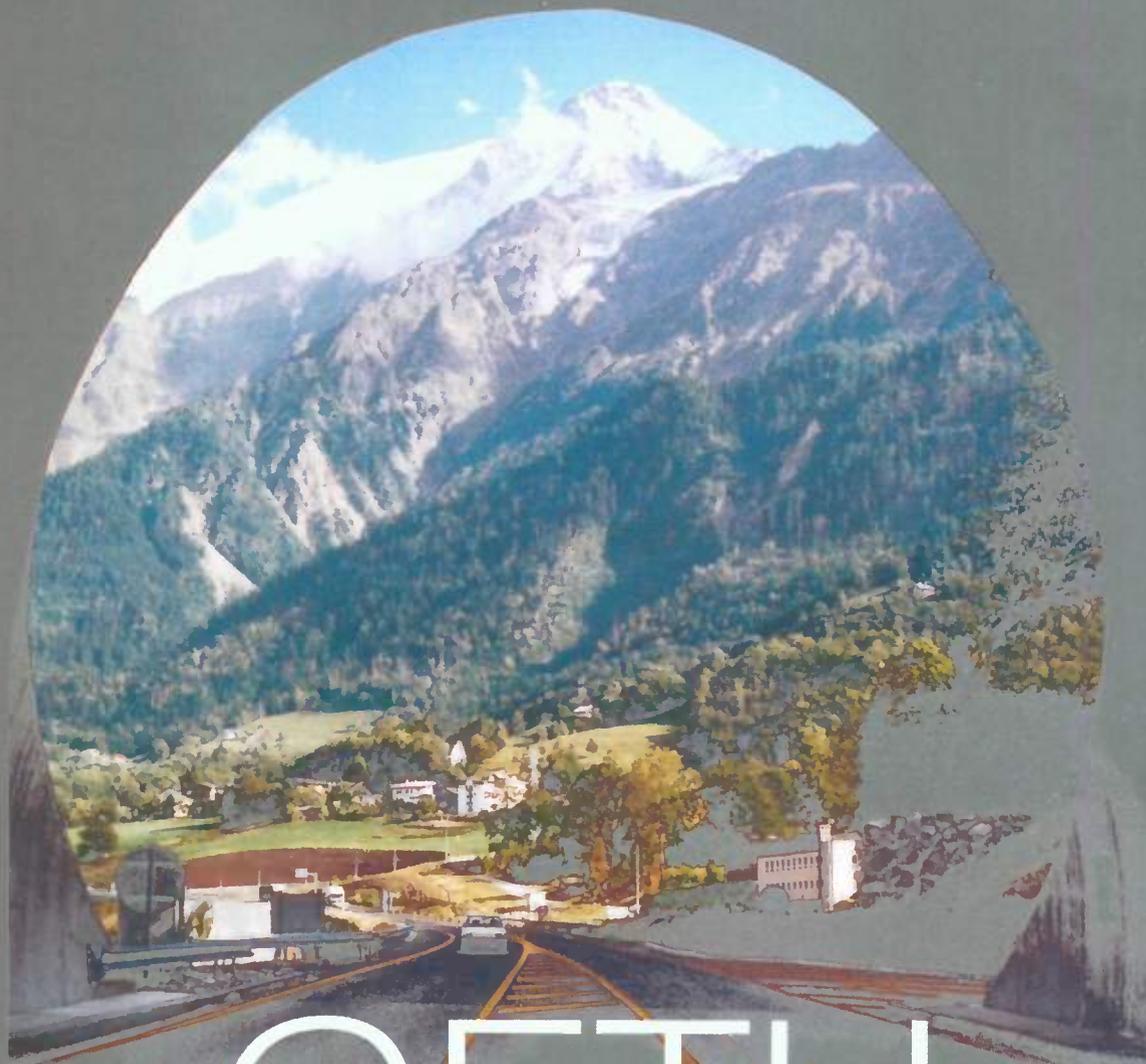


MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT, DES TRANSPORTS ET DE LA MER



CETU

dossier pilote
des tunnels

DÉCEMBRE 1990

5 environnement

Page laissée blanche intentionnellement

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, DU LOGEMENT, DES TRANSPORTS ET DE LA MER
DIRECTION DES ROUTES

DOSSIER PILOTE DES TUNNELS
document n° 5
- ENVIRONNEMENT -

décembre 1990

CENTRE D'ETUDES DES TUNNELS
109, AVENUE SALVADOR ALLENDE - CSE N° 1-69674 BRON CEDEX FRANCE
TEL. 7841 81 25 - TELEX CETELYO 370008 F - FAX 72 37 81 11

ISBN 2.11.084738-7

Page laissée blanche intentionnellement

Avant-propos :

Le présent document géométrie s'insère dans l'ensemble du nouveau dossier pilote des tunnels qui sera composé de six documents :

- 1 – Présentation-Synthèse (à paraître ultérieurement).
- 2 – Géométrie (décembre 1990).
- 3 – Génie Civil (à paraître ultérieurement).
- 4 – Equipements (parution prévue en 1991).
- 5 – Environnement (décembre 1990).
- 6 – Coûts (à paraître ultérieurement).

SOMMAIRE

CHAPITRE 1	INTRODUCTION	P. 3
CHAPITRE 2	RAPPEL DES ASPECTS RÉGLEMENTAIRES	P. 5
	2.1 ÉVOLUTION DE LA PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT	P. 5
	2.2 ÉTUDES D'ENVIRONNEMENT ET ÉTUDE D'IMPACT	P. 5
CHAPITRE 3	PARTICULARITÉS D'UN TUNNEL À L'ÉGARD DE L'ENVIRONNEMENT	P. 7
CHAPITRE 4	INSERTION DANS LE SITE ET DANS L'ITINÉRAIRE	P. 9
	4.1 EMPRISE	P. 9
	4.2 PERCEPTION VISUELLE - RECHERCHE DE LA QUALITÉ PAYSAGÈRE, URBANISTIQUE ET ARCHITECTURALE	P. 10
CHAPITRE 5	NUISANCES ACOUSTIQUES ET VIBRATIONS	P. 15
	5.1 BRUIT DE CIRCULATION	P. 15
	5.2 BRUIT DUS AUX ÉQUIPEMENTS DE VENTILATION	P. 18
	5.3 VIBRATIONS	P. 19
CHAPITRE 6	POLLUTION DE L'AIR ET POLLUTION DES EAUX - CLIMAT	P. 21
	6.1 POLLUTION DE L'AIR	P. 21
	6.2 POLLUTION DES EAUX	P. 25
	6.3 CHANGEMENT DES CONDITIONS CLIMATIQUES NATURELLES	P. 26
CHAPITRE 7	AUTRES ASPECTS DE L'ÉTUDE D'ENVIRONNEMENT	P. 29
	7.1 IMPACT HYDROGÉOLOGIQUE	P. 29
	7.2 IMPACT ARCHÉOLOGIQUE	P. 29
	7.3 IMPACT SUR LES RÉSEAUX	P. 29
	7.4 IMPACT SUR LA CIRCULATION	P. 30
	7.5 IMPACT CHANTIER	P. 30
	BIBLIOGRAPHIE	P. 31-32

Page laissée blanche intentionnellement

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Les préoccupations d'environnement, reconnues d'intérêt général, justifient des études à entreprendre aux différents stades d'élaboration des projets routiers.

Dans la majorité des cas, c'est l'itinéraire qui fait l'objet de l'étude d'environnement et non le tunnel pris isolément. Mais dans le cas des tunnels, il se dégage un certain nombre d'aspects liés aux têtes et aux équipements nécessaires, qui les différencient de tout autre ouvrage et dont les conséquences sur l'environnement doivent être analysées.

Ce sont ces aspects spécifiques qu'il a paru souhaitable de développer dans un fascicule spécial du Dossier Pilote des Tunnels. Il convient toutefois de préciser que la prise en compte de l'environnement doit être associée à tous les domaines du projet.

On doit distinguer les ouvrages de rase campagne pour lesquels, à de rares exceptions près, les questions soulevées dans le domaine de l'environnement sont limitées, des tunnels urbains qui se caractérisent la plupart du temps par leur difficulté d'implantation, leur difficulté et leur coût de construction, l'importance du trafic qui les emprunte. Ce dernier implique des équipements appropriés et des nuisances essentiellement localisées aux têtes de tunnel.

Il a semblé logique de dégager les points forts de l'étude d'environnement des tunnels, en s'appuyant sur l'inventaire des éléments déjà établis dans les directives concernant les projets routiers urbains et interurbains.

Les indications données dans ce document ne sauraient apporter une réponse à chaque problème, car il convient de s'adapter dans chaque cas aux caractéristiques particulières du projet ou du site qui renforcent l'influence de tel ou tel critère.

Page laissée blanche intentionnellement

CHAPITRE 2

RAPPEL DES ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

2.1 ÉVOLUTION DE LA PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT RAPPEL DES TEXTES

La prise en compte de l'environnement dans les projets routiers a fait l'objet de nombreux textes ces dernières années.

Dès 1972-1975 des circulaires du Ministère de l'Équipement donnaient des instructions visant à renforcer le souci du respect de l'environnement.

Le point fort de l'évolution des méthodes et des mentalités est la promulgation de la loi sur la protection de la nature du 10 juillet 1976 (réf. 1). Elle instaure l'étude d'impact qui doit permettre de s'assurer que le maître d'ouvrage a intégré dans l'élaboration de son projet les préoccupations de protection de la nature et de son environnement.

Le décret d'application du 12 octobre 1977 (réf. 2) apporte des précisions sur les études d'impact en ce qui concerne le contenu, le champ d'application et la publication ainsi que leur insertion dans les procédures d'étude et d'instruction des projets.

La circulaire ministérielle du 23 janvier 1978 (réf. 3) précise la méthodologie applicable pour l'établissement des dossiers d'étude d'impact en matière de projets routiers. Elle est complétée par des directives provisoires qui lui sont annexées.

Les modalités d'établissement et d'instruction des dossiers techniques concernant les opérations d'investissement routier sont fixées par la circulaire du 2 janvier 1986 (réf. 4) pour le réseau national non concédé, et par la circulaire du 27 octobre 1987 (réf. 5) pour les autoroutes concédées. Des études d'environnement sont prévues à l'ensemble des niveaux d'études : dossier de prise en considération (D.P.C.), avant-projet (A.P.), avant-projet d'ouvrage non courant (A.P.O.A.), projet de définition (P.D.), avant-projet sommaire,

(A.P.S.) et avant-projet autoroutier (A.P.A.), dossiers synoptiques.

La lettre circulaire du 14 mars 1986 (réf. 6) relative aux méthodes d'évaluation des investissements routiers et les instructions jointes mettent également l'accent sur la prise en considération des problèmes d'environnement.

D'autre-part il faut tenir compte d'un certain nombre de textes qui concernent des aspects plus spécifiques des études d'environnement des tunnels : les circulaires relatives à la protection contre le bruit ou celle sur la qualité paysagère et architecturale des ouvrages routiers. Le contenu de ces instructions sera analysé ultérieurement dans les chapitres correspondant à chacun de ces thèmes.

Il faut enfin rappeler que les études d'environnement fournissent des éléments indispensables pour les différents niveaux de concertation avec le public, et qu'elles en incorporent ensuite les résultats :

- concertation préalable dans les zones urbanisées prévue par les articles L 300-2 et 300-1 et suivants du code de l'urbanisme, qui a été précisée par une note d'information des Directions des Routes et de l'Architecture et de l'Urbanisme en date du 12 juillet 1989 (réf. 7),
- enquête publique, préalable ou non à une déclaration d'utilité publique, tenue sur la base d'un dossier comportant l'étude d'impact, et régie notamment par la loi du 12 juillet 1983 (réf. 8) et le décret du 23 avril 1985 (réf. 9).

2.2 ÉTUDES D'ENVIRONNEMENT ET ÉTUDE D'IMPACT

L'établissement d'un projet est l'aboutissement de différents types d'études : techniques, économiques et d'environnement. En aucun cas, les études d'environnement ne doivent faire double

emploi avec les études techniques et économiques qui sont menées parallèlement, mais elles doivent les compléter.

PROGRESSIVITÉ DES ÉTUDES D'ENVIRONNEMENT

Ces études comportent :

- la reconnaissance de l'état initial du site,
- la recherche des contraintes du site et des impacts du projet,
- la recherche d'adaptations ou de variantes du projet pour éviter les contraintes,
- la présentation des critères de choix des diverses solutions au plan de l'environnement.

