

Annexe 2.16 – Madrid – tunnel M 30 by-pass

1. INTRODUCTION

Le tunnel du M 30 By-pass Sud est situé à Madrid (Espagne) sur l'autoroute urbaine M30. La ville de Madrid compte environ 3.200.000 habitants. La M30 est le principal périphérique autoroutier reliant tous les quartiers et agglomérations voisines de la ville de Madrid. La M30 comporte deux tunnels principaux :

- Le tunnel « Rio », situé dans la partie sud de la M30, longe la rivière Manzanares sous les emprises de l'ancien périphérique extérieur construit à l'air libre. Celui-ci a laissé place à l'aménagement de parcs et jardins le long de la rivière.
- Le tunnel du by-pass qui a été aménagé pour réduire la distance entre les quartiers ouest et est de l'agglomération madrilène (**Figure n°1**).

La société « Calle 30 » est le propriétaire et l'exploitant de l'autoroute M 30 et de ses tunnels.

Le tunnel a été mis en service en 2007. Il comporte deux sections construites en employant deux méthodes différentes :

- Une section d'une longueur de 3,6 km a été construite au tunnelier avec une machine de 15,20 m de diamètre,
- L'autre section d'une longueur de 2,0 km a été construite en tranchée couverte.

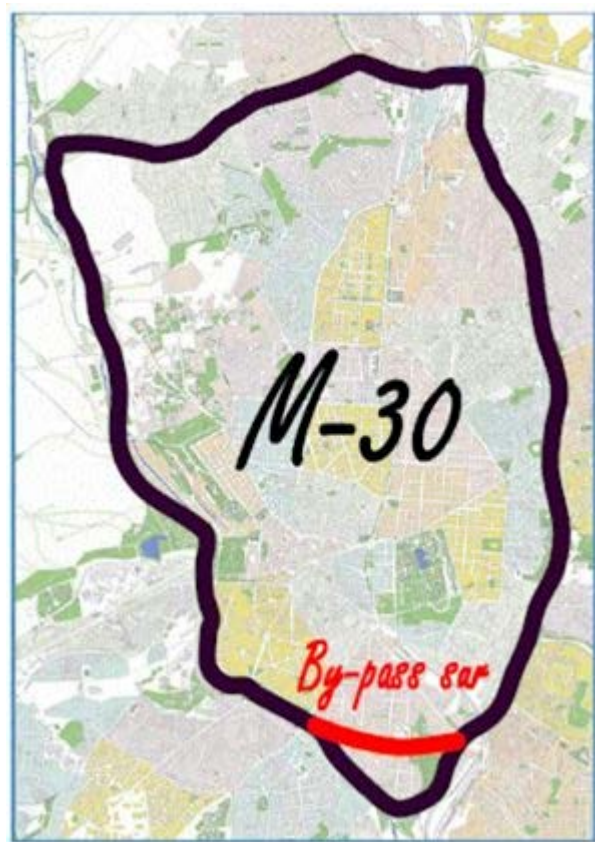


Figure 1 – situation du tunnel BY-PASS Sud

La présente monographie concerne le tunnel construit au tunnelier. Le tunnel comporte deux tubes parallèles à trois voies exploités en circulation unidirectionnelle. Les deux tubes sont reliés par des passages transversaux représentés (**Figure n° 2**).

