

Risques d'accident majeur sur les routes de grand transit

Rapport sur la méthode du screening
1er avril 2010



Table des matières

1	Situation initiale et objectifs	1
2	Démarche	4
3	Structuration des risques	6
3.1	Substances représentatives	6
3.2	Scénarios d'accidents	7
4	Fréquence des pertes de produits	10
4.1	Taux de pertes de produits	10
4.2	Fréquence des pertes de produits	14
5	Quantification des risques pour la population	16
5.1	Méthodologie	16
5.2	Scénarios d'exposition	16
5.3	Démarche générale d'estimation de l'ampleur des dommages	24
5.4	Ampleur des dommages occasionnés par la substance représentative essence	25
5.5	Ampleur des dommages occasionnés par la substance représentative propane	31
5.6	Ampleur des dommages occasionnés par la substance représentative chlore	37
6	Quantification des risques pour l'environnement	43
6.1	Présentation et méthodologie	43
6.2	Ampleur des dommages occasionnés par la substance représentative essence	45
6.3	Ampleur des dommages occasionnés par la substance représentative épichlorhydrine	55
7	Critères d'exclusion	59
8	Résumé et perspectives	65

Annexes

A1	Références	
A2	Exemple d'application	

1 Situation initiale et objectifs

Les routes de grand transit sur lesquelles des marchandises dangereuses aux termes de la SDR/ADR sont transportées ou transbordées sont soumises à l'ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs (Ordonnance pour les accidents majeurs, OPAM) entrée en vigueur le 1er avril 1991. L'application de l'OPAM aux routes nationales est du ressort de l'Office fédéral des routes (OFROU), et de celui des cantons pour les autres routes de transit. L'Office fédéral de l'environnement (OFEV), service spécialisé de la Confédération pour l'OPAM, est également lié à la procédure d'évaluation. L'OPAM a pour objectif de protéger la population et l'environnement (eaux de surface et eaux souterraines) des graves dommages résultant d'accidents majeurs. L'évaluation des risques se fait à l'aide des instruments du "rapport succinct" et de l' "étude de risque".

Au niveau national, l'application de l'OPAM aux routes de grand transit est assurée de manière très inégale. Depuis 1993, de nombreux tronçons, en particulier d'autoroutes et de routes cantonales fortement fréquentées, ont fait l'objet de rapports succincts. Etant donné l'évolution du transport de matières dangereuses et du niveau d'aménagement des routes comme de leurs abords (par ex. densité de l'habitat), ces rapports ne correspondent parfois plus à la situation réelle. Certaines routes de grand transit n'ont pas encore fait l'objet de rapports succincts.

La procédure habituelle d'établissement des rapports succincts telle que décrite dans le Manuel III est, de divers côtés, jugée laborieuse et relevant de la paperasserie. En outre, le calcul des probabilités H_s qu'elle propose est jugé trop imprécis, en particulier quant à l'influence des mesures de sécurité existantes. On peut, bien entendu, tenir compte quantitativement de ces mesures dans la procédure du rapport succinct, mais, en pratique, ce n'est que rarement le cas car les données manquent sur la manière de procéder. Le besoin se fait donc sentir d'une nouvelle méthode de calcul des probabilités H_s .

A la fin des années 90, l'application de l'OPAM aux chemins de fer a déjà nécessité le développement d'une méthode de screening qui, par la suite, a été appliquée plusieurs fois à l'ensemble du réseau. Le screening s'est imposé comme un outil important d'évaluation des risques au niveau du rapport succinct et doit donc être explicitement retenu dans les critères d'évaluation de l'OPAM actuellement en cours de révision.

Pour accélérer et simplifier l'application de l'OPAM aux routes de grand transit, il s'agit maintenant d'adopter également une méthode de screening permettant d'évaluer les risques pour la population et l'environnement posés par le transport de matières dangereuses sur les routes de grand transit (routes nationales et cantonales selon l'ordonnance sur les routes de

grand transit). Quelques autorités cantonales d'application de l'OPAM, l'Office fédéral des routes (OFROU) ainsi que l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) ont constitué à cette fin un groupe de travail et confié le travail technique au bureau Ernest Basler + Partner AG.