Puis le choix du parti étant effectué :

- l'analyse des impacts résiduels de la solution présentée,
- la définition des remèdes correspondants nécessaires et leur estimation.

L'ÉTUDE D'IMPACT

C'est la forme sous laquelle le législateur entend que le maître d'ouvrage informe le public et fasse la preuve qu'il a pris en compte les préoccupations d'environnement dans l'élaboration de son projet.

C'est une pièce très importante du dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique. Le document doit être synthétique et rédigé en termes clairs, intelligibles par des non spécialistes. C'est la résultante des études d'environnement effectuées aux stades antérieurs d'établissement du projet.

Toutefois, ce n'est qu'une étape car le projet n'est pas définitivement fixé au moment de l'enquête et la mise au point des remèdes propres à réduire ou à compenser ses conséquences dommageables doit être poursuivie.

COMPOSITION ET CONTENU DE L'ÉTUDE D'IMPACT

Rappel succinct des objectifs de l'opération.

Etudes préalables :

- analyse de l'état initial,
- analyse des effets sur l'environnement des différents partis envisagés,
- comparaison et choix du parti.

Analyse détaillée du projet présenté.

Reprise plus précise pour chacun des éléments :

- de l'analyse du milieu initial,
- de la détermination des effets prévisibles,
- des remèdes et de l'estimation des dépenses correspondantes.

PARTICULARITÉS D'UN TUNNEL À L'ÉGARD DE L'ENVIRONNEMENT

Un tunnel est un ouvrage d'art dont les caractéristiques dépendent très étroitement du relief, de la géologie et de l'hydrogéologie des terrains traversés. Tous les problèmes rencontrés dans les fondations des ouvrages d'art se trouvent sur toute la longueur d'un tunnel. Il est souvent judicieux de choisir le tracé de manière à éviter la rencontre de mauvais terrains ou d'en raccourcir la longueur traversée car les répercussions sur les coûts de construction peuvent être très importantes.

Le tunnel intervient donc dans le tracé général de la liaison projetée. Les facteurs de choix du tracé en tunnel et du profil en long sont nombreux : génie civil, réglementation concernant les tracés, ventilation, exploitation (voir les autres documents du présent dossier pilote). Le choix de l'emplacement des têtes est important.

L'analyse de l'état initial du site et des effets prévisibles sur l'environnement des différents partis envisagés dans le cadre d'un projet, doit permettre de mettre en évidence les éléments à prendre en considération dans les études d'environnement.

Le recensement de ces éléments déjà effectué dans le cadre des projets routiers au niveau des directives provisoires annexées à la circulaire de janvier 1978 (réf. 10 et 11) a servi de base pour dégager les impacts spécifiques des tunnels ou des tranchées couvertes.

Cette analyse fait l'objet d'un tableau (page 8) qui donne une appréciation sur les risques encourus dans le cas d'un tunnel en fonction du milieu concerné.

Il apparaît que les impacts spécifiques d'un tunnel routier sur son environnement concernent un nombre limité d'éléments. En revanche ses effets peuvent se présenter d'une manière très aiguë en fonction de la sensibilité du site et il est nécessaire de les évaluer et de trouver des remèdes propres à minimiser les conséquences dommageables du projet.

Les problèmes se posent principalement dans le cas d'ouvrages urbains qui se caractérisent par

- leur difficulté d'implantation (limitation de l'emprise, encombrement du sous-sol),
- leur difficulté et leur coût de construction (proximité d'habitations, coût des expropriations, maintien des circulations de surface),
- les trafics importants qui les empruntent et les risques de congestion qui justifient des équipements d'exploitation et de sécurité appropriés,
- les exigences de ventilation qui jouent un rôle important car elles peuvent impliquer l'insertion dans le site d'importantes installations et être à l'origine de nuisances.

Parmi les impacts recensés dans le tableau, on peut considérer que la plupart des éléments physiques (géologie, hydrogéologie) sont déjà traités dans les études techniques et dans le choix du tracé.

Pour d'autres éléments comme l'utilisation du sol, l'emprise, la flore, la faune, le tourisme, la préservation du patrimoine culturel ou scientifique, les effets d'un tunnel sont minimisés par rapport à ceux d'une route à ciel ouvert. Ils sont en général localisés et il est possible d'y apporter des remèdes.

Parallèlement aux conséquences négatives du projet, il est normal de mentionner les aspects bénéfiques de la mise en souterrain de la portion d'itinéraire concernée.

On peut même évoquer des couvertures de tranchées dont le but est de diminuer certaines nuisances (bruit, pollution de l'air) ou de les déplacer vers des sites moins sensibles.

En conclusion de cette analyse, il ressort que les études d'environnement ont surtout de l'importance pour les tunnels urbains et concernent presque exclusivement les têtes et les usines de

ventilation éventuelles. Elles ont trait à trois aspects principaux qui sont traités dans les chapitres IV à VI :

- l'insertion dans le site et la qualité paysagère, urbanistique et architecturale,
- les nuisances acoustiques,
- la pollution de l'air et à un moindre titre la pollution des eaux.

D'autres impacts ne sont pas à négliger mais sont moins spécifiques, ou sont étudiés par ailleurs. Ils font l'objet du chapitre VII :

- hydrogéologie,
- archéologie,
- réseaux,
- circulation,
- chantier.

ANALYSE DES IMPACTS D'UN TUNNEL SUR LE MILIEU INITIAL

ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE	JUSTIFICATION DE LA PRISE EN COMPTE DES RISQUES D'IMPACT	APPRÉCIATIONS SUR CES RISQUES EN FONCTION DU MILIEU	ASPECTS POSITIFS DE LA SOLUTION TUNNEL
ÉLÉMENTS PHYSIQUES ET BIOLOGIQUES			
GÉOLOGIE	Risques d'instabilité et d'affaissements aux têtes.	Déterminant pour le choix du tracé du tunnel. Traité au niveau de l'étude technique.	Le tunnel peut assurer une protection contre les instabilités de surface.
GÉOMORPHOLOGIE	Difficultés de remise en végétation de l'emprise et risque d'érosion.	Important dans le cas des tranchées couvertes.	Très limité et localisé au niveau des entrées pour les tunnels creusés.
HYDROGÉOLOGIE ET HYDROLOGIE DE SURFACE	Risque de pollution des nappes des captages et des eaux de surface par les eaux de ruissellement. Effet de drain d'un ouvrage. Effet de barrage d'une tranchée couverte.	Nécessité de bien localiser les circulations, les réserves d'eaux souterraines, les captages. Sensibilité particulière des lacs et des cours d'eau. Pollution en cas de traitement des sols.	Assainissement de zones marécageuses. Possibilité de préservation des sous-sols. Préservation des circulations de surface et subsurface dans le cas de tunnels profonds.
CLIMAT	Possibilité de courants d'air et verglas en hiver.	Conditions créées par la ventilation et limitées au niveau des têtes.	Le maintien de la viabilité hivernale est facilité.
FAUNE ET FLORE	Atteintes aux territoires des espèces animales et à la qualité ou l'état d'équilibre des milieux naturels.		L'effet de coupure du tracé est supprimé dans la partie tunnel et l'emprise du sol très réduite.
ÉLÉMENTS HUMAINS SOCIAUX ET CULTURELS			
UTILISATION DU SOL	Agriculture, sylviculture et autres ressources liées au milieu.		Consommation de l'espace agricole et perturbation des activités très limitées.
HABITAT ET ÉQUIPEMENTS COLLECTIFS	Habitat existant à supprimer ou protéger. Effets de coupure. Équipements et contraintes de voisinage.	Impact faible ou inexistant en milieu interurbain mais important pour les ouvrages urbains en raison du trafic et des équipements : - consommation d'espace, - nuisances phoniques, - pollution de l'air, - changement des habitudes de vie d'un quartier. Ces risques sont localisés aux têtes de tunnel.	Diminution locale de toutes les nuisances liées au trafic de surface supprimé : circulation, bruit, pollution. Possibilité de récréation et d'opération d'urbanisme conjuguée avec la présence du tunnel.
PAYSAGE ET SITE	Impact visuel et sociopsychologique	Nécessité d'insertion visuelle dans le paysage. Rupture locale du tissu urbain. Problèmes d'urbanisme. Insertion visuelle d'équipements parfois volumineux.	Peut permettre la création d'espace paysager. Evite l'effet de coupure et sauvegarde l'intégrité d'un paysage par rapport à une voirie de surface. En site urbain peut être valablement conjugué à une opération d'urbanisme.
PATRIMOINES CULTUREL ET SCIENTIFIQUE	Préservation d'éléments rares de notre territoire : monuments et sites classés, sites archéologiques et paléontologiques.	Parfois révélés au cours du creusement des tunnels, ils doivent être protégés.	L'impact de la route sur des sites privilégiés est supprimé par le tunnel.
TOURISME ET LOISIRS	Pêche, chasse, promenade.	Effets inexistantes ou très localisés.	Le tunnel limite les effets de barrière. Possibilité éventuelle de créer des espaces de détente au-dessus de la voirie enterrée.

CHAPITRE 4

INSERTION DANS LE SITE ET DANS L'ITINÉRAIRE

L'insertion dépend des caractéristiques du site et du volume des équipements nécessaires :

- Les têtes de tunnels ne se présentent pas toujours comme de simples portails. Pour des raisons diverses (géologie - ventilation - protection contre les nuisances), il est parfois nécessaire de remodeler le site ou d'adjoindre des murs, des "casquettes", des paralumes, des damiers phoniques.
- Les usines de ventilation lorsqu'elles sont nécessaires, sont soit intégrées aux têtes, soit dissociées. Elles posent des problèmes d'intégration par leur volume qui est fonction de l'importance de l'ouvrage (longueur, trafic) et par leurs débouchés : cheminées ou baies d'aspiration ou de rejet d'air.

L'insertion dans le site doit donc être étudiée selon deux aspects principaux : l'emprise et l'impact visuel des équipements.

4.1 EMPRISE

A - ÉLÉMENTS D'ÉTUDES

- Site
 - Nombre et nature des locaux concernés par les aménagements.
 - Tissu urbain : cheminements et habitudes du quartier.
 - Circulation locale et générale.
- Nature et volume des équipements
 - Têtes de tunnel : portails, locaux techniques, équipements spéciaux.
 - Usines de ventilation : bâtiments, cheminées, baies.

B - ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

- Documents d'urbanisme (Schéma Directeur - Plans d'Occupation des Sols).

C - MÉTHODOLOGIE DES ÉTUDES

- Occupation du sol : espace disponible ou pouvant être libéré pour l'installation des équipements nécessaires. Compatibilité avec les impératifs techniques.
- Recensement des locaux concernés par les aménagements envisagés et degré d'acuité des problèmes posés, conduisant à étudier plusieurs solutions : destruction, changement d'affectation, protection.
- Etude des cheminements et des habitudes d'un quartier : commerces, exploitations remis en cause. Effets prévisibles et rétablissements éventuels.
- Etude d'un nouveau plan de circulation.

D - REMÈDES

- Possibilité de minimiser l'emprise de certains équipements par exemple en enterrant les usines ou les locaux techniques, en réalisant les prises ou rejets d'air de la ventilation qui nécessitent des surfaces importantes sous forme de cheminées qui résolvent en même temps d'autres problèmes de nuisances.
- Protections particulières (par exemple phoniques) ou changements d'affectation pour éviter de détruire des locaux.
- Nouveaux cheminements pour les piétons et plans de circulation pour les véhicules.

E - ASPECTS POSITIFS

- La création d'une voie souterraine est en général envisagée lorsque la voirie existante pose des problèmes de trafic et risque de devenir insuffisante. Une partie du trafic sera absorbée par le tunnel ou la tranchée couverte et on pourra dans certains cas procéder à un réaménagement de la voirie de surface : création de voie de transport en commun, de piste cyclable, de parking, élargissement des trottoirs.

- La qualité de vie de quartier peut s'en trouver notablement améliorée : facilité de déplacement, accès aux commerces, création d'espaces, jardin, zone piétonnière.

4.2 PERCEPTION VISUELLE RECHERCHE DE LA QUALITÉ PAYSAGÈRE, URBANISTIQUE ET ARCHITECTURALE

Nota : Ce sujet fait l'objet d'une étude détaillée et d'un document particulier qui sera publié prochainement par le CETu (réf. 12) (à paraître en 1991).

