

Liaison ferroviaire transalpine

LYON - TURIN



Avant-Projet Sommaire Lyon - Montmélian

DOSSIER TECHNIQUE



Mission TGV
LYON - MONTMÉLIAN - TURIN

AVRIL 1998

SOMMAIRE

Les tunnels
Les ouvrages d'art.....
Les terrassements – les mouvements de terres
Hydrologie – hydraulique.....
Tracés et profils.....
Les équipements ferroviaires
Estimations.....
Planning général d'exécution.....

Liaison ferroviaire transalpine

LYON - TURIN



Avant-Projet Sommaire Lyon - Montmélian

DOSSIER TECHNIQUE

LES TUNNELS



Mission TGV
LYON - MONTMÉLIAN - TURIN
AVRIL 1998

SOMMAIRE

• Contenu des dossiers de consultation	1
• Etudes particulières dans le cadre du projet.....	1
• Caractéristiques géométriques des tunnels.....	2
Tracés et profils en long	2
Sections des tunnels	3
• Dispositions géologique.....	4
Les dispositions communes	4
Les dispositions particulières	4
• Contexte de sécurité	5
Géologie et hydrologie du secteur Combe de Savoie / Saint-Jean-de- Maurienne.....	5
Incertitudes géologiques.....	5
Galeries préalables.....	6
Rappel des classes de terrain	6
• Conception et optimisation des tunnels	13
Méthodes de creusement.....	13
Profils de soutènement.....	13
Revêtement des ouvrages.....	16
Risques sismiques.....	16
• Logistique chantier	16
Installation de chantier.....	16
Accès chantier	18
Evacuation des déblais.....	18
Eaux d'exhaure.....	18
• Planning général d'exécution	18
Cadences.....	18
Délais.....	19

Contenu des dossiers de consultation

Les études techniques relatives aux tunnels sont traitées dans le chapitre 4 des dossier de consultation des différents secteurs (sauf pour la Combe de Savoie : Chapitre 5).

On y trouve en particulier les principaux points suivants:

- les caractéristiques géométriques des tunnels de la ligne
- le contexte géostructural du projet (géologie, évolution tectonique, hydrogéologie, hydrologie)
- les fiches de synthèse propre à chaque tunnel résumant les contraintes géologiques et hydrogéologiques, les difficultés attendues, les principales incertitudes, et les méthodes d'exécution envisagées.

Etudes particulières réalisées dans le cadre du projet

Dans le présent dossier, les thèmes initiaux ont été approfondis sur les tunnels des différentes variantes proposées et d'autres points spécifiques ont été examinés. Il s'agit en particulier :

Des dispositions de sécurité

Les dispositions de sécurité ont été définies à partir du projet d'Instruction Technique Interministérielle en cours d'élaboration, en distinguant des dispositions communes à tous les ouvrages, et des dispositions particulières, relatives aux tunnels d'Avressieux / Apremont et d'Avressieux / Chapareillan essentiellement.

De la conception et optimisation des tunnels

Cette partie présente les méthodes de creusement préconisée en fonction des classes de terrain rencontrées, les soutènements envisagés, et le choix des revêtements à mettre en œuvre.

De la logistique Chantier

Les modalités d'installation des chantiers, et leurs accès ont fait l'objet d'une première analyse qu'il conviendra d'approfondir à un stade ultérieur des études. On évoque également l'évacuation des déblais et la gestion des eaux d'exhaure. Un tableau général synthétise les différents thèmes pour chaque tunnel étudié.

Des plannings prévisionnels d'exécution

Ils permettent d'appréhender dès ce stade des études, tunnel par tunnel, les délais de réalisation du génie civil des ouvrages.

Caractéristiques géométriques des tunnels

Tracés et profils en long

Les contraintes de relief, d'environnement et les impératifs géométriques de la ligne à grande vitesse (tracé en plan et profil en long) nécessitent dans certains secteurs la construction d'ouvrages souterrains.

En particulier, entre Avressieux et la Combe de Savoie, le franchissement des massifs de Dullin, l'Épine et la Chartreuse se fera obligatoirement en souterrain.