La méthode de screening ainsi élaborée s'articule autour des éléments suivants:

- Méthode de calcul quantitatif des risques pour la population et l'environnement basée sur l'analyse de scénarios, se présentant sous forme de courbes cumulatives dépendant des paramètres locaux déterminants. A l'inverse de celle du Manuel III, cette méthode tient également compte des mesures de sécurité existantes (par ex. systèmes d'évacuation des eaux et de retenue des véhicules).
- Définition de critères d'exclusion: il doit être possible de trier sur la base de données de tronçons aisément disponibles
 - les tronçons dont les risques peuvent, sans autre analyse, être considérés insignifiants et pour lesquels il n'y a donc pas lieu d'établir une étude de risque;
 - les tronçons pour lesquels les risques ne peuvent pas être considérés insignifiants et pour lesquels une analyse par la méthode du screening s'avère donc nécessaire afin de décider si la procédure peut être limitée à un rapport succinct ou s'il faut entreprendre une étude de risque.
- Élaboration d'un outil informatique permettant, sur la base des paramètres locaux (caractéristiques des routes et de leur voisinage, mesures de sécurité existantes), de calculer et de documenter les courbes cumulatives "d'un simple clic de souris".

L'unité méthodologique et la mise à disposition d'un logiciel informatique doivent faciliter l'élaboration des rapports succincts, faciliter la comparaison des risques liés au transport de matières dangereuses sur le réseau routier et permettre ainsi l'application de l'OPAM de manière plus efficace et plus uniforme. Cela permettra en particulier l'application rapide de l'ordonnance aux tronçons non critiques en accélérant l'élaboration des rapports succincts et en favorisant la concentration des efforts sur les tronçons réellement critiques.

La méthode du screening doit, à l'instar du Manuel III, s'affirmer comme la base générale d'évaluation des risques au niveau des rapports succincts. Elle ne permet toutefois pas de juger si les mesures de sécurité sont à la hauteur des techniques actuelles; une telle évaluation nécessite des données supplémentaires.

La mise au point de la méthode du screening a été confiée au canton d'Argovie ; le travail est accompagné par les représentants suivants des autorités fédérales et cantonales:

Adrian Gloor	Office fédéral des routes
Richard Bischof	Office fédéral de l'environnement
Raymond Dumont (chef de projet)	Service cantonal de la protection des consommateurs, Argovie
Hans Bossler	Laboratoire cantonal, Bâle-Ville
Markus Flisch	Laboratoire cantonal, Berne
Jesper Hansen	Service cantonal des déchets, de l'eau, de l'énergie et de l'air, Zurich
Adrian Lüscher	Service cantonal de la protection des consommateurs, Argovie
Mirco Moser	Service cantonal de l'industrie, de la sécurité et de la protection des sols, Tessin
Jörg Rickenbacher	Inspectorat cantonal de la sécurité, Bâle-Campagne
Bernd Weinert	Service cantonal de l'environnement et de l'énergie, St-Gall
Hanspeter Willi	Service cantonal de la nature et de l'environnement, Grisons

2 Démarche

Méthode du screening et critères d'exclusion

Les étapes du screening sont les mêmes que celles de l'étude des risques (voir Figure 1). Elles sont détaillées dans les chapitres suivants ainsi que les données et hypothèses venant l'étayer. Les résultats sont présentés séparément sous l'angle des risques pour la population (indicateur : nombre de morts – passagers du véhicule et personnes hors de la chaussée) et pour l'environnement (indicateurs : pollution des eaux superficielles et pollution des eaux souterraines) pour les substances représentatives au sens de l'ordonnance sur les risques majeurs afin d'établir les sommes cumulatives respectives en fonction des paramètres locaux.

