OTIF

ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE POUR LES TRANSPORTS INTERNATIONAUX FERROVIAIRES

ZWISCHENSTAATLICHE ORGANISATION FÜR DEN INTERNATIONALEN EISENBAHNVERKEHR

INTERGOVERNMENTAL ORGANISATION FOR INTERNATIONAL CARRIAGE BY RAIL

Fil conducteur général pour le calcul de risques lors du transport ferroviaire de marchandises dangereuses

Introduction aux principes de base pour l'appréciation des risques pour le chapitre 1.9 RID

Ce fil conducteur a été adopté par la 42ème session de la Commission d'experts pour le transport de marchandises dangereuses (Madrid, 21-25 novembre 2005) et publié en tant que document A 81-03/501.2006/Add.2.

Par souci d'économie, le présent document a fait l'objet d'un tirage limité. Les délégués sont priés d'apporter leurs exemplaires aux réunions. L'OTIF ne dispose que d'une réserve très restreinte.

Tel. (++41) 31 - 359 10 17 • Fax (++41) 31 - 359 10 11 • E-Mail info@otif.org • Gryphenhübeliweg 30 • CH - 3006 Berne/Bern

Sommaire

1. Introduction 3

1.1 Arrière-plan 3

1.2 Objectifs et domaine d'application du fil conducteur 3

2. Définitions et exigences de base 4

2.1 Définition des termes techniques 4

2.2 Exigences de base 7

3. Analyse des risques 9

3.1 Introduction 9

3.2 Définition de scénarios 10

3.3 Données statistiques 13

3.4 Modélisation des conséquences d'accidents 14

3.5 Estimation de risque 16

4. Evaluation du risque 17

5. Gestion du risque 19

Appendice A

1. Introduction

1.1 Arrière-plan

Tous les types de transport ferroviaire de marchandises dangereuses sont soumis aux règles du RID. L'objectif de ces règles est d'assurer un transport sûr et de minimiser le risque d'accidents liés au danger pour les personnes et l'environnement en appliquant des règles générales techniques et organisationnelles pour l'emballage, le transport et la manutention de marchandises dangereuses.

Outre ces règles de sécurité, les autorités compétentes des Etats membres sont autorisées à appliquer des dispositions supplémentaires sur leur territoire en cas de risques spéciaux à des endroits particuliers. La réglementation pertinente se trouve dans le chapitre 1.9 « Restrictions de transport par les autorités compétentes ». Ces dernières années, dans plusieurs Etats membres de l'OTIF, des doutes ont été émis en ce qui concerne les mesures inspirées de la réglementation nationale pour limiter certains transports ferroviaires incluant aussi le transport international.

Il en est résulté que la Commission d'experts du RID a entamé des discussions sur la compétence des autorités nationales à fixer certaines restrictions pour le transport des marchandises dangereuses. La Commission d'experts du RID a considéré qu'il était nécessaire de réviser les règles et de s'occuper de la question quand et comment peuvent être apportées des restrictions supplémentaires. En conséquence, le chapitre 1.9 a récemment été étendu afin de donner des informations plus détaillées sur les champs d'application et de reprendre des exigences pertinentes dans le RID 2005 (pour le texte complet, voir Appendice A).

Pour les prescriptions suivantes (contenues de manière plus détaillée au 1.9.2)

(a) conditions supplémentaires ou restrictions servant à la sécurité pour les ponts, tunnels, ports, etc.
(b) conditions pour des zones à risques particuliers ou locaux (par ex. zones résidentielles),

une exigence supplémentaire est donnée au 1.9.3. Dans ces cas, l'autorité compétente doit apporter la preuve de la nécessité des mesures. Cependant, aucune autre indication n'est donnée à cette fin sur la manière de prouver la nécessité en raison du manque de normes internationales communément agrées sur l'évaluation du risque (voir section 2.1 pour les définitions de termes liés aux risques). Comme il est évidemment souhaitable de garantir un certain standard minimal, la Commission d'experts du RID a créé en 2004 un groupe de travail pour la standardisation des analyses de risques pour le chapitre 1.9 du RID. Le fil conducteur constitue le résultat du groupe de travail.

1.2 Objectifs et domaine d'application du fil conducteur

L'objectif du fil conducteur est d'obtenir une approche plus uniforme pour l'évaluation du risque du transport (ferroviaire) de marchandises dangereuses dans les Etats membres de l'OTIF et de rendre en conséquence les évaluations individuelles de risques comparables. Le fil conducteur devrait être une référence pour l'évaluation de risque dans des situations ou le risque lié au transport de marchandises dangereuses est pertinent. Il est basé sur des normes internationales existantes qui recouvrent déjà quelques aspects de l'évaluation de risque pour le transport ferroviaire de marchandises dangereuses (par ex. la Directive sur la sécurité ferroviaire 2004/49/CE [6] et la norme RAMS EN 50126 [7] et les procédures pertinentes qui ont fait leur preuve dans des Etats membres de l'OTIF qui appliquent déjà des méthodes d'évaluation de risque à cette fin.

Il résulte des règles du RID qu'un haut niveau de sécurité inhérente a été de manière générale obtenu. Cependant, le RID ne peut pas garantir la sécurité absolue. Un certain niveau de risque demeure toujours et c'est la raison pour laquelle plusieurs Etats européens ont déjà introduit leurs propres modèles d'évaluation pour calculer le risque, avec leurs propres critères d'acceptation de risque. Ces méthodes et critères découlent communément des mises en œuvre nationales de la Directive du Conseil 96/82/CE sur la maîtrise des accidents majeurs impliquant des matières dangereuses (Directive Seveso II, [3], qui exclue quelques domaines tels que le transport de marchandises dangereuses et l'entreposage intermédiaire en dehors des installations. Des exemples des règles nationales complémentaires et des méthodes standardisées pour l'évaluation et le contrôle du risque lié au transport de marchandises dangereuses existent aux Pays-Bas [12, 13] en en Suisse [1, 2] .

Avec la Directive sur la sécurité ferroviaire 2004/49/CE, des objectifs communs de sécurité (CST), des procédures communes de sécurité (CSM) et des indicateurs communs de sécurité (CSI) seront développés ces prochaines années par la Commission européenne, ce qui amènera des règles plus détaillées pour l'évaluation de risque dans le domaine ferroviaire et qui pourront permettre peut-être de remplacer des parties de ce fil conducteur. Cependant, pour le moment, une instruction harmonisée fait défaut pour l'évaluation de risque pour l'exploitation ferroviaire et pour le transport ferroviaire de marchandises dangereuses en particulier.

C'est pourquoi, l'objectif de ce fil conducteur n'est pas de prescrire ou de définir de nouveaux modèles de calcul de risque ou de nouveaux critères pour les risques acceptables (voir définition à la section 2.1). Le fil conducteur a pour but de créer un cadre indépendant pour les analyses et l'évaluation du risque et pour l'évaluation des mesures pertinentes de sécurité au sens du chapitre 1.9 du RID. Il vise à définir des exigences minimales et à recommander des approches de base afin de garantir une évaluation de risque appropriée pour prouver la nécessité des mesures désignées, telles que demandées au 1.9.3 du RID. Satisfaire à quelques exigences minimales de qualité est une condition essentielle pour l'acceptation d'une évaluation de risque pour toutes les personnes intéressées sur le plan national et pour les autres Etats membres de l'OTIF qui seront informés par l'Office central sur les dispositions projetées (RID, section 1.9.4).

Le fil conducteur se concentre sur les aspects qui devraient être considérés dans une analyse de risque, sur les contenus minimaux et sur les exigences de qualité relatives au chapitre 1.9 du RID. Une instruction détaillée sur les méthodes d'évaluation de risque va au-delà du cadre de ce document. Une nouvelle version du fil conducteur est envisagée dans le cas de modifications majeures dans les règles internationales et dans le cas de progrès substantiels dans la connaissance scientifique et technique.

