

► 4.6. MODÈLE OCDE /AIPCR D'ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES DES MARCHANDISES DANGEREUSES

Le modèle OCDE/AIPCR d'évaluation quantitative des risques liés au transport des marchandises dangereuses et les principales caractéristiques de son application en France sont présentés ci-après.

4.6.1. Approche utilisée

En tant que partie intégrante du dossier de sécurité, l'analyse des risques liés au transport des marchandises dangereuses est effectuée en France pour tout tunnel d'une longueur supérieure à 300 m. À cet effet, le modèle d'évaluation quantitative des risques (modèle EQR) pour les marchandises dangereuses (MD) élaboré par l'OCDE et l'AIPCR est utilisé.

Dans une première étape, l'espérance mathématique du risque (risque sociétal) est calculée pour le tunnel lui-même. Cette valeur, appelée risque intrinsèque, correspond au nombre moyen de décès par an dus au transport de marchandises dangereuses dans le tunnel en supposant que toutes les marchandises

► 4.6. OECD/PIARC DANGEROUS GOODS (DG) QRA MODEL

In this chapter the methodology of the OECD/PIARC DG QRA model and the characteristic features of its application in France are presented.

4.6.1. Methodological approach

As part of the safety documentation, risk analysis for the transport of dangerous goods is performed in France for every tunnel above 300 m. For that purpose, the DG QRA model developed by OECD/PIARC is used.

In a first step, an expected risk value (societal risk) for the tunnel itself is calculated. It is called “intrinsic risk” and corresponds to the yearly expected number of victims due to dangerous goods transported through the considered tunnel, supposing all dangerous goods are allowed. In case of a series of tunnels



dangereuses sont autorisées. Dans le cas d'une série de tunnels, une espérance mathématique cumulée est calculée. Les données suivantes sont requises :

- volume et composition du trafic de marchandises dangereuses ;
- volume et composition du trafic global (véhicules légers, poids lourds, autobus/cars), et variations quotidiennes/saisonnnières ;
- taux d'accidents sur les itinéraires ;
- caractéristiques du tunnel (longueur, géométrie longitudinale et transversale, ventilation, système de drainage, issues de secours, etc.).

Les données utilisées correspondent à la situation du tunnel 10 ans après sa mise en service (pour les tunnels en projet ou à l'étape de la mise en service), ou 10 ans après la date de l'étude EQR (pour les tunnels en service).

Si le risque intrinsèque du tunnel concerné dépasse un certain seuil, une seconde étape est réalisée : le modèle EQR est utilisé pour comparer les itinéraires alternatifs (itinéraire tunnel et déviations). Il est possible de retenir jusqu'à trois itinéraires de déviation. L'étude EQR est ensuite menée comme suit :

- recueil des données concernant les itinéraires alternatifs, avec un niveau de détail homogène pour tous les itinéraires à comparer ;
- calcul du risque sociétal pour comparer les itinéraires (courbes F-N, espérances mathématiques) ;
- comparaison des courbes (pour l'ensemble du trafic, pour certaines catégories de marchandises dangereuses, ou en prenant en compte des mesures de limitation du transport à des périodes prédéterminées) ;
- étude de sensibilité aux principaux paramètres (généralement : données sur la population, le trafic des marchandises dangereuses, le trafic global, les taux d'accidents).

Le modèle EQR pour les marchandises dangereuses permet une approche quantitative :

Analyse quantitative des fréquences

- Le modèle EQR incorpore les résultats d'une analyse de la séquence des événements partant d'un événement initial (accident, panne) jusqu'à un ensemble de scénarios de conséquences, qui sont traduits en probabilités conditionnelles d'obtenir ces scénarios sachant qu'un accident s'est produit. Un tableau a été dressé et inclus dans le modèle. Il comporte des valeurs chiffrées pour chaque scénario et permet de faire la distinction entre diverses conditions limites (itinéraires en tunnel / à l'air libre, zones urbaines / rurales).

a cumulative expected value is calculated. For that purpose the following data is needed:

- DG traffic volume and composition,
- overall traffic volume, composition (cars, HGV, coaches/busses), and daily/seasonal variations,
- accident rate along the routes,
- tunnel characteristics (length, longitudinal and cross sectional geometry, ventilation, drainage system, emergency exits, etc.).

The data used refers to the situation 10 years after a tunnel is put into operation (for tunnels under design or tunnels at the commissioning stage), or 10 years after the date when the QRA study is performed (for in-service tunnels).