A - ÉLÉMENTS D'ÉTUDE

- Site
 - Configuration du site et environnement paysager : site urbain, de rase campagne ou de montagne ; sensibilité du site et contraintes particulières.
 - Différents points de vue.
 - Urbanisme actuel et évolution future. Opérations envisagées.
 - Possibilité d'enterrer ou de dissimuler certains équipements.
- Equipements nécessaires :
 - Têtes de tunnel et aménagements particuliers éventuels :
 - Portails.
 - Usine de ventilation et locaux techniques.
 - Cheminées ou baies de ventilation.
 - Equipements particuliers associés.
 - Signalisation.

B - ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

- Réglementation particulière au site.
- La circulaire du 24 septembre 1984 (réf. 13) relative à la qualité paysagère et architecturale des ouvrages routiers fixe certaines règles qui s'appliquent aux tunnels.

“La volonté de qualité, apparemment plus marquée pour certains ouvrages durant ces dernières années, doit être un souci constant même lorsqu'il s'agit d'opérations courantes. Pour ces dernières, comme d'ailleurs pour bon nombre de réalisations importantes appelées à se fondre dans le paysage, la discrétion des structures, parements et traitement paysager concourant à une intégration spatiale réussie restera souvent la règle. La qualité résultera généralement des choix bien faits parmi les dispositions classiques et d'une exécution soignée dans les moindres détails techniques et des parements, plutôt que d'une originalité des formes ou d'un exotisme végétal sujets à caution. En toute hypothèse, les aspirations à la qualité paysagère et architecturale ne peuvent pas être traitées indépendamment des impératifs fonctionnels qui conditionnent les niveaux de service et de sécurité et la longévité des ouvrages”.

C - MÉTHODOLOGIE DES ÉTUDES

- La circulaire insiste sur la nécessité de définir l'objectif dès le niveau de l'avant-projet. Elle propose une classification des objectifs en fonction de l'orientation et du degré d'intention choisis.

Quatre orientations principales sont dégagées :

- 1) ouvrages destinés essentiellement à s'adapter au site existant,
- 2) ouvrages destinés à constituer des éléments de sites futurs,
- 3) ouvrages inévitablement voués à retenir l'attention (autrement dit à être un élément marquant du site),
- 4) ouvrages sur lesquels on veut attirer l'attention.

- La variété des types d'ouvrage et des situations entraîne une variété dans la façon d'aborder le problème architectural :

– Cas des petits tunnels en montagne :

L'intervention d'un architecte ne saurait évidemment être systématique, en particulier quand il s'agit des têtes d'ouvrages sur des routes de montagne; pour lesquelles le relief et la géologie imposent le parti constructif et pratiquement, de ce fait, le parti architectural. La tête ne cherche pas à s'imposer comme élément du décor, car elle n'est pas à l'échelle de l'environnement. Elle s'accorde de formes simples, géométriques, qui correspondent aux exigences des besoins fonctionnels : soutènement, pare-avalanche, pare-éboulis...

Aucune recherche particulière n'est à apporter non plus dans la nature du parement des parties vues, ce qui ne veut pas dire que l'exécution ne doit pas en être soignée.

– Cas d'une opération sensible :

Par opération sensible, on entend, soit un tunnel urbain, soit un tunnel au voisinage d'un site intéressant voire classé, soit un tunnel important ou faisant partie d'un ensemble. Dans un tel cas, il est évident qu'un architecte assistant le maître d'œuvre intervient dès le début de l'opération et participe à la définition des grandes lignes du projet.

– Cas intermédiaires :

Entre les deux cas extrêmes précédents se trouve la grande masse des ouvrages, qu'ils soient urbains ou dans des sites dégagés leur assurant une très grande présence dans le site et pour lesquels l'architecture des têtes constitue un point très important, mais non pas une condition sine qua non de réalisation.

Dans ces conditions, il paraît souhaitable que le projet soit fonctionnellement bien défini et que les grandes lignes en soient approuvées par le maître d'ouvrage, notamment en matière d'implantation, ce qui conditionne l'allure générale de la tête.

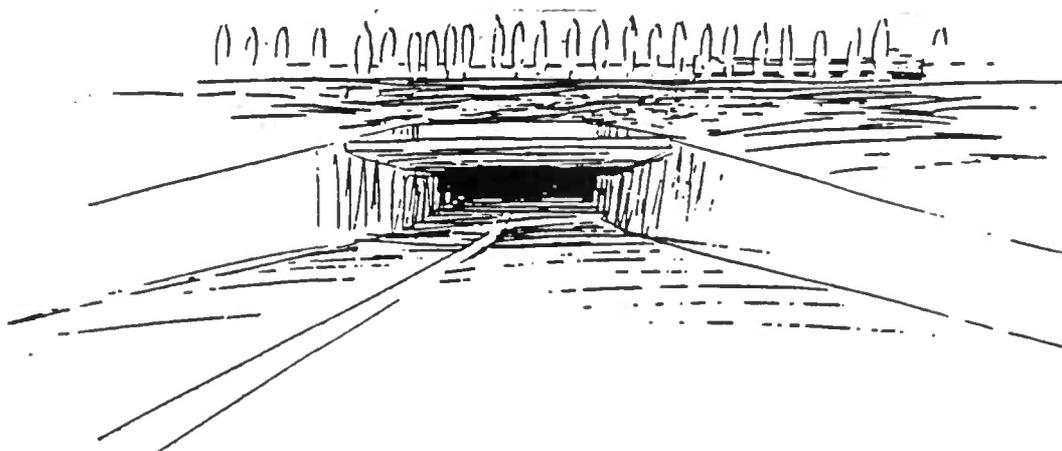
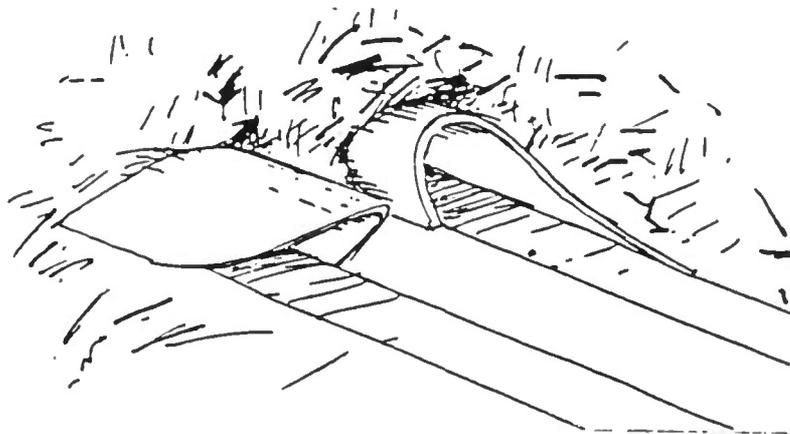
C'est sur une base solide, résultant d'une étude technique sérieuse, que l'architecte doit être consulté, afin qu'il appréhende au mieux les impératifs constructifs. Cette forme de collaboration, la plus fréquente, donne généralement satisfaction.

- L'entrée, la tête du tunnel, simple ou équipée d'une usine de ventilation ou d'autres services est la seule expression et la seule vision à distance possible du tunnel. Elle sera porteuse de toute la symbolique et de toute la signification du tunnel. A ce titre, elle doit être examinée selon trois critères :

1. La façon dont elle exprime les significations du tunnel lui-même :

- l'expression de la traversée d'un obstacle qui peut être soulignée par une amorce extérieure, ou l'expression de la plongée,

- l'expression de la technique : technique de soutènement, technique de ventilation. Un grand tunnel est une usine complexe. On peut afficher son fonctionnement et les équipements qu'il justifie.

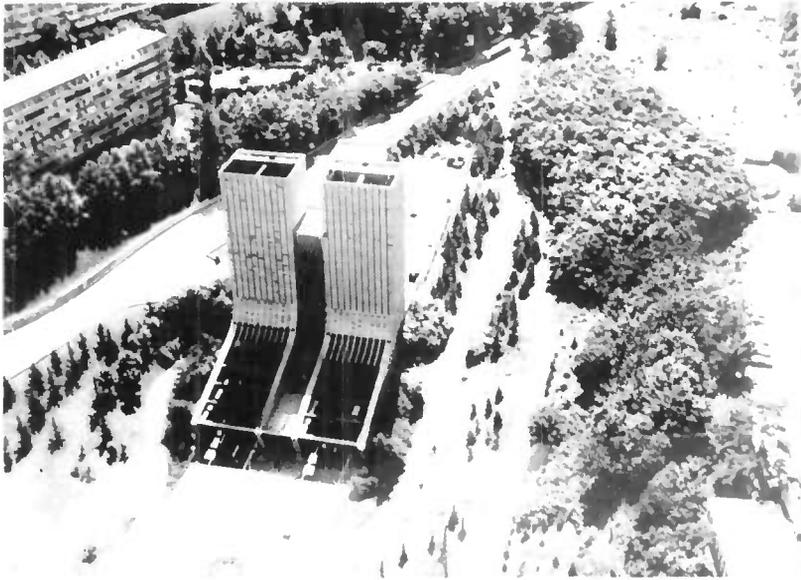


IMAGES TYPES DE L'EXPRESSION :
- DE LA TRAVERSÉE SOULIGNÉE PAR UNE AMORCE EXTÉRIEURE
- DE LA PLONGÉE

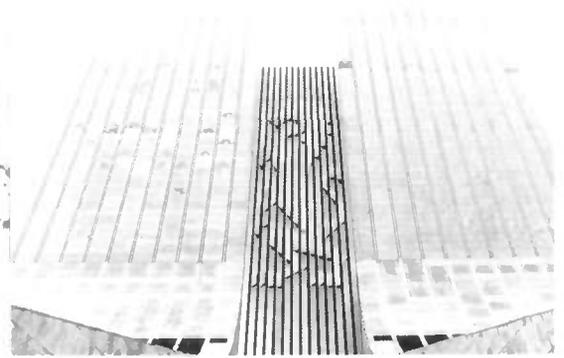
2. Le statut particulier dont bénéficie éventuellement le tunnel.

Le tunnel joue parfois un rôle supplémentaire : il peut être l'entrée d'une ville ou d'un pays ; cela aussi, la tête et l'usine peuvent l'exprimer. Il peut

être simplement le passage dans un environnement différent, il est alors souvent ressenti comme une rupture, alors qu'au contraire il relie ; ce lien, l'entrée peut aussi l'exprimer et, par là, redonner valeur positive à l'ouvrage.



TUNNEL "PORTE DE VILLE" :
TÊTE GORGE DE LOUP
DU TUNNEL SOUS FOURVIÈRE À LYON



TUNNEL FRONTALIER AVEC SA PLATE-FORME REGROUPANT LES SERVICES :
LA TÊTE FRANCE DU TUNNEL SOUS LE MONT-BLANC

3. Les contraintes extérieures.

L'environnement urbain, ou le paysage dans lequel vient s'implanter le tunnel, a lui aussi ses propres contraintes et les impose à la tête et à l'usine. La situation est d'autant plus conflictuelle que tête et usine sont porteuses de toutes les nuisances du tube. Le problème est donc ici d'intégrer des contraintes urbanistiques et plastiques totalement extérieures au fonctionnement de l'objet.

■ Les aspirations à la qualité paysagère, urbanistique et architecturale devront guider le chef de projet lors de chacune des phases d'élaboration :

- lors des études préalables,
- lors des études d'avant-projet qui préparent l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique : les objectifs paysagers et architecturaux sont à définir à ce niveau (on pourra avoir recours à des maquettes),
- lors des études détaillées,
- lors de la réalisation,

- pendant toute la vie de l'ouvrage, à l'occasion de travaux d'entretien et de réparations, le gestionnaire devra veiller à la pérennité des objectifs et des intentions exprimées.

D - REMÈDES

Les remèdes résident :

- soit dans la possibilité de dissimuler les équipements,
- soit dans une bonne intégration visuelle au site obtenue par la qualité paysagère et architecturale de l'ouvrage.