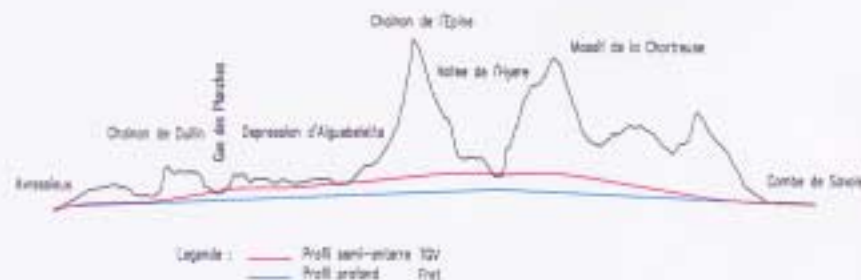
- Du point de vue du tracé (cf. synoptique ci-dessous) :
 - le tracé entre Avressieux et la vallée de l'Hyère comporte 3 tunnels (Vérel-Dullin, Attignat-Oncin, et l'Épine),
 - entre la vallée de l'Hyère et la Combe de Savoie, 2 options en tunnel, sous le massif de la Chartreuse, sont étudiées, avec chacune une sortie distincte en Combe de Savoie (une sortie à Apremont et une sortie à Chapareillan).



Plan synoptique des tracés

- Du point de vue profil en long (cf. profil ci-dessous).
Les deux tracés semi-enterrés décrits précédemment (Avressieux / Vallée de l'Hyère / Apremont, et Avressieux / Vallée de l'Hyère / Chapareillan) qui comportent chacun 4 tunnels, sont dédiés exclusivement à un trafic T.G.V. du fait de leurs fortes pentes pouvant atteindre 3,5%.

Afin d'intégrer la possibilité d'un trafic Fret, 2 tunnels profonds (Avressieux / Apremont et Avressieux / Chapareillan) avec des pentes ne dépassant pas 1,2 % (ce qui exclu toute émergence intermédiaire), sont également étudiés.



Profil en long des tunnels

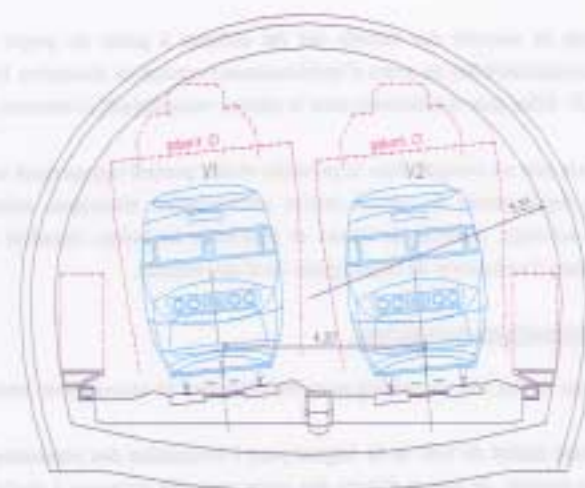
Sections des tunnels

Les sections de tunnels sont déterminées en tenant compte des contraintes suivantes :

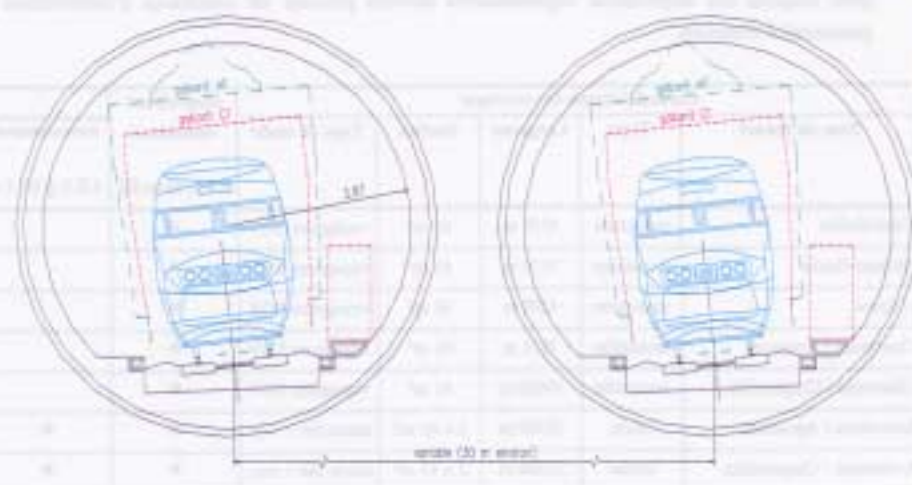
- Gabarit du matériel roulant : dans tous les ouvrages, le gabarit C1 dit « gabarit de l'avenir », valable pour tous les chemins de fer européens, est dégagé.
- Gabarits d'isolement des pantographes et de la caténaire : pour courant monophasé 25000 V - 50 Hz.
- Type de pose de voie : sur ballast.
- Caractéristiques du tracé en plan : la section tient compte des dévers pour l'inscription du matériel dans les courbes.
- Possibilité de mise sur cintres lourds de l'ouvrage en cas d'intervention importante de maintenance.
- Réservation d'un cheminement latéral servant pour le dégagement d'urgence ou pour l'intervention des secours (conformément au projet d'Instruction Interministérielle).
- Effets aérodynamiques engendrés par les circulations des trains dans les tunnels franchis à des vitesses supérieures à 200 km/h.