If the intrinsic risk calculated for the tunnel is above a certain threshold, then a second step is performed: the DG QRA model is used to compare alternative routes (tunnel route and alternatives). Up to three alternatives can be selected. The QRA study is then performed in the following way:

- data collection for the alternative routes, with an homogeneous level of detail for every compared routes,
- calculation of societal risk for comparison of the routes (FN curves, expected values),
- comparison of curves (for the whole traffic, for some groups of dangerous goods, or considering transport limitation measures at predetermined periods of time),
- sensitivity study on the main parameters (generally: population data, DG traffic, global traffic, accident rates).

The DG QRA model allows a quantitative approach, by means of:

Quantitative frequency analysis

- The DG QRA model includes results of an analysis of the sequence of events from an initial event (accident, breakdown) to a set of consequence scenarios, translated into conditional probabilities to get scenarios given an accident happened. A table has been established and included in the model that includes quantitative figures for each scenarios, which distinguishes between different boundary conditions (tunnel/open air routes, urban/rural areas),



- Les taux d'accidents sur itinéraire en tunnel et à l'air libre sont donnés par l'utilisateur sur la base de statistiques nationales (valeurs par défaut généralement utilisées pour les tunnels en projet) ou de statistiques locales (observation des accidents pour l'étude de tunnels et routes en service).

Analyse quantitative des conséquences

- Un outil 2D ainsi qu'un outil plus simple 1D ont été intégrés au modèle EQR et sont basés sur des calculs pré-établis de conséquences physiques à l'air libre (sous certaines conditions météorologiques). Le modèle peut calculer les conséquences pour les usagers de la route et la population locale aux environs de ces routes, pour un ensemble de scénarios représentatifs du trafic de marchandises dangereuses observé ;
- Un autre outil 1D a été inclus afin de calculer les conséquences physiques et physiologiques des scénarios dans les tunnels.

La combinaison des analyses quantitative des fréquences et des conséquences permet d'établir des courbes FN.

Le modèle EQR pour les marchandises dangereuses est basé sur les 13 scénarios représentatifs suivants :

Numéro de scénario	Description	Capacité de la citerne	Taille de la brèche (mm)	Débit de la fuite (kg/sec)
1	Incendie de poids lourd 20 MW	–	–	–
2	Incendie de poids lourd 100 MW	–	–	–
3	BLEVE ¹ de GPL en bouteille	50 kg	–	–
4	Incendie de flaque d'essence	28 tonnes	100	20,6
5	VCE ² d'essence	28 tonnes	100	20,6
6	Fuite de chlore	20 tonnes	50	45
7	BLEVE de GPL en citerne	18 tonnes	–	–
8	VCE de GPL en citerne	18 tonnes	50	36
9	Feu torche de GPL en citerne	18 tonnes	50	36
10	Fuite d'ammoniac	20 tonnes	50	36
11	Fuite d'acroléine en citerne	25 tonnes	100	24,8
12	Fuite d'acroléine en bouteille	100 tonnes	4	0,02

- accident rates on tunnel/open air routes are described by the user, on the basis of national wide statistics (default values, generally used for tunnels in project), or local statistics (observation of accidents for the investigation of in-service roads/tunnels).

Quantitative consequence analysis

- A 2D and a simpler 1D tool, based on pre-determined calculations of physical consequences in the open (for a range of meteorological conditions), have been implemented in the DG QRA model. The model can calculate the consequences for road users and local population in the vicinity of the roads, for a set of scenarios representative of the observed DG traffic;
- a separate 1D tool has been incorporated to calculate the physical and physiological consequences of scenarios in tunnels.

The combination of quantitative frequency and consequence analyses allows the calculation of FN curves.

The DG QRA model is based upon the following set of 13 representative scenarios:

Scénario Nb	Description	Capacity of tank	Size of breach (mm)	Mass flow rate (kg/s)
1	HGV fire 20 MW	–	–	–
2	HGV fire 100 MW	–	–	–
3	BLEVE of LPG in cylinder	50 kg	–	–
4	Motor spirit pool fire	28 tonnes	100	20.6
5	VCE of motor spirit	28 tonnes	100	20.6
6	Chlorine release	20 tonnes	50	45
7	BLEVE of LPG in bulk	18 tonnes	–	–
8	VCE of LPG in bulk	18 tonnes	50	36
9	Torch fire of LPG in bulk	18 tonnes	50	36
10	Ammonia release	20 tonnes	50	36
11	Acrolein in bulk release	25 tonnes	100	24.8
12	Acrolein in cylinder release	100 tonnes	4	0.02



