km	2,8 à 5.6 € / m3	0,22 à 0,56 M€ / Km
100 000 à 200 000 M3 / Km	5.6 € / m3	0,56 à 1,12 M€ / Km
> 200 000 M3 / Km	5.6 à 6.7 € / m3	1,12 à 1,34 M€ / Km

Ratios kilométriques travaux de remblais :

Ratios volumétriques	Prix unitaire	Ratios kilométriques
35 000 à 70 000 M3 / Km	8,0 à 6.4 € / m3	0,28 à 0,45 M€ / Km
70 000 à 180 000 M3 / Km	6,4 à 4.3 € / m3	0,45 à 0,78 M€ / Km
> 180 000 M3 / Km	4.3 à 5.6 € / m3	0,78 à 1.0 M€ / Km

Ratios kilométriques pour les couches d'assises :

0,11 à 0,34 M€ / Km.

3.4.2.3 Bilan des ratios des terrassements en déblais et en remblais :

Globalement, les ratios kilométriques, relatifs aux coûts de terrassements en déblais et en remblais (résultant de la sommation des ratios ci-dessus), proposés sont donc les suivants :

Contexte topographique	Critères de repérage	Ratios kilométriques
« plat »	<ul style="list-style-type: none"> ▪ déblais : 80 000 à 100 000 M3 / Km ▪ remblais : 35 000 à 70 000 M3 / Km 	1.0 à 1.56 M€ / Km
« moyen »	<ul style="list-style-type: none"> ▪ déblais : 100 000 à 200 000 M3 / Km ▪ remblais : 70 000 à 180 000 M3 / Km 	1.56 à 2.46 M€ / Km
« accidenté »	<ul style="list-style-type: none"> ▪ déblais > 200 000 M3 / Km ▪ remblais > 180 000 M3 / Km 	2.46 à 2.90 M€ / Km

Rq : ces macro-prix correspondent à des dispositions constructives classiques, les techniques spécifiques (base de remblais drainants, décapage / purges particulières, etc...) étant traitées dans le cadre du poste « difficultés géotechniques ».

3.4.2.3 *Excédents et Déficits du mouvement des terres*

Le déséquilibre du mouvement des terres (excédents ou déficits) peut résulter de contraintes spécifiques telles que :

- PL « imposé » par les engagements pris en concertation pour limiter les impacts visuels et phoniques du projet, par exemple en zones urbanisées : dans ce contexte, l'adoption d'un PL en déblai permet de limiter les impacts environnementaux et facilite l'acceptabilité locale du projet mais ne correspond pas nécessairement à une « conception technique optimale »
- Les coupures naturelles ou techniques : Vallée, rivière, rétablissement important (autoroute, route nationale)
- Contraintes géotechniques : qualité médiocre des matériaux entraînant de faibles taux de réemplois se traduisant par un déficit du mouvement des terres
- Topographie : en l'absence de buttes naturelles, les ressources en matériaux extraits de déblais sont plus rares et cette configuration peut se traduire par un déficit nécessitant le recours à l'emprunt ou à l'apport de matériaux provenant de carrières existantes
- Excédents consécutifs à une succession d'OANC et de tunnels = importantes quantités de ressources avec l'absence de remblais à proximité

Ce macro prix comprend :

- le coût des dépôts de matériaux liés aux excédents du mouvement des terres
- le coût des apports extérieurs et des emprunts de matériaux consécutifs aux déficits du mouvement des terres
- le transport des matériaux pour mettre en dépôt les excédents et pour approvisionner, jusqu'aux lieux de mise en œuvre, les ressources extérieures ou issues d'emprunts

L'évaluation de ces travaux de terrassements est opérée en utilisant les hypothèses suivantes, résultant de la mise à jour de bases de données issues d'opérations antérieures :

- Coûts des dépôts, ramenés au Kilomètre de ligne nouvelle, compris entre 0,11 et 0,56 M€ / KM
- Coûts des apports extérieurs et des emprunts de matériaux (hors « matériaux nobles » faisant l'objet d'un macro ci-après), ramenés au Kilomètre de ligne nouvelle, compris entre 0,22 et 0,45 M€ / KM (hypothèse prises en compte : 50 000 m³/km à 5€/m³ = 0,25 M€/km)
- Coûts de transport de ces matériaux, ramenés au Kilomètre de ligne nouvelle, compris entre 0,11 et 0,45 M€ / KM (hypothèses : distances moyennes de transport = 10 à 15 Km - Prix du transport = 0,56 € / m³.Km)

Globalement, les ratios kilométriques, relatifs aux coûts du « déséquilibre du mouvement des terres », proposés sont donc compris entre 0,45 et 1,45 M€/ KM.

3.4.2.4 *« Matériaux nobles »*

Les « matériaux nobles » correspondent aux matériaux de Zones Inondables (ZI), aux matériaux de Zones Humides (ZH), aux matériaux drainants requis en bases de remblais sur sols compressibles ou requis pour constituer des masques de protection en déblais humides (présence de nappes perchées,...), aux matériaux destinés à la réalisation des Blocs Techniques (BT).

Ce macro prix comprend la fourniture (y compris le transport) et la mise en œuvre de ces « matériaux nobles ». Les besoins en matériaux nobles seront plus importants dans les secteurs géographiques caractérisés par la présence de vallées inondables, de zones humides, par la présence de nappes phréatiques proches du TN ou perchées, ... Les coûts d'approvisionnement de ces matériaux seront plus élevés si les ressources disponibles sont éloignées des lieux d'emploi.

Selon ces critères, les ratios de fourniture de matériaux nobles constatés sur lignes nouvelles antérieures sont les suivants :

- Besoins en matériaux nobles faibles : 0,28 à 0,45 M€ / km
- Besoins plus importants et ressources proches : 0,45 à 0,67 M€ / km
- Besoins importants et ressources éloignées : 0,67 à 1,0 M€ / km

La mise en œuvre des matériaux nobles est évaluée à environ 3,0 € / m³ soit 0,11 M€ / km (Hypothèse = 35 000 m³ / km). Globalement, les ratios kilométriques, relatifs aux coûts des matériaux nobles, proposés sont donc compris entre 0,40 et 1,10 M€ / km.

Les fourchettes données ci-dessus sont établies sur la base d'un sous détail de prix unitaire par type de matériaux (ZI/ZH...) pour un volume moyen considéré. Le choix de la valeur à l'intérieur de la fourchette ensuite retenue pour l'estimation résulte d'une approche croisée entre :

- Carte de localisation des besoins en matériaux nobles (études Scetauroute 2001)
- Présence plus ou moins importante d'eau par rapport au PL du projet : sources de déblais (□ masques) ; zones inondables / rivières (□ matériaux type ZI en remblai)

et ce pour définir un besoin plus ou moins important en matériaux nobles.

3.4.2.5 Difficultés géotechniques

Les difficultés géotechniques rencontrées peuvent être de natures diverses : franchissement de vallées compressibles, présence de cavités naturelles ou anthropiques, versants instables, présence de matériaux gonflants, décharges, zones minières, ...

Les dispositions confortatives à prévoir, adaptées aux difficultés géotechniques rencontrées, sont donc elles mêmes très diverses : drains verticaux, renforcement des sols, clouages, purges, comblement de cavités, ... Les coûts associés peuvent donc varier considérablement.

A ce niveau d'études, la méthode d'évaluation proposée consiste donc à repérer les secteurs plus ou moins sensibles (présentant un risque de difficultés géotechniques plus ou moins important), à identifier la nature du risque (exemple : présence de cavités), et à valoriser les coûts des dispositions confortatives associées en s'appuyant sur des ratios kilométriques issus d'opérations antérieures :

- Secteurs sans difficultés géotechniques particulières : 0 M€ / km (faible hauteur des déblais et remblais sans difficulté technique)
- Secteurs caractérisés par des difficultés « courantes » : 0,17 à 0,34 M€ / km (hauteur maximum des déblais et remblais : 20 à 25m)
- Secteurs caractérisés par des difficultés exceptionnelles ou par un cumul de difficultés « courantes » : > 0,34 M€ / Km pouvant atteindre 1,68 à 2,23 M€ / km (à estimer au cas par cas, à dire d'expert)

Globalement, les ratios kilométriques, relatifs aux coûts des « difficultés géotechniques », proposés sont donc compris entre 0 et 2,23 M€ / Km.