Les tunnels T.G.V. seront du type monotube avec une section libre intérieure de 61 m² qui autorise une vitesse de 230 km/h (entraxe des voies : 4,20 m). A titre indicatif, une vitesse de 300 km/h nécessiterait une section libre de 100 m² pour le matériel actuel.

Dans le cas spécifique d'ouvrages longs susceptibles d'être empruntés par un trafic ferroviaire mixte (T.G.V. et fret), la séparation des flux s'impose, pour des raisons de sécurité, nécessitant des tunnels de type bitube, reliés entre eux par des rameaux de communication implantés tous les 800 m. Ces tunnels ont une section libre de 43 m² par tube, et dégagent le gabarit A.F. (Autoroute Ferroviaire), plus important que le gabarit C1.



Coupe type d'un tunnel monotube 61 m²



Coupe type d'un tunnel bitube 2 x 43 m²

Dispositions de Sécurité

Les dispositions de sécurité des tunnels ont été définies à partir du projet d'I.T.I. (Instruction Technique Interministérielle) en cours d'établissement (version de décembre 1997) et des textes de référence SNCF. Elles sont synthétisées dans le tableau récapitulatif ci-dessous.

Les équipements pris en compte dans la présente étude, portent uniquement sur le génie civil des ouvrages. Les équipements de second œuvre (alimentation électrique, éclairage, repérage des issues, liaison sol-train, contrôle de vitesse et détecteurs de boîtes chaudes) ne sont pas pris en considération dans l'estimation de la part génie civil des tunnels.

Les dispositions communes :

- un accès routier et une aire de parking pour les véhicules de secours sont aménagés à chaque tête de tunnel,
- un cheminement latéral de 0,90 m de largeur pour l'évacuation des personnes est prévu sur toute la longueur des tunnels, de part et d'autre des voies pour des ouvrages à double voie, et d'un seul côté pour ceux à voie unique,
- des niches de sécurité pour les agents de maintenance, répartis tous les 30 m en piédroits, et une main courante équipent les tunnels à l'exception de ceux réalisés au tunnelier (tunnel long bitube) pour lesquels des dispositions réglementaires devront préciser les conditions d'intervention du personnel d'entretien,

- des dispositions constructives (décalage longitudinal des têtes de l'ordre de 10 m environ) pour les tunnels bitubes, permettent d'éviter le recyclage des fumées d'un tube sur l'autre,
- des anneaux de relevage Ø 120 mm de 5000 daN de résistance, disposés en piédroit à 1,00 m du niveau du rail, sont implantés en quinconce tous les 30 m ; un anneau de rappel Ø 200 mm à chaque tête complète le dispositif.

Les dispositions particulières :

- les ouvrages de ventilation-désenfumage, au stade actuel des études, ont été pris en compte forfaitairement dans les estimations par un ratio appliqué au mètre linéaire, pour les tunnels de longueur supérieure à 5 km.
Il faut préciser que les équipements de ventilation-désenfumage ne sont pas dimensionnés à ce stade du projet. Une étude spécifique ultérieure définira les dispositions à prendre afin d'assurer les débits préconisés par l'I.T.I. ; (vitesse de balayage $\geq 1,5$ m/s...) ; le génie civil sera alors dimensionné en conséquence (galerie latérale de ventilation, gaine sous voies...),
- les accès de secours pour les tunnels profonds bitubes, de 20 et 23 km, se font par le deuxième tube. Des rameaux de communication entre les tubes sont prévus tous les 800 m. En ce qui concerne les autres tunnels, monotubes, compte tenu de leurs longueurs ≤ 10 km et de leur circulation uniquement voyageurs, il n'est pas envisagé d'accès de secours ; cependant, les galeries préalables nécessaires à la reconnaissance et au drainage des massifs de Dullin, l'Épine et la Chartreuse Ouest peuvent au besoin être aménagés en accès de secours.