Numéro de scénario	Description	Capacité de la citerne	Taille de la brèche (mm)	Débit de la fuite (kg/sec)
13	BLEVE d'air liquide réfrigéré	20 tonnes	–	–

¹BLEVE : Explosion due à l'expansion de la vapeur produite par un liquide en ébullition (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)

²VCE : Explosion d'un nuage de vapeur (Vapour Cloud Explosion)

Ces scénarios représentent les principaux effets pouvant survenir : explosions graves avec ou sans effets thermiques, effets toxiques majeurs dus à l'épandage accidentel de gaz ou de liquides volatils, incendies importants.

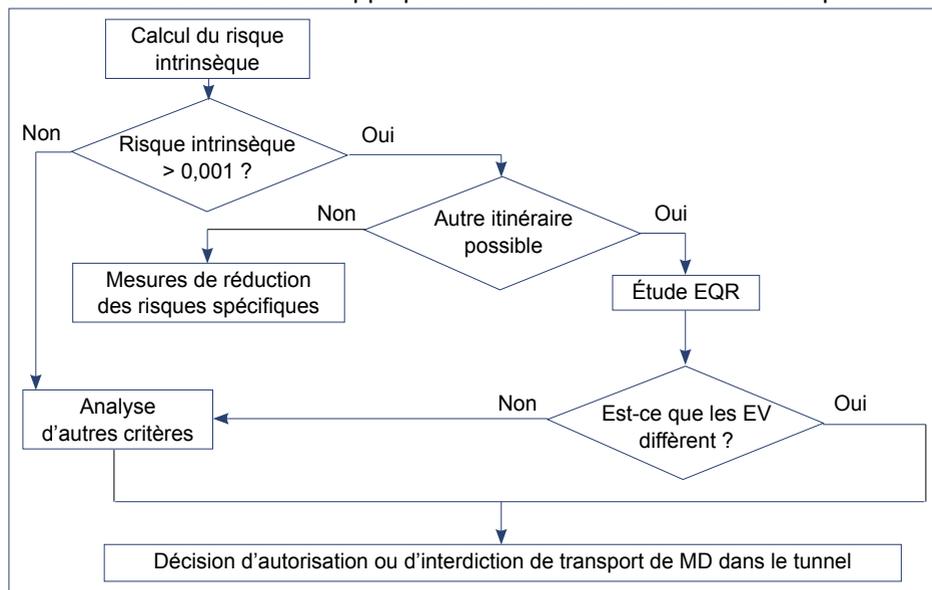
Il est ainsi possible de représenter la plus grande partie d'un trafic observé de marchandises dangereuses au moyen de cet ensemble de scénarios.

4.6.2. Résultats de l'analyse des risques et stratégie d'évaluation des risques

Les résultats obtenus avec le modèle EQR pour les marchandises dangereuses sont généralement présentés sous la forme de courbes FN.

Processus d'évaluation des risques

Le risque intrinsèque (RI) est l'espérance mathématique du risque pour le tunnel. Cette valeur est obtenue en appliquant le modèle EQR au tunnel uniquement et



Scénario Nb	Description	Capacity of tank	Size of breach (mm)	Mass flow rate (kg/s)
13	BLEVE of liquefied refrigerated air	20 tonnes	–	–

These scenarios represent the main effects that can be encountered: large explosions with or without thermal effects, major toxic effects from accidental releases of gases or volatile liquids, large fires.

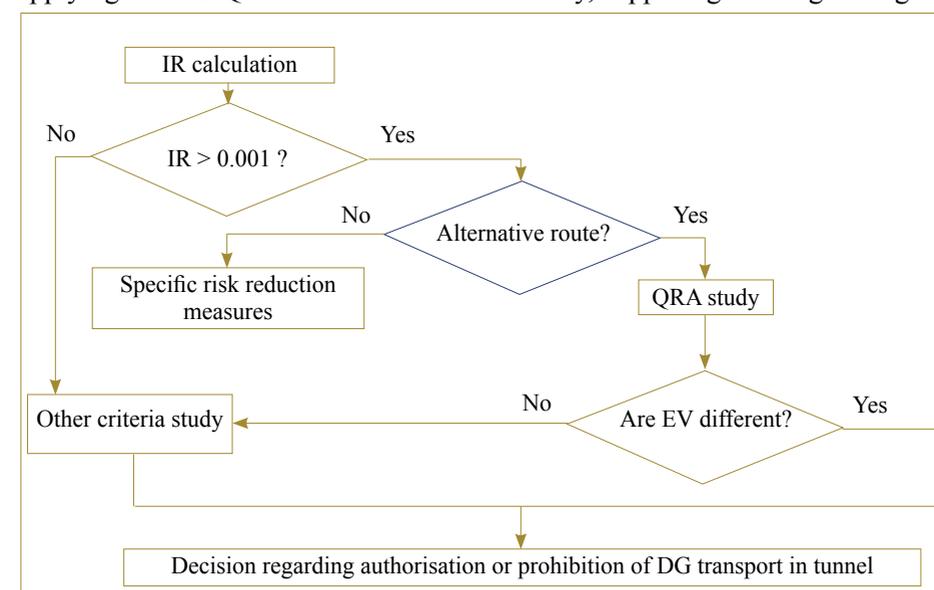
Thus, from an observed range of DG traffic, most of the goods can be represented by this set of scenarios.