2. Définitions et exigences de base

2.1 Définition des termes techniques

Pour le traitement des risques, il est tout d'abord nécessaire de définir quelques termes techniques afin de garantir une compréhension générale de ce fil conducteur. L'utilisation de termes dans ce fil conducteur est basée sur le Guide 73 de l'ISO/IEC «Gestion du risque - Terminologie – Fil conducteur pour l'application dans des normes » [4] et sur le Guide 51 de l'ISO/IEC « Aspects de sécurité – Directives pour leur inclusion dans des normes » [5], qui sont à- appliquer pour des normes qui se réfèrent à la sécurité. Un risque peut en principe prendre des formes différentes, par ex. politiques, financières, techniques ou médicales, soit positives ou négatives. Au sens de ce fil conducteur, le terme risque seul est une question de sécurité de transport. C'est la raison pour laquelle ce seront plutôt les définitions spécifiques de sécurité pour les termes qui se réfèrent aux risques qui auront la préférence et qui proviennent du Guide 51 de l'ISO/IEC. Le Guide 73 de l'ISO/IEC est appliqué pour compléter

la liste des définitions pour la gestion du risque. Des commentaires sur les définitions du Guide 51 et 73 sont indiqués dans les parenthèses.

Risque : combinaison de la probabilité (entre 0 et 1) entre une survenance de dommage et la dimension du dommage (« combinaison » signifie habituellement « produit », tandis que des facteurs supplémentaires, tels que **aversion du risque,** font partie de l**'évaluation du risque**).

Dommage : blessure physique ou préjudice pour la santé de l'homme ou dommage aux biens ou à l'environnement.

Appréciation du risque : ensemble de la procédure qui comprend l'analyse de risque et l'évaluation du risque.

Analyse de risque : exploitation systématique des informations disponibles pour identifier la mise en danger (sources potentielles de dommage) et pour estimer les risques.

Estimation de risque : procédure pour déterminer des valeurs pour la probabilité de la survenance d'un risque et des conséquences possibles.

Evaluation du risque : procédure basée sur l'analyse de risque d'après laquelle il est constaté si le risque acceptable a été atteint.

Critères de risque : grandeurs de référence avec lesquelles l'importance d'un risque est évaluée.

Traitement du risque : application des mesures décidées qui se réfèrent à la réduction du risque.

Gestion du risque : procédure globale de l'appréciation du risque, de la décision, du traitement du risque et de leur surveillance.

Critères de décision couvrent notamment le traitement du risque et intègrent des risques et des considérations sociales, économiques et/ou politiques.

Décision : procédure de sélection pour les mesures de traitement de risque sur la base des critères de décision.

Risque acceptable : risque qui est accepté **lors de la phase de décision sur la base des critères de décision et qui intègre notamment** dans un contexte donné des valeurs applicables que la société peut se représenter.

La figure 1 donne un aperçu sur les relations entre les procédures définies ci-dessus de la gestion du risque. Etant donné que ce fil conducteur se concentre sur l'appréciation du risque, les procédures du traitement du risque et toutes les procédures de la gestion du risque qui suivent, tels que l'acceptabilité du risque et la communication du risque, ne sont pas contenus dans la figure 1.

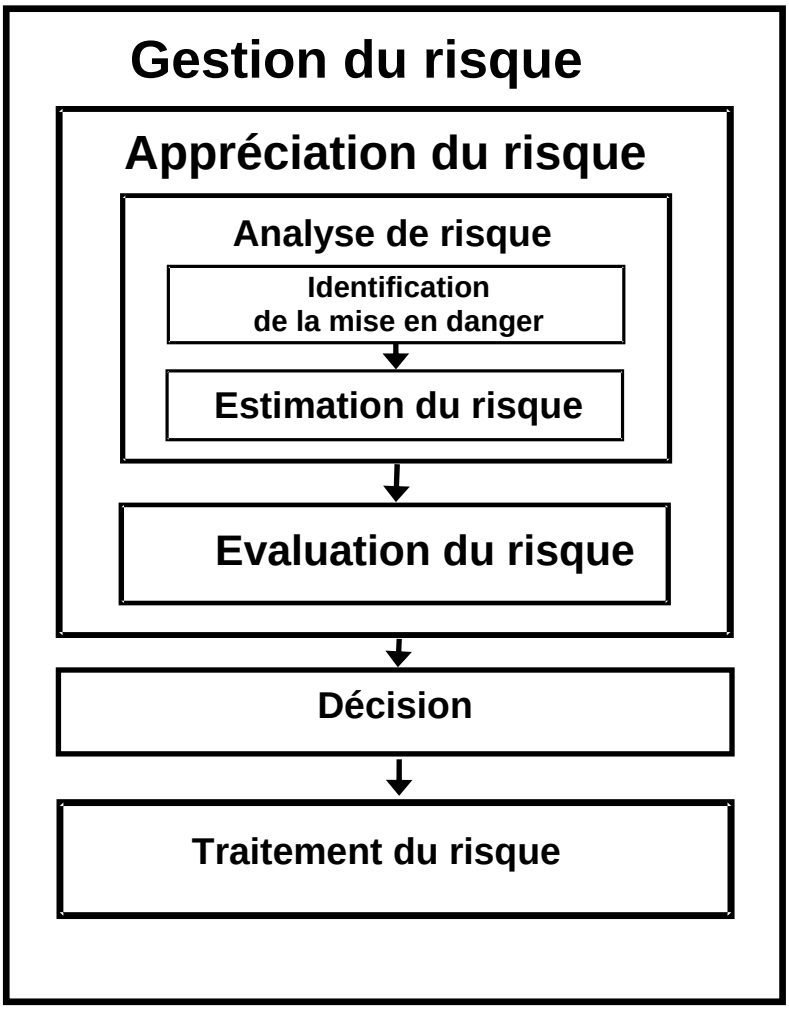

Figure 1 : Relation entre les procédures de la gestion du risque

La procédure de l'évaluation du risque est basée sur des critères de risque qui n'ont jusqu'à maintenant pas encore été normalisés sur le plan international. Quelques Etats membres de l'OTIF ont déjà fixé des critères aux fins de l'évaluation de risque, sur la base d'un consensus national. Ce fil conducteur ne s'interfère pas dans ces règles nationales, mais il traite cependant de la procédure de l'évaluation de risque, afin de pouvoir comprendre l'ensemble de la procédure de l'évaluation de risque. Les termes suivants doivent au moins être définis pour l'évaluation de risque :

Risque individuel : risque d'une personne individuelle de subir à un dommage (désigné également en tant que risque lié à un lieu), dépendant du lieu, la définition ne faisant pas partie du Guide 51 ou 73 de l'ISO/IEC).

Risque collectif : risque de toutes les personnes impliquées, susceptibles de subir un dommage (probabilité en fonction de la densité (PFD), risques individuels ou intégralité de cette PFD, définition ne faisant pas partie du Guide 51 ou 73 de l'ISO/IEC).

Risque extérieur : risque de dommage pour les personnes qui n'interviennent pas dans le transport de marchandises ou qui ne sont pas des passagers ou risque de dommage pour les marchandises qui ne font pas partie du système de transport ou de l'infrastructure (contrairement **au risque interne** également désigné en tant que risque de tiers « third party risk », la définition ne faisant pas partie du Guide 51 ou 73 de l'ISO/IEC). La détermination si le risque pour les passagers s'applique en tant que risque interne ou extérieur diverge entre les Etats membres.

Perception du risque : façon dont les personnes intéressés (stakeholder) considèrent un risque en tenant compte de leur préoccupation.

Personnes intéressées (stakeholder) : personne individuelle, groupe ou organisation qui peut provoquer un risque, qui peut être concerné par ce risque ou qui croit être concerné par ce risque. Remarque : le preneur de décision est également une personne intéressée (stakeholder).