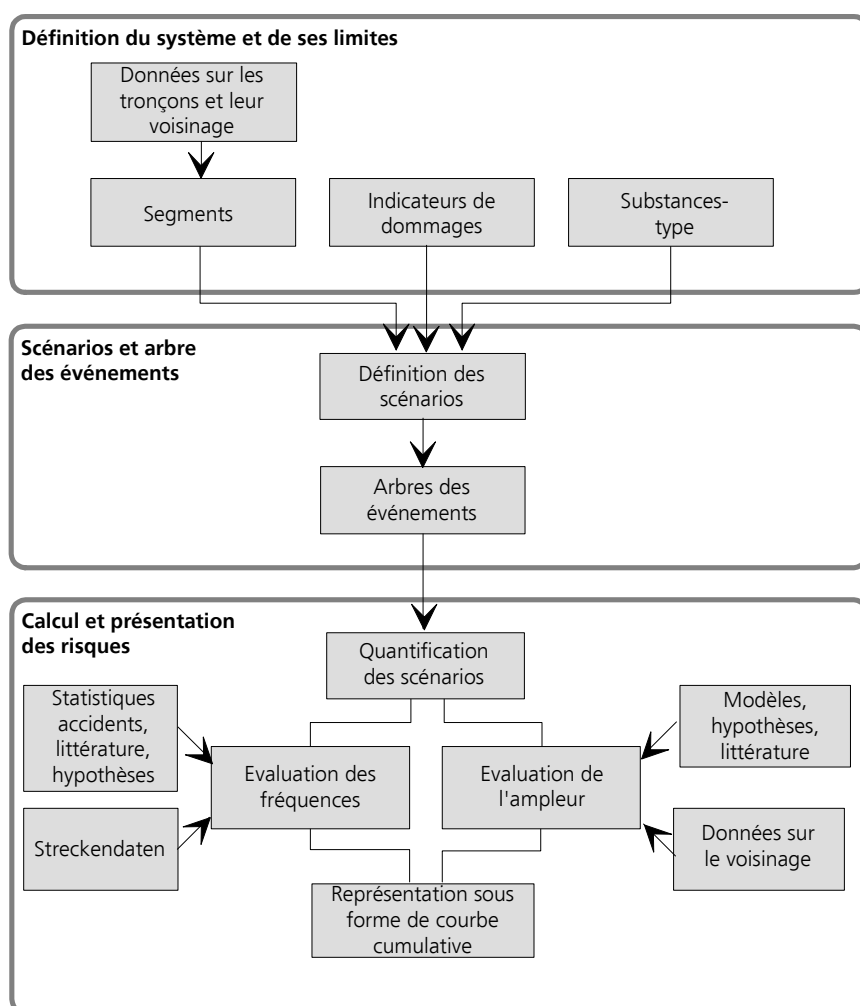


Figure 1: Méthode générale d'étude des risques

Démarche suivie pour la fixation des critères d'exclusion:

- Fixer sur le diagramme FC (fréquences/conséquences) la ligne d'acceptabilité sous laquelle la courbe cumulative doit entièrement se trouver pour que les critères d'exclusion soient considérés satisfaits.
- Préciser quels paramètres locaux faciles à déterminer ayant une influence sur les critères d'exclusion peuvent être intégrés (par ex. TJM) et quelles paramètres ne doivent pas être intégrées parce que difficilement disponibles (par ex. volume du bassin de rétention du système d'évacuation des eaux).
- Les paramètres retenus comme critères d'exclusion sont quantifiés au moyen du screening ; ces valeurs permettent d'évaluer si la courbe cumulative d'un indicateur donné se trouve sous la ligne d'acceptabilité. La courbe doit également rester sous la ligne d'acceptabilité lorsqu'on attribue des valeurs peu favorables aux paramètres non retenus (par ex. absence d'un bassin de rétention dans le système d'évacuation des eaux).

Ce rapport décrit la méthode du screening (chapitres 3 à 6) et présente les critères d'exclusion (chapitre 7) sur la base desquels on peut, à l'aide de données aisément disponibles, identifier les tronçons ne présentant que des risques insignifiants. Finalement, un résumé est donné en chapitre 8.