3.4.2.6 Bilan des ratios « Ouvrages en Terre »

Le tableau ci-dessous récapitule donc la méthode et les ratios de coûts proposés pour estimer globalement le poste « Ouvrages en terre », hors Sommes à Valoir :

A ce total il faut encore ajouter, comme indiqué supra, le montant de la préparation et installations de chantier (8 % du coût global des terrassements).

	Critères d'évaluation	Fourchette	Macroprix moyen
Evaluation des volumes	▪ Topo « plate »	1,0 à 1,56 M€ / Km	1,30 M€ / Km
	▪ Topo « moyenne »	1,56 à 2,46 M€ / Km	2,00 M€ / Km
	▪ Topo « accidentée »	2,46 à 2,90 M€ / Km	2,70 M€ / Km
« déséquilibre du mouvement des terres »	▪ Selon contraintes générant un déséquilibre	0,45 à 1,45 M€ / Km.	0,95 M€ / Km
« besoins en matériaux nobles »	▪ Selon besoins et localisation ressources	0,39 et 1,12 M€ / Km.	0,75 M€ / Km
« difficultés géotechniques »	▪ Selon difficultés repérées et identifiées	0 à 2,24 M€ / Km	1,10 M€ / Km
TOTAL		1,85 à 7,70 M€ / Km	4,10 à 5,50 M€ / Km

3.4.3 Sommes à valoir

Elles sont estimées à 15 % du coût technique.

3.5 Equipements ferroviaires

3.5.1 Estimation technique

Pour évaluer ce poste, quatre niveaux de macroprix sont proposés (ce découpage résulte d'une analyse de la répartition des coûts, par nature d'équipements. Les coûts des bâtiments, des bases travaux et bases maintenance sont intégrés et répartis par nature d'équipements) :

	Nature des équipements - Principales causes de variation	Ratios kilométriques moyens*
Voie	Rails, traverses, ballast, appareils de voie :	1,38 à 1,66 M€ / Km en section courante hors tunnel Retenu dans les estimations : 1,40 M€ / km 2.24 M€ / km en tunnel monotube
Signalisation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Installations de sécurité en campagne et PCD 	0,46 à 0,57 M€ / Km (en section courante) Retenu dans les estimations : 0,50 M€ / km
Energie de Traction	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Raccordement RTE, Sous Stations, Postes de traction, CSS, Caténaires 	0,69 à 0,86 M€ / Km (en section courante) Retenu dans les estimations : 0,75 M€ / km
Télécommunications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Installations de télécommunication GSM-R, en campagne et Poste Centralisé 	0,17 à 0,23 M€ / Km (en section courante) Retenu dans les estimations : 0,20 M€ / km
TOTAL		2,85 M€ / Km hors tunnel 3,69 M€ / km en tunnel monotube

* On fait l'hypothèse que les méthodes de pose sont similaires à celles employées sur LGV antérieures. Dans les tunnels, on fait l'hypothèse de voies sur dalle béton.

Nota :

- les coûts pour les tunnels monotube sont à multiplier par 1,4 dans le cas de tunnels bitube
- les coûts des bâtiments, des bases travaux et bases maintenance sont réputés intégrés dans les ratios supra et répartis par nature d'équipements.

Cependant, compte tenu :

- du rayon d'action variable selon les LGV (de 50 à 100 Km de ligne),
- des possibilités variées de schémas travaux et de stratégie d'accès à la base (accès ferroviaires / réaménagement de ligne existante et/ou création de ligne nouvelle, accès mixte fer / route),

il faudra tenir compte ultérieurement d'une plus value / moins value possible.

Une étude particulière sera alors nécessaire afin de déterminer les possibilités offertes par chaque scénario en matière de stratégie chantier et en conséquence le coût des approvisionnements des équipements ferroviaires.

3.5.2 Sommes à valoir

Elles sont estimées à 10 % du coût technique.

3.6 Acquisitions foncières

3.6.1 Estimation technique

Ce poste intègre :

- les acquisitions foncières
- l'acquisition et la démolition du bâti
- le réaménagement foncier en zone semi-urbain
- remembrement en zone rurale
- les occupations temporaires
- l'archéologie

Inducteurs de coût :

Pour chaque tronçon, le coût des acquisitions foncières et urbanisme dépendra des caractéristiques de la zone qu'il traverse comme l'indiquent les tableaux ci-dessous (prix HT base économique Janvier 2005) :

3.6.1.1 Acquisitions foncières :

	Zone de plaines	Zone de relief
Surface des emprises	10 ha / km	15 ha / km

Ces surfaces sont déduites des opérations récentes (LGV Rhin Rhône notamment) intégrant notamment les acquisitions complémentaires pour zones de dépôt et réalisation de travaux.

	Prix unitaire	Prix à hectare
Zone agricole	3,4 €/m ²	34 000 €/ha
Zone AOC	6,84 €/m ²	68 400 €/ha
Zone semi-urbaine	60 €/m ²	600 000 €/ha
Zone urbaine	80 à 350 €/m ²	800 000 à 3 500 000 €/ha

La classification « urbaine », « semi urbaine » ou « agricole » est déterminée à partir de la densité d'habitat relevée sur la carte au 1/25000 et l'appréciation faite au cours des visites de terrain. Le semi urbain correspond aux secteurs d'habitat mité relativement dense.

Pour les zones AOC il a été considéré une moyenne de 40% de terres exploitées effectivement en AOC (12€/m²) et 60% de zone rurale (3,4€/m²).

Globalement les ratios kilométriques relatifs aux coûts des acquisitions foncières, proposés sont donc les suivants :

	Zone de plaine	Zone de relief
Zone agricole	0,34 M€ / km	0,51 M€ / km
Zone AOC	0,68 M€ / km	1,03 M€ / km
Zone semi-urbaine	6,0 M€ / km	9,0 M€ / km
Zone urbaine	8,0 à 35 M€ / km	

Remarque : pour les principales traversées de zones urbaines (Marseille et Toulon) ainsi que pour le réaménagement de la ligne Gardanne-Brignoles, la méthode utilisée est affinée et n'utilise pas les ratios d'emprise à acquérir (ha / km) définis supra.

3.6.1.2 Acquisitions démolition du bâti

Nous prenons les hypothèses de coûts suivantes :

	Prix unitaire du bâti + démolition
Maison individuelle	250 000 €
Bâtiment industriel	2 M€

	Acquisitions du bâti	Coût des acquisitions de bâti
Zone agricole	3 maisons par km 0 bâtiment industriel par km	0,75 M€ / km
Zone semi-urbaine	15 maisons par km 0 bâtiment industriel par km	3,75 M€ / km
Zone urbaine	9 maisons par km 1 bâtiment industriel par km ou 5 maisons par km 2 bâtiments industriels par km	3,25 M€ / km

Pour les zones agricoles et semi-urbaines, les ratios comprennent l'achat des maisons dans la bande des 300 m.

Dans les zones urbaines, le ratio comprends uniquement les bâtis impactés par les aménagements des lignes existantes ou les lignes nouvelles (car plus rare cependant).

3.6.1.3 Autres postes

- Réaménagement foncier en zone semi urbaine : 0,11 M€ / km
- Remembrement des zones rurales :
 - Pré-étude : 50€/ha (surface 40 fois l'emprise) soit 0, 24 M €/km
 - Travaux de remembrement : 1100€/ha (surface 20 fois soit 0,36 M€/km l'emprise)
- Occupations temporaires : 0,06 M€ / km
- Archéologie : 0,11 M€ / km

3.6.2 Sommes à valoir

Elles sont estimées à 10 % du coût technique.