E - ASPECTS POSITIFS

On a déjà évoqué précédemment la possibilité pour une tête de tunnel d'être un ouvrage d'art destiné à retenir l'attention soit par son aspect esthétique, soit par un rôle particulier comme celui de porte de ville.

faux immeuble



EXEMPLE DE DISSIMULATION DE LA CHEMINÉE D'AIR VICIÉ PAR UN FAUX IMMEUBLE (QUARTIER DES HALLES A PARIS)



EXEMPLE D'INTÉGRATION AU SITE -AMÉNAGEMENT DE LA TÊTE SUD DU TUNNEL DE LA VIERGE À LODÈVE

Page laissée blanche intentionnellement

NUISANCES ACOUSTIQUES ET VIBRATIONS

Nous n'envisagerons pas dans le cadre des études d'environnement les nuisances acoustiques subies par les usagers, ni les dispositions qui peuvent être prises pour les minimiser. On sait que les niveaux de bruit en tunnel sont toujours très élevés du seul fait de la présence de véhicules circulant dans une enceinte très réverbérante. Cependant, la sensibilité des usagers à cette nuisance est très réduite, d'une part parce que leur temps d'exposition est court, d'autre part parce qu'ils disposent d'un moyen simple de diminuer considérablement cette nuisance (fermeture des vitres).

Les nuisances acoustiques concernant les riverains des tunnels peuvent être de deux origines qu'on examinera successivement :

- celles dues au trafic : les bruits de circulation au voisinage des têtes de tunnel peuvent affecter les constructions proches,
- celles dues aux équipements de ventilation. Dans ce domaine, on maîtrise bien le problème et l'on est à même de limiter ces nuisances si l'on a bien pris les dispositions nécessaires dès le stade de l'étude de conception de l'installation.

En dernier lieu on envisagera les vibrations que peuvent engendrer les groupes motoventilateurs et qui risquent d'affecter les habitations proches.

5.1 BRUIT DE CIRCULATION

Les études de bruit dû à la circulation sur un itinéraire comportant un tunnel se différencient peu de celles d'un itinéraire entièrement à l'air libre quant aux objectifs et aux méthodes utilisées. Le tunnel présente toutefois de fortes particularités dans ce domaine :

- Le bruit de circulation y est plus élevé qu'en champ libre. Cette différence n'est perceptible que dans les environs immédiats du tunnel du fait que la tête est une source de bruit ponc-

tuelle alors que la circulation à l'air libre constitue une source linéaire.

- Le bruit d'un véhicule isolé n'est pas perçu de manière fugitive mais pendant toute la durée de sa présence en tunnel en raison de la réverbération propre à l'ouvrage.

A - ÉLÉMENTS D'ÉTUDE

■ Site :

- Relevé topographique du terrain naturel et appréciation de ses caractéristiques acoustiques ;
- Plan de masse, géométrie et caractéristiques acoustiques des bâtiments et obstacles ;
- Effets météorologiques dominants ;
- Présence et localisation d'habitations ou d'équipements sensibles au bruit ;
- Niveaux de bruit initiaux avant réalisation du projet.

■ Projet :

- Trafic prévu par sens de circulation en véhicules légers et poids lourds, répartition selon les heures, vitesse ;
- Profils en long et en travers, tracé en plan, présence éventuelle de carrefours ou d'échangeurs à proximité ;
- Configuration géométrique du tunnel, de la tête et des accès (trémies notamment).

B - ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

Comme pour les infrastructures entièrement à l'air libre, le choix des objectifs de protection contre le bruit doit être fait conformément à la circulaire commune des ministères des Transports et de l'Environnement en date du 2 mars 1983 (réf. 14). Celle-ci est complétée en ce qui concerne la prise en compte de la gêne nocturne par la note d'information du 27 septembre 1982 de la Direction des Routes (réf. 15).

Ces objectifs et les indicateurs utilisés sont explicités par le guide du bruit des transports terrestres

(réf. 16), fascicule présentation générale. L'ensemble des fascicules de ce guide fournit l'essentiel des éléments nécessaires pour mener les études et concevoir les remèdes. Les indications qui suivent apportent quelques précisions pour ce qui concerne les tunnels.

C - MÉTHODOLOGIE DES ÉTUDES

■ Principales étapes d'une étude de bruit.

- 1 - Estimation grossière et rapide des niveaux de bruit engendrés par le projet (méthode simplifiée du guide du bruit complétée par les éléments de la méthode détaillée permettant la prise en compte des têtes de tunnel) afin de situer les problèmes et de définir la suite des études.
- 2 - Mesures du niveau de bruit préexistant aux endroits sensibles.
- 3 - Choix de l'objectif de protection contre le bruit.
- 4 - Choix et test éventuel d'un modèle de prévision.
- 5 - Recueil des données détaillées nécessaires au modèle.
- 6 - Etude des variantes du projet et dimensionnement des protections.
- 7 - Evaluation d'ensemble du projet, dans un souci de cohérence.
- 8 - Eventuellement mesures après réalisation du projet.

■ Modèles de prévision des niveaux acoustiques et de dimensionnement des protections :

L'émission acoustique des têtes de tunnels est un problème difficile que les différents modèles ne prennent pas tous en compte de façon précise.

Méthode détaillée du guide du bruit

Cette méthode, qui donne de très bons résultats pour la plupart des cas usuels à l'air libre, représente la tête de tunnel par une source de bruit ponctuelle. Des calculs classiques de propagation directe ou en diffraction permettent alors de calculer sa contribution au niveau de pression acoustique en chaque point de calcul.

Cette modélisation prend toutefois mal en compte la directivité de l'émission d'une tête de tunnel et ne permet pas de simuler des aménagements localisés de celles-ci. Elle est donc plutôt à réserver à des études de dégrossissage.

Programmes de calcul

Certains programmes permettent de prévoir précisément le rayonnement acoustique d'une tête, mais pas nécessairement ses effets sur l'environnement. Des progrès devraient être réalisés dans les prochaines années.

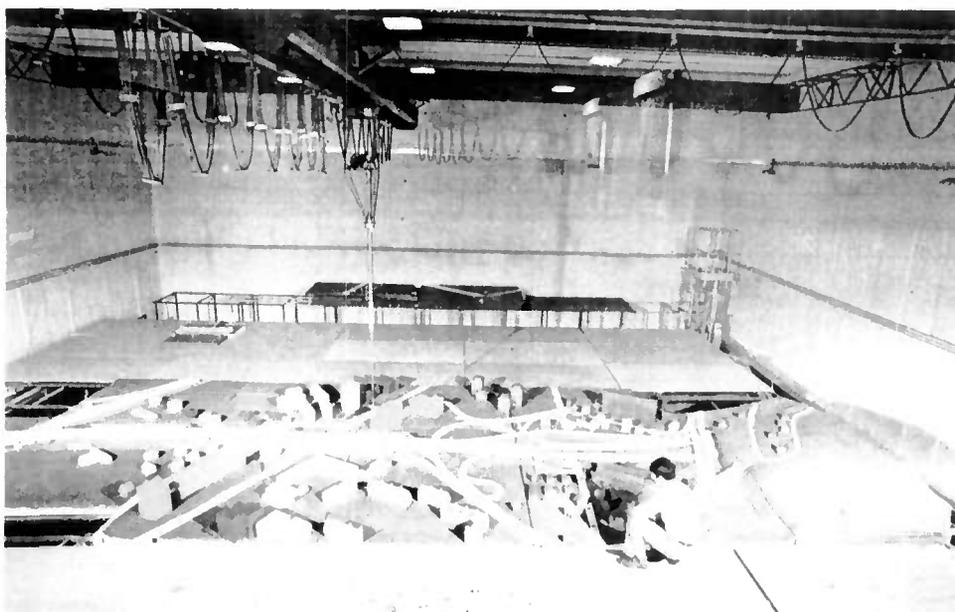
Avant toute utilisation d'un tel programme, il est recommandé de s'assurer de la qualité de la modélisation du tunnel, en prenant au besoin conseil auprès de spécialistes.

Essais sur maquettes

Dans les cas difficiles, des maquettes dans l'air ou dans l'eau peuvent être utilisées. Elles permettent de prendre en compte tous les effets d'un tunnel, les formes géométriques exactes des obstacles et les trajets sonores les plus complexes.

Des essais sur maquette permettent ainsi d'estimer les niveaux de bruit prévisibles, d'étudier les moyens de réduction de ceux-ci et d'optimiser le dispositif d'atténuation projeté tant sur le plan technique qu'économique.

Cette méthode conduit à l'heure actuelle aux prévisions les plus fiables.



EXEMPLE D'ÉTUDE SUR MAQUETTE : ENVIRONNEMENT DE LA TÊTE EST DU TUNNEL DES MONTS À CHAMBÉRY (photo CSTB)

D - REMÈDES

■ Caractéristiques du tracé

Le premier remède est d'éloigner dans la mesure du possible les têtes et le tracé à l'air libre des habitations et des zones sensibles au bruit. Le rayonnement acoustique d'un tunnel étant orienté dans l'axe de celui-ci, il convient d'éviter un alignement direct sur des zones à protéger. Lorsqu'un tel cas ne peut être évité, la conception de la zone d'entrée et le profil en long de la chaussée doivent être examinés dans l'optique de créer un masque entre le débouché du tunnel et les zones sensibles.

Un élément favorable est également constitué par une conception du tracé évitant tout facteur de ralentissement et d'à coup générateur de bruit, notamment les carrefours ou bretelles trop proches de l'entrée ou de la sortie d'un tunnel, ou la réduction du nombre de voies à l'aval de la sortie.

■ Dispositifs d'atténuation acoustique dans le tunnel.

La seule façon de réduire le niveau acoustique en tunnel consiste à augmenter l'absorption du bruit par les parois en traitant en matériau absorbant les piédroits, le plafond, voire la chaussée. On ne dispose toutefois pas à l'heure actuelle pour ce dernier cas, d'expérience sur le vieillissement des enrobés drainants en tunnel.

Pour réduire sensiblement l'émission au niveau des têtes, il n'est toutefois besoin de traiter que les dernières dizaines de mètres avant les extrémités (50 m au maximum en général), et seulement une partie de la surface des piédroits et du plafond dans cette zone. Ceci suppose que les réserva-

tions nécessaires aient été prévues dans le génie civil (surlargeur de 25 à 30 cm sur chaque piédroit, épaisseur de l'ordre de 10 cm sous plafond le plus souvent). Les traitements absorbants peuvent être prolongés dans les trémies le cas échéant.

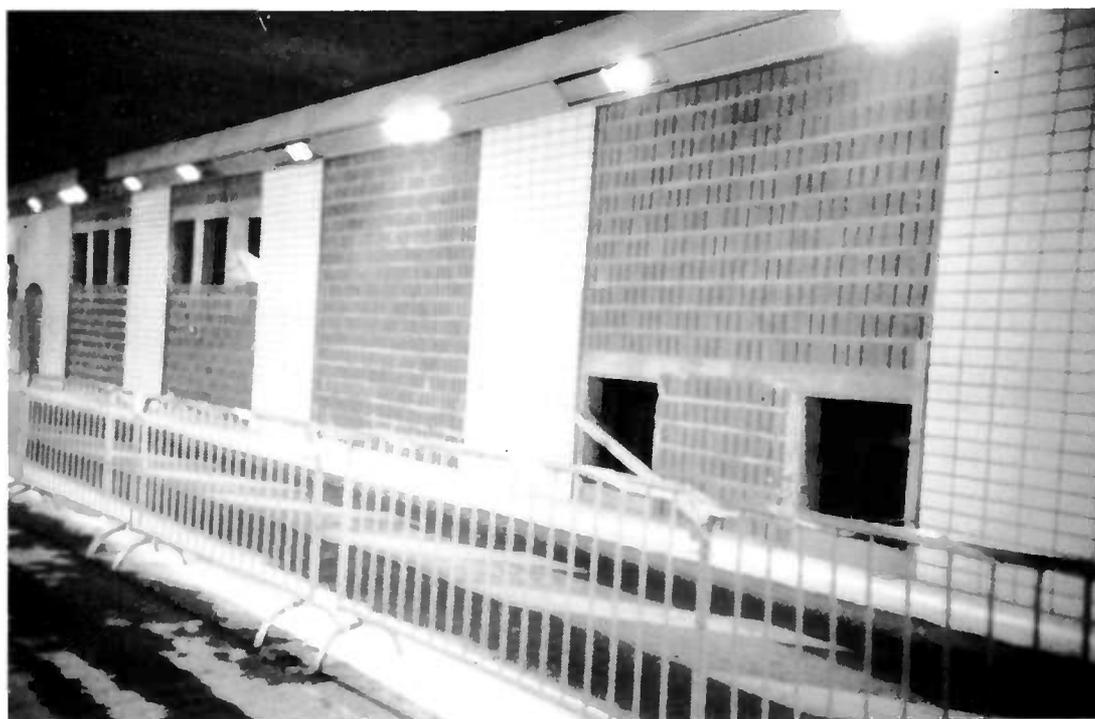
Le revêtement doit satisfaire aux exigences suivantes : bonne tenue dans le temps, bonne diffusion de la lumière ; il doit être ininflammable, facilement remplaçable, lavable à l'eau sous pression ou à la brosse sans altération de ses caractéristiques mécaniques, optiques et acoustiques. Les fentes disposées verticalement permettent une évacuation facile des eaux de lavage.