Aversion du risque : facteur supplémentaire de l'évaluation du risque pour tenir compte de la perception négative d'événements à haut potentiel de dommage ou d'événements dont la cause est extérieure au domaine d'influence humaine, ou d'événements avec des risques inconnus, etc. (voir le commentaire ci-dessous, la définition ne faisant pas partie du Guide 51 ou 73 de l'ISO/IEC).

Il faut tenir compte que pour le cas où le risque n'est défini qu'en tant que produit de la probabilité ou du dommage, la même valeur de risque peut être déterminée pour un événement *avec haute probabilité et dimension faible de dommage* comme pour un événement *avec faible probabilité et grande dimension de dommage*, bien que la perception de risque puisse être différente. Pour pouvoir tenir compte de perceptions différentes de risque, un facteur supplémentaire est utilisé pour l'évaluation du risque, facteur qui est désigné en tant qu'aversion de risque (voir section 4). En fonction de la perception du risque, l'appréciation du risque peut également être limitée aux risques externes.

2.2 Exigences de base

Cette section contient quelques piliers d'angle pour l'appréciation du risque dans l'optique du transport de marchandises dangereuses par chemin de fer, qui sont indépendants de modalités de l'ensemble de la procédure.

Quantification du risque : l'application de prescriptions supplémentaires selon le chapitre 1.9 du RID est liée à l'obligation de l'autorité compétente de prouver la nécessité des mesures. Cette obligation s'accompagne de la nécessité de mettre à disposition des informations sur le niveau de risque qui est lié dans une situation de transport déterminée. (les deux dernières phrases sont supprimées)

1. Dans la mesure où aucune ligne alternative comparable n'est à disposition, toute restriction devrait être justifiée selon le principe qui est fixé dans le fil conducteur pour une appréciation quantitative du risque par rapport à un niveau de risque tolérable appliqué dans un Etat membre (qui peuvent être les principes ALARA et ALARP appliqués sur le plan national, le principe de stagnation **(GAME) ou des critères de risque ou de décision).**

2. Dans la mesure cependant où des lignes alternatives comparables peuvent être utilisées, l'autorité compétente peut décider des restrictions :

   a) normalement sur la base d'une comparaison qualitative des lignes, quant il est évident que les restrictions proposées conduisent à une augmentation significative de la sécurité ;

   b) dans les autres cas sur la **base d'une comparaison quantitative des risques présentés par les lignes alternatives.**

Séparation de la procédure pour l'appréciation de risque : la procédure d'appréciation de risque est divisée en deux parties différentes (voir figure 1). La première partie est l'analyse de risque qui est nécessaire pour la quantification d'un risque déterminé en corrélation avec les domaines d'application énumérés à la section 1.9.2 (a) et (b), et qui doit être atteinte de manière raisonnable aussi objectivement qu'exactement (voir les explications ci-dessous sur l'incertitude). Cette partie « scientifique » (analyse de risque) est suivie d'une évaluation du niveau de risque **calculé. Si le niveau de risque est inférieur au niveau de risque acceptable, la procédure de gestion de risque n'exige aucune autre mesure. Sinon la procédure de recherche de décision et le traitement du risque doivent être effectuées.**

Analyse d'incertitude : l'analyse de risque est toujours liée à des incertitudes d'origines différentes (voir section 4). Pour pouvoir utiliser l'analyse de risque comme base pour une évaluation de risque, il faut une attention particulière pour pouvoir en déduire (ou en estimer au moins) le degré d'incertitude. Dans les cas dans où un risque analysé (estimé) est nettement inférieur aux risques acceptables, des degrés d'incertitude ont peu d'importance, **à condition qu'ils restent faibles par rapport à la marge d'acceptabilité.** Pour un intervalle d'incertitude qui couvre nettement plus qu'une zone de classification de risque (par ex. acceptable/non acceptable; voir également section 4), il est indispensable soit de réduire le degré d'incertitude établi dans l'analyse dans la mesure où il peut être atteint de manière raisonnable, ou de justifier la convenance de mesures en tenant particulièrement compte de degrés d'incertitude **constatés**.

Comparaison des risques : lorsque l'on compare les risques présentés par deux itinéraires **alternatifs sur la base d'un outil d'estimation le degré d'incertitude de l'outil prend un caractère moins important. En effet, dans ce cas, ce qui est plus important c'est de pouvoir apprécier si un gain significatif est obtenu en empruntant l'un ou l'autre des itinéraires plutôt que d'établir une valeur absolue du niveau de risque. Dans ce cas l'outil d'estimation du risque peut ne contenir que les éléments d'estimation sur lesquels l'incertitude est faible et qui sont pertinents pour estimer les risques des itinéraires concernés. Les autres paramètres d'estimation du risque, notamment ceux présentant trop d'incertitude, peuvent alors être considérés dans les critères de risque, non estimés par l'outil, qui participe à la décision des traitements de risques à opérer.**

Informations nécessaires : la documentation d'une appréciation de risque devrait contenir des informations sur toutes les procédures citées dans la section 3.5, à savoir de manière détaillée ou en tant que renvois à des documents officiels ou disponibles sur demande. Une documentation transparente et détaillée de la procédure d'appréciation de risque est une condition de base pour une documentation de risque compréhensible.

3. Analyse des risques

3.1 Introduction

Le résultat de l'analyse des risques en tant que partie de la procédure d'appréciation des risques (voir figure 2) consiste en des informations sur le risque individuel ou collectif de la situation de transport examinée. L'analyse des risques doit dériver des probabilités de scénarios et de conséquences d'accidents. Pour cette raison, les paragraphes suivants traitent les principaux aspects de la définition des scénarios, de l'analyse des statistiques et de l'analyse des conséquences.

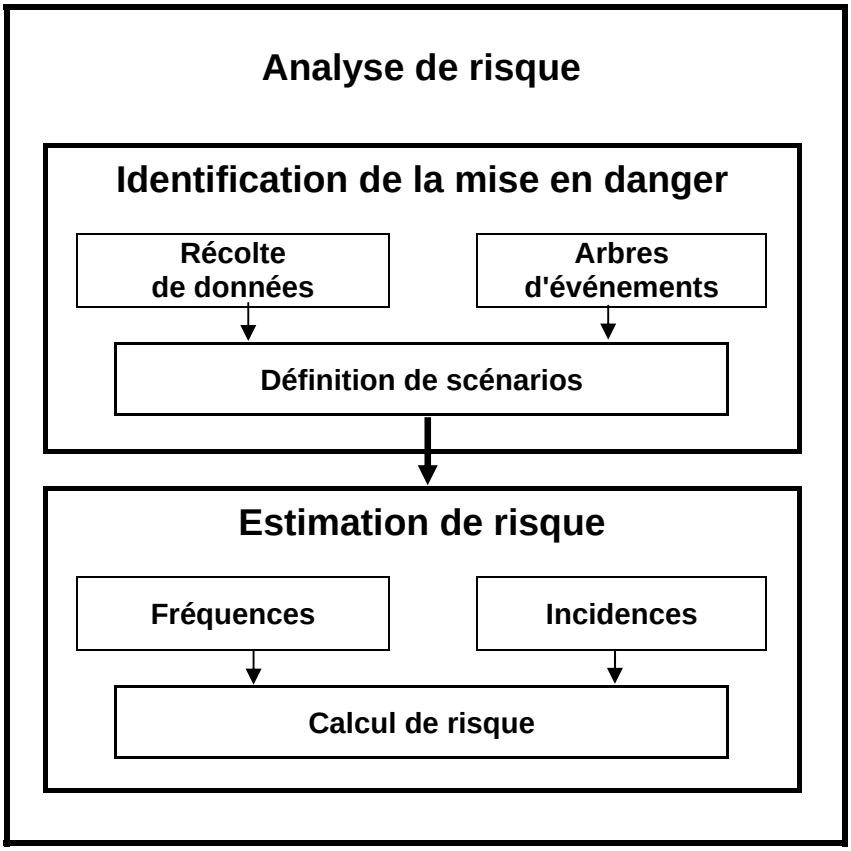

Figure 2: Diagramme des éléments d'une analyse de risque

Il convient de noter que la structure du fil conducteur a pour but de répondre aux particularités du transport ferroviaire de marchandises dangereuses sur une base internationale élargie. L'application du fil conducteur est recommandée à tous les Etats membres de l'OTIF, tout en sachant qu'il existe de grandes différences entre les états membres. Des différences majeures peuvent être dues par exemple à la topographie (plate ou accidentée), au climat (température et vent), à la politique nationale en matière de transport et de trafic, à la proportion entre trafic marchandises et trafic voyageurs ainsi qu'à la densité de la population. Des différences d'un Etat à l'autre peuvent également exister en ce qui concerne les détails techniques des systèmes de trains et l'infrastructure même.