3.7 Libérations d'emprises

3.7.1 Estimation technique

3.7.1.1 Déplacement des réseaux

Le ratio kilométrique des réseaux et servitudes est établi compte tenu de l'occupation des sols:

- Très faible dans les zones isolées (souvent zones montagneuses) avec un coût inférieur à 0.11 M€ / km ;
- De 0.23 M€ / km dans les zones semi-urbaines ;
- Jusqu'à 0.34 M€ / km dans les zones de plaines : les grandes métropoles régionales, la zone littoral, le secteur d'Aix en Provence, de Gardanne, la Vallée de l'Arc... , secteurs où la présence de réseaux est par nature importante.

Pour les franchissements ponctuels de ligne haute tension EDF, haute pression GAZ, pipeline ou autre, le prix unitaire du déplacement est de 1 M€.

3.7.1.2 Dégagement des emprises

Dégagement des emprises :

- Zone rurale : 6 k€/ha
- Zone périurbaine : 12 k€/ha
- Zone urbaine : 22 k€/ha

3.7.2 Sommes à valoir

Elles sont estimées à 10 % du coût technique.

3.8 Mesures de protections environnementales

3.8.1 Estimation technique

Pour estimer ce poste, voici les hypothèses qui pourraient être prises en compte :

Protections acoustiques : soit écrans acoustiques si habitat groupé, soit protections de façades si habitat isolé

- Ecrans : 573 € / M2 hauteur moyenne = 3m => 1720 € / ml d'écran.
- Protections habitat isolé : 17 000 € / unité.
- Zone urbaine => 1/2 linéaire à protéger => 1720 x 2 côtés x 1/2 x 1000 => 1,72 M€ / Km de ligne
- Zone semi urbaine => 1/5 linéaire à protéger + quelques protections de façades (10 unités) => 1720 x 2 côtés x 1/5 x 1000 + 10 x 17 200 => 0,86 M€ / Km
- Zone rurale => Protections de façades (5 unités) + 1 écran de longueur 150 m par Km de ligne (1 seul côté) => 1720 x 150 + 5 x 17 200 => 0,34 M€ / Km

Seul ce poste fait l'objet d'une évaluation pour comparer les différents scénarii.

Les autres postes pour les protections de l'environnement sont intégrés dans les ratios précédents (OA, Terrassements, ...).

3.8.2 Sommes à valoir

Elles sont estimées à 15 % du coût technique.

3.9 Autres postes

3.9.1 Estimation technique

Il s'agit d'Les postes OAC (Ouvrages d'Art Courants), drainage et hydraulique, chaussées et équipements des voies rétablies, clôtures, plantations

Pour ces postes qui représentent un « poids de coût » moins important (les variations ont une incidence faible sur le coût global d'un scénario), un ratio kilométrique global suffit (sauf OAC pour lequel une distinction par zones est pertinente). Voici quelques valeurs de ratios qui pourraient être utilisées :

Postes	Critères d'évaluation	Ratios
OAC	<ul style="list-style-type: none"> • Zones urbaines • Zones semi urbaines • Zones rurales • PRO Autoroute 2x2voies • PRO RN et Grande RD • PRA Autoroute 2x2voies • PRA RN et Grande RD • Saut de mouton 	<ul style="list-style-type: none"> • 2,11 M€ / Km* • 1,32 M€ / Km* • 0,79 M€ / Km* • 1520 k€ / U • 815 k€ / U • 1030 k€ / U • 880 k€ / U • 4450 k€ / U
Drainage Hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> • Milieu rural • Milieu semi urbain • Milieu urbain 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,34 M€/km* • 0,45 M€/km* • 0,57 M€/km*
Chaussées et Equipements des voies rétablies	<ul style="list-style-type: none"> • Milieu rural • Milieu semi urbain • Milieu urbain 	<ul style="list-style-type: none"> • 0,17 M€/km* • 0,19 M€/km* • 0,29 M€/km*
Protection GEFRA	<ul style="list-style-type: none"> • LGV /route • LGV / autre voie ferrée 	<ul style="list-style-type: none"> • 600 € / ml • 900 € / ml
Clôtures		0,07 à 0,09 M€ / Km*
Plantations		0,06 M€ / Km*

* Km de ligne LGV.

Hypothèses prises en compte pour les ratios kilométriques des OAC :

Le coût unitaire des OAC dépend du type d'ouvrage, du type de voies rétablies, du type de fondations (profondes ou superficielles), ...

En moyenne (HT base économique janvier 2005) :

- PRA pour un RAC : 2 120 K€
- PRA sur un cours d'eau : 1 150 à 2 295 K€
- PRA sur Voie routière : 230 à 2 120 K€ selon son importance,
- PRO pour voie routière : 172 à 2 295 K€ selon son importance,.

Compte tenu de cette grande dispersion, il convient de se rapprocher des ratios kilométriques constatés sur LGV antérieures.

Ratios moyens observés sur LGV antérieures (HT base économique janvier 2005):

- Zones rurales : 0,53 à 1,06 M€ / Km
- Zones semi urbaines : 1,06 à 1,59 M€ / Km
- Zones urbaines et Zones de RAC : > 1,59 M€ / Km

Ces ratios sont cohérents avec les ratios moyens indiqués dans le tableau précédent

3.9.2 Sommes à valoir

Elles sont décrites ci-dessus pour les différents postes :

• OAC	• Incertitudes sur la longueur et le nombre.	10 %
• Assainissement	• Incertitude sur la typologie des dispositifs et leur implantation.	15 %
• Chaussées et équipements voies rétablies	• Incertitudes sur la longueur de principaux rétablissements et sur leur nombre	15 %
• Protection Gefra / Clôtures	• Incertitudes sur le linéaire de clôture (cf. prise en compte de clôtures au droit d'installations ferroviaires) ou sur sa nature (ex clôture grande faune ou autre spécifique)	10 %
• Plantation	• Incertitude sur la typologie et quantités des plantations	15 %

3.10 Gares

3.10.1 Estimation brute des gares

L'estimation des gares est la somme de deux séries d'estimations :

- celles faites par RFF sur le périmètre voies + quais (et ouvrages associés le cas échéant : tunnels, viaducs)
- celles réalisées par la SNCF sur les autres aménagements et équipements (bâtiment voyageurs, accès aux quais, parvis, ...).

Pour mémoire, les montants obtenus dans les études SNCF sont les suivants :

	c.e. 01-05
Marseille Saint Charles	497
Marseille Blancarde	366
Toulon Est	62
Toulon Centre (scénarios MDS)	66
Toulon Nord	46
Est Var	37
Ouest Alpes Maritimes	119
Nice Saint Augustin	94*
Monaco	292

** : ce montant correspond aux aménagements du pôle de Nice St-Augustin nécessaires à l'horizon de mise en service de la LGV PACA, dont une partie importante est cependant considérée dans ces études comme réalisée en situation de référence.*

Pour ce qui concerne le périmètre RFF, les coûts correspondants sont les suivants (y compris gares TER nouvelles associées lorsqu'il y en a), bâti sur les hypothèses et méthodes décrits dans les paragraphes précédents :

	c.e. 01-05
Marseille Saint Charles	315
Marseille Blancarde	349
Toulon Est	102
Toulon Centre (scénarios MDS)	80*
Toulon Nord	27
Est Var	94
Ouest Alpes Maritimes	277
Nice Saint Augustin	-
Monaco	366

** : ce montant correspond à l'aménagement d'une sixième voie à quai prévue suite aux études de capacité. Il est comptabilisé dans le poste des aménagements sur le réseau classique dans les estimations.*

4 ESTIMATION BRUTE DES TRAVAUX SUR LIGNE EXISTANTES

Pour les secteurs urbains tels que Marseille (hors tunnel), Toulon et Nice (arrivée au Pk 211 ou à St-Laurent du Var), l'estimation s'est faite sur la base de métrés issus de profils en travers type, les ouvrages de génie civil ont été chiffrés d'après les surfaces d'ouvrage. Cette démarche a été rendue possible car les données d'entrée utilisée (fond de plan, semi de points) étaient plus précises que pour le reste de la zone d'étude. Elle s'est avérée nécessaire compte tenu du caractère urbain des zones traversées.