En ce qui concerne la mise en œuvre, les plaques de parement doivent être fixées assez librement pour éviter tout risque de rupture ou déformation sous l'effet soit des dilatations thermiques, soit des successions de surpressions - dépressions engendrées par le passage des véhicules lourds.

■ Dispositifs de protections acoustiques à l'extérieur

Les types de protection envisageables à l'extérieur du tunnel sont les mêmes que pour les projets entièrement à l'air libre :

- protections à la source par buttes de terre, écrans, voire couvertures partielles, pouvant aller jusqu'au prolongement de la couverture du tunnel ;
- actions sur le bâti par isolation des façades, pouvant aller dans des cas extrêmes jusqu'à des changements d'affectation d'immeubles, voire des destructions.



EXEMPLE DE PAREMENTS ACOUSTIQUES
TUNNEL DE LA PLACE DE LA COMÉDIE À MONTPELLIER



EXEMPLE DE PROTECTION PHONIQUE - AUTOROUTE B6 PARIS
(Couverture et damiers phoniques)

E - ASPECTS POSITIFS

Le tunnel soustrait les véhicules à la surface et réduit donc les nuisances de ces véhicules sur l'environnement immédiat des voiries correspondantes.

Il est fréquent en site urbain d'avoir recours à la couverture d'une voirie en tranchée pour protéger les immeubles riverains des nuisances phoniques qui sont ainsi minimisées et reportées vers des sites moins sensibles.

5.2 BRUIT DÛ AUX ÉQUIPEMENTS DE VENTILATION

C'est un problème important qui mérite une attention particulière surtout dans le cas des tunnels urbains. Le bruit des ventilateurs peut être transmis par les têtes de tunnel ou les baies d'aspiration d'air frais ou de rejet d'air vicié. Mais le sujet est bien maîtrisé techniquement ; on sait obtenir les atténuations sonores souhaitées grâce à l'utilisation de silencieux.

L'insonorisation des équipements de ventilation impose de réserver un volume supplémentaire dans les usines de ventilation et doit donc être envisagée dans l'étude de conception de l'installation.

En ce qui concerne l'environnement, on est donc ramené à une étude classique de propagation du bruit entre une source et les immeubles susceptibles d'être concernés par des nuisances.

Les éléments d'études, les aspects réglementaires et la méthodologie des études seront très semblables à ceux du cas précédent. On peut les rappeler rapidement.

A - ÉLÉMENTS D'ÉTUDE

■ Site

- plan de masse, géométrie et caractéristiques acoustiques des bâtiments et obstacles ;
- présence et localisation d'habitations et d'équipements sensibles au bruit ;
- niveaux de bruit initiaux avant réalisation du projet.

■ Projet

- caractéristiques de la ventilation projetée (l'insonorisation doit être calculée en fonction des niveaux de puissance sonore de la ventilation) ;
- périodes et durées de fonctionnement prévisibles de la ventilation,
- configuration des têtes et des exutoires de la ventilation (cheminées, baies d'aspiration et de rejet d'air).

B - ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

Il n'existe pas de textes officiels directement applicables en matière de bruit émis par les stations de ventilation des tunnels routiers. Le décret n° 88-523 du 5 mai 1988, relatif aux règles propres à préserver la santé de l'homme contre les bruits de voisinage et qui définit des valeurs admises d'émergence selon la période de la journée et la durée cumulée d'apparition du bruit particulier, s'applique difficilement aux installations de ventilation en raison de leur nature, du spectre de bruit émis et des conditions de fonctionnement.

Le projeteur, pour mener à bien ces études, s'appuiera sur la norme NFS 31010 "Mesure du bruit dans une zone habitée en vue de l'évaluation de la gêne de la population", précisant le critère de bruit limite ambiant (réf. 17).

Ce critère est déduit d'une valeur de base donnée, dépendant des facteurs sociaux et économiques de la zone considérée, modulée par deux termes

correctifs : l'un prenant en compte les différentes périodes de la journée, l'autre le type de la zone. Selon la période de la journée, les régimes de ventilation à considérer seront différents : par exemple plein régime aux heures de pointe du trafic le matin et le soir, régime intermédiaire durant les périodes creuses. On peut signaler que la différence de niveaux de bruit d'un ventilateur hélicoïde entre le régime de fonctionnement maximal et le régime moitié est de 15 dB.

C - MÉTHODOLOGIE DES ÉTUDES

■ Estimation du critère de bruit limite ambiant (NFS 31010) ou mesure du niveau de bruit ambiant pour différentes périodes de la journée, si l'ouvrage prévu ne doit pas modifier complètement la carte du bruit dans la zone considérée (modification des trafics de surface, ouvrages acoustiques etc...).

■ Choix du niveau de bruit maximal à respecter en façade directement exposée. Dans la majorité des cas, le projeteur s'attachera à ne pas modifier de manière sensible ou à n'augmenter que de 1 ou 2 dB le bruit ambiant. La précision des mesures acoustiques, de l'ordre de 2 dB, devra être prise en compte.

■ Détermination du niveau de puissance acoustique maximal admissible au débouché extérieur des circuits de ventilation, à l'aide des formules classiques de propagation du bruit, et en considérant le cas échéant certains effets parasites, telle la réverbération du bruit par des obstacles environnants.

■ Détermination des nuisances acoustiques dues aux équipements sur la base des caractéristiques du matériel projeté et de l'atténuation naturelle des circuits de ventilation (pléniums, coudes, chicanes etc...).

■ Dimensionnement en conséquence des silencieux. Leur atténuation nécessaire est définie par

la différence entre le niveau de puissance sonore émis par les ventilateurs et le niveau de puissance sonore admissible au débouché du circuit.

D - REMÈDES

■ Le premier type de remède consiste à limiter le niveau de bruit de la source en renforçant les atténuations acoustiques et pour cela il faut s'assurer un génie civil des stations suffisamment vaste pour permettre l'installation d'une insonorisation efficace.

■ D'autres familles de remèdes sont également à envisager :

- localisation de l'implantation des sources par rapport aux habitations ; étude de l'orientation et des hauteurs des cheminées les plus favorables ;
- consignes d'exploitation qui limitent l'utilisation de la ventilation en particulier en période nocturne ;
- protection acoustique des locaux ou équipements susceptibles de subir des niveaux sonores excessifs.

5.3 VIBRATIONS

La proximité immédiate d'usines de ventilation et de locaux d'habitation, dans certains aménagements intégrés peut poser des problèmes au niveau des vibrations. Il faut donc prévoir les précautions élémentaires pour s'en préserver :

- toutes les machines tournantes doivent être placées sur plots ou massifs antivibratiles,
- les gaines de ventilation doivent être isolées par des joints et des manchettes souples,
- les traversées de murs et cloisons doivent être réalisées à l'aide d'un manchon souple absorbant.

Page laissée blanche intentionnellement

CHAPITRE 6

POLLUTION DE L'AIR ET POLLUTION DES EAUX

Les pollutions de l'environnement des tunnels, pollution de l'air et à un moindre titre pollution des eaux, sont de même nature que celles de tout itinéraire routier puisqu'elles ont une même origine : le trafic automobile. Mais elles sont plus concentrées car localisées aux "issues" du tunnel, c'est-à-dire aux têtes et aux baies de ventilation.

On évoquera également dans ce chapitre les risques de changement des conditions climatiques naturelles liés à la ventilation.

6.1 POLLUTION DE L'AIR

La pollution due au trafic doit être évacuée par les ouvertures. C'est le rôle de la ventilation. Les taux de dilution étant bien plus faibles en tunnel qu'à l'air libre, la pollution est bien sûr plus concentrée.

Les niveaux de pollution considérés admissibles pour le dimensionnement et la commande de la ventilation tiennent compte du fait que les usagers n'y sont soumis que pendant des temps courts. Ils ne sont plus applicables pour les riverains qui sont exposés en permanence. Il faut donc que, pour les cas les plus défavorables, la pollution soit rapidement diluée en sortie de tunnel. C'est le cas en site très ouvert et les tunnels de rase campagne ne posent guère de problème sur ce plan. Par contre, si les habitations sont très proches des sorties, notamment en zone urbaine, la pollution de l'air devra faire l'objet d'études particulières.

Les polluants émis par les véhicules automobiles qui sont les plus à craindre pour la santé et le confort des usagers et des riverains sont :

- des polluants gazeux qui peuvent être toxiques :
monoxyde de carbone = CO,
oxydes d'azote = NOx,
hydrocarbures = HC.
- des fumées et des aérosols qui constituent la pollution sensible pour les usagers et pour les

riverains (têtes de tunnel ou cheminées qui fument),

- des odeurs qui accompagnent certains polluants et sont souvent également ressenties par les usagers et les riverains.

Le monoxyde de carbone est considéré comme le meilleur traceur de la pollution automobile et les teneurs en CO sont le plus souvent déterminantes dans les débits de dimensionnement de la ventilation des tunnels. Toutefois, lorsque le trafic lourd est important, on doit également asservir la ventilation aux niveaux de fumée qui agissent sur la transparence de l'air et s'accompagnent d'autres gaz toxiques et d'odeurs.

Les études de diffusion de la pollution en sortie de tunnel, s'appliquent en premier lieu aux teneurs en CO prévisibles dans l'environnement des têtes de tunnel. Mais ces études, qui prennent en compte une loi de dilution linéaire de la pollution, peuvent être appliquées à d'autres polluants gazeux. Il faut mentionner les oxydes d'azote, en particulier le peroxyde NO₂ qui peut être amené à jouer un rôle important dans les études d'environnement en raison de sa toxicité et des réglementations qui le concernent.

Pour les fumées (mesurées en tunnel par des méthodes optiques) en dehors de la gêne visuelle qu'elles procurent aux usagers, elles se traduisent par des dépôts de particules. Des enquêtes faites à proximité de voies à grande circulation et de tunnels montrent que les riverains sont très sensibles à cette pollution. En l'absence d'éléments chiffrés, il n'est pas possible actuellement de la prendre en considération.

A - ÉLÉMENTS D'ÉTUDE

■ Site

- lieu d'implantation du tunnel ;
- configuration du site (très ouvert - encaissé) ;

- population éventuellement affectée : habitations, école, hôpital ou tout autre lieu public : jardin, parc ;
- proximité de riverains des têtes de tunnel ou des baies de rejet d'air vicié projetées ;
- caractéristiques climatologiques locales (vents dominants, brouillards fréquents, risques d'inversion de température).

■ Equipements

- pollution engendrée par la ventilation naturelle du tunnel ;
- débits et teneurs maximums de gaz toxiques rejetés à l'atmosphère dans différentes conditions de trafic et de ventilation ;
- évacuation des fumées ;
- durées et fréquences des périodes concernées par la pollution ;
- salissure par dépôt de particules venant du tunnel.

B - ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

Les réglementations en matière de qualité de l'air ambiant, tant en France que dans la Communauté Européenne et aux Etats-Unis, sont nombreuses en raison de la multiplicité des polluants envisagés, mais néanmoins très incomplètes. De plus suivant les polluants considérés, les effets peuvent être rapides ou à long terme. On trouve par exemple des concentrations limites admissibles définies pour des périodes de 1 heure, 8 heures, 24 heures ou plus. Parfois il est précisé qu'elles ne doivent pas être dépassées plus de 1 fois par mois ou par an. Il est également important de signaler que les concentrations admissibles tiennent compte, la plupart du temps, de l'effet d'un polluant pris isolément, mais qu'il existe parfois des valeurs plus faibles prenant en considération l'effet de synergie dû à la présence simultanée de plusieurs polluants.

On peut citer quelques valeurs limites ou valeurs guides qui se rapportent aux polluants en cause dans le cas des tunnels. En premier lieu on trouvera celles qui concernent le monoxyde de carbone qui est le meilleur indicateur de la pollution d'origine automobile et ensuite celles relatives aux oxydes d'azote et aux particules en suspension.