Caractéristiques des ouvrages					Dispositions communes L.T.I. chap.III	Dispositions particulières								
Nom du tunnel	Type	Longueur	Section	Type de trafic		Assainissement L.T.I. § IV.1.1	Accès secours L.T.I. § IV.1.3	Evacuation voyageurs L.T.I. § IV.1.4	Ventilation désenfumage L.T.I. § IV.2	Séparation fret/voyageurs L.T.I. IV.3.1	Modernisation matériel L.T.I. § IV.3.2	Engins de secours L.T.I. § IV.3.3	Refoulement de trains L.T.I. § IV.3.4	Détecteurs de boîtes chaudes L.T.I. § IV.3.5
Vérel-Dullin	monotube	4371 m	61 m ²	voyageurs-TGV	●						●			●
Attignat-Oncin	monotube	3134 m	61 m ²	voyageurs-TGV	●						●			●
L'Épine	monotube	4208 m	61 m ²	voyageurs-TGV	●						●			●
Chartreuse / Apremont	monotube	7811 m	61 m ²	voyageurs-TGV	●				●		●	●	●	●
Chartreuse / Chapareillan	monotube	10626 m	61 m ²	voyageurs-TGV	●				●		●	●	●	●
Avressieux / Apremont	bitube	20700 m	2 x 43 m ²	mixte fret + voy.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Avressieux / Chapareillan	bitube	23500 m	2 x 43 m ²	mixte fret + voy.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● : Mesures requises

Contexte géologique

Géologie et hydrogéologie du secteur Avressieux - Combe de Savoie

Entre Avressieux et la Combe de Savoie, le projet T.G.V. traverse une succession de chaînons calcaires séparés par des dépressions molassiques d'importances inégales, soit d'ouest en est :

- la plaine du Bas Bugéy (tunnel de Vérel-Dullin),
- le chaînon de Dullin (tunnel de Vérel-Dullin),
- la dépression de Novalaise-Aiguebelette (tunnel d'Attignat-Oncin),
- la montagne de l'Épine (tunnel de l'Épine),
- la vallée de l'Hyère,
- le massif du Corbeley-les-Avignières (tunnel de la Chartreuse),
- le vallon de Lélia (tunnel de la Chartreuse),
- le massif de la Chartreuse orientale (tunnel de la Chartreuse),
- la plaine des Marches.

Les chaînons sont constitués d'une puissante série calcaire d'âge secondaire présentant des intercalations de marnes qui deviennent de plus en plus importantes vers l'est (notamment en Chartreuse orientale).

Leur profil est dissymétrique ; la pente est plus faible sur le versant oriental, le versant ouest étant plus escarpé. En fait, la morphologie de ces chaînons est contrôlée par leur structure géologique qui peut se résumer à des plis anticlinaux eux-mêmes dissymétriques. Les couches carbonatées du flanc oriental ont un plongement régulier vers l'est et supportent généralement les formations détritiques tertiaires des dépressions qui les bordent. Par contre, ces mêmes terrains sont très redressés sur le flanc ouest et la limite avec les formations détritiques tertiaires est généralement un contact tectonique chevauchant.

Sur le plan hydrogéologique, plusieurs aquifères calcaires majeurs ont été individualisés ; ils se caractérisent par une perméabilité de fissure très élevée, présentant des circulations rapides, un faible pouvoir de rétention des eaux au-dessus des niveaux de base hydrogéologiques et une karstification élevée. Certains de ces aquifères sont piégés entre les niveaux étanches des formations mameuses encadrantes ou contre les fronts de chevauchement mettant en contact les chaînons calcaires avec les dépressions molassiques.

Les dépressions molassiques sont occupées par des formations détritiques tertiaires (grès, marnes, argiles ou conglomérats), recouvertes localement par des dépôts quaternaires, glaciaires ou fluvio-glaciaires.

Sur le plan hydrogéologique, ces formations présentent une porosité d'interstice avec une perméabilité globalement faible ; les circulations se localisent dans les niveaux sableux ou gréseux et présentent des débits généralement peu élevés en correspondance avec des réservoirs de dimensions limitées.