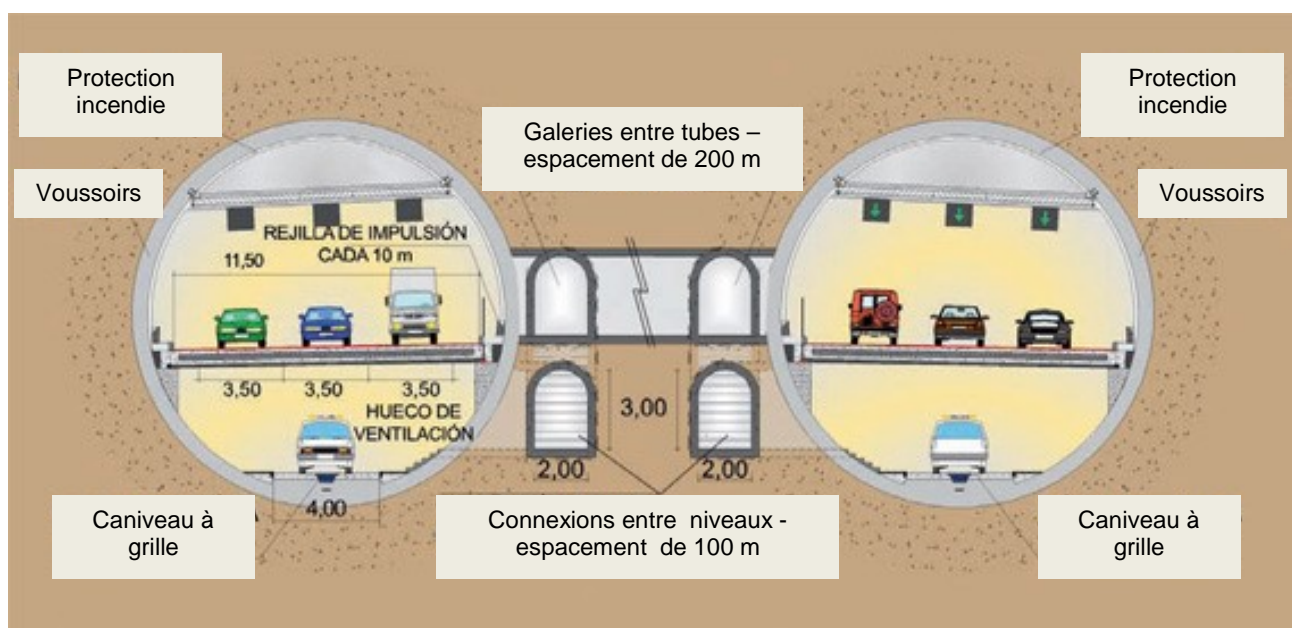


Figure 2 – M30 – tunnel BY-PASS Sud

2. CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

2.1 GÉOMETRIE

- Longueur du tunnel construit au tunnelier : 3.600 m,
- Tracé en plan : courbe de rayon 1.682 m,
- Profil en long : la moitié du tunnel est en pente de 5%, l'autre moitié en rampe de 5%.

2.2 PROFIL EN TRAVERS

2.2.1 Tunnel routier

Le profil en travers type est présenté **figures n° 2 & 3**.
Les principales caractéristiques sont les suivantes :

- Section circulaire avec un rayon d'intrados de 13,45 m,
- 3 voies de 3,50 m de largeur,
- Trottoirs latéraux de 0,70 m de largeur,
- Hauteur libre de 4,50 m,
- Hauteur totale sous plafond de 5,50 m, sous la galerie d'extraction d'air vicié et des fumées située en voûte,
- Galerie sous la chaussée de 3,60 m de hauteur sous plafond, avec une double fonction : (1) galerie d'évacuation – (2) galerie d'apport d'air frais.

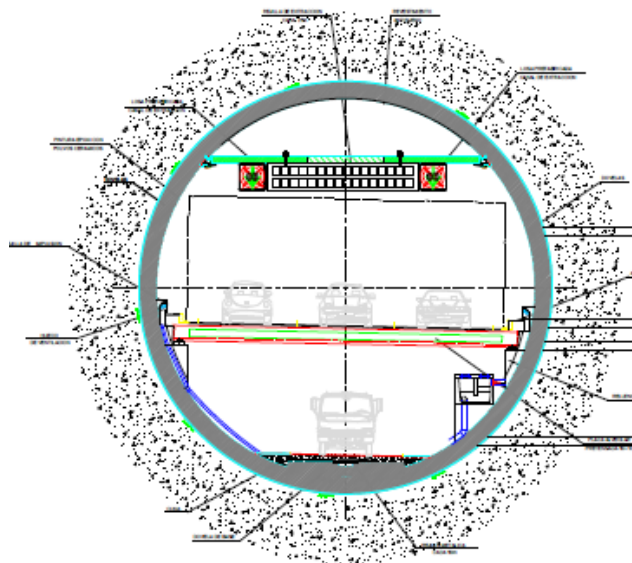


Figure 3 – profil en travers type

2.2.2 Sorties de secours

- Passages transversaux entre les deux tubes avec un espacement de 200 m. Ces passages sont également reliés à la galerie d'évacuation située sous chaussée par des escaliers. Tous les 600 m, ces passages sont aménagés pour permettre l'accès des véhicules de secours d'un tube à l'autre,
- Des escaliers dédiés aux pompiers relient la galerie d'évacuation à l'espace de circulation,
- Les sorties de secours sont fermées par des portes et pressurisées.