4.6.2. Results of risk analysis and strategy of risk evaluation

The results produced by the DG QRA model are generally presented in the form of FN curves:

Risk evaluation process

IR is the intrinsic risk (expected value) for the tunnel. This value is obtained by applying the DG QRA model for the tunnel only, supposing all dangerous goods





en supposant que toutes les marchandises dangereuses le traversent, comme décrit ci-dessus (première étape de l'analyse des risques). Si $RI > 0,001$ pour un tunnel donné, alors une étude EQR devra être réalisée afin de comparer la solution tunnel avec des itinéraires alternatifs. Si $RI < 0,001$, alors le risque lié au transport de marchandises dangereuses n'est pas considéré comme problématique, et la décision concernant l'autorisation ou l'interdiction du transport des marchandises dangereuses peut-être prise sur la base de critères autres que ceux résultant de l'analyse EQR.

Lorsqu'une analyse EQR complète s'avère nécessaire (deuxième étape de l'analyse des risques), le modèle EQR est utilisé afin de comparer le niveau de risque lié aux marchandises dangereuses sur l'itinéraire du tunnel avec celui sur les itinéraires alternatifs.

Les conclusions de l'analyse des risques concernant le transport de marchandises dangereuses constituent une proposition pour l'autorité administrative qui doit prendre la décision d'interdire ou d'autoriser tout ou partie du transport des marchandises dangereuses dans le tunnel en question.

4.6.3. Champ et limites d'application

L'emploi de ce modèle est indiqué dans le cadre de décisions visant à autoriser ou à interdire le transport des marchandises dangereuses dans un tunnel. Il n'est pas, par contre, adapté pour l'analyse globale des risques des tunnels routiers. Il est en général assez difficile de communiquer avec les autorités locales sur la base de ce type d'études.

4.6.4. Étude de cas

Un tunnel bitube de faible longueur est utilisé pour illustrer le modèle EQR. Les données nécessaires pour définir le « système tunnel » et les caractéristiques du trafic sont expliquées. Les valeurs de risque calculées pour l'itinéraire tunnel ainsi que pour deux itinéraires alternatifs sont présentées et comparées. Sur la base des conclusions, un itinéraire favorable pour le transport des marchandises dangereuses est proposé.

go through, as described above (first step of risk analysis). If $IR > 0.001$ for a given tunnel, then a QRA study is carried out to compare tunnel and alternative routes. If $IR < 0.001$, then risk due to dangerous goods transport is considered as not being an issue, and the decision regarding authorisation or not of dangerous goods transport can be made on the basis of other criteria than those derived from the QRA application.

When a complete QRA study is needed (second step of risk analysis), the DG QRA model is used to compare the risk level due to dangerous goods transported along the tunnel route with the risk level due to dangerous goods transported on alternative routes.

The result of the risk analysis for dangerous goods transport is a proposal for the decision of the administrative authority on authorising totally, partially or forbidding DG traffic in the investigated tunnel.

4.6.3. Range and limits of application

The model is well suited to take decisions regarding DG traffic authorisation or not in a tunnel. The model is not suitable for a general risk analysis for road tunnels. It is generally difficult to communicate with local authorities using that sort of study.

4.6.4. Case Study

For the demonstration of the DG QRA model, a short twin tube tunnel is used. The input data necessary for the definition of the tunnel system and the traffic situation is explained. The calculated risk values for the tunnel route as well as for two alternative routes are presented and compared. Based on these results a recommendation for one favourable transport route for dangerous goods is given.