Ces différences limitent la possibilité d'une définition approfondie des méthodes de calcul pour une analyse des risques. Pour cette raison, des recommandations d'ordre général prévalent.

3.2 Définition de scénarios

Afin de maîtriser le grand nombre de scénarios d'accidents potentiels, le premier pas d'une analyse des risques consiste à réduire le nombre se scénarios à un nombre de scénarios de bases raisonnables, y compris une classification des matières dangereuses en groupes. Il existe déjà dans quelques Etats membres du RID une classification standard de scénarios d'accidents en ce qui concerne le transport ferroviaire de marchandises dangereuses ([11], [12]), **[14]**.

Chaque combinaison et chaque matière ont leurs propres modèles de propriétés chimiques et physiques (inflammable, explosive, réaction avec d'autres matières, toxique, radioactif, état d'agrégat, ….). Bien que l'effet d'une matière dangereuse est constitué principalement par la propriété de la matière même, les circonstances influent également l'effet constaté (p. ex. la température). Afin d'éviter le problème de devoir décrire des milliers de combinaisons, une classification rigoureuse en groupes est recommandée. Tant la classe (RID) que le numéro de danger (Hazard Identification Number - HIN) se prêtent à la classification et à la constitution de groupes.

Un groupement trop large des matières devrait être évité afin de réduire l'insécurité de l'analyse des risques et de garantir une base fiable pour l'évaluation des risques. Par ailleurs, le déroulement possible des événements d'un scénario d'accident, y compris des conséquences qui peuvent dépendre d'autres paramètres et circonstances, devrait être pris en considération lors de la constitution des groupes de matières. Une classification couplée des scénarios et des matières est, par conséquent, recommandée.

La structure qui se prête le mieux à la classification de scénarios d'accidents et au calcul du risque lui même, est le concept de l'arbre **d'événements établi à partir de l'arbre des causes qui précise les fréquences d'occurrence des événements primaires dans une dimension système comprenant les éléments matériel roulant, infrastructure, organisation et modalités d'exploitation.** Une telle structure simplifie le calcul en raison de la vue d'ensemble claire et indique le déroulement pas par pas dans la composition quantitative du calcul. Le schéma n° 3 montre un exemple d'arbre d'événements. Afin d'optimiser la classification d'un scénario d'accident au moyen de l'analyse par arbre d'événements, les fréquences absolues de tous les scénarios à regrouper devraient également être prises en considération. Ce paragraphe se concentre sur les aspects en relation avec la structure de l'arbre d'événements; la dérivation de valeurs quantitatives pour des probabilités conditionnelles à l'intérieur de l'arbre est traitée au paragraphe 3.3.

L'analyse devrait inclure l'influence des forces d'intervention. Dans certains cas, les conséquences réelles d'un accident, c.à.d. le nombre de morts sont faibles en raison de l'intervention efficiente des forces d'intervention. Deux exemples en sont l'empêchement d'un BLEVE chaud (lors d'un scénario) domino menaçant et l'évacuation bien organisée d'une zone dans laquelle un gaz toxique s'est échappé. Lors de l'analyse d'un scénario d'accident , l'appréciation de l'état d'alerte des forces d'intervention représente un paramètre.

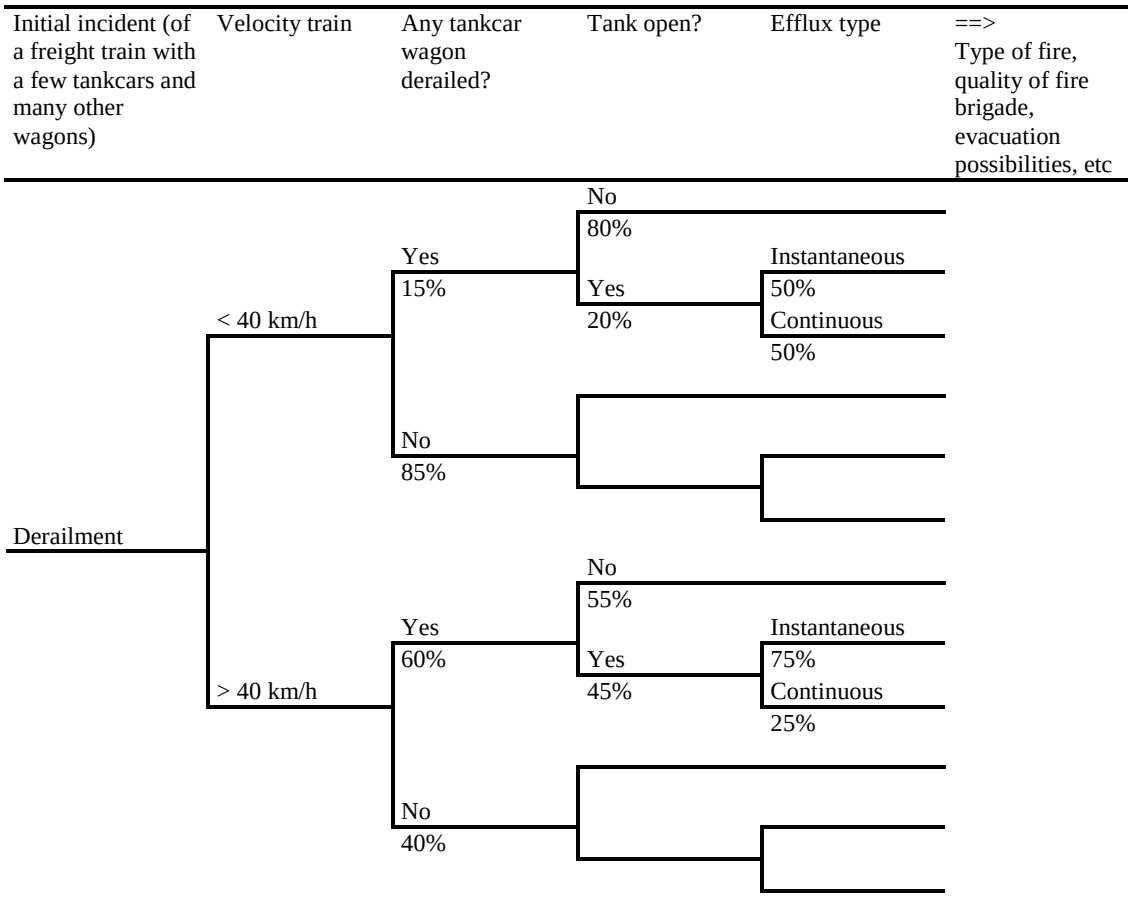

Figure 3: Exemple pour une partie d'un arbre d'événements pour un wagon-citerne ferroviaire destiné au transport de matières liquides inflammables. Les valeurs quantitatives sont arbitraires.