Incertitudes géologiques

Sur l'ensemble du projet, l'incertitude géologique majeure porte sur la karstification des massifs calcaires. Les données actuelles des reconnaissances effectuées depuis la surface n'apportent en effet que peu d'informations sur ce type d'aléa. De plus, le schéma se complique dans le cas présent, par l'existence de trois phases de karstification intervenues à des époques différentes, l'une récente (plio-quaternaire), les deux autres plus anciennes (éocène - oligocène et purbéckienne), chaque phase pouvant reprendre la ou les phases antérieures. La probabilité de rencontrer des karsts noyés plus ou moins colmatés, sous le niveau de base hydrologique actuel n'est donc pas négligeable.

On peut s'attendre également à de fortes irrptions d'eau lors de la traversée des failles et des plans de chevauchement majeurs qui jouent le rôle de réservoirs aquifères. Ce risque de venue d'eau en charge est d'autant plus important que les variantes de profil en long se situent en profondeur par rapport aux exutoires karstiques. Il justifie, à lui seul, la réalisation préalable de galerie pour les reconnaissances, le drainage et le traitement éventuel des terrains dans les zones concernées.

Il n'y a pas de risque hydrogéologique majeur à attendre dans la molasse proprement dite. Par contre, la rencontre inopinée de paléothalwegs remplis de matériaux perméables (moraines, alluvions ou éboulis) pouvant s'accompagner de débouillage brutal en cours de creusement, ne peut être exclue. Les zones susceptibles de présenter de tels risques devront faire l'objet de reconnaissances spécifiques à un stade ultérieur d'étude.

Galeries préalables

Les études géologiques, géotechniques et hydrogéologiques réalisées dans le cadre de l'avant-projet sommaire ont conduit à concevoir des galeries préalables de reconnaissance, de drainage, et d'accès pour le traitement éventuel des accidents.

Elles sont envisagées dans la traversée des massifs calcaires à forte activité karstique de Dullin, l'Épine et la Chartreuse occidentale.

Outre les objectifs classiques assignés aux galeries de reconnaissance pour les projets de tunnels (établissement d'une coupe géologique fiable sous forte couverture et approche du comportement géomécanique des formations traversées en vraie grandeur), dans le cas présent, les objectifs complémentaires de ces galeries, qui paraissent essentiels pour fiabiliser le projet, sont les suivants :

- reconnaître les zones de karst, les failles aquifères, les plans de chevauchement difficiles à appréhender en profondeur par des investigations ponctuelles de surface,
- localiser en profondeur les zones de surcreusement de la molasse qui borde les massifs de l'Épine et de la Chartreuse. Le remplissage peut être :
 - * des formations glacières (synclinal d'Aiguebelette et versant est de l'Épine),
 - * des formations glacières et/ou des éboulis (versant ouest de l'Épine),
 - * des alluvions (vallée de l'Hyère, au pied du versant ouest de la Chartreuse).
- drainer gravitairement le massif autour du tunnel. Ce point revêt une importance capitale lorsque le projet se trouve situé plus bas que les niveaux hydrologiques existants (rôle de décharge hydraulique) ; il est en effet préférable que l'attaque principale se fasse dans des terrains dénoyés par l'effet de drainage de la galerie préalable plutôt qu'à l'avancement du chantier principal,
- permettre le traitement par injections des zones critiques rencontrées, à partir de la galerie ou de chambres de travail en rameau de galerie, avant le creusement du tunnel principal,
- permettre de dévier l'équipement de ventilation du chantier, seule manière dans les tunnels longs d'envisager la mise en place du revêtement sans l'encombrement de tubes volumineux au niveau de l'outil de coffrage.

Ces galeries, d'environ 20 m² de section, sont indépendantes de la section du tunnel principal et sont au moins partiellement revêtues de manière à assurer la fonction de drainage définitif.

L'information apportée par ces galeries sur les terrains traversés est importante, il est donc souhaitable d'en disposer au moment de la consultation pour le marché de génie civil des tunnels. Si cette condition ne peut être assurée, un décalage entre les deux fronts de creusement doit être ménagé afin de permettre le drainage et le traitement préalable des accidents.