Les concentrations en gaz sont données en ppm (parties par million = cm³/m³), unité utilisée dans les études de ventilation avec leurs correspondances en mg/m³ (établies pour 25°C et 1013 mb), unité plus couramment employée par les hygiénistes.

■ Le monoxyde de carbone : CO

1 ppm CO = 1,15 mg/m³.

Des formules peuvent être utilisées pour estimer le taux de carboxyhémoglobine (HbCO) en fonction des concentrations en CO de l'air et des durées d'exposition. Un niveau maximum de HbCO dans le sang de 2,5 à 3 % est jugé souhaitable pour la protection de la population générale y compris les individus sensibles.

- L'Organisation Mondiale de la Santé propose les valeurs guides suivantes et les niveaux d'HbCO correspondants pour des sujets non fumeurs (réf. 18).

Carbon monoxide concentration		Exposure time	Predicted COHb level for those engaged in :		
			sedentary work	light work	heavy work
100 ppm	115 mg/m ³	15 minutes	1.2	2.0	2.8
50	57	30 minutes	1.1	1.9	2.6
25	29	1 hour	1.1	1.7	2.2
10	11.5	8 hours	1.5	1.7	1.7

TABLEAU EXTRAIT DU RECUEIL DE L'OMS :
AIR QUALITY GUIDELINES FOR EUROPE

- Aux U.S.A., les "Federal Air Quality Standards" préconisent les valeurs limites suivantes qui "sont jugées nécessaires pour assurer avec une marge de sécurité suffisante la santé et le bien-être public".

Concentration en CO en fonction de la durée d'exposition dont le dépassement n'est autorisé qu'une seule fois par an :

- 9 ppm (10 mg/m³) pendant 8 heures
- 35 ppm (40 mg/m³) pendant 1 heure

- En France

Des circulaires du Ministère du Travail donnent des valeurs admises indicatives des concentrations dans l'atmosphère des lieux de travail. Celle du 5 mars 1985 fixe à 50 ppm CO (55 mg/m³) la valeur moyenne d'exposition (VME) à laquelle un travailleur peut être exposé au cours d'un poste de 8 heures.

Mais des organismes comme les CRAM (Caisses Régionales d'Assurances Maladie), OPPBTP (Organisme Professionnel de Prévention des Bâti-ments et Travaux Publics), AFTES (Association Française des Travaux en Souterrain), préconisent de limiter la concentration moyenne en CO sur les lieux de travail à 20 ppm (valeur moyenne sur 8 heures) afin de tenir compte des effets de synergie.

On peut également citer les valeurs limites de concentration en CO qui font l'objet de la circulaire ministérielle du 3 mars 1975 relative aux parcs de stationnement couverts (réf. 19) :

- La teneur moyenne calculée sur toute période de 8 heures consécutives ne devra pas dépasser 50 ppm.
- La teneur moyenne calculée sur toute période de 20 minutes ne devra pas dépasser 100 ppm.
- La teneur instantanée ne devra pas dépasser : 200 ppm.

EN CONCLUSION

En l'absence d'une directive précise, il est conseillé de se conformer aux recommandations de l'OMS (réf. 18) :

CONCENTRATION EN CO	DURÉE D'EXPOSITION
100 ppm ou 115 mg/m ³	15 minutes
50 ppm ou 57 mg/m ³	30 minutes
25 ppm ou 29 mg/m ³	1 heure
10 ppm ou 11,5 mg/m ³	8 heures

Mais d'autre part il semble que l'habitude ait déjà été prise par les organismes chargés de la surveillance de la pollution atmosphérique, en France comme dans la plupart des pays occidentaux, de se référer également aux valeurs admises aux USA :

CONCENTRATION EN CO	DURÉE D'ESPOSITION
9 ppm (10 mg/m ³)	8 heures
35 ppm (40 mg/m ³)	1 heure

■ Les oxydes d'azote : NOx

Sous cette appellation on désigne le NO et le NO₂. Les véhicules émettent principalement du NO mais il est rapidement oxydé dans l'atmosphère en NO₂ et c'est donc un mélange de ces deux gaz que l'on trouve à proximité des têtes de tunnel. Leur proportion est très variable en fonction de différents paramètres, mais on peut retenir comme ordre de grandeur 80 % de NO et 20 % de NO₂. Les effets de ces polluants sont très différents, ce qui justifie des valeurs limites admissibles distinctes. Les principales recommandations concernent le NO₂.

CONVERSION : 1 ppm NO₂ = 1,88 mg/m³ – (à 25°C et 1013 mb).

– L'Organisation Mondiale de la Santé recommande pour le NO₂ une valeur guide et une valeur limite.

Valeur guide : 0,20 ppm (0,400 mg/m³) pendant 1 heure.

Valeur limite : 0,08 ppm (0,150 mg/m³) pendant 24 heures.

Cette dernière valeur limite est justifiée par le fait qu'on ne veut pas que le niveau d'exposition approche de façon répétée la valeur à laquelle apparaissent les effets sur la santé, cela pour créer une marge de sécurité vis-à-vis des effets chroniques.

– Communautés Européennes

La directive européenne du 7 mars 1985 (réf. 20) entrée en vigueur au 1^{er} janvier 1987, fait aussi référence aux conclusions des études doses-effets de l'OMS. Elle impose une valeur limite et des valeurs guides concernant des valeurs moyennes horaires sur toute une année.

Valeur limite : la concentration maximale autorisée de dioxyde d'azote fixée par la directive est de 0,106 ppm (0,200 mg/m³).

En aucun endroit du territoire, plus de 2 % des concentrations horaires mesurées au cours d'une année ne doivent dépasser cette valeur limite.

Valeurs guides : valeur qui ne doit pas être dépassée par plus de la moitié des concentrations horaires mesurées pendant une année : 0,027 ppm (0,050 mg/m³).

Valeur qui ne doit pas être dépassée par plus de 2 % des concentrations horaires mesurées pendant une année : 0,072 ppm (0,135 mg/m³).

– Aux Etats-Unis

Il existe également une valeur limite pour NO₂ qui est la valeur jugée nécessaire pour assurer avec une marge de sécurité suffisante, la sécurité et le bien-être public. Cette valeur (en moyenne arithmétique) calculée sur un an est de 0,05 ppm (0,100 mg/m³).

– En France

La circulaire du 29 décembre 1986 du Ministère de l'Environnement (réf. 21) fait appliquer la directive du Conseil des Communautés Européennes du 7 mars 1985.

On peut également citer pour mémoire les valeurs admises dans l'atmosphère des lieux de travail.

Pour NO : il s'agit d'une VME (valeur moyenne d'exposition) de 25 ppm (30 mg/m³) pour 8 heures.

POUR NO₂ : il s'agit d'une VLE (valeur limite d'exposition) de 3 ppm (6 mg/m³) mesurée sur 15 mn.

Les CRAM se réfèrent à ces valeurs mais l'OPPBTP et l'AFTES préconisent pour les lieux de travail, une teneur en NOx (NO + NO₂) de 10 ppm (valeur moyenne sur 8 heures) pour tenir compte des effets de synergie.

EN CONCLUSION

Les recommandations concernant l'environnement sont pour les oxydes d'azote axées sur la prise en considération des concentrations en NO₂ pendant des périodes de longue durée (une année).

Les valeurs guides de la CEE sont du même ordre de grandeur que la recommandation OMS. La comparaison rigoureuse n'est pas possible car les valeurs limites ne correspondent pas à la même base de temps mais on peut dire toutefois que ces valeurs sont compatibles.

En définitive on retiendra les recommandations de la CEE fixant les pourcentages à ne pas dépasser pour les concentrations horaires en NO₂ mesurées pendant une année.

NO ₂	POURCENTAGE	CONCENTRATION HORAIRE
Valeur limite	2 %	0,106 ppm (0,200 mg/m ³)
Valeurs guides	2 %	0,072 ppm (0,135 mg/m ³)
	50 %	0,027 ppm (0,050 mg/m ³)

■ Particules en suspension

– Communautés Européennes

Des valeurs limites ont été fixées ; elles correspondent à des modalités d'application nombreuses et précises. Citons par exemple la valeur de 0,15 mg/m³ qui est la valeur limite de la moyenne arithmétique des valeurs moyennes quotidiennes relevées pendant l'année.

– Aux Etats-Unis

On trouve aussi entre autres cette valeur limite de 0,15 mg/m³ mais pour une durée de prélèvement de 24 heures.

– En France

On trouve également cette valeur limite de 0,15 g/m³, valeur moyenne pour une durée de prélèvement de 24 heures avec un dépassement autorisé pendant 5 % du temps. Il s'agit d'une valeur de référence pour le calcul des hauteurs de cheminées.

EN CONCLUSION

Faute de données chiffrées, il est actuellement impossible de savoir si cette valeur de 0,15 mg/m³ est fréquemment dépassée en sortie de tunnel.

C - MÉTHODOLOGIE DES ÉTUDES

Les études de pollution de l'environnement des têtes de tunnels s'appuient sur plusieurs familles de données qui font chacune l'objet d'une démarche particulière : relevés, études ou mesures.

A partir de ces données, listées au paragraphe A, on peut envisager d'avoir recours à plusieurs méthodes pour tenter d'évaluer l'état de pollution futur lié à la présence du tunnel, aux différents points jugés sensibles :

– Dans un premier temps, on peut essayer de raisonner par analogie avec d'autres sites semblables ayant déjà fait l'objet d'études détaillées.

Cette méthode simple peut déjà fournir des enseignements intéressants si l'on dispose de données établies dans des sites et pour des conditions comparables, mais elle devra être utilisée prudemment et ne pourra constituer qu'une première approche dans les cas sensibles.

- Dans certains cas, on peut également avoir recours à des formules de calcul de la diffusion de la pollution, mais elles ne tiennent pas compte de l'influence de la géométrie du site et du bâti.
- Des modèles numériques ont été étudiés pour évaluer la diffusion de la pollution dans l'environnement. On peut citer les programmes POLKA, CANYON, MULTISOURCE, UNISOURCE, etc... Il s'agit d'une description mathématique de phénomènes de dispersion basée sur des théories classiques de transfert de la mécanique des fluides et sur des théories statistiques.
- Des modèles expérimentaux comme le "TOP MODEL" japonais consistent à paramétrer sous forme d'abaques des données expérimentales. Dans le cas des têtes de tunnels si on mesure la pollution à une certaine distance du portail, on tient compte à la fois de la pollution due à la source ponctuelle et de celle émise linéairement après la sortie.
Les résultats des mesures sont difficiles à exploiter en raison des nombreux paramètres qui interviennent, vitesse de jet, facteurs météorologiques, topographie du site, type d'ouvrage et condition de trafic après la sortie. De plus ils ne renseignent généralement que sur la pollution mesurée dans l'axe de la voie.
- Grâce à des modèles réduits ou maquettes, on peut simuler la dispersion de la pollution sur le plan qualitatif (visualisation des panaches) et quantitatif (concentrations mesurées) en utilisant

une veine aéraulique ou hydraulique (maquette immergée dans un fluide). Le principal problème est le bon respect des rapports de similitude.

Cette méthode de modélisation est fréquemment appliquée lorsque il y a des risques importants de pollution et des sites sensibles, aussi bien pour des problèmes d'ordre industriel : rejet d'installations industrielles, centrales électriques, chaufferies, usine d'incinération, que pour des problèmes de tunnels routiers en site urbain.

De nombreux laboratoires en France et à l'étranger ont développé en veine hydraulique ou aéraulique ce type d'étude applicable aux rejets des cheminées de ventilation ou des têtes de tunnel routier.

Ces études demanderaient à être vérifiées par des mesures in situ après réalisation et mise en service du tunnel. Malheureusement, ces mesures sont difficiles et coûteuses.

- Les résultats concernant les niveaux de pollution estimés par ces différentes méthodes doivent ensuite être conjugués avec les résultats de l'étude de ventilation et de l'étude météorologique afin de calculer les pourcentages de temps de dépassement de certains seuils de pollution et de juger s'ils sont admissibles.
- On devra également tenir compte du fait que la pollution provenant du tunnel vient s'ajouter à la pollution déjà existante, constatée lors de l'étude de l'état initial. Celle-ci peut en effet ne pas être négligeable, comme l'ont montré des mesures in situ effectuées dans des grandes villes, à proximité de voies à fort trafic. Dans des sites défavorables, carrefours, rues canyon, les niveaux de pollution atteints peuvent être sérieux, voire parfois dépasser les niveaux jugés admissibles.