Les aspects suivants doivent être pris en compte dans les analyses par arbre d'événements pour les marchandises dangereuses transportées par chemin de fer (soit pour définir les scénarios, soit pour l'analyse des risques même):

Trains et trafic : Il convient de rassembler des données en ce qui concerne les wagons et les prescriptions relatives au trafic ferroviaire, afin d'obtenir des informations sur les embranchements au niveau de l'arbre d'événements et la probabilité d'événements et de scénarios. Un grand nombre des aspects suivants devant être pris en compte est recensé dans le système de gestion de la sécurité (Safety Management System – SMS -) des compagnies ferroviaires.

- système de sécurité des trains,
- types de marchandises dangereuses transportées,
- types de wagons et de citernes,
- composition des trains,
- mesures de sécurité particulières et heure de transport (jour/nuit).

Infrastructure ferroviaire : Il est évident que l'infrastructure doit être prise en considération dans l'analyse des risques, nonobstant le fait que celle-ci se concentre en premier lieu sur le véhicule et le transport. L'infrastructure comporte l'ensemble du système du matériel dans le domaine ferroviaire (rail, y compris aiguilles, traverses, caténaires, signaux, passages à niveau, tunnels, ponts, installations de sécurité, câbles souterrains etc.). Il est par conséquent recommandé d'inclure également un examen de l'infrastructure et d'indiquer les contributions au risque. Les informations nécessaires font partie du système de gestion de la sécurité (SMS) des entreprises de gestion d'infrastructure.

- type de voie (pleine voie, zones résidentielles, gare de triage, pont, gare, **voie unique,** etc.)
- utilisation de la voie (combinée/uniquement marchandises)
- limitations de vitesse
- installations de sécurité (p. ex. détection de surchauffe d'essieu)
- entretien
- passages à niveau
- aiguilles.

Evénement primaire: Uniquement des accidents majeurs (ainsi que des événements ayant le potentiel de se développer en de tels) sont pris en considération pour une évaluation des risques dans le cadre du chapitre 1.9 du RID. Dans ce contexte, les scénarios pertinents sont les suivants :

- déraillement
- collision de trains
- collision entre train et véhicule routier
- collision avec d'autres obstacles
- incendie **(l'incendie est également à considérer comme un effet potentiel consécutif d'autres événements primaires au même titre que l'explosion ou les rejets toxiques)**
- défaillance soudaine de la citerne
- mise en mouvement intempestive en terrain montagneux **(peut aussi être considérée comme cause d'un déraillement ou d'une collision).**

Dans un contexte particulier, des influences telles que vandalisme, terrorisme, tempête, tremblement de terre et inondation peuvent s'avérer importantes. La plupart de ces scénarios ne nécessite pas d'explications supplémentaires. Le scénario „défaillance soudaine de la citerne" comporte un grand nombre d'événements avec une fuite soudaine de matières d'une citerne occasionnée par une surpression en raison du non respect de prescriptions de remplissage, de corrosion, de raideur ou de fatigue du matériel de la citerne etc.

Scénarios pour la fuite de matières : Lors d'un accident, l'étendue finale du dommage dépend largement de la question de savoir si la citerne peut résister à l'impact ou non. Des détails mineurs concernant la situation géographique spécifique peuvent s'avérer décisifs. Il convient de trouver pour un scénario précis une combinaison adéquate entre des tests réels et des tests en laboratoire et/ou à l'air libre (v. également paragraphe 3.4). **Dans la pratique comme il n'est pas envisageable de prévoir tous les cas fuite de chaque situation accidentelle précise, la mise en place de scénarios représentatifs et consensuels (définition forfaitaire et statistique des conditions de fuite) peut être faite. Dans ce cas les scénarios ainsi définis sont alors pris en compte comme des scénarios « tests » permettant l'estimation des conséquences de façon simplifiée et éventuellement standardisée entre les états.** En cas de libération de matières, il convient de différencier comme suit:

- libération immédiate/continue
- libération complète/partielle.

3.3 Données statistiques

Pour chaque type d'accident ou de scénario, une fréquence générale des accidents doit être tout d'abord être établie sur la base d'une causalité nationale appropriée en tenant compte de la fréquence de l'événement initial et des probabilités conditionnelles des ramifications de l'arbre des **défaillances**. Cette tâche nécessite un nombre important de données concernant l'accident, afin de couvrir toutes les ramifications du scénario, même si le nombre des scénarios a été déjà réduit par la constitution de groupes. Pour obtenir des informations statistiquement pertinentes concernant la fréquence et les probabilités conditionnelles, les exigences concernant le nombre d'accidents continuent à augmenter.

Le nombre d'accidents dans le cadre du transport de marchandises dangereuses est plutôt faible, ce qui constitue une circonstance heureuse pour l'homme et la nature, mais limite la signifiance statistique de la fréquence des accidents et des probabilités conditionnelles à l'intérieur des ramifications de l'arbre d'événements. Il est par conséquent fortement recommandé de tenir compte des données suivantes lors de l'utilisation de données statistiques pour établir une analyse des risques :

- informations issues de banques de données d'accidents internationales et
- données d'accidents relatives au transport de marchandises en général.

L'applicabilité de ces statistiques au scénario respectif concernant le transport de marchandises dangereuses doit être vérifiée **et les hypothèses retenues pour leur utilisation doivent être argumentées.**

L'harmonisation des examens et des rapports en relation avec des accidents au moyen du chapitre 1.8.5 du RID et de la Directive 2004/49 améliorera, à l'avenir, la base pour les statistiques internationales sur les accidents et les analyses détaillées des déroulements d'accidents. Les différences systématiques entre les statistiques nationales en raison de différences eu égard aux systèmes ferroviaires, à la quantité de fret, la limite de bagatelle en ce qui concerne la définition de l'accident et d'autres paramètres devraient être pris en considération. Une attention particulière devrait être consacrée aux tendances à long terme des statistiques d'accidents suite à des niveaux de sécurité accrus.

Des analyses physiques, numériques **ou statistiques** concernant le comportement de colis lors de l'impact peuvent également servir de sources d'informations adéquates en ce qui concerne les probabilités conditionnelles de l'arbre d'événements. Dans la mesure du possible, l'utilisation d'estimations d'experts devrait être évitée, afin de recevoir des données objectives et fiables pour l'analyse des risques et de garantir une transparence du contrôle de qualité.

D'autres données nécessaires à l'analyse statistique de données d'accidents sont les kilomètres parcourus du wagon en fonction des années, de la marchandise transportée, du type de voie etc. afin d'en pouvoir découler des fréquences pour chaque scénario d'accident. Des informations concernant le nombre de personnes blessées ou tuées au moyen d'une différenciation similaire sont requises pour évaluer le niveau de risque de l'ensemble du système ferroviaire et pour vérifier la plausibilité d'une évaluation de risques pour un endroit précis.

La compilation et l'analyse statistique de ces données font parties du SMS des entreprises ferroviaires et des gestionnaires d'infrastructure. La communication de la plupart de ces données à l'autorité compétente est prévue par les dispositions du RID et la Directive 2004/49/CE.

3.4 Modélisation des conséquences d'accidents

L'arbre d'événements présenté à la figure 3 se termine par le type de matière dangereuse libérée. Pour la dérivation de dommages (p.ex. personnes tuées ou blessées), il est nécessaire de poursuivre les ramifications possibles de l'arbre d'événements. Les facteurs qui influencent la probabilité conditionnelle d'un déroulement particulier d'événements suite à la libération de matières dangereuses, dépendent du lieu de l'accident et ses environs.

Les informations pertinentes comportent :

- densité de population à proximité de la ligne ferroviaire (en fonction de l'heure),
- **densité des usagers de la ligne ferroviaire ou des lignes ou infrastructures avoisinantes (en fonction de l'heure),**
- type et utilisation **d'immeubles environnants, et autre infrastructure**,
- accessibilité de l'infrastructure pour les services de secours,
- conditions atmosphériques (statistiques concernant vent et température) et
- topographie.

