

Apéndice 3.1 - CANADÁ / Quebec – Montreal – Túneles Ville-Marie y Viger

1. RESUMEN

El complejo de túneles Ville-Marie y Viger forma parte de la autopista este-oeste A 720. Se sitúa en el centro de Montreal, metrópoli de Quebec y segunda ciudad más grande de Canadá, con alrededor de dos millones de habitantes en la isla de Montreal y dos millones más en la zona urbana adyacente.

Es un corredor subterráneo con varios niveles, formado por dos tubos principales de tres a cinco carriles y 6 tubos secundarios de uno o dos carriles que conectan con los principales, con un total de 5 ramales de acceso y siete ramales de salida. Además de estos tubos, también existen varios kilómetros de galerías de emergencia que discurren por la red subterránea de Montreal (**Figura 1**).

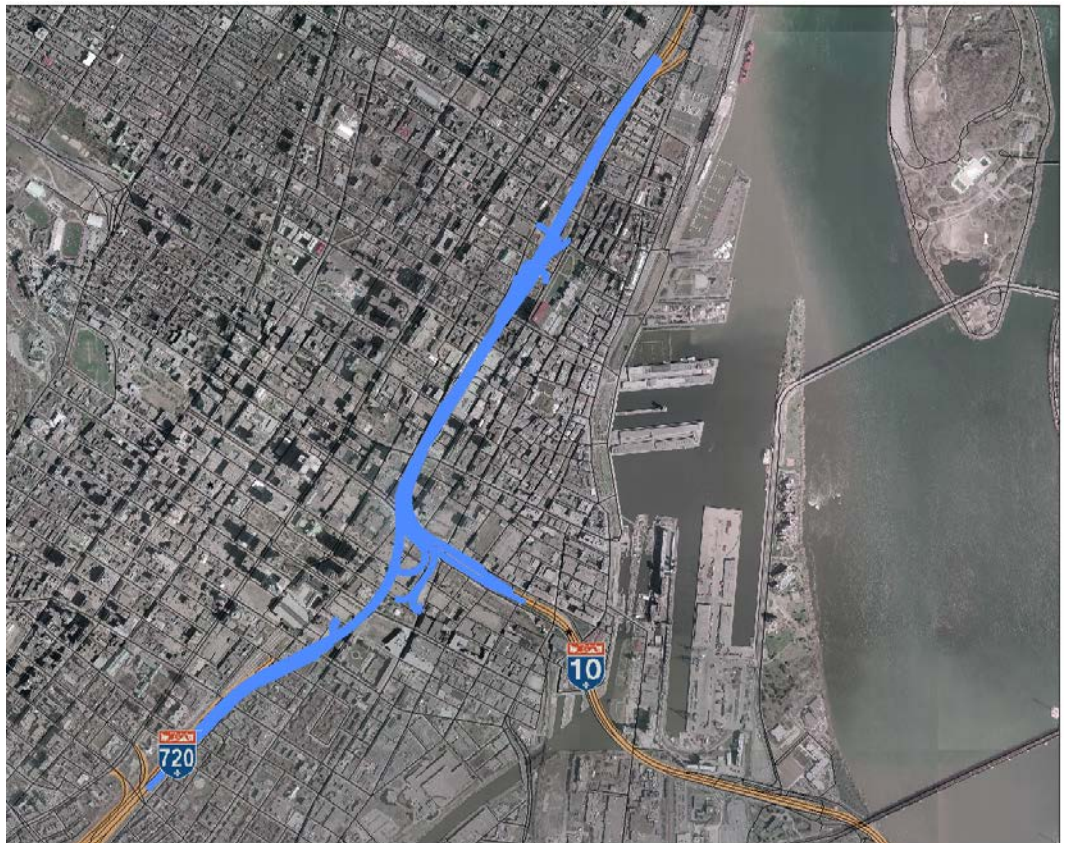


Figura 1 – Situación del túnel Ville-Marie en el centro de Montreal

Este complejo está formado por dos túneles independientes, Ville-Marie y Viger, separados por una sección de autopista a cielo abierto, atravesada por cinco pasos superiores (**Figura 2**).

Hay ocho edificios técnicos, que son pozos de ventilación, e incluyen el equipamiento mecánico y eléctrico principal: ventiladores, bombas, transformadores y grupos electrógenos y el equipamiento electrónico para las comunicaciones y monitorización: procesadores de control y redes.