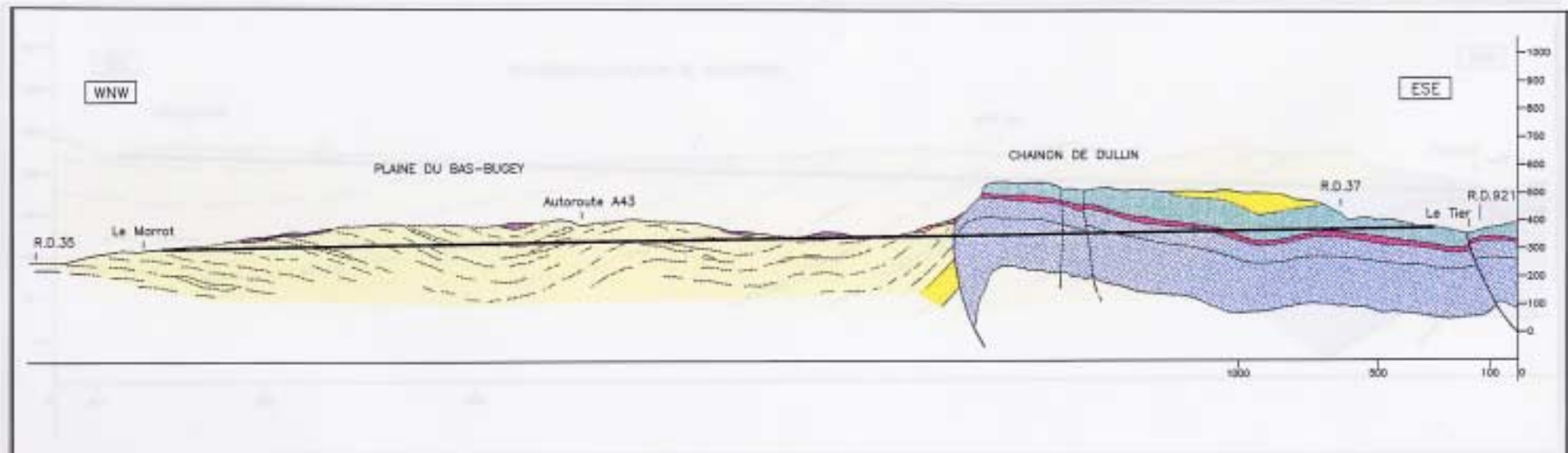
Rappel des classes de terrain (au sens géotechnique)

Du point de vue géotechnique, les différentes formations géologiques rencontrées lors du creusement d'un tunnel peuvent être regroupées en six classes :

- classe C1 : roche saine, peu fracturée de bonne résistance,
- classe C2 : roche saine, fracturée à fortement fracturée de bonne résistance,
- classe C3 : roche peu fracturée de résistance moyenne,
- classe C4 : roche fracturée à fortement fracturée de résistance moyenne,
- classe C5 : roche de faible résistance,
- classe C6 : terrain tectonisé, passage de failles ou de karsts ou zone sous faible couverture.

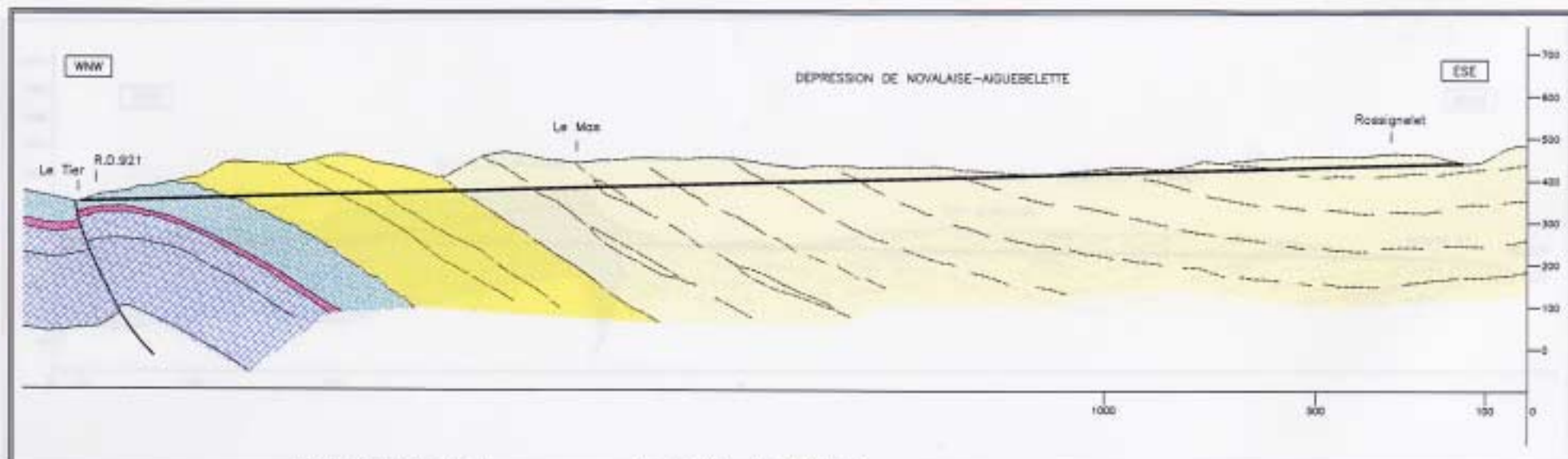
La répartition, par tunnel, des différentes classes de terrain, est reportée sur les fiches tunnel qui suivent.