Certains paramètres ne sont pertinents que pour des scénarios précis (p. ex. statistiques de vent pour la libération de matières gazeuses toxiques), alors que d'autres sont nécessaires dans tous les cas. Deux éléments géographiques (topologiques) sont d'une importance décisive: le premier est la distance à la voie et le second les densités de population dans toutes les parties des alentours proches dans une grille appropriée au domaine d'impact significatif (p. ex. résolution de 25 x 25 m jusqu'à 100 x 100 m).

Le type de bâtiment est examiné afin d'évaluer la protection qu'elle offre contre un incendie ou une explosion. Des cadastres contenant des informations sur le type de construction et son utilisation constituent une aide pour le calcul de la présence de personnes (zone résidentielle, zone industrielle ou commerciale, écoles, hôpitaux etc.)

Des scénarios pertinents en ce qui concerne l'impact sur les personnes et l'environnement sont:

- **explosion,**
- **incendie** (jet de flamme ou flaque),
- dispersion atmosphérique de matières toxiques et
- contamination de l'eau et du sol.

Afin de pouvoir dériver les conséquences d'un accident pour chaque scénario, il convient tout d'abord d'appliquer des modèles numériques ou analytiques pour évaluer les effets physiques (radiation, pression, concentration de matières toxiques, impact de débris) pour chaque scénario. Des modèles ou des équations appropriés sont p. ex. indiqués sous [8], 9]. Les modèles d'évaluation des risques devraient tout d'abord être vérifiés et comparés à des scénarios réels ou des calculs d'évaluation à partir de modèles (benchmarks).

Le degré inhérent de la simplification des modèles physiques a une influence sur la **pertinence** et le degré de détail de **l'estimation** des risques. Le choix des modèles ainsi que le nombre et la qualité des paramètres à prendre en considération dans l'analyse physique devraient être comparables au degré de précision nécessaire à une évaluation des risques (v. paragraphe 4).

D'une manière générale, les quatre types de dommages corporels ou matériels devraient être examinés:

1. personnes tuées au cours ou peu après l'accident,
2. personnes blessées,
3. dommages à des immeubles et des constructions importants,
4. pollution de l'environnement en **fonction** de la marchandise libérée.

Actuellement, les types de dommages sont pris en compte de manière différente d'un Etat membre à l'autre. Aux Pays-Bas, par exemple, seules les personnes tuées sont prises en considération, alors qu'en Suisse la pollution de l'environnement est également prise en considération.

En ce qui concerne les personnes tuées et les blessures, le dommage corporel doit être évalué à l'aide de modèles statistiques et physiologiques sur la base d'effets physiques estimés. Au moyen de ces modèles, des chiffres concernant la probabilité de blessures ou de personnes tuées sont attribués à des effets physiques, comme p. ex. l'exposition à la radiation ou à des gaz toxiques (z. B. [9], [10]). Pour certains de ces modèles, il existe toujours un degré d'insécurité non satisfaisant qui dépend du type de conséquences (p. ex. fonctions probit pour la toxicité). Une partie importante du degré d'insécurité dans le cadre d'analyses des risques a ainsi son origine dans l'évaluation du dommage.

L'application de méthodes objectives et transparentes ainsi que la prise en compte réaliste de paramètres limitant le dommage, tels que la fuite ou une protection offerte par un immeuble sont indispensables à une analyse des risques adéquate. Une prise en compte systématique de suppositions pessimistes est, par exemple, contreproductive à une analyse des ris-

ques, **surtout si celle-ci est menée pour établir un niveau absolu de risque à comparer à un seuil fixé. Dans le cas d'approche comparative (avec un outil donné) ceci a moins d'importance puisque l'on s'attachera plus à la différence (gain) d'un itinéraire par rapport à un autre. Dans tous les cas** la prise en compte et la discussion de degrés d'insécurité font partie du processus d'évaluation des risques;

3.5 Estimation de risque

La procédure d'estimation du risque inclut l'application de l'arbre de fautes ainsi que des modèles physiques et physiologiques pour l'endroit à examiner. Les valeurs calculées/estimées pour les risques individuels ou collectifs sont attribuées à tous les scénarios d'accident potentiels sur la base de données spécifiques à l'endroit concernant la capacité de transport de marchandises dangereuses et l'utilisation de la ligne. Conformément à la définition simplifiée au paragraphe 2.1, le risque est le produit du dommage et de la probabilité. Nonobstant cela, la présentation du risque en tant que probabilité individuelle d'un dommage (p.ex. probabilité d'une personne tuée par année) ne constitue pas la pratique courante dans le cadre d'une analyse des risques. Le risque est normalement présenté comme la fréquence probable d'un dommage (p. ex. fréquence des cas où des personnes sont tuées) dans un contexte d'espace ou comme une répartition de la fréquence du degré du dommage (v. ci-dessous).

Pour pouvoir procéder à une évaluation systématique du risque, la ligne ferroviaire à examiner doit être divisée en différentes sections à longueur standardisée, pour que les valeurs relatives au risque puissent être comparées avec les critères de risque. Les longueurs de référence usuelles pour dériver les risques (par année) sont 100 m à 1 km. Lors de l'examen attentif de lignes alternatives l'on juge l'ensemble du risque collectif de chaque ligne pour la comparaison réciproque. **Dans ce cas le risque d'un itinéraire rapporté à une référence de longueur n'apporte pas d'indication supplémentaire utilisable.**

Les risques individuels sont généralement présentés au moyen de lignes de risque iso (p. ex. personnes tuées par année et longueur de la ligne) sur une carte de la zone à examiner, afin de recevoir des informations sur la répartition géographique du risque indépendamment de la répartition réelle de la densité de la population. Le risque collectif est présenté sous forme d'une courbe en tant que relation entre le dommage (p. ex. N nombre de personnes tuées) et la fréquence (F), (souvent appelée courbe F-N). Dans ce cas, la répartition de la densité de la population doit être prise en compte. Des exemples pour les deux types de risque sont présentés dans les figures 4 et 5.

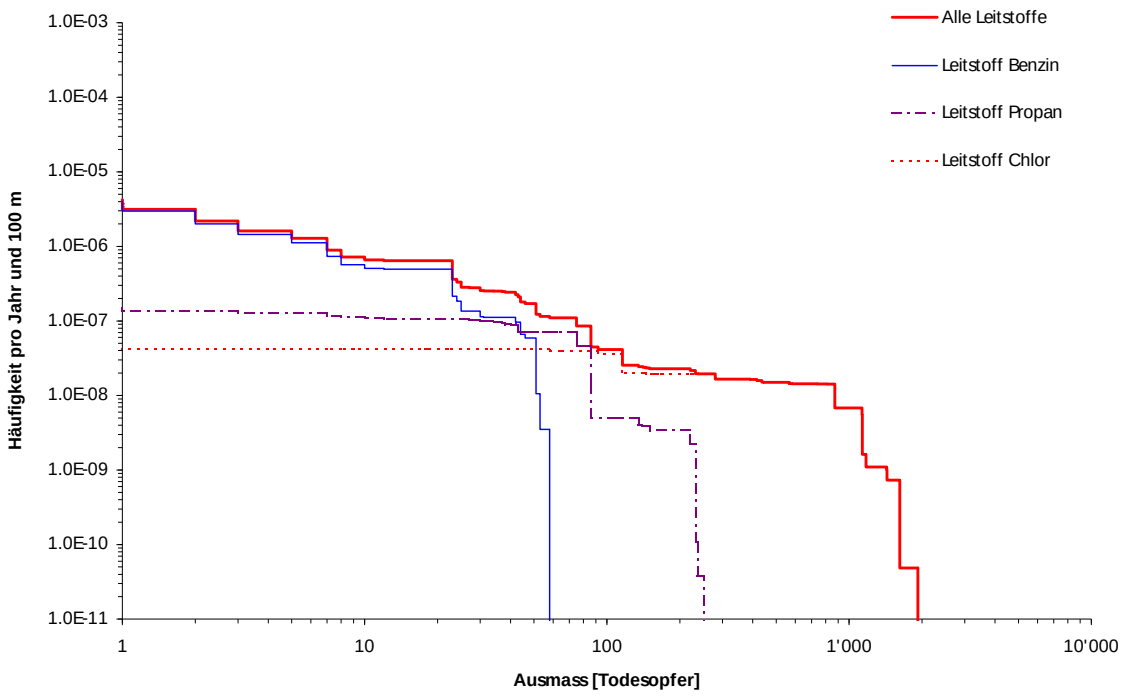

Figure 4 : Exemple pour une courbe F-N pour le risque collectif sur la base d'accidents de trains pour des matières dangereuses regroupées (de [11])