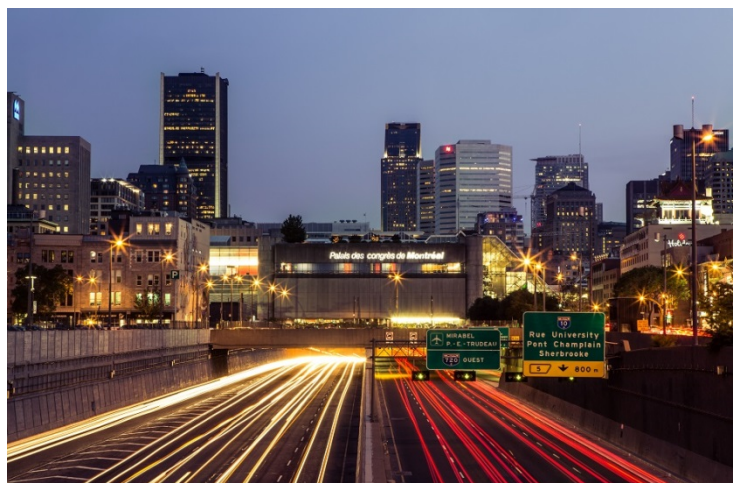


Figura 2 – Entrada Este del túnel Ville-Marie

Esta infraestructura permite a los usuarios cruzar el centro de la ciudad en cuatro o cinco minutos y ofrece un acceso rápido al centro financiero y a las autopistas A10 y A15, incluso durante las horas punta.

El túnel principal, Ville-Marie, se inauguró en 1974, mientras que el túnel Viger lo fue más tarde, en 1985. Entre 1996 y 2002, como parte de la creación del Quartier International de Montréal (Distrito internacional de Montreal) y debido a la ampliación del Centro de Convenciones de Montreal y a la construcción del edificio Caisse de Dépôt et Placement du Québec, el área de autopista a cielo abierto entre los dos túneles fue gradualmente y parcialmente cubierta, ampliando así el túnel de Ville-Marie (**Figura 3**).

Desde su construcción, a pesar de los trabajos regulares de mantenimiento, de las intervenciones para las reparaciones y de las operaciones específicas de modernización, la infraestructura y sus sistemas están quedando antiguos. El Ministerio de Transportes de Quebec ha desplegado considerables esfuerzos para mantener los niveles de seguridad óptimos conforme a la normativa actual.

El registro de incidentes y accidentes del túnel es más bajo que el de la media nacional a pesar de la compleja sección geométrica. De hecho, recibió un premio en 2006 por el Comité de la AIPCR-Quebec por las estrategias de extracción de humos implementadas para combatir el fuego.

Las condiciones del túnel fueron analizadas realizando trabajos de rehabilitación y modernización, que continúan conforme a las mejores prácticas en el campo de los túneles de carretera y basados en los avances tecnológicos aplicables a este tipo de obras.



Figura 3 – Sector a cielo abierto entre el túnel Viger (abajo) y el túnel Ville-Marie (arriba)

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS TÚNELES

Los túneles de Ville-Marie y Viger son un intercambiador subterráneo (**Figura 4**) con distintos niveles, proyectado y construido con diferentes gálibos a lo largo del recorrido, conectado con la red exterior mediante 8 ramales subterráneos de acceso cada uno de ellos con uno o dos carriles. Los dos tubos principales tienen anchuras variables de entre tres y cinco carriles en cada sentido, estando superpuestos en una longitud de 1.220 metros, que representa la mitad del tramo.

Este complejo es adyacente a la red subterránea de Montreal, constituida por túneles peatonales, la red de metro, centros comerciales y aparcamientos. La proximidad con otras infraestructuras subterráneas y el cruce con las redes de servicios municipales supusieron un desafío en términos de proyecto y construcción y aún contribuyen hoy en día a que la explotación presente sus dificultades.