2.3 TRAFIC, CONDITIONS DE CIRCULATION, PANNES ET ACCIDENTS

2.3.1 Trafic

- TMJA (Trafic Moyen Journalier Annuel) de 67.750 véh/jour en 2012 pour les deux tubes de circulation,
- Pourcentage de trafic poids lourds: 0,05%,
- Transport de matières dangereuses interdit,
- Accès interdit aux véhicules de plus de 7,5 tonnes,
- Vitesse limitée à 70 km/h en tunnel, et à 50 km/h ou 30 km/h pour les bretelles d'entrée et de sortie,
- Pas de formation régulière de bouchon à l'intérieur du tunnel,

La répartition horaire du trafic dans le tunnel pendant les jours ouvrables est représentée par les diagrammes suivants: (**Figure n° 4 - en direction du nord**) – (**Figure n° 5 - en direction du sud**).

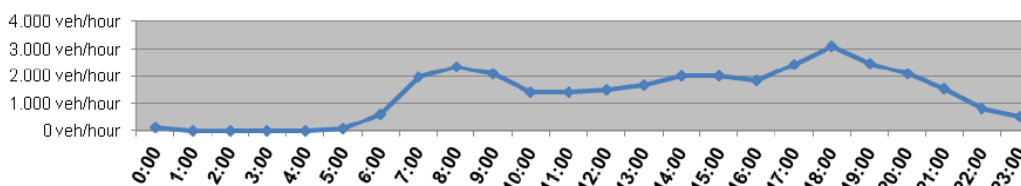


Figure 4 – distribution horaire du trafic – jours ouvrables – en direction du nord

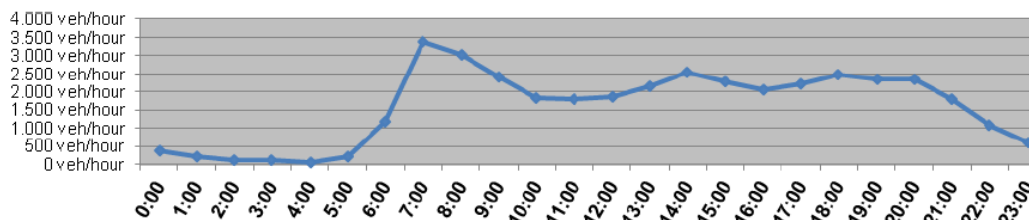


Figure 5 – distribution horaire du trafic – jours ouvrables – en direction du sud

2.3.2 Pannes et accidents

- Moyenne annuelle de 331 accidents pour l'ensemble des tunnels de M30 (M30 rio et M30 bypass, soit une longueur totale de 40 km de tubes),
- Moyenne annuelle de 2.697 pannes pour l'ensemble des tunnels de M30,
- Aucun incendie,
- L'analyse des accidents montre que ceux-ci sont essentiellement dus à des vitesses inappropriées ou à un manque d'attention des conducteurs.

2.4 VENTILATION

2.4.1 Installations de ventilation

- La ventilation est de type « transversal » et a comme objectifs: (1) d'assurer la ventilation courante - (2) de contrôler le courant d'air en cas d'incendie et d'éviter l'extension des fumées,
- 4 puits de ventilation,
- La longueur des sections de ventilation est de 600 m,
- Des installations d'extraction massive des fumées en cas d'incendie sont aménagées au droit des quatre puits de ventilation. Elles sont équipées de registres motorisés,
- L'air frais est insufflé par des bouches espacées de 10 m et situées au niveau du trottoir de part et d'autre de la chaussée. L'air vicié est extrait par des bouches situées dans la dalle de la gaine de ventilation (**Figure n° 6**),
- Les galeries de passage entre les deux tubes sont mises en surpression, avec une pression maximale de 50 Pa, ce qui permet l'ouverture manuelle des vantaux de portes,
- La galerie d'évacuation située sous chaussée est mise en surpression pour éviter la pénétration des fumées en cas d'incendie par les bouches d'insufflation d'air frais.

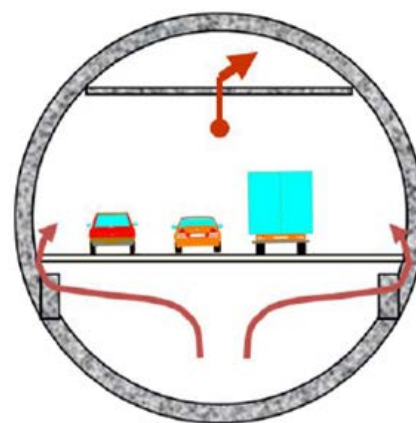


Figure 6 – ventilation transversale

2.4.2 Principaux paramètres de conception

La puissance d'incendie prise en compte pour le dimensionnement est de 30 MW.

Les débits d'air de la ventilation courante sont calculés de façon à respecter les seuils maximaux suivants :

- CO 40 ppm,
- NO 2 ppm,
- Opacité 4.