EXEMPLE D'ÉTUDE SUR MAQUETTE HYDRAULIQUE
(Photo CERG - ALSTHOM)

D - REMÈDES

- Modification de l'implantation des têtes du tunnel ou des baies et cheminées d'air vicié, prolongation du tunnel afin que les évacuations d'air vicié soient reportées vers des zones moins sensibles.
- Choix d'un autre système de ventilation (par exemple si la ventilation longitudinale conduit à une pollution trop élevée au voisinage de la tête).
- Consignes particulières d'utilisation de la ventilation.
- Mise en œuvre de dispositifs destinés à protéger les points sensibles, à canaliser l'air pollué et favoriser sa dilution : cheminées plus élevées, masques, murs écrans, merlons ;
- Destruction ou changement d'affectation des locaux les plus concernés.

Note sur le traitement de l'air rejeté par les tunnels

La question du traitement de l'air vicié avant son évacuation est souvent posée et c'est pourquoi il a paru intéressant d'évoquer rapidement ici l'état actuel des connaissances et des réalisations dans ce domaine.

On peut penser a priori que l'épuration de l'air des tunnels est facilement envisageable puisqu'elle est déjà opérationnelle pour certaines pollutions d'origine industrielles, comme dans le cas des centrales thermiques par exemple.

En réalité, l'air rejeté par les tunnels présente trois spécificités par rapport à celui des centrales :

- les débits d'air à traiter sont très importants (on peut donner comme ordre de grandeur 100 m³/s par km),
- les températures sont faibles (20°C) ce qui rend les réactions chimiques beaucoup plus lentes ou plus difficiles,
- les concentrations en polluants sont faibles.

Aussi à l'heure actuelle l'élimination de certains polluants n'est pas encore résolue. Pour d'autres, les procédés d'épuration sont connus, mais l'élimination et le recyclage à un coût satisfaisant des substances chimiques ne sont pas encore complètement maîtrisés. Des études sont en cours, en particulier au Japon et en Autriche mais on en est encore à un travail de laboratoire et l'étude de faisabilité ne pourra être conclue avant un ou deux ans.

Pour ce qui concerne la pollution particulière, au Japon on a mis en place, dans de très longs tunnels routiers, des filtres électrostatiques pour éliminer les poussières et les suies. Leur rôle n'est toutefois pas lié à l'environnement extérieur mais à la ventilation du tunnel lui-même, car l'importance du trafic lourd et la longueur des ouvrages posent des problèmes sur le plan de l'opacité de l'atmosphère du tunnel et donc de la visibilité pour les usagers. Cette technique peut évidemment être envisagée pour le traitement des rejets, le problème étant le coût de tels équipements et de leur exploitation.

En conclusion, à notre connaissance, le traitement des rejets d'air vicié n'a pour le moment été retenu pour aucun tunnel. Des techniques de filtration existent pour la pollution particulière, par contre pour la pollution gazeuse il ne s'agit pas d'une

simple application de méthodes existantes mais d'une technologie actuellement à l'étude. Il reste à définir des solutions pour le traitement de l'air des tunnels qui soient techniquement et économiquement valables.

E - ASPECTS POSITIFS

Il faut bien souligner le fait que toute la pollution concentrée en sortie de tunnel serait répartie le long de l'itinéraire si celui-ci était en plein air. Ce n'est pas le tunnel qui crée la pollution mais le trafic automobile.

D'autre part, le problème du risque de pollution de l'environnement des têtes de tunnel se pose généralement pour des conditions de trafic déjà très sévères et qui ne pourront guère s'aggraver. Comme les réglementations sur les émissions des véhicules tendent à faire décroître progressivement celles-ci, la pollution des tunnels devrait continuer à décroître comme on le constate déjà. Ceci est un élément favorable pour la qualité de l'air ambiant.

6.2 POLLUTION DES EAUX

La pollution des eaux issue des tunnels est de même nature qu'à l'air libre et provient des mêmes causes (réf. 22).

Cependant les tunnels ont de fortes particularités dans ce domaine :

- confinement plus ou moins grand,
- absence de lessivage des dépôts par les eaux météoriques à l'intérieur du tunnel.

Les analyses réalisées à ce jour montrent que globalement, les charges polluantes dues à la circulation automobile sont du même ordre de grandeur qu'à l'air libre pour des conditions semblables (trafic notamment).

Mais le rejet de la pollution en tunnel est concentré, pour l'essentiel, au moment des lavages qui conduisent à des concentrations en polluants très élevées (jusqu'à 100, voire 1000 fois les valeurs observées à l'air libre).

A - ÉLÉMENTS D'ÉTUDE

■ Site

Vulnérabilité du milieu récepteur :

- risque de pollution de la nappe en particulier dans la zone d'influence d'un captage (approvisionnement en eau potable ou industrielle),
- cours d'eau à faible débit d'étiage et (ou) de bonne qualité piscicole,
- plans d'eau.

■ Données relatives à l'ouvrage projeté : caractéristiques et exploitation :

- profil en long,
- trafic VL, PL,
- dispositions concernant les matières dangereuses,
- méthodes et fréquences des lavages.

■ Type de pollution à envisager. On peut reprendre la liste habituelle des pollutions à l'air libre.

- Pollution chronique due à la circulation automobile, à l'usure de la chaussée, à l'usure des moteurs et des pneumatiques, aux émissions de gaz d'échappement.
- Pollution saisonnière : la lutte contre la neige et le verglas sur les plateformes et en entrée du tunnel justifie le recours à des fondants dont le plus utilisé est le chlorure de sodium. Ils contiennent des impuretés et des additifs. Cette pollution peut donc avoir un impact sur les premières dizaines voire centaines de mètres du tunnel.
- Pollution accidentelle : pollution due à un déversement consécutif à un accident de la circula-

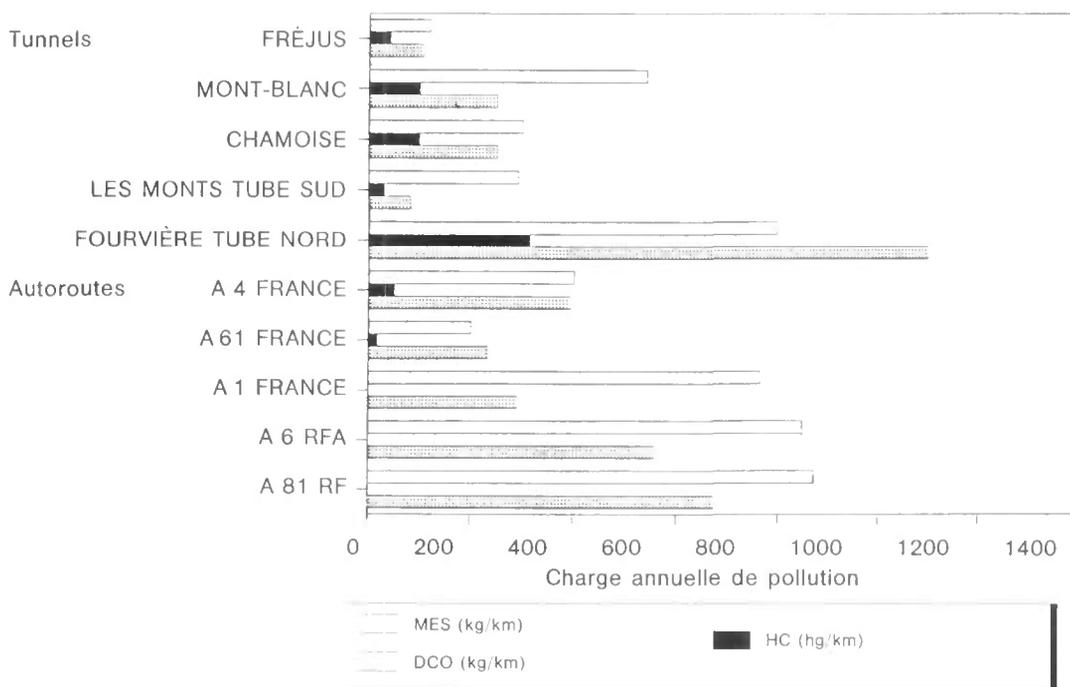
tion. Les hydrocarbures sont en cause dans la majorité des cas. Viennent ensuite des matières toxiques et corrosives lorsque le transit des matières dangereuses est autorisé en tunnel.

- Pollution périodique : le lavage des tunnels. Les résultats expérimentaux sur des échantillons d'eaux de lavage de tunnels ont confirmé la quantité importante de polluants entraînés par ces eaux.

Cette pollution est riche en matières en suspension (MES), en métaux lourds et hydrocarbures ; la biodégradabilité des substances organiques est faible. L'importance de cette pollution est très variable selon le trafic, le site et la périodicité des lavages.



LAVAGE MENSUEL DU TUNNEL SOUS FOURVIÈRE À LYON



COMPARAISON DES CHARGES ANNUELLES DE POLLUTIONS MESURÉES DANS DIFFÉRENTS TUNNELS ET SUR AUTOROUTES

- Estimation des charges annuelles de pollution chronique.

On peut donner à titre indicatif les ordres de grandeur de charges annuelles de pollution chronique qui résultent des mesures effectuées lors du lavage de cinq tunnels.

MEST :	de 110 à 400	kg/km	
DCO :	de 40 à 220	kg/km	par millier de poids lourds/jour
HC :	de 1,6 à 7,5	kg/km	
Pb :	de 0,3 à 2,1	kg/km	par dizaine de milliers de véh./jour (TMJA)
Zn :	de 0,3 à 1,4	kg/km	

B - ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

La réglementation relative aux autorisations de rejet dans le milieu naturel (décret du 23 février 1973 et arrêtés ministériels d'application du 13 mai 1975) néglige la pollution routière dont l'origine est le ruissellement d'eaux pluviales. D'une manière générale, la loi du 16 décembre 1964 régissant les rejets dans le milieu naturel et exigeant, pour la construction des établissements nouveaux, une approbation des dispositions techniques envisagées en matière de traitement des eaux s'applique essentiellement à l'industrie.

On peut néanmoins évoquer ici pour mémoire les textes relatifs à la qualité du milieu récepteur :

- Arrêté du 10 août 1961 (modifié par les arrêtés des 28 février 1962, 7 septembre 1967 et 22 mai 1973).

Cet arrêté indique dans son article 1^{er} les concentrations à ne pas dépasser pour certaines substances toxiques, et en particulier les métaux, dans les eaux destinées à l'alimentation humaine.

- Circulaire n° 78-84 du 16 juin 1978 relative à la politique des objectifs de qualité des cours d'eau, sections de cours d'eau, canaux, lacs ou étangs (Ministère des Transports) et Circulaire interministérielle du 17 mars 1978 annexée.

D'autres textes concernent le cas particulier des périmètres de protection de captage qui ont été définis par l'article L.20 (loi n° 67.1245 du 16 décembre 1964) du Code de la Santé Publique :

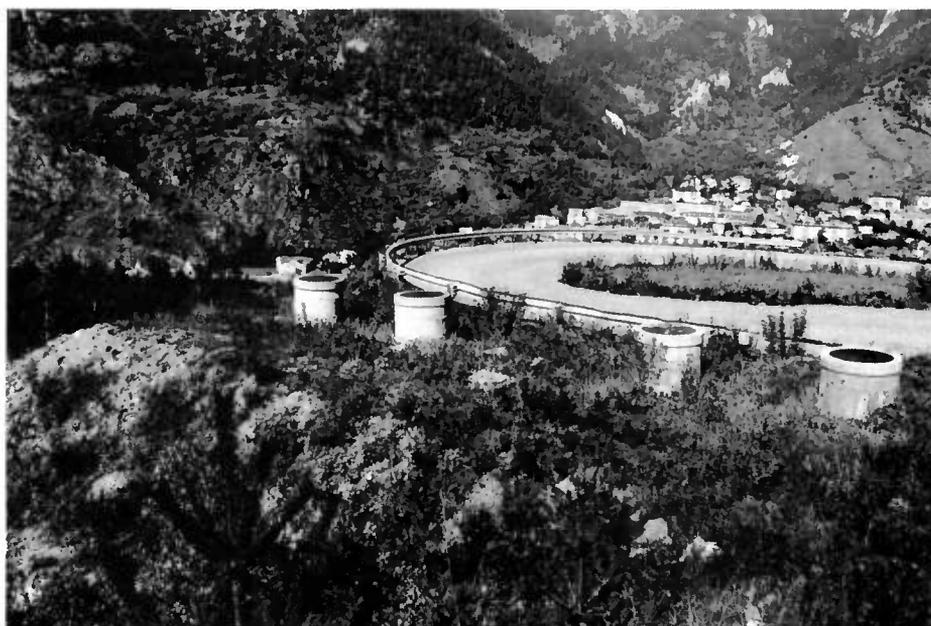
- Décret n° 61.859 du 1^{er} août 1961 modifié, relatif au contrôle de la qualité des eaux potables, articles 4.1 et 4.2 (ajoutés par le décret n° 67.1093 du 15 décembre 1967).
- Circulaire du 10 décembre 1968 relative au périmètre de protection des points de prélèvements d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines.