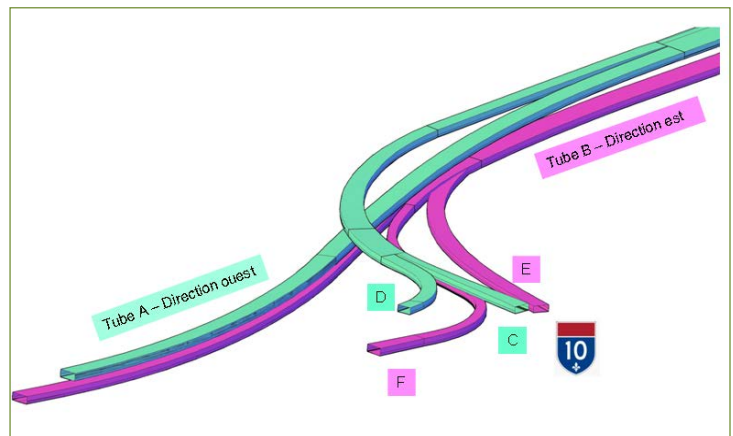


Figura 4 – Modelo simplificado en 3D que muestra el trazado de los tubos del túnel Ville-Marie

Los diferentes tubos se excavaron por tramos a cielo abierto en la base de un antiguo río y posteriormente se cubrieron (**Figura 5**). La profundidad del punto más bajo es de 42 metros, estando gran parte de los tubos por debajo del nivel freático, que se rellena por la escorrentía que viene del lado sur del Mont-Royal.

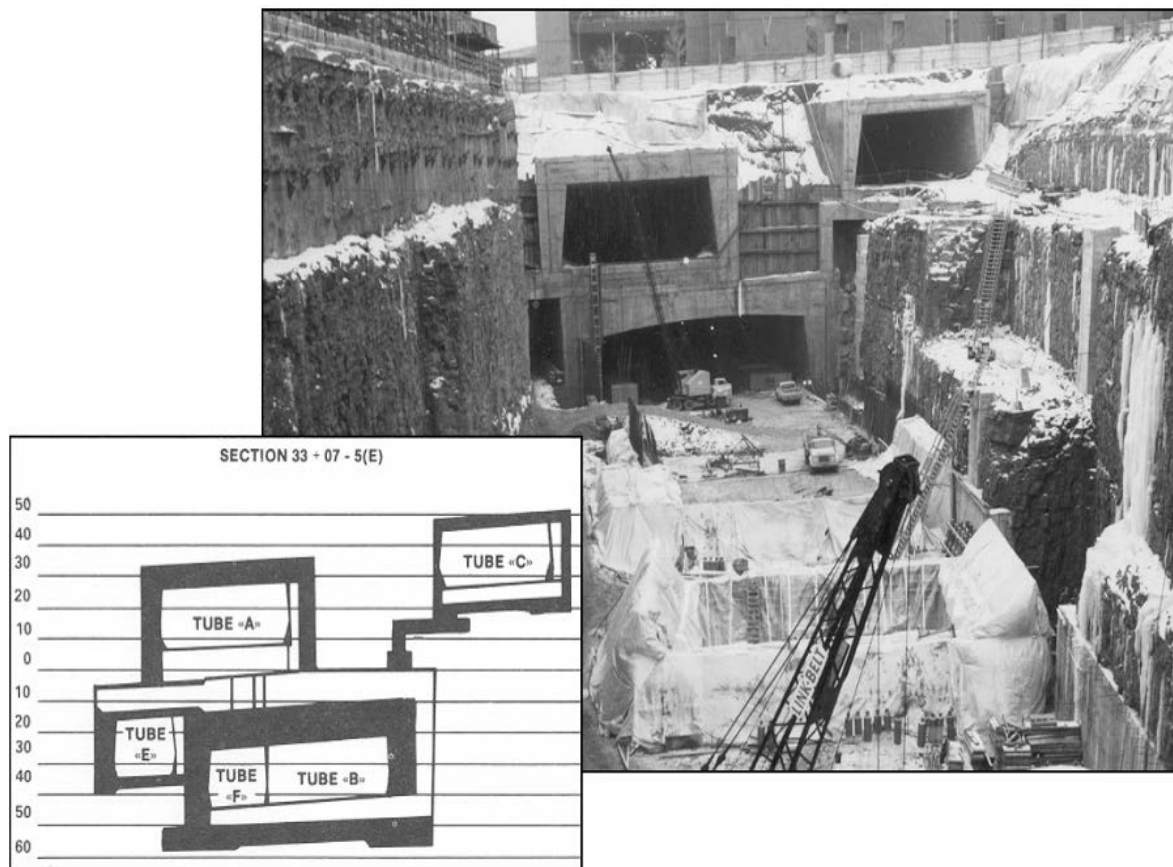


Figura 5 – Fotografía de la construcción del túnel Ville-Marie durante el invierno de 1972 (Sección transversal del túnel en 1972)

3. GEOMETRÍA

3.1 TRAZADO EN PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

La longitud total de los tubos es de 7.776 m, de los que 6.497 m corresponden al túnel Ville-Marie y 1.379 m al túnel Viger. El perfil longitudinal presenta pendientes entre -3.26% y +7.49% en el tubo oeste y entre -5.07% y +3.66% en el tubo este (**Figura 6**).