A noter que ces estimations concernent des zones soit d'aménagements sur ligne classique (Marseille nord et Toulon), soit de raccordement de LGV sur LC (Marseille-St Marcel et arrivée à Nice).

On se reportera au rapport sur les études de points singuliers (Setec International, B.3.1.2) pour le détail des résultats.

5 PROVISIONS POUR RISQUES

5.1 Provision pour risques identifiés

5.1.1 Risques sur les coûts de tunnels

5.1.1.1 Tunnels de Marseille

Par ailleurs, retirant des études réalisées sur ce sujet que :

- une solution monotube ne semble pas exclue à ce stade,
- mais que les facteurs de risques sont dans ce cas plus élevés car les contraintes sont plus fortes (diamètre plus important qu'en bitube donc problématique de couverture plus critique, nécessité de trouver des sites pour les sorties de secours assez accessibles aux services de secours),

la solution monotube a été retenue comme solution de base, mais un montant correspondant à la moitié de la différence entre les solutions monotube et bitube a été provisionné comme risque identifié.

5.1.1.2 Autres tunnels

Les provisions pour risques sont de :

- 10 % sur les travaux de génie civil linéaire. Ce taux couvre les aléas géotechniques majeurs. Le stade très amont de ces études et l'absence de collecte de données spécifique (sondages) justifie qu'on prévoie la possibilité de ces aléas, d'autant plus que de nombreux secteurs traversés sont riches en karsts.
Le taux de 10% peut être interprété comme suit :
 - 1/3 des tunnels connaissent des difficultés telles que le surcoût serait d'1/3
 - ou : la moitié des tunnels voient leur coût de génie civil linéaire croître de 20%.
- 5% sur tous les autres postes de génie civil et d'équipements de sécurité non ferroviaires. Ce taux couvre les ajustements de dispositifs de sécurité qui naîtront de la consolidation de la constitution de règles de l'art et d'une jurisprudence par rapport au texte de la STI dont les applications sont aujourd'hui encore théoriques.

5.1.2 Risques sur l'arbitrage entre remblai, viaducs et tunnels

Certains secteurs très sensibles, en particulier dans des zones urbanisées, ont été identifiés comme pouvant potentiellement conduire à des mesures constructives renchérissant le projet. Celles-ci, de type tranchée couverte ou tunnel, ont été provisionnées aux 2/3.

5.2 Provision pour risques non identifiés

Ces provisions ont été fixées à 3 % du coût des aménagements sur ligne nouvelle, niveau commun à ce stade des projets.

Elles couvrent :

- Les risques associés aux dérapages de planning : les conséquences financières sur la gestion des travaux, voir sur le calendrier de mise en service peuvent engendrer des plus values non négligeables,
- Les risques liés à la définition d'aménagements complémentaires de protection de l'environnement (typiquement : ajouts de passages grande faune dans les zones boisées,

allongement des viaducs pour compenser la réduction des volumes des champs d'inondation ...etc),

- Les risques liés à la mise en place de mesures compensatoires : il n'est pas à exclure sur des projets d'infrastructure importants, la prise en charge par le maître d'ouvrage d'aménagements complémentaires et supplémentaires non directement liée à la construction. Ces aménagements compensatoires concernent généralement les aspects environnementaux se généralisant sur les grandes infrastructures. Ils sont décidés à l'issue des phases de concertation préalables à la DUP lors des échanges avec les collectivités, les MISE ou encore pendant les phases d'IMEC (Instruction Mixte à Echelon Central). Ces aménagements, comme indiqué ci-dessus, ne concernent pas les mesures déjà prises dans la conception du projet pour réduire ou annuler les impacts.

Il peut s'agir de l'achat de terrain pour compenser la perte de zone humide, l'achat de forêts pour limiter la réduction des surfaces boisées communales, ...

5.3 Risques et évolutions de coûts exclus des estimations

5.3.1 Risques de type réglementaire

Les sources réglementaires et les principaux référentiels techniques utilisés ce jour sont sujets à des évolutions, qui pourraient aboutir à des surcoûts mais aussi à des économies :

- En géométrie, il est intéressant de noter que la pente maximale actuelle à 3.5% pourrait permettre des optimisations si elle était augmentée à 4% et en considérant l'évolution du matériel d'ici 2020 (cette disposition est actuellement prévue dans la STI concernée uniquement pour le cas de l'Allemagne : cas exceptionnel). Ce genre de changement représenterait une modification de programme entraînant la modification du projet lui-même.
- Pour les autres thématiques, les référentiels ont récemment évolué (ex typologie et utilisation des matériaux nobles), mais chaque nouvelle opération de LGV peut entraîner leur révision, et ainsi générer des plus ou moins values sur les postes concernés,
- A noter également, que des dérogations pourront être envisagées pour rechercher également des optimisations complémentaires de tracé (ex de dérogation pour la règle du DECM, déclivité moyenne).

Une autre source de moins value identifiée est liée à l'évolution du matériel roulant ; en cas de matériel étanche, les sections d'air pourraient être réduites.

5.3.2 Risques de type programmatiques

Pour tous les scénarios : l'apparition de nouvelles contraintes ou de nouveaux objectifs en termes de vitesse de référence (ex V 350 systématique au lieu de V300), sont considérées comme des risques exogènes au projet et à ce titre ne sont pas intégrées dans les sommes à valoir et provisions pour risques proposées.

5.3.3 Evolution du coût des matières premières

Ces évolutions, liées aux conditions économiques diverses et variées, relèvent de l'actualisation à date, donc du champs des études ultérieures.

6 Annexes : tableaux des résultats détaillés

Figurent aux pages suivantes, pour les estimations en conditions économiques janvier 2004 puis janvier 2008, les tableaux bilan des estimations :

- globales par scénario,
- par sous partie (Ouest et Est) et par grandes familles de travaux,
- par sections élémentaires ¹.

¹ ne sont présentés que les coûts des sections de ligne nouvelle, les aménagements du réseau classique n'étant pas tous directement associables à des sections de ligne nouvelle