C - MÉTHODOLOGIE DES ÉTUDES

- Etude de la vulnérabilité du milieu récepteur. Proximité et protection de la nappe (captages). Cours d'eau et plans d'eau.
- Implantation des rejets.
- Nature et quantité des produits polluants dont le caractère très concentré du rejet empêche en général de l'admettre directement dans un milieu naturel.
- Etude des dispositifs de récupération et de traitement des eaux.

D - REMÈDES

- Localisation des points de rejet.
- Surveillance des eaux usées.
- Dispositifs de recueil et de traitement (notamment déshuilage et décantation).
- Récupération des eaux de lavage et interdiction de certains détergents.



EMPLACEMENT DU BAC DE RÉCUPÉRATION
DES EAUX DE LAVAGE
AU TUNNEL DU FRÉJUS

6.3 CHANGEMENT DES CONDITIONS CLIMATIQUES ET NATURELLES

La ventilation naturelle ou artificielle d'un tunnel peut être à l'origine de courants d'air sensibles à proximité des débouchés donc pour les habitations situées en sortie de tunnel.

Les circonstances climatiques sur les accès immédiats des ouvrages doivent être envisagées (risque de verglas, neige, brouillard). La ventilation du tunnel peut d'ailleurs avoir un effet bénéfique en ce domaine.

Le passage en tunnel facilite la viabilité hivernale.

AUTRES ASPECTS DE L'ÉTUDE D'ENVIRONNEMENT

Dans ce chapitre sont traités certains sujets qui se rattachent aux études techniques et économiques ou qui sont moins spécifiques, mais qui peuvent néanmoins faire l'objet de développements dans le cadre des études d'environnement d'un tunnel ou d'une tranchée couverte.

7.1 IMPACT HYDROGÉOLOGIQUE

L'ouvrage à construire, tranchée couverte ou tunnel foré, peut apporter des modifications aux écoulements naturels dans les sols d'une part en phase transitoire pendant les travaux et d'autre part en phase définitive.

Les conséquences de ces modifications des écoulements doivent être étudiées ainsi que les dispositions à adopter pour en éviter les effets néfastes, tant pour l'ouvrage que pour le milieu naturel. Il est à noter que les impacts peuvent aussi être positifs (assèchement de zone humide par exemple).

7.2 IMPACT ARCHÉOLOGIQUE

A ce sujet, on peut citer un extrait de la doctrine du SETRA sur la prise en compte du patrimoine archéologique dans les études routières (réf. 23).

"Le patrimoine archéologique, souvent incomplètement connu et inventorié, constitue une richesse inestimable tant d'un point de vue scientifique et historique que d'un point de vue culturel. Sa prospection et son exploitation par les spécialistes constituent des aides importantes pour la connaissance de l'histoire et des techniques. Or les grandes opérations d'aménagement et d'équipement, telles les infrastructures routières ou autoroutières, peuvent porter de grands dommages à ce patrimoine.

Il nous appartient donc, dans la conduite de nos études et de nos réalisations, de prendre en

compte ce patrimoine archéologique et, avec l'aide des services compétents, de faire en sorte qu'à une archéologie "de sauvetage" se substitue une archéologie préventive".

D'une manière générale, la réalisation de travaux importants dans une zone ayant un long passé historique donne souvent lieu à des découvertes de vestiges archéologiques.

La solution en tunnel profond limite le plus souvent aux têtes et aux accès les possibilités de découvertes.

L'absence de documentation fiable en ce domaine fait qu'il est souvent souhaitable de réaliser des campagnes de sondages sur les zones où l'on peut prévoir la présence de vestiges, afin de permettre à temps l'étude de ceux-ci et de ne pas retarder ultérieurement les travaux par une découverte fortuite.

7.3 IMPACT SUR LES RÉSEAUX

Les travaux de réalisation des tunnels peuvent nécessiter des déplacements importants de réseaux existants :

- réseau collecteur d'eaux usées et pluviales,
- réseau eau potable,
- réseau EDF-GDF,
- réseau PTT,
- réseaux divers.

On peut alors envisager deux solutions d'intervention, soit un déplacement du réseau existant avec rétablissement sur place ou au voisinage, soit une restructuration complète du réseau.

Il faut noter que les tunnels forés ont généralement un impact très positif en ce domaine par rapport aux solutions en tranchée couverte ou non, en limitant les déplacements de réseaux à la zone des têtes et des accès, voire en les supprimant.

7.4 IMPACT SUR LA CIRCULATION

L'impact du projet sur la circulation de surface doit être étudié à différents horizons.

L'analyse du résultat des affectations de trafic peut permettre d'envisager une autre organisation de voirie existante et d'établir la liste des aménagements qu'il faudra éventuellement réaliser.

7.5 IMPACT CHANTIER

En règle générale, on peut dire que la conduite des chantiers et le phasage des travaux sont déterminés en fonction des objectifs et des contraintes suivantes :

- Apporter la gêne minimale aux riverains et à la circulation routière :

- problèmes de bruit et de pollution,
- circulation avec prise en compte de la circulation propre au chantier,
- stationnement, perte de place disponible,
- piétons, cheminements traversés,
- activités et commerce, immobilisation, fermetures provisoires.

- Ne pas interrompre le bon fonctionnement des réseaux et des services publics.
- Maintenir à tout instant la possibilité d'intervention des services de sécurité.
- Tenir compte des fouilles archéologiques éventuelles.

Pour plus de précisions sur le phasage, les contraintes et les nuisances de la phase chantier, ainsi que sur les dispositions à prendre, on se reportera au document Génie civil du présent dossier pilote.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 LOI N° 76.629 DU 10 JUILLET 1976 SUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT.
JOURNAL OFFICIEL DU 13 SEPTEMBRE 1976.
BULLETIN OFFICIEL N° 76.56 TEXTE 724.
- 2 DÉCRET N°77.1141 DU 12 OCTOBRE 1977.
JOURNAL OFFICIEL DU 13 OCTOBRE 1977.
BULLETIN OFFICIEL N°77.82 TEXTE 1099.
- 3 CIRCULAIRE N° 78.16 DU 23 JANVIER 1978 RELATIVE À LA MÉTHODOLOGIE APPLICABLE POUR L'ÉTABLISSEMENT DES DOSSIERS D'ÉTUDE D'IMPACT EN MATIÈRE DE PROJETS ROUTIERS.
BULLETIN OFFICIEL N° 78.7 TEXTE 190.
- 4 CIRCULAIRE DU 2 JANVIER 1986 RELATIVE AUX MODALITÉS D'INSTRUCTION DES DOSSIERS TECHNIQUES.
BULLETIN OFFICIEL FASC 86.4 BIS TEXTE 160.
- 5 CIRCULAIRE N° 87.88 DU 27 OCTOBRE 1987 RELATIVE À LA CONSTRUCTION ET À L'AMÉNAGEMENT DES AUTOROUTES CONCÉDÉES.
BULLETIN OFFICIEL FASC 87.9 BIS.
- 6 LETTRE CIRCULAIRE DU 14 MARS 1986 ET INSTRUCTIONS JOINTES RELATIVES AUX MÉTHODES D'ÉVALUATION DES INVESTISSEMENTS ROUTIERS EN RASE CAMPAGNE ET EN MILIEU URBAIN.
BULLETIN OFFICIEL FASC 86.11 BIS.
- 7 NOTE D'INFORMATION DU 12 JUILLET 1989 DES DIRECTIONS DES ROUTES ET DE L'ARCHITECTURE ET DE L'URBANISME.
- 8 LOI N° 83.630 DU 12 JUILLET 1983 RELATIVE À LA DÉMOCRATISATION DES ENQUÊTES PUBLIQUES ET À LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT.
JOURNAL OFFICIEL DU 13 JUILLET 1983.
BULLETIN OFFICIEL N° 83.28 TEXTE 705 et 705 BIS.
- 9 DÉCRET N° 453 DU 23 AVRIL 1985.
JOURNAL OFFICIEL DU 24 AVRIL 1985.
BULLETIN OFFICIEL N° 85.17 TEXTE 553.
- 10 DIRECTIVE PROVISOIRE CETUR JANVIER 1978.
ÉTUDES D'IMPACT DES PROJETS ROUTIERS EN MILIEU URBAIN.
- 11 DIRECTIVE PROVISOIRE SETRA JANVIER 1978.
ÉTUDES D'IMPACT DES PROJETS ROUTIERS INTERURBAINS.
- 12 DOCUMENT CETU (en cours de rédaction - à paraître en 1991) "ARCHITECTURE DES TÊTES DE TUNNEL".
- 13 CIRCULAIRE DU 24 SEPTEMBRE 1984 DE LA DIRECTION DES ROUTES "QUALITÉ PAYSAGÈRE ET ARCHITECTURALE DES PROJETS ROUTIERS".

- 14 CIRCULAIRE DU 2 MARS 1983 DES MINISTÈRES DES TRANSPORTS ET DE L'ENVIRONNEMENT.
BULLETIN OFFICIEL N° 83.10. TEXTE N° 247.
"PROTECTION CONTRE LE BRUIT AUX ABORDS DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES DU RÉSEAU NATIONAL".
- 15 NOTE D'INFORMATION DU 27 SEPTEMBRE 1982 DE LA DIRECTION DES ROUTES.
"PRISE EN COMPTE DU BRUIT LIÉ AUX INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES. GÊNE NOCTURNE".
- 16 GUIDE DU BRUIT DES TRANSPORTS TERRESTRES DU CETUR FASCICULES :
 - Présentation générale (septembre 1976).
 - Aspect de la gêne due au bruit de la circulation routière (février 1976).
 - Catalogue de cas (septembre 1976);
 - Recommandations Techniques pour les Ouvrages contre le bruit (mai 1978).
 - Utilisation du verre dans la construction d'écrans acoustiques (septembre 1980).
 - Prévision des niveaux sonores (novembre 1980).
 - Bruits et Formes Urbaines.
- 17 NORME NFS 31010 : MESURE DU BRUIT DANS UNE ZONE HABITÉE EN VUE DE L'ÉVALUATION DE LA GÊNE DE LA POPULATION.
- 18 AIR QUALITY GUIDELINES FOR EUROPE.
WORLD HEALTH ORGANIZATION.
RÉGIONAL OFFICE FOR EUROPE N° 23 - 1987.
- 19 CIRCULAIRE DU 3 MARS 1975 DU MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT ET SECRÉTARIAT AUX TRANSPORTS RELATIVE AUX PARCS DE STATIONNEMENTS COUVERTS.
JOURNAL OFFICIEL DU 6 MAI 1975.
- 20 DIRECTIVE EUROPÉENNE N° 85.203 DU 7 MARS 1985.
NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR POUR LE DIOXYDE D'AZOTE.
- 21 CIRCULAIRE DU 29 DÉCEMBRE 1986 DU MINISTÈRE ET DE L'ENVIRONNEMENT RELATIVE À LA DIRECTIVE DU CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES DU 7 MARS 1985 CONCERNANT LES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR POUR LE DIOXYDE D'AZOTE.
JOURNAL OFFICIEL DU 27 FÉVRIER 1987.
- 22 PROTECTION DES EAUX CONTRE LA POLLUTION D'ORIGINE ROUTIÈRE.
DOCUMENT SETRA - DÉCEMBRE 1980.
- 23 PRISE EN COMPTE DU PATRIMOINE ARCHÉOLOGIQUE DANS LES ÉTUDES ROUTIÈRES -
RECOMMANDATION SETRA D.L.I. 1978.

Page laissée blanche intentionnellement