TUNNEL DE VEREL-DE-MONTBEL - DULLIN



<p>LONGUEUR (m) : 4371</p>	<p>DEBUT TUNNEL PK : 4+363 FIN TUNNEL PK : 2+594</p>	<p>Planche VPN : 4 827 03 090,10 A Planche VPN : 4 827 03 100,14</p>	<p>Section libre (m²) : 81</p>	<p>HAUTEUR maxi de couverture (m) : 200</p>																																								
<p>GEOLOGIE : Pleine massique du Bas-Bugey : séries de molasses helvétiques recouvertes de quelques mètres de moraines. Ces dernières devaient concerner la tête ouest du tunnel ainsi que sa partie centrale (ouverture future : 13 m environ). Le massif de Dullin est composé principalement de séries calcaires du Jurassique Supérieur et du Crétacé inférieur, chevauchant la molasse helvétique.</p> <p>HYDROGEOLOGIE : Le massif du Bas-Bugey présente une perméabilité verticale très faible du fait de la présence d'horizons marneux ou indurés. En contre-partie on peut rencontrer quelques nappes perchées dans les horizons sableux ou graveleux mal cimentés, notamment dans la partie superficielle aléale. Pour le massif de Dullin, on note la présence de karsts et de deux têtes aquifères subverticales. La molasse du front du chevauchement nécessite un mur pour les écoulements qui sont canalisés vers le sud (solutions situés à des cotes voisines de 280 m, plus basses que le projet).</p> <p>PRINCIPALES INCERTITUDES : Pleine du Bas-Bugey : position et puissance des nappes perchées. Massif de Dullin : position des karsts, tailles et plan de chevauchement ; épais et charges transitionnelles susceptibles d'être rencontrées. Nécessité d'une galerie de reconnaissance sur 400 mètres à partir de la tête ouest du massif.</p> <p>DIFFICULTES ATTENDUES : Pleine du Bas-Bugey : Thèmes d'altération de la molasse, consistant en sables et galets, est important : 15 m en moyenne. En profondeur on observe des horizons particulièrement mal cimentés ou altérés. La réalisation de ces secteurs nécessite des soutènements lourds voire des traitements spéciaux. Massif de Dullin : franchissement du chevauchement (passage très localisé et aquifère) et risques de éboulement de karsts connectés par des vides, limons ou sables bouillants.</p> <p>PARTICULARITES AUX TETES : La tête ouest des aménagements délicats de rétablissement de vaine et d'ouvrage hydrauliques.</p> <p>LONGUEURS PREVUES EN CLASSE DE TERRAIN : 1 : 805m 2 : 581m 3 : 811m 4 : 608m 5 : 36m 6 : 880m</p>	<p>METHODES D'EXECUTION ENVISAGEES</p> <p>ABATTAGE :</p> <table border="1"> <tr><td>Machine ponctuelle</td><td>X</td><td>B</td></tr> <tr><td>Explosif</td><td>X</td><td>B</td></tr> <tr><td>Tunnelier</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mixte (Tunnelier + autres)</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>SOUTENEMENTS :</p> <table border="1"> <tr><td>Gunitage</td><td>X</td><td>A</td></tr> <tr><td>Béton projeté</td><td>X</td><td>C</td></tr> <tr><td>Cintres légers</td><td>X</td><td>B</td></tr> <tr><td>Cintres lourds</td><td>X</td><td>A</td></tr> <tr><td>Bouffons</td><td>X</td><td>C</td></tr> <tr><td>Spéciaux</td><td>X</td><td>A</td></tr> </table> <p>REVETEMENT :</p> <table border="1"> <tr><td>Béton coulé</td><td>X</td><td>T</td></tr> <tr><td>Voussoirs</td><td></td><td></td></tr> </table> <p>PHASAGE :</p> <table border="1"> <tr><td>Pleine section</td><td>X</td><td>C</td></tr> <tr><td>Section divisée</td><td>X</td><td>A</td></tr> </table> <p>LEGENDE : X=Base V=Variante A<=1/3L 1/3<B<2/3 C>2/3L T=100%</p>	Machine ponctuelle	X	B	Explosif	X	B	Tunnelier			Mixte (Tunnelier + autres)			Gunitage	X	A	Béton projeté	X	C	Cintres légers	X	B	Cintres lourds	X	A	Bouffons	X	C	Spéciaux	X	A	Béton coulé	X	T	Voussoirs			Pleine section	X	C	Section divisée	X	A	<p>LEGENDE :</p> <ul style="list-style-type: none"> Eb : ébouffis Gw : moraines m2a : molasses sableuses m1b : molasses grès-calcaires n1-2 : Bernisien - Valanginien JnP : Portlandien - Bernisien J9 : Portlandien <p>DEFINITION DES CLASSES DE TERRAIN</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 : Résistance bonne, fracturation faible 2 : Résistance bonne, fracturation forte 3 : Résistance moyenne, fracturation faible 4 : Résistance moyenne, fracturation forte 5 : Résistance faible 6 : Passage de failles - Karst ...
Machine ponctuelle	X	B																																										
Explosif	X	B																																										
Tunnelier																																												
Mixte (Tunnelier + autres)																																												
Gunitage	X	A																																										
Béton projeté	X	C																																										
Cintres légers	X	B																																										
Cintres lourds	X	A																																										
Bouffons	X	C																																										
Spéciaux	X	A																																										
Béton coulé	X	T																																										
Voussoirs																																												
Pleine section	X	C																																										
Section divisée	X	A																																										