LGV PACA - CARTE RECAPITULATIVE DES SECTIONS ELEMENTAIRES ET DES NOEUDS DETERMINANT LES SECTIONS ESTIMEES

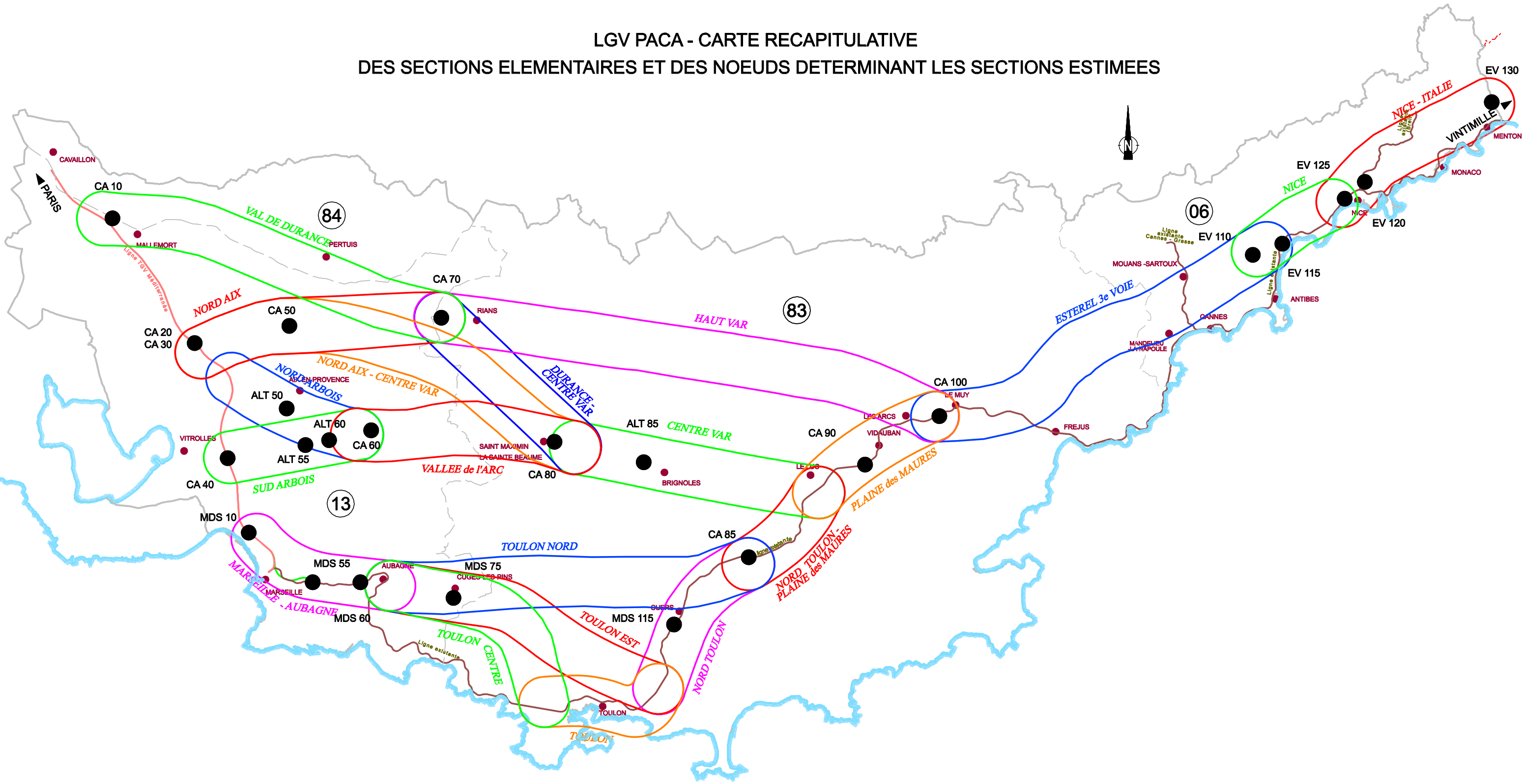


TABLEAU D'ASSEMBLAGE DES SECTIONS ELEMENTAIRES EN SCENARIOS

		SECTION ELEMENTAIRE																				PARTIE EST																
		CA 10 - CA 70	CA 70 - CA 80	CA 80 - CA 90	CA 90 - CA 100	CA 70 - CA 100	CA 20 - CA 50	CA 50 - CA 80	CA 50 - CA 70	CA 30 - CA 60	CA 60 - CA 80	CA 40 - CA 60	MDS 10 - MDS 55 par MSC	MDS 10 - MDS 55 par Blancarde	MDS 55 - MDS 60	MDS 60 - MDS 75	MDS 75 - CA 85 via Toulon Nord	MDS 75 - CA 85 via Toulon Centre	CA 85 - CA 90	MDS 75 - MDS 115 par Toulon Est	MDS 115 - CA 85 par Toulon Est	CA 30 - ALT 50	ALT 50 - ALT 60	ALT 60 - ALT 85	ALT 85 - CA 90	CA 40 - ALT 55	ALT 55 - ALT 60	CA 100 - EV 110	EV 110 - EV 115	EV 120 - EV 130	avec gare à Monaco	EV 110 - EV 125						
MDS	Marseille St Charles - Nord Toulon				X								X		X	X	X		X													X	X					
	Marseille St Charles - Toulon Est				X								X		X	X			X	X	X											X	X					
	Marseille St Charles - Toulon Centre				X								X		X	X		X	X													X	X					
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon				X									X	X	X	X		X													X	X					
	Marseille La Blancarde - Toulon Est				X									X	X	X			X	X	X											X	X					
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre				X									X	X	X		X	X													X	X					
CA	Durance - Centre Var	X	X	X	X																												X	X				
	Durance - Haut Var	X				X																												X	X			
	Nord Aix - Centre Var			X	X		X	X																										X	X			
	Nord Aix - Haut Var					X	X		X																										X	X		
	Nord Arbois - Centre Var			X	X					X	X																								X	X		
	Sud Arbois - Centre Var			X	X							X	X																						X	X		
ALT	Nord Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var				X																							X	X	X	X			X	X			
	Sud Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var				X																									X	X	X	X			X	X	
Nice-Italie	Prolongement Nice-St-Roch -Vintimille																																			X		
	Contournement de Nice																																				X	

LGV PACA - ETUDES COMPLEMENTAIRES

COÛTS PAR SCENARIO
c.e. 01-04

Résultats aux c.e. 01/04		Coûts hors provisions pour risques			Provisions pour risques		Montant total	
		Coût des aménagements sur la ligne nouvelle			Coûts des aménagements sur le réseau classique	Risques identifiés		Risques non identifiés
		Total	dont partie Ouest *	dont partie Est *				
Métropoles du Sud	Marseille St Charles - Nord Toulon	7 540	4 520	3 020	400	420	225	8 590
	Marseille St Charles - Toulon Est	8 225	5 205	3 020	400	410	245	9 280
	Marseille St Charles - Toulon Centre	7 495	4 475	3 020	790	355	225	8 870
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	7 255	4 235	3 020	470	335	220	8 280
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	7 940	4 920	3 020	470	325	240	8 980
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	7 210	4 190	3 020	860	270	215	8 560
Côte d'Azur	Durance - Centre Var	6 085	3 065	3 020	605	225	185	7 100
	Durance - Haut Var	6 075	3 055	3 020	605	175	180	7 040
	Nord Aix - Centre Var	5 550	2 530	3 020	605	210	165	6 530
	Nord Aix - Haut Var	6 215	3 195	3 020	605	230	185	7 240
	Nord Arbois - Centre Var	6 045	3 025	3 020	605	295	180	7 130
	Sud Arbois - Centre Var	5 440	2 420	3 020	605	345	165	6 560
Sol Alt.	Nord Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	6 245	3 225	3 020	605	220	185	7 260
	Sud Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	5 740	2 720	3 020	605	185	170	6 700
Nice-Italie	Prolongement Nice-St-Roch -Vintimille	2 900	0	2 900	0	110	85	3 100
	Contournement de Nice	1 645	0	1 645	0	115	50	1 810