2.4.3 Puits de ventilation

Les puits de ventilation sont équipés de ventilateurs d'apport d'air frais dans la galerie d'évacuation située sous chaussées. Les bouches espacées de 10 m distribuent ensuite l'air frais dans l'espace de circulation.

Les puits sont également équipés de ventilateurs d'extraction reliés à la gaine de ventilation de désenfumage située au-dessus de la chaussée. Ils assurent l'extraction et le rejet des fumées vers l'extérieur.

Les puits de ventilation et leurs installations ont été conçus de façon à ce que la distance entre les prises d'air frais et les rejets de fumées ou de l'air vicié soit suffisante pour éviter tout recyclage de pollution (**Figure n° 7**).

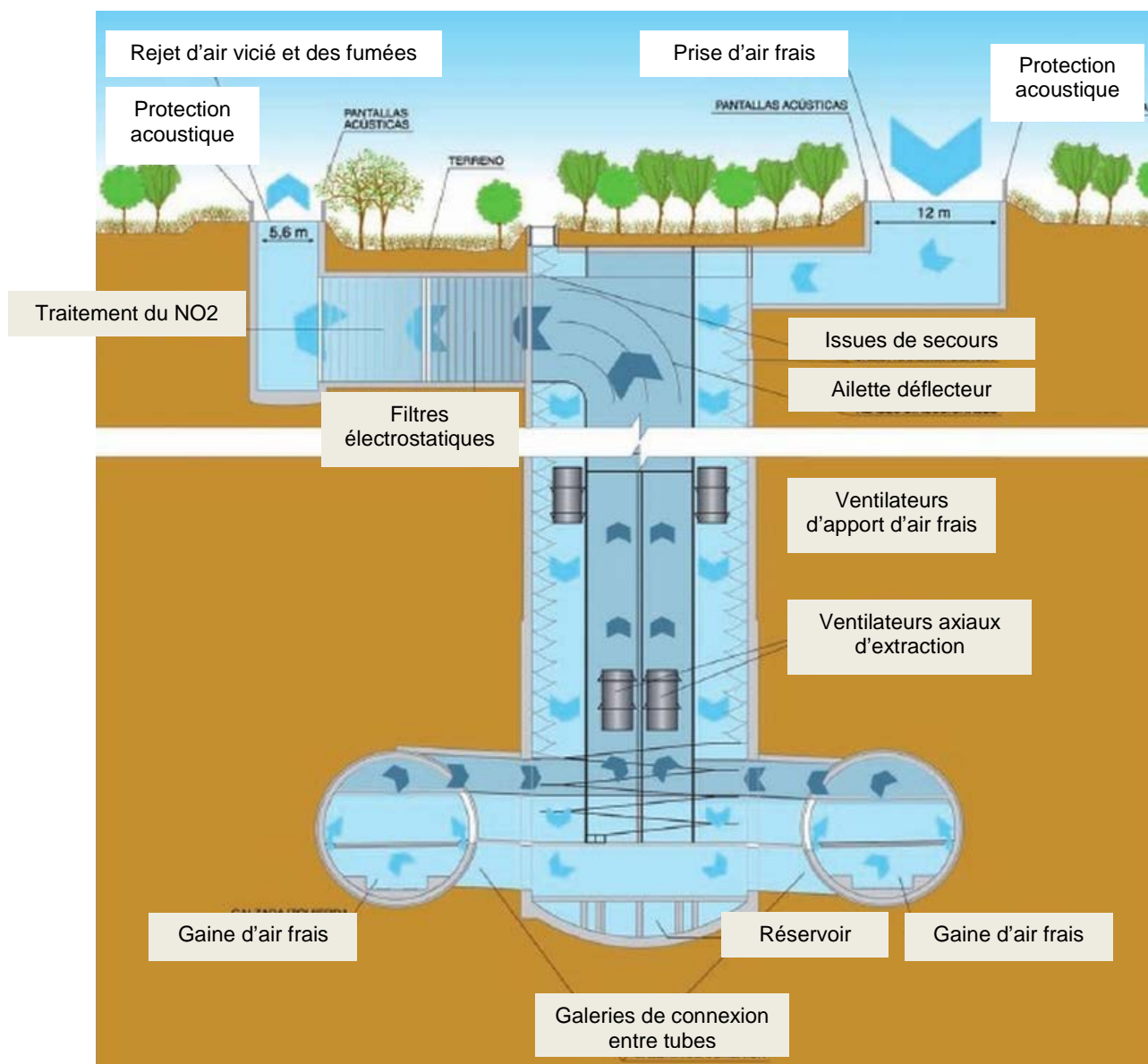


Figure 7 – puits de ventilation du tunnel BY-PASS de la M30

2.4.4 Stratégie de fonctionnement de la ventilation courante

Les ventilateurs axiaux d'apport d'air frais ou d'extraction d'air vicié sont mis en fonctionnement dès que les capteurs de mesure indiquent un dépassement des seuils de pollution admissibles.