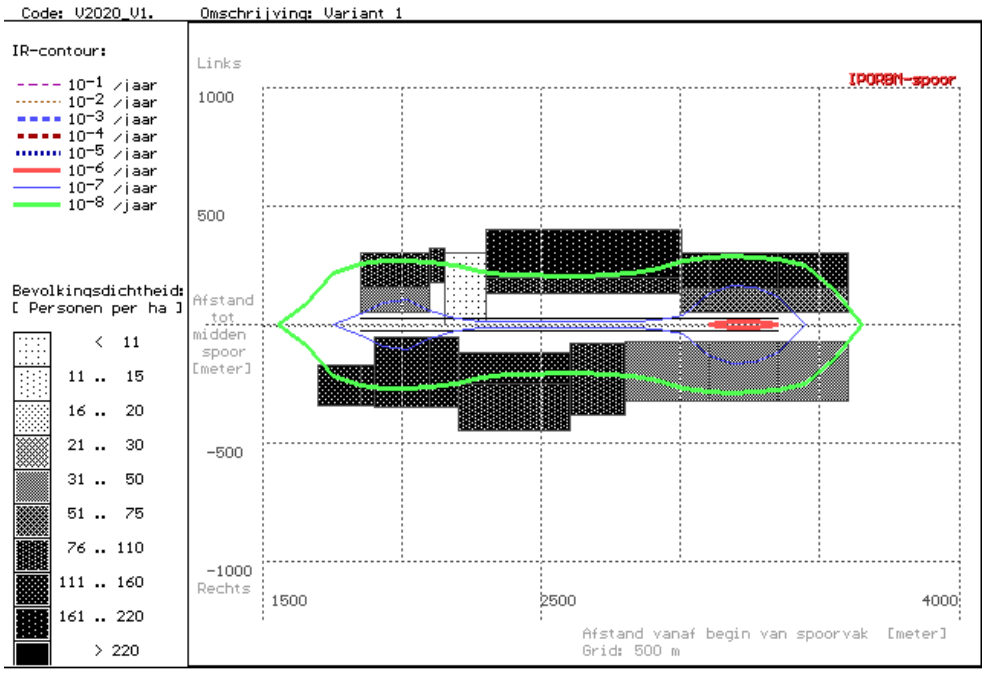

Figure 5 : Exemple d'un graphique avec des courbes de risque Iso pour le risque individuel (Source: MINVENW, NL)

4. Evaluation du risque

Actuellement, un Etat membre de l'OTIF peut définir librement des valeurs à atteindre en ce qui concerne le niveau de sécurité ainsi que des mesures en cas de dépassement de ces valeurs dans la mesure où ces valeurs ne sont pas incompatibles avec les réglementations internationales. La première série d'objectifs de sécurité communs (CST) pour les risques

individuels et collectifs qui devra être mise en oeuvre par la Commission européenne en 2009 [6] contribuera à l'harmonisation des critères d'acceptation des risques et à l'appréciation du risque des Etats. Notamment la définition prévue d'objectifs de sécurité communs devra garantir que la performance, en matière de sécurité, des systèmes ferroviaires ne sera réduite dans aucun Etat membre de l'UE.

Il existe actuellement dans les Etats membres du RID différentes approches pour l'évaluation des risques. Ces différences concernent

- la nature du risque évalué (individuel, collectif, environnemental),
- le degré et la forme des limites d'acceptabilité et de tolérance,
- domaines/catégories d'acceptabilité et de tolérance.

Pour chaque type de risque, un critère de risque est nécessaire pour pouvoir évaluer la tolérance d'un risque. Ces critères de risques devraient être comparés aux critères de risques de types de risques similaires (p. ex. risques émanant d'installations industrielles soumises aux réglementations de la Directive Seveso-II, [3]).

La norme RAMS EN 50126 [3] offre un aperçu des approches en matière d'évaluation du risque. Le principe ALARP (praticable dans la mesure su raisonnable) appliqué au Royaume-Uni définit un domaine pour un risque inacceptable nécessitant un traitement de risque lorsque des résultats de l'analyse des risques tombe dans ce domaine. Le domaine de tolérance limitrophe avec des valeurs inférieures entraîne des mesures conformément au principe ALARP, alors que le domaine acceptable, avec un risque (résiduel) encore plus faible et insignifiant ne requiert pas de mesures de la part de l'autorité compétente.

Il existe en Suisse une approche similaire pour l'évaluation du risque collectif et environnemental (v. schéma 6). Elle prévoit, par ailleurs, une aversion de risque différenciée en raison de la perception différente du risque dans le cas d'un événement *présentant une faible probabilité et une importante étendue du dommage* et d'un événement *présentant une forte probabilité et une faible étendue du dommage* (p. ex. 10 ou davantage de personnes tuées). L'approche des Pays-Bas est semblable, mais ne contient pas de domaine ALARP ou de domaine de transition entre les risques acceptables (tolérables) et inacceptables.

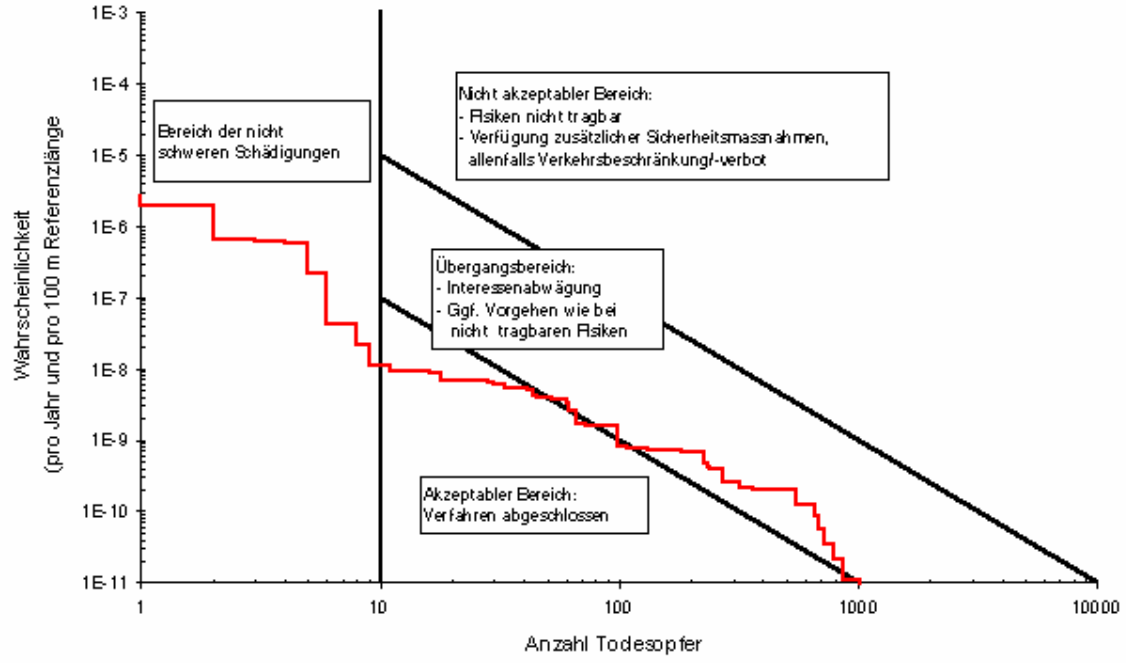

Figure 6 : Exemple pour une courbe F-N pour le risque collectif avec des domaines pertinents pour l'évaluation du risque (de [11])

La norme EN RAMS 50126 [7] fournit l'exemple du principe GAMAB (globalement au moins aussi bon). L'application de ce principe sur une comparaison de ligne exigerait, pour une ligne alternative en comparaison à la ligne existante, au maximum le même risque (principe de l'immobilisation).