* : césure immédiatement à l'Ouest de la gare d'Est Var : nœud CA100

ESTIMATIONS PAR SOUS SECTION ET PAR GRANDES FAMILLES DE TRAVAUX c.e. 01-04

SCENARIOS COMPLETS																									
Résultats aux c.e. 01/04		Linéaire total		Montant total		Section courante de ligne nouvelle		Tunnels				Viaducs		Racco		Gares	Investissements sur ligne classique dont			Risques					
						Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Montant	Aménagements des sections parcourues par les TGV		Aménagements de capacité nécessaires au fonctionnement du système en 2020		Risques identifiés	Risques non identifiés	
Métropoles du Sud	Marseille St Charles - Nord Toulon	175	7 538	100	1 621	56	3 527	22	1 484	9	466	2	548	1 376	8	298	103	419	226						
	Marseille St Charles - Toulon Est	189	8 222	105	1 642	62	4 033	29	1 965	11	563	2	521	1 463	8	298	103	411	247						
	Marseille St Charles - Toulon Centre	202	7 494	111	1 746	54	3 413	18	1 199	10	497	3	476	1 362	24	764	25	357	225						
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	174	7 252	100	1 621	53	3 333	22	1 484	9	466	2	548	1 284	11	367	103	334	218						
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	188	7 936	105	1 642	59	3 839	29	1 965	11	563	2	521	1 371	11	367	103	325	238						
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	201	7 208	111	1 746	51	3 219	18	1 199	10	497	3	476	1 270	27	834	25	272	216						
Côte d'Azur	Durance - Centre Var	189	6 085	136	2 089	37	2 267	25	1 565	12	644	3	553	532	0	0	605	223	183						
	Durance - Haut Var	182	6 071	127	1 882	34	2 145	18	1 199	17	950	3	561	532	0	0	605	175	182						
	Nord Aix - Centre Var	171	5 546	126	1 906	35	2 130	18	1 199	9	497	1	482	532	0	0	605	211	166						
	Nord Aix - Haut Var	166	6 211	104	1 525	46	2 811	28	1 755	16	852	1	491	532	0	0	605	231	186						
	Nord Arbois - Centre Var	168	6 042	118	1 926	42	2 689	30	1 973	7	343	1	552	532	0	0	605	297	181						
	Sud Arbois - Centre Var	162	5 437	113	1 756	38	2 284	18	1 199	8	406	3	459	532	0	0	605	345	163						
Sol. Alt.	Nord Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	177	6 245	127	2 070	42	2 660	26	1 731	8	431	1	552	532	0	0	605	218	187						
	Sud Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	171	5 736	121	1 971	37	2 291	18	1 199	9	483	3	458	532	0	0	605	186	172						
Nice-Italie	Prolongement Nice-St-Roch -Frontière italienne	32	2 901	2	43	25	2 124	25	2 124	1	56	4	51	628	0	0	0	110	87						
	Contournement de Nice	23	1 647	4	93	17	1 345	17	1 345	2	144	0	65	0	0	0	0	116	49						

ESTIMATIONS PAR SOUS SECTION ET PAR GRANDES FAMILLES DE TRAVAUX c.e. 01-04

PARTIE OUEST																											
Résultats aux c.e. 01/04		Linéaire total		Section courante de ligne nouvelle		Tunnels				Viaducs		Racco		Gares	Investissements sur ligne classique dont			Risques									
						Linéaire		Montant		dont tunnels bitubes		Linéaire		Montant		Linéaire		Montant		Aménagements des sections parcourues par les TGV		Aménagements de capacité nécessaires au fonctionnement du système en 2020		Risques identifiés		Risques non identifiés	
Métropoles du Sud	Marseille St Charles - Nord Toulon	118	4 520	70	1 145	33	1 996	4	285	5	274	1	206	844	8	298	86	293	136								
	Marseille St Charles - Toulon Est	131	5 204	76	1 167	39	2 502	11	766	7	370	1	179	931	8	298	86	284	156								
	Marseille St Charles - Toulon Centre	144	4 476	81	1 271	30	1 882	0	0	6	304	2	134	831	24	764	8	231	134								
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	116	4 234	70	1 145	29	1 802	4	285	5	274	1	206	752	11	367	86	208	127								
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	130	4 918	76	1 167	35	2 308	11	766	7	370	1	179	839	11	367	86	199	148								
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	143	4 190	81	1 271	27	1 688	0	0	6	304	2	134	738	27	834	8	145	126								
Côte d'Azur	Durance - Centre Var	131	3 067	107	1 614	13	736	7	366	8	451	3	266	0	0	0	588	97	92								
	Durance - Haut Var	124	3 053	97	1 407	11	614	0	0	13	757	3	275	0	0	0	499	49	92								
	Nord Aix - Centre Var	113	2 528	97	1 430	11	599	0	0	5	304	0	195	0	0	0	499	85	76								
	Nord Aix - Haut Var	109	3 193	74	1 050	23	1 279	10	556	12	660	0	204	0	0	0	499	105	96								
	Nord Arbois - Centre Var	110	3 024	89	1 451	19	1 158	12	774	3	150	0	265	0	0	0	499	171	91								
	Sud Arbois - Centre Var	104	2 419	83	1 280	14	753	0	0	4	214	3	172	0	0	0	499	219	73								
Sol. Alt.	Nord Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	120	3 227	97	1 595	18	1 129	8	532	4	238	0	265	0	0	0	499	92	97								
	Sud Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	113	2 718	92	1 496	14	760	0	0	5	291	3	171	0	0	0	499	59	82								
Nice-Italie	Prolongement Nice-St-Roch -Frontière italienne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
	Contournement de Nice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								

ESTIMATIONS PAR SOUS SECTION ET PAR GRANDES FAMILLES DE TRAVAUX c.e. 01-04

PARTIE EST																						
Résultats aux c.e. 01/04	Linéaire total		Montant total		Section courante de ligne nouvelle		Tunnels				Viaducs		Racco		Gares	Investissements sur ligne classique dont			Risques			
					Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Montant	Aménagements des sections parcourues par les TGV		Aménagements de capacité nécessaires au fonctionnement du système en 2020	Risques identifiés	Risques non identifiés
																		Linéaire	Montant			
Métropoles du Sud	Marseille St Charles - Nord Toulon	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Marseille St Charles - Toulon Est	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Marseille St Charles - Toulon Centre	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
Côte d'Azur	Durance - Centre Var	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Durance - Haut Var	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Nord Aix - Centre Var	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Nord Aix - Haut Var	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Nord Arbois - Centre Var	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Sud Arbois - Centre Var	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
Sol. Alt.	Nord Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
	Sud Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	58	3 018	29	475	24	1 531	18	1 199	4	193	1	287	532	0	0	0	126	91			
Nice-Italie	Prolongement Nice-St-Roch -Frontière italienne	32	2 901	2	43	25	2 124	25	2 124	1	56	4	51	628	0	0	0	110	87			
	Contournement de Nice	23	1 647	4	93	17	1 345	17	1 345	2	144	0	65	0	0	0	0	116	49			