2.4.5 Stratégie de fonctionnement de la ventilation en cas d'incendie

- Détection de l'incendie et de sa localisation par le câble thermométrique assurant une détection linéaire de température ou par la DAI (Détection Automatique d'Incident),

- Les ventilateurs d'extraction de la zone concernée sont activés avec un régime d'extraction correspondant au débit d'incendie. Les ventilateurs d'extraction des autres sections de tunnels sont arrêtés,
- Les ventilateurs d'apport d'air frais sont maintenus en service avec le débit réduit correspondant au mode incendie. C'est le débit minimum permettant le maintien sous pression de la galerie d'évacuation,
- Les ventilateurs d'apport d'air frais des sections adjacentes sont activés à leur débit maximum,
- Cette stratégie permet le maintien de la stratification des fumées et leur confinement,
- Lorsque l'évacuation des usagers est terminée, il est possible de mettre en œuvre une ventilation longitudinale et d'utiliser les extractions massives installées près des puits de ventilation. Cette disposition peut être activée par les pompiers pour extraire les fumées de façon plus intense.

2.4.6 Gestion de la ventilation

La gestion de la ventilation est automatique dans les conditions normales de circulation, en fonction des taux de pollution mesurés par les capteurs, des conditions de circulation et du volume de trafic. Elle est assurée en mode manuel par les opérateurs du poste de contrôle qui choisissent l'un des 149 modes préétablis afin de répondre aux incidents et aux conditions d'urgence susceptibles de survenir dans le tunnel, quelle qu'en soit leur localisation.

2.5 DISPOSITIONS ENVIRONNEMENTALES

2.5.1 Qualité de l'air

Les quatre puits de ventilation sont équipés d'installations de traitement de l'air. Elles comportent des filtres électrostatiques pour réduire le nombre de particules rejetées dans l'atmosphère. Elles comportent également des dispositifs de traitement du NO₂. Ces installations de traitement sont mises en fonctionnement dès que les ventilateurs axiaux d'extraction d'air vicié sont activés.

En cas d'incendie, les fumées sont rejetées vers l'extérieur par l'intermédiaire d'un by-pass pour éviter leur pénétration dans les installations de traitement d'air.

2.5.2 Bruit

Des atténuateurs de bruit sont installés dans les usines de ventilation :

- En tête de puits, au niveau du terrain de surface, pour réduire la propagation du bruit des ventilateurs axiaux vers l'extérieur,
- En pied de puits, à l'interface avec le tunnel, pour réduire la propagation du bruit des ventilateurs axiaux vers l'intérieur du tunnel.

2.6 ÉQUIPEMENTS D'EXPLOITATION ET DE SÉCURITÉ

Le tunnel comporte tous les équipements habituels d'exploitation et de sécurité :

- Tuyaux d'incendie, extincteurs à poudre et bornes d'incendie à la disposition des pompiers,
- Câbles de détection thermométrique,
- Contrôle du niveau d'éclairage avec un système dénommé DALI, qui permet de faire varier le niveau d'éclairage entre 30% aux heures de faible trafic et 70% aux heures de pointe de trafic, et jusqu'à 100% de l'intensité d'éclairage nominal en cas d'accident ou de travaux de maintenance,
- Circuit de vidéosurveillance raccordé à la DAI (Détection Automatique d'Incidents),
- Gestion Technique Centralisée (GTC),
- Boucles de comptage du trafic,
- Signalisation directionnelle des entrées et sorties, signalisation des équipements de sécurité et de secours, ainsi que des issues de secours et signalisation prescriptive de police.

3. EXPLOITATION

Le tunnel M 30 Bypass est exploité à partir de deux postes de commande (un poste normal et un poste de secours en redondance), avec une présence permanente des opérateurs.

Des équipes de première intervention et de support à la maintenance sont implantées en quatre points extérieurs au tunnel. Ces équipes sont à proximité immédiate d'un accès vers l'intérieur du tunnel pour permettre de garantir une présence sur le site de l'incident dans un délai de 6 à 8 minutes après demande d'intervention. Chaque équipe comporte un véhicule de lutte contre l'incendie, un véhicule doté d'équipements mobiles de signalisation, ainsi qu'un véhicule de dépannage permettant le chargement et l'évacuation d'un véhicule en panne ou accidenté.