Dans les paragraphes précédents, différentes sources d'insécurités possibles (statistiques d'accidents, modèles physiques ou physiologiques, conditions périphériques en fonction du temps et de l'endroit) ont été présentées. Pour une évaluation du risque utilisable sur la base de critères de risques définis, il est extrêmement important de rechercher à réduire au maximum l'insécurité. Notamment, lorsque des mesures restrictives sont prévues, une analyse transparente et une explication de l'insécurité à l'intérieur du processus d'évaluation sont indispensables pour que les mesures soient **comprises et** acceptées.

5. Gestion du risque

L'appréciation du risque fournit des informations quant à la question de savoir si un risque est tolérable ou pas. **Cette appréciation intervient au niveau du décideur et indépendamment de la phase d'estimation du risque**. La preuve de la nécessité de mesures exigée selon le chapitre 1.9.3 du RID peut être apportée avec une documentation appropriée de l'appréciation du risque. La documentation devrait toutefois comprendre également des informations concernant le choix des mesures **et notamment la définition des critères de décision exogènes à l'estimation du risque lui-même.**

Une solution simple consiste à appliquer les mêmes méthodes et modèles pour la comparaison de l'efficacité de différentes mesures possibles que pour l'estimation du risque. L'efficacité de mesures comporte des aspects tels que le potentiel de réduction des risques et des coûts occasionnés aux représentants des groupes d'intérêts. Une bonne motivation des mesures augmente les chances d'une large acceptation des mesures.

Il est conseillé de revoir régulièrement la procédure de la gestion du risque pour tenir compte des modifications dans le concept et dans la procédure.

6. BIBLIOGRAPHIE

[1] Verordnung über den Schutz vor Störfällen (Störfallverordnung, StFV), Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs (Ordonnance sur les accidents majeurs, OPAM), Ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR), (deutsch, französisch, italienisch), R 814.012, 27. Februar 1991

[2] Richtlinien für Verkehrswege, Beurteilungskriterien II zur Störfallverordnung, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft der Schweiz (BUWAL-CH), August 2001

[3] Richtlinie 96/82/EG des Rates vom 9. Dezember 1996 zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen, Amtsblatt Nr. L 010 , S. 0013 - 0033, 14. Januar 1997

[4] ISO/IEC Guide 73: 2002, Risikomanagement – Terminologie – Leitfaden für die Anwendung in Normen

[5] ISO/IEC Guide 51: 1999, Sicherheitsaspekte - Richtlinien für ihre Aufnahme in Normen (deutsche Fassung: DIN 820-120:2001)

[6] Richtlinie 2004/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Eisenbahnsicherheit in der Gemeinschaft (Richtlinie über die Eisenbahnsicherheit), 29 April 2004

[7] EN 50126:1999 Bahnanwendungen – Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS)

[8] Methods for the calculation of physical effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases), Yellow Book, 3rd edition, Committee for the Prevention of Disasters, CPR 14E, Den Haag, 1997

[9] Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVES, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1994

[10] Methods for determining possible damage to people and subjects, Green Book, 2nd edition, Committee for the Prevention of Disasters, CPR 16E, Den Haag, 2000

[11] Quantitative Risikoanalyse für Gefahrguttransporte auf der Bahn – Methodik und Bewertung, Bundesamt für Verkehr, Schweiz, 2004

[12] IPO Risk Calculation Methodology – Background Document, The Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Den Haag, 1997

[13] Guidelines for the Quantitative Risk Assessment, Purple Book, 1st edition, Committee for the Prevention of Disasters, CPR 18E, Den Haag, 1999

[14] A new QRA model for rail transportation of hazardous goods. 11th International Symposium Loss Prevention 2004, Proceeding p 4283-4289, Praha Congress Centre, June 2004.

Appendice A

RID 2005, Chapitre 1.9 : Restrictions de transport par les autorités compétentes

1.9.1 Un Etat membre peut appliquer, pour le transport international ferroviaire de marchandises dangereuses sur son territoire, certaines dispositions supplémentaires qui ne sont pas contenues dans le RID, sous réserve que ces dispositions supplémentaires

- sont celles selon la section 1.9.2,
- ne contredisent pas celles de la section 1.1.2 b),
- figurent dans sa législation nationale et sont également applicables au transport national de marchandises dangereuses par chemin de fer sur le territoire dudit Etat membre,
- n'ont pas pour conséquence l'interdiction du transport par rail sur le territoire de l'Etat membre des marchandises dangereuses visées par ces dispositions.

1.9.2 Les dispositions supplémentaires visées au 1.9.1 sont :

a) des conditions supplémentaires ou des restrictions servant à la sécurité pour des transports,

- empruntant certains ouvrages d'art tels que ponts et tunnels[1],
- utilisant des installations du trafic combiné telles que p. ex. transbordeurs ou
- arrivant dans des ports, gares ou autres terminaux de transport ou les quittant.

b) des conditions sous lesquelles le transport de certaines marchandises dangereuses est interdit ou est soumis à des conditions particulières d'exploitation (par ex. vitesse réduite, durée du trajet déterminée, interdiction de croisement, etc. ...), sur des lignes présentant des risques particuliers ou locaux, telles que des lignes traversant des zones résidentielles, des régions écologiquement sensibles, des centres commerciaux ou des zones industrielles où se trouvent des installations dangereuses. Les autorités compétentes devront fixer, dans la mesure du possible, des itinéraires de remplacement à utiliser pour les lignes fermées ou soumises à des conditions particulières.

c) des conditions exceptionnelles précisant l'itinéraire exclu ou à suivre ou les dispositions à respecter pour les séjours temporaires en cas de conditions atmosphériques extrêmes, de tremblements de terre, d'accidents, de manifestations syndicales, de troubles civils ou de soulèvements armés.

1.9.3 L'application des dispositions supplémentaires selon 1.9.2 a) et b) présuppose que l'autorité compétente apporte la preuve de la nécessité des mesures.

1.9.4 L'autorité compétente de l'Etat membre appliquant sur son territoire des dispositions supplémentaires visées au 1.9.2, alinéas a) et b), informera en général au préalable

---

1 Pour les transports empruntant le tunnel sous la Manche ou d'autres tunnels ayant des caractéristiques similaires, voir également art. 5, § 2 a) et b) de la Directive 94/49/CE du Conseil relative au transport de marchandises dangereuses par chemin de fer, publiée dans le Journal officiel des Communautés européennes No L 235 du 17 septembre 1996, p. 25.

desdites dispositions l'Office central, qui les portera à la connaissance des Etats membres.

1.9.5 Nonobstant les prescriptions des précédentes sections 1.9.1 et le 1.9.2., les États membres peuvent fixer des exigences spécifiques en matière de sécurité pour le transport international ferroviaire de marchandises dangereuses, dans la mesure où le RID ne couvre pas ce domaine, notamment en ce qui concerne :

- la circulation des trains,
- les règles d'exploitation relatives aux opérations annexes au transport telles que le triage ou le stationnement,
- la gestion des informations relatives aux marchandises dangereuses transportées,

sous réserve qu'elles figurent dans sa législation nationale et soient applicables également au transport national ferroviaire de marchandises dangereuses sur le territoire dudit Etat membre.

Ces exigences spécifiques ne peuvent pas concerner les domaines couverts par le RID, notamment ceux listés aux 1.1.2 a) et 1.1.2 b).