COÛTS PAR SECTION ELEMENTAIRE ET PAR GRANDS POSTES

c.e. 01-04

Coûts en c.e. 01-04	SECTION ELEMENTAIRE																									PARTIE EST				
	CA 10 - CA 70	CA 70 - CA 80	CA 80 - CA 90	CA 90 - CA 100	CA 70 - CA 100	CA 20 - CA 50	CA 50 - CA 80	CA 50 - CA 70	CA 30 - CA 60	CA 60 - CA 80	CA 40 - CA 60	MDS 10 - MDS 55 par MSC	MDS 10 - MDS 55 par Blancarde	MDS 55 - MDS 60	MDS 60 - MDS 75	MDS 75 - CA 85 via Toulon Nord	MDS 75 - CA 85 via Toulon Centre	CA 85 - CA 90	MDS 75 - MDS 115 par Toulon Est	MDS 115 - CA 85 par Toulon Est	CA 30 - ALT 50	ALT 50 - ALT 60	ALT 60 - ALT 85	ALT 85 - CA 90	CA 40 - ALT 55	ALT 55 - ALT 60	CA 100 - EV 110	EV 110 - EV 115	EV 120 - EV 130 avec gare à Monaco	EV 110 - EV 125
Chiffrage GC section élémentaire																														
Linéaire section élémentaire	54,0	21,9	36,3	19,2	70,1	14,8	42,8	23,7	29,7	25,0	23,9	15,3	13,9	6,0	15,0	40,4	67,1	21,7	43,0	11,1	16,0	7,1	48,8	28,7	12,8	3,4	49,9	7,8	31,9	23,3
Montant	1 061	766	616	624	1 992	358	929	843	1 415	369	809	1 735	1 449	0	538	1 287	1 242	392	1 729	242	744	332	803	725	502	64	2 524	495	2 903	1 652
Section courante																														
Linéaire	48,7	10,3	35,0	13,1	48,5	14,4	34,5	11,5	15,8	25,0	10,4	0,0	0,0	0,0	8,3	30,8	42,1	18,0	26,1	10,1	10,4	2,9	48,1	22,9	4,2	3,4	26,9	2,4	1,5	3,8
Montant	714	147	544	209	693	197	480	160	331	367	160	0	0	0	134	529	654	274	370	181	185	48	767	386	70	64	443	34	45	98
Tunnels																														
Linéaire	0,0	8,7	0,0	4,8	10,7	0,0	5,9	11,9	13,9	0,0	9,7	11,5	7,8	0,0	5,0	9,2	7,1	2,2	14,4	0,8	5,6	4,1	0,0	3,5	5,3	0,0	20,0	3,8	25,5	17,0
Montant	0	452	0	284	614	0	315	665	874	0	469	808	615	0	307	555	441	42	1 008	53	349	284	0	213	264	0	1 314	217	2 124	1 345
dont tunnels bitubes																														
Linéaire	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	10,7	0,0	3,8	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0	25,5	17,0
Montant	0	366	0	0	0	0	0	556	774	0	0	0	0	0	0	285	0	0	766	0	248	284	0	0	0	0	1 199	0	2 124	1 345
Viaducs																														
Linéaire	2,4	2,893	1,3	1,34	11,0	0,44	2,394	0,3	0	0,05	1,274	0	0	0	1,77	0,41	1,1	1,55	2,489	0,18	0	0	0,65	2,236	0,824	0	3,009	1,0	0,96	2,47
Montant	136	167	72	76	621	21	134	17	0	2	63	0	0	0	98	24	55	76	113	8	0	0	36	127	52	0	166	27	56	144
Raccordements																														
Linéaire	2,9	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	2,5	1,32	1,32	0	0	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0,5	4	0
Montant	211	0	0	55	64	140	0	0	210	0	117	152	152	0	0	110	37	0	83	0	210	0	0	0	116	0	100	187	51	65
Gares																														
Montant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	775	683	0	0	69	56	0	156	0	0	0	0	0	0	0	502	30	628	0
Provision pour risques identifiés																														
Montant	0	37	38	22	49	0	24	56	74	36	123	144	59	0	25	98	36	3	85	4	29	24	0	17	20	0	110	17	110	116

LGV PACA - ETUDES COMPLEMENTAIRES

COÛTS PAR SCENARIO

c.e. 01-08

Résultats aux c.e. 01/08		Coûts hors provisions pour risques			Provisions pour risques		Montant total	
		Coût des aménagements sur la ligne nouvelle			Coûts des aménagements sur le réseau classique	Risques identifiés		Risques non identifiés
		Total	dont partie Ouest *	dont partie Est *				
Métropoles du Sud	Marseille St Charles - Nord Toulon	9 245	5 545	3 700	490	515	275	10 530
	Marseille St Charles - Toulon Est	10 080	6 380	3 700	490	505	300	11 380
	Marseille St Charles - Toulon Centre	9 190	5 490	3 700	970	440	275	10 880
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	8 890	5 190	3 700	575	410	265	10 140
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	9 730	6 030	3 700	575	400	290	11 000
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	8 840	5 140	3 700	1055	335	265	10 500
Côte d'Azur	Durance - Centre Var	7 460	3 760	3 700	740	275	225	8 700
	Durance - Haut Var	7 445	3 745	3 700	740	215	225	8 630
	Nord Aix - Centre Var	6 800	3 100	3 700	740	260	205	8 010
	Nord Aix - Haut Var	7 615	3 915	3 700	740	285	230	8 870
	Nord Arbois - Centre Var	7 410	3 710	3 700	740	365	220	8 740
	Sud Arbois - Centre Var	6 665	2 965	3 700	740	425	200	8 030
Sol Alt.	Nord Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	7 660	3 960	3 700	740	270	230	8 900
	Sud Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	7 035	3 335	3 700	740	230	210	8 220
Nice-Italie	Prolongement Nice-St-Roch -Vintimille	3 560	0	3 560	0	135	105	3 800
	Contournement de Nice	2 020	0	2 020	0	140	60	2 220

* : césure immédiatement à l'Ouest de la gare d'Est Var : nœud CA100

ESTIMATIONS PAR SOUS SECTION ET PAR GRANDES FAMILLES DE TRAVAUX c.e. 01-08

SCENARIOS COMPLETS																												
Résultats aux c.e. 01/08		Linéaire total		Montant total		Section courante de ligne nouvelle				Tunnels				Viaducs		Racco		Racco		Gares	Investissements sur ligne classique dont			Risques				
						Linéaire		Montant		Linéaire		Montant		Linéaire		Montant		Linéaire		Montant		Montant		Aménagements des sections parcourues par les TGV		Aménagements de capacité nécessaires au fonctionnement du système en 2020	Risques identifiés	Risques non identifiés
Métropoles du Sud	Marseille St Charles - Nord Toulon	175	9 244	100	1 988	56	4 325	22	1 820	9	572	2	672	1 687	8	365	126	514	277									
	Marseille St Charles - Toulon Est	189	10 083	105	2 014	62	4 946	29	2 409	11	691	2	639	1 794	8	365	126	504	302									
	Marseille St Charles - Toulon Centre	202	9 190	111	2 141	54	4 185	18	1 470	10	610	3	583	1 671	24	937	30	438	276									
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	174	8 893	100	1 988	53	4 088	22	1 820	9	572	2	672	1 574	11	451	126	410	267									
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	188	9 732	105	2 014	59	4 708	29	2 409	11	691	2	639	1 681	11	451	126	399	292									
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	201	8 839	111	2 141	51	3 948	18	1 470	10	610	3	583	1 557	27	1 023	30	333	265									
Côte d'Azur	Durance - Centre Var	189	7 462	136	2 562	37	2 780	25	1 919	12	790	3	678	652	0	0	742	274	224									
	Durance - Haut Var	182	7 445	127	2 308	34	2 631	18	1 470	17	1 165	3	688	652	0	0	742	215	223									
	Nord Aix - Centre Var	171	6 801	126	2 337	35	2 612	18	1 470	9	609	1	591	652	0	0	742	259	204									
	Nord Aix - Haut Var	166	7 616	104	1 871	46	3 447	28	2 153	16	1 045	1	602	652	0	0	742	283	228									
	Nord Arbois - Centre Var	168	7 410	118	2 362	42	3 298	30	2 419	7	421	1	677	652	0	0	742	364	222									
	Sud Arbois - Centre Var	162	6 667	113	2 153	38	2 801	18	1 470	8	498	3	563	652	0	0	742	423	200									
Sol. Alt.	Nord Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	177	7 658	127	2 539	42	3 262	26	2 123	8	529	1	677	652	0	0	742	268	230									
	Sud Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	171	7 034	121	2 418	37	2 810	18	1 470	9	593	3	562	652	0	0	742	228	211									
Nice-Italie	Prolongement Nice-St-Roch -Frontière italienne	32	3 558	2	53	25	2 604	25	2 604	1	69	4	62	770	0	0	0	135	107									
	Contournement de Nice	23	2 020	4	114	17	1 650	17	1 650	2	177	0	79	0	0	0	0	142	61									