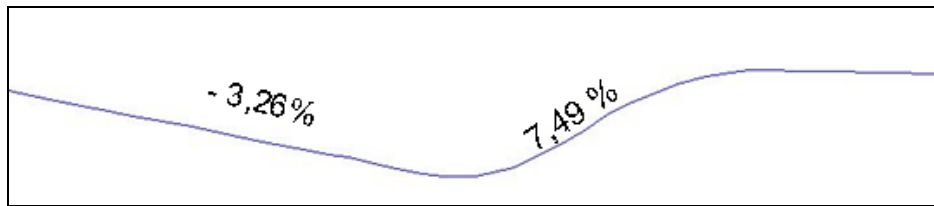


Figura 6 – Perfil longitudinal del túnel Ville-Marie, tubo oeste.

La complejidad de este corredor se debe a las diferencias significativas del perfil longitudinal de cada uno de los tubos, a su disposición y trazado. Las dimensiones de los tubos destinados al tráfico oscilan entre 6,9 m y 21,1 m de ancho y entre 4,39 y 4,90 m de altura. Las siguientes **Figuras 7 y 8** presentan las secciones transversales tipo que muestran la complejidad:

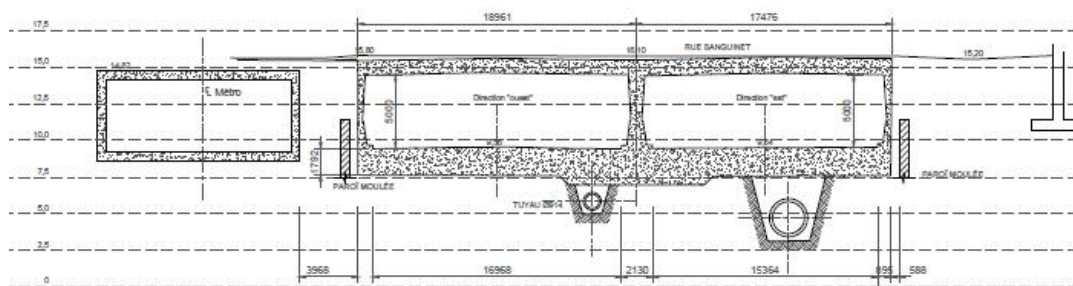


Figura 7 – Ejemplo de sección transversal en las cercanías del metro de Montreal

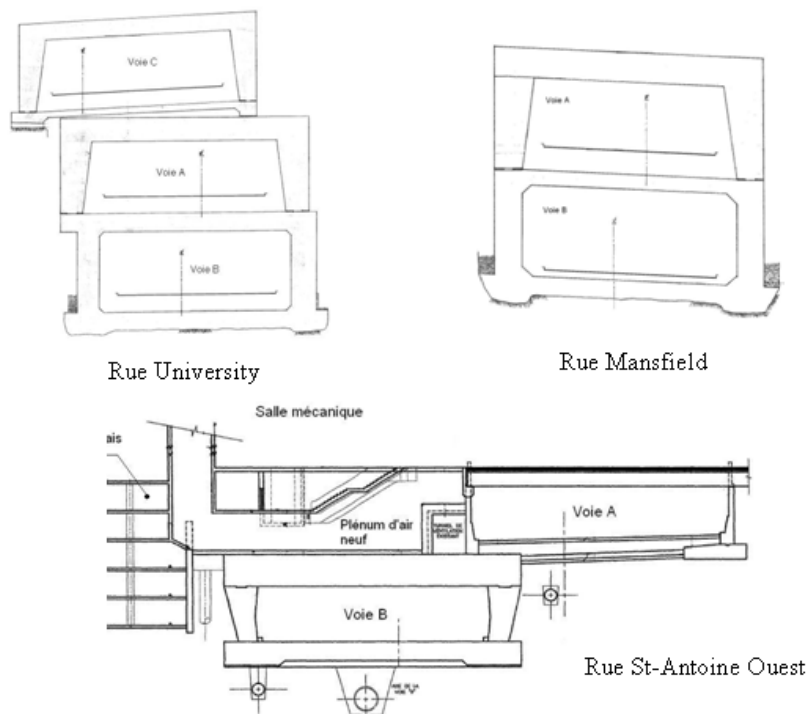


Figura 8 – Ejemplo de sección transversal con tubos superpuestos

3.2 POZOS DE VENTILACION

Con 6 niveles subterráneos, el pozo de ventilación nº 9, cerca de la calle University, presenta una configuración especialmente compleja (**Figura 9**). Además en su nivel más alto se sitúa el centro de control de la red de autopistas urbanas de Montreal.

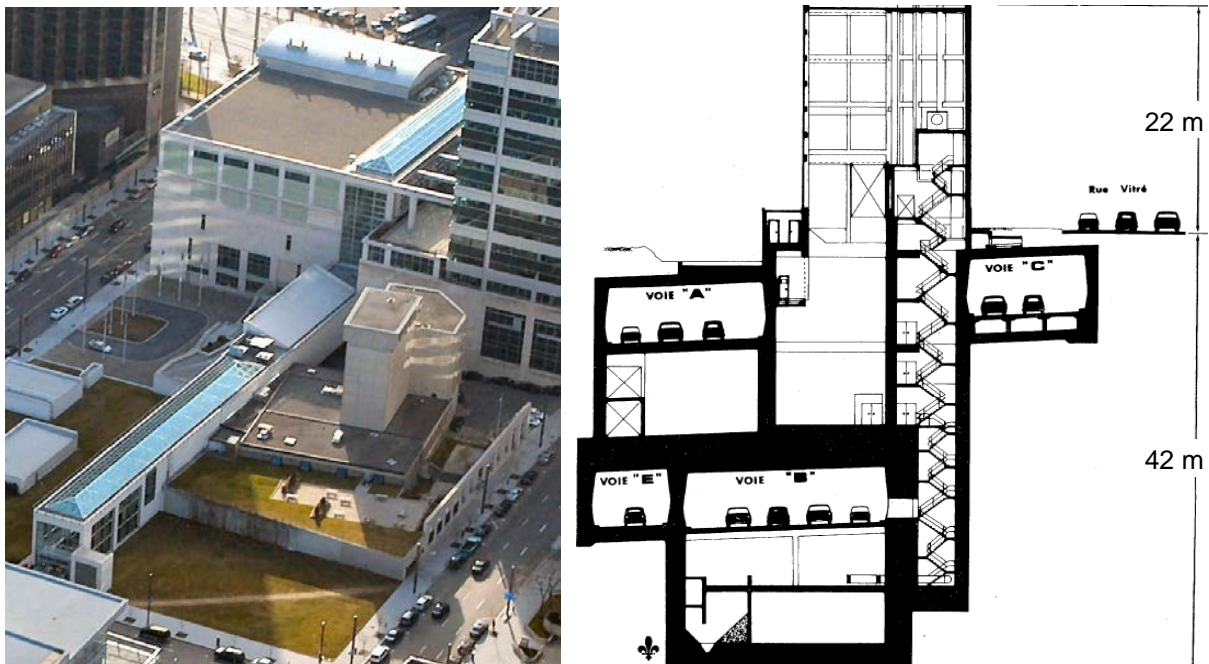


Figura 9 – Pozo de ventilación nº. 9: Vista exterior y sección transversal de la estructura

3.3 SALIDAS DE EMERGENCIA

El complejo dispone de más de 5 km de galerías de evacuación al exterior y de galerías de conexión con los aparcamientos subterráneos y con los edificios adyacentes. En total existen 71 salidas de emergencia, a intervalos de 94 m, que dan acceso a las galerías de evacuación.

4. TRÁFICO

4.1 CONDICIONES DE TRÁFICO

El tráfico es de tipo unidireccional. Por motivos de seguridad la velocidad está limitada a 70 km/h y el transporte de mercancías peligrosas está prohibido.

Durante la semana hay congestión en ciertos ramales de salida y tubos. Las colas que se forman son de entre 100 y 200 m y duran hasta 90 minutos por la mañana y 135 minutos por la tarde. También se registran congestiones ocasionales en las tardes en las que hay eventos culturales y deportivos en el centro de Montreal. Sin embargo, en general, los tubos principales raramente están congestionados debido al gran número de carriles disponibles.