TUNNEL DE ATTIGNAT-ONCIN



LONGUEUR (m) : 3134 DEBUT TUNNEL PK : 3+050 Planche VPN : 4 827 03 100,14 A Section libre (m²) : 61 HAUTEUR maxi de couverture (m) : 80
 FIN TUNNEL PK : 6+184

GEOLOGIE :
 Extrémité du flanc oriental du massif de Dullin composé de calcaires crétacés puis synclinal d'Aguebelette constitué de molasse grésocalcaire burdigalienne et de molasse grésomarneuse vindobonienne.

HYDROGEOLOGIE :
 Les niveaux de base dans les calcaires crétacés se situent à des cotes comprises entre 330 et 350 m soit plus bas que le projet. La molasse présente une perméabilité globale faible, quelques circulations dont les débits resteront néanmoins limités seront rencontrées dans les horizons sablo-gréseux.

DIFFICULTES ATTENDUES :
 Franchissements de paléothalwegs creusés dans la molasse et remplis de moraines aquifères.

PRINCIPALES INCERTITUDES :
 Localisation, profondeur et extension de ces paléothalwegs.

PARTICULARITES AUX TETES :
 La tête Ouest nécessite des aménagements délicats de rétablissement de voirie et d'ouvrages hydrauliques.

LONGUEURS PREVUES EN CLASSE DE TERRAIN :
 1 : 254m 2 : 855m 3 : 735m 4 : 735m 5 : 25m 6 : 500m

METHODES D'EXECUTION ENVISAGEES

ABATTAGE :

- Machine ponctuelle
- Explosif
- Tunnelier
- Mixte (Tunnelier + autres)

X	B
X	B

SOUTENEMENTS :

- Gunitage
- Béton projeté
- Cintres légers
- Cintres lourds
- Boulons
- Spéciaux

X	A
X	C
X	B
X	A
X	C
X	A

REVETEMENT :

- Béton coulé
- Voussoirs

X	Y

PHASAGE :

- Plaine section
- Section divisée

X	C
X	A

LEGENDE :

X=Base V=Variante A<1/3L 1/3<B<2/3 C>2/3L T=100%

LEGENDE :

- Ed : éboulis
- m2a : molasses sableuses
- m1b : molasses grésocalcaires
- n1-2 : Berrisien - Valangien
- JnP : Portlandien - Berrisien
- J9 : Portlandien

DEFINITION DES CLASSES DE TERRAIN

- 1 : Résistance bonne, fracturation faible
- 2 : Résistance bonne, fracturation forte
- 3 : Résistance moyenne, fracturation faible
- 4 : Résistance moyenne, fracturation forte
- 5 : Résistance faible
- 6 : Passage de failles - Karst ...