ESTIMATIONS PAR SOUS SECTION ET PAR GRANDES FAMILLES DE TRAVAUX

c.e. 01-08

PARTIE OUEST																			
Résultats aux c.e. 01/08			Section courante de ligne nouvelle		Tunnels				Viaducs		Racco		Gares		Investissements sur ligne classique dont			Risques	
	Linéaire total	Montant total	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	dont tunnels bitubes		Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Aménagements des sections parcourues par les TGV	Aménagements de capacité nécessaires au fonctionnement du système en 2020	Risques identifiés
Métropoles du Sud	Marseille St Charles - Nord Toulon	118	5 543	70	1 404	33	2 448	4	349	5	335	1	253	1 035	8	365	105	359	166
	Marseille St Charles - Toulon Est	131	6 382	76	1 431	39	3 068	11	939	7	454	1	220	1 142	8	365	105	349	191
	Marseille St Charles - Toulon Centre	144	5 489	81	1 558	30	2 307	0	0	6	373	2	164	1 019	24	937	9	283	165
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	116	5 192	70	1 404	29	2 210	4	349	5	335	1	253	922	11	451	105	255	156
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	130	6 032	76	1 431	35	2 830	11	939	7	454	1	220	1 029	11	451	105	244	181
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	143	5 138	81	1 558	27	2 070	0	0	6	373	2	164	905	27	1 023	9	178	154
Côte d'Azur	Durance - Centre Var	131	3 761	107	1 979	13	903	7	448	8	554	3	326	0	0	0	721	119	113
	Durance - Haut Var	124	3 744	97	1 725	11	753	0	0	13	929	3	337	0	0	0	612	60	112
	Nord Aix - Centre Var	113	3 100	97	1 754	11	735	0	0	5	373	0	239	0	0	0	612	104	93
	Nord Aix - Haut Var	109	3 916	74	1 287	23	1 569	10	682	12	809	0	250	0	0	0	612	128	117
	Nord Arbois - Centre Var	110	3 709	89	1 779	19	1 420	12	949	3	184	0	325	0	0	0	612	209	111
	Sud Arbois - Centre Var	104	2 966	83	1 570	14	924	0	0	4	262	3	211	0	0	0	612	268	89
Sol. Alt.	Nord Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	120	3 958	97	1 955	18	1 385	8	652	4	292	0	325	0	0	0	612	113	119
	Sud Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	113	3 333	107	1 835	14	932	0	0	5	356	3	210	0	0	0	612	73	100
Nice-Italie	Prolongement Nice-St-Roch -Frontière italienne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Contournement de Nice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ESTIMATIONS PAR SOUS SECTION ET PAR GRANDES FAMILLES DE TRAVAUX

c.e. 01-08

PARTIE EST																			
Résultats aux c.e. 01/08			Section courante de ligne nouvelle		Tunnels				Viaducs		Racco		Gares	Investissements sur ligne classique dont			Risques		
	Linéaire total	Montant total	Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	dont tunnels bitubes		Linéaire	Montant	Linéaire	Montant	Montant	Aménagements des sections parcourues par les TGV		Aménagements de capacité nécessaires au fonctionnement du système en 2020	Risques identifiés	Risques non identifiés	
							Linéaire	Montant						Linéaire	Montant				
Métropoles du Sud	Marseille St Charles - Nord Toulon	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Marseille St Charles - Toulon Est	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Marseille St Charles - Toulon Centre	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Marseille La Blancarde - Nord Toulon	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Marseille La Blancarde - Toulon Est	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Marseille La Blancarde - Toulon Centre	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
Côte d'Azur	Durance - Centre Var	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Durance - Haut Var	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Nord Aix - Centre Var	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Nord Aix - Haut Var	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Nord Arbois - Centre Var	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Sud Arbois - Centre Var	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
Sol. Alt.	Nord Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
	Sud Arbois - Gardanne -Brignoles - Centre Var	58	3 701	29	583	24	1 878	18	1 470	4	236	1	352	652	0	0	0	155	111
Nice-Italie	Prolongement Nice-St-Roch -Frontière italienne	32	3 558	2	53	25	2 604	25	2 604	1	69	4	62	770	0	0	0	135	107
	Contournement de Nice	23	2 020	4	114	17	1 650	17	1 650	2	177	0	79	0	0	0	0	142	61

COÛTS PAR SECTION ELEMENTAIRE ET PAR GRANDS POSTES
c.e. 01-08

Coûts en c.e. 01-08	SECTION ELEMENTAIRE																								PARTIE EST					
	CA 10 - CA 70	CA 70 - CA 80	CA 80 - CA 90	CA 90 - CA 100	CA 70 - CA 100	CA 20 - CA 50	CA 50 - CA 80	CA 50 - CA 70	CA 30 - CA 60	CA 60 - CA 80	CA 40 - CA 60	MDS 10 - MDS 55 par MSC	MDS 10 - MDS 55 par Blancarde	MDS 55 - MDS 60	MDS 60 - MDS 75	MDS 75 - CA 85 via Toulon Nord	MDS 75 - CA 85 via Toulon Centre	CA 85 - CA 90	MDS 75 - MDS 115 par Toulon Est	MDS 115 - CA 85 par Toulon Est	CA 30 - ALT 50	ALT 50 - ALT 60	ALT 60 - ALT 85	ALT 85 - CA 90	CA 40 - ALT 55	ALT 55 - ALT 60	CA 100 - EV 110	EV 110 - EV 115	EV 120 - EV 130 avec gare à Monaco	EV 110 - EV 125
Montant total hors PR																														
Linéaire section élémentaire	54,0	21,9	36,3	19,2	70,1	14,8	42,8	23,7	29,7	25,0	23,9	15,3	13,9	6,0	15,0	40,4	67,1	21,7	43,0	11,1	16,0	7,1	48,8	28,7	12,8	3,4	49,9	7,8	31,9	23,3
Montant	1 301	939	756	766	2 443	439	1 140	1 033	1 735	452	993	2 127	1 777	0	659	1 578	1 524	480	2 121	296	912	407	984	889	616	79	3 095	605	3 558	2 020
Section courante																														
Linéaire	48,7	10,3	35,0	13,1	48,5	14,4	34,5	11,5	15,8	25,0	10,4	0,0	0,0	0,0	8,3	30,8	42,1	18,0	26,1	10,1	10,4	2,9	48,1	22,9	4,2	3,4	26,9	2,4	1,5	3,8
Montant	876	180	667	256	849	09:59	589	197	406	450	196	0	0	0	164	649	802	336	454	221	227	59	940	473	86	79	543	40	53	114
Tunnels																														
Linéaire	0,0	8,7	0,0	4,8	10,7	0,0	5,9	11,9	13,9	0,0	9,7	11,5	7,8	0,0	5,0	9,2	7,1	2,2	14,4	0,8	5,6	4,1	0,0	3,5	5,3	0,0	20,0	3,8	25,5	17,0
Montant	0	554	0	348	753	0	386	816	1 072	0	575	991	754	0	376	681	540	51	1 236	65	427	348	0	261	323	0	1 611	266	2 604	1 650
dont tunnels bitubes																														
Linéaire	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,7	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	10,7	0,0	3,8	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	0,0	25,5	17,0
Montant	0	448	0	0	0	0	0	682	949	0	0	0	0	0	0	349	0	0	939	0	304	348	0	0	0	0	1 470	0	2 604	1 650
Viaducs																														
Linéaire	2,4	2,9	1,3	1,3	11,0	0,4	2,4	0,3	0,0	0,1	1,3	0,0	0,0	0,0	1,8	0,4	1,1	1,6	2,5	0,2	0,0	0,0	0,7	2,2	0,8	0,0	3,0	1,0	1,0	2,5
Montant	167	204	89	93	762	26	165	21	0	2	77	0	0	0	120	29	67	93	138	9	0	0	44	155	64	0	203	33	69	177
Raccordements																														
Montant	258	0	0	68	78	172	0	0	257	0	143	186	186	0	0	135	46	0	101	0	257	0	0	0	142	0	123	229	62	79
Gares																														
Montant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	950	837	0	0	85	68	0	192	0	0	0	0	0	0	0	615	37	770	0
Provision pour risques identifiés																														
Montant	0	45	47	27	60	0	30	68	91	44	150	177	72	0	31	121	44	4	105	5	36	29	0	21	25	0	135	20	135	142