La Intensidad Media Diaria (IMD) es estable, con alrededor de 100.000 vehículos/día en el año 2012. El nivel más bajo de tráfico se registra en agosto, con 89.000 vehículos/día, mientras que el más alto se registra en mayo, con 104.000 vehículos/día.

Durante la semana, el tráfico varía entre 99.000 vehículos/día los lunes y 111.000 vehículos/día los viernes. Los fines de semana, el tráfico desciende a 78.000 vehículos/día los sábados y 67.000 vehículos/día los domingos. El tráfico en el túnel refleja el horario de la gente que trabaja en el centro, con periodos típicos de hora punta: entre las 7 a.m. y las 9 a.m. por la mañana (**Figura 10**) y entre las 4 p.m. y las 6 p.m. por la tarde.

6. EQUIPAMIENTO MECÁNICO ESPECÍFICO

El túnel está equipado con el siguiente equipamiento mecánico:

VENTILACION

- 87 ventiladores (31 de suministro de aire y 42 de extracción);

SUMINISTRO ELECTRICO

8 grupos electrógenos de reserva para emergencia:

- 5 en el túnel Ville-Marie: 4 de 800 kW y 1 de 1.200 kW;
- 3 en el túnel Viger: de 600 kW, 210 kW y 250 kW.

ESTACIONES DE BOMBEO

2 estaciones de bombeo con un total de 9 bombas:

- 5 en el túnel Ville-Marie, 3 de tipo vertical y 2 de tipo sumergible. Todas las bombas son iguales. El caudal total para las bombas verticales funcionando en paralelo es de 896 l/s y 352 kPa (35.85 m.c.a); para las bombas sumergibles, el caudal total es de 574 l/s y 400 kPa (40.8 m.c.a), lo que significa 1.470 l/s y 352 kPa cuando están todas las bombas funcionando en paralelo;
- 4 bombas sumergibles para el sector del túnel Viger, cada una con un caudal nominal de 175 l/s y 172 kPa (17.6 m.c.a) y un caudal total funcionando en paralelo de 700 l/s y 172 kPa.

7. VENTILACIÓN

Están programadas unas secuencias automáticas y manuales de ventilación para diluir las emisiones de contaminantes y asegurar la calidad adecuada del aire en el túnel, conforme a los siguientes umbrales:

Escenario de ventilación	CO	NOx
Arranque manual de los ventiladores	> 50 ppm	> 5 ppm
Parada manual de ventiladores	> 30 ppm	> 3 ppm
Arranque automático de los ventiladores	> 80 ppm	> 8 ppm
Activación de una señal de alarma y cierre del túnel	> 150 ppm	> 15 ppm

El sistema de extracción de humos en el tramo de Ville-Marie es semitransversal con capacidad de extracción repartida a lo largo del túnel y con posibilidad de extracción concentrada. El túnel se divide en zonas entre los dos pozos de ventilación. De los 73 ventiladores instalados, 42 se usan principalmente para suministro de aire y los otros 31 para extracción.

El sistema de ventilación en caso de incendios en el tramo de Viger es longitudinal y cuenta con puntos de extracción local. Hay 14 ventiladores, 6 están instalados en dos pozos de ventilación (3 por pozo) y 8 son ventiladores de tipo chorro instalados en los tubos, sobre los carriles (4 por cada sentido).

Se ha establecido una secuencia de extracción de humos para controlar la sucesión de arranque automático de los ventiladores según la posición del fuego identificado por el número de cámara. La activación y parada de la secuencia de extracción de humos es realizada por un operador.

8. MEDIO AMBIENTE

Los 87 ventiladores son arrancados al menos dos veces en semana durante 30 minutos como sistema de mantenimiento preventivo. Debido a la proximidad de las áreas residenciales, algunos de los ventiladores se arrancan de 10 a.m. a 1 p.m. de lunes a miércoles, mientras que el resto de ventiladores son operados durante la noche.

Las aguas pluviales del túnel Ville-Marie se recogen en un tanque de tormentas en el punto más bajo del túnel. Se realiza un tratamiento primario del agua que cuenta con decantación de sólidos y separación de fangos, antes de enviarla a la red de drenaje y a su depuración.