L'application informatique

Le logiciel mis au point pour faciliter l'utilisation de la méthode du screening permet d'effectuer les tâches suivantes:

- Subdivision du périmètre d'étude en unités homogènes du point de vue du calcul des risques (dénommés «éléments») dont la désignation permet l'identification sans ambiguïté.
- Saisie systématique par élément, dans un fichier Excel, des paramètres locaux (caractéristiques des routes et de leur voisinage, mesures de sécurité existantes ou prévues) influençant le niveau des risques et donc la position des courbes cumulatives.
- Calcul des courbes cumulatives par substance représentative et indicateur de dommages pour un nombre quelconque d'éléments (périmètre d'évaluation) à l'intérieur du périmètre d'étude, documentation des résultats par des listes et des figures dans un fichier Excel.¹⁾

Le mode d'emploi du logiciel est expliqué dans le document Risques d'accidents majeurs sur les routes de grand transit – Manuel du logiciel «Screening des routes de grand transit » version 1.0 [Manuel 2010].

¹⁾ Il est possible, au besoin, de remettre une version du logiciel aux organes d'exécution de l'OPAM pour qu'ils en adaptent les principaux paramètres (par ex. taux de perte de matière par véhicule-km).

3 Structuration des risques

3.1 Substances représentatives

Les conséquences d'un accident dépendent beaucoup des propriétés des substances libérées. L'étude porte sur une liste représentative de substances représentatives permettant de rendre compte de l'ensemble des produits dont le transport présente un danger pour la population et l'environnement au sens de l'OPAM. Leurs propriétés pertinentes pour l'OPAM ainsi que leurs risques potentiels sont présentés sous Tableau 1 et Tableau 2. Les produits aux propriétés comparables sont indiquées dans la colonne «principaux représentants».

Risques pour la population

L'étude porte sur trois substances représentatives de l'ensemble des produits présentant un danger pour la population, l'essence, le propane et le chlore (voir Tableau 1).

Substance représentative	Caractéristiques déterminantes	Principaux représentants	Danger pour la population
Essence	Liquide, facilement inflammable	Essence et carburants du même type, divers solvants, kérosène	<ul style="list-style-type: none">• Effets thermiques en cas d'incendie• Onde de choc et projection de débris en cas d'explosion
Propane	Gaz liquéfié sous pression, facilement inflammable	Propane, butane, autres hydrocarbures, chlorure de vinyle	<ul style="list-style-type: none">• Effets thermiques en cas d'incendie• Onde de choc et projection de débris en cas d'explosion
Chlore	Gaz liquéfié sous pression, toxique pour les humains	Chlore, acide chlorhydrique, ammoniaque	<ul style="list-style-type: none">• Toxicité inhalatrice pour les humains

Tableau 1: Données sur les effets nocifs des substances représentatives sur la population

Risques pour l'environnement

En ce qui concerne les dommages à l'environnement, on utilise pour l'indicateur «pollution des eaux superficielles» les substances représentatives essence et épichlorhydrine, et pour l'indicateur «pollution des eaux souterraines» la substance représentative essence (voir Tableau 2).

Substance représentative	Caractéristiques déterminantes	Principaux représentants	Risques pour l'environnement
Essence	Liquide, facilement inflammable	Essence et carburants du même type, divers solvants, kérosène	<ul style="list-style-type: none">• De dangereux à très dangereux pour les eaux (WGK 2 à 3)• Toxique pour les organismes vivant dans l'eau
Epichlorhydrine	Liquide, toxique, soluble dans l'eau	Epichlorhydrine, amine, etc.	<ul style="list-style-type: none">• Très dangereux pour les eaux (WGK 3)

Tableau 2: Données sur les effets nocifs des substances représentatives sur l'environnement

3.2 Scénarios d'accidents

Les différents modes de pertes et types d'effets des matières dangereuses libérés lors d'un accident font l'objet de scénarios. Les scénarios d'accidents présentant un danger pour la population sont présentés ci-dessous, par substance représentative.

Substance représentative	Mode de perte	Types de dispersion et d'effets
Essence	• Perte spontanée d'env. 20 t au rythme de 400 kg/s durant env. 50 secondes.	• Inflammation immédiate et dispersion de flaques inflammables sur la chaussée ou à ses abords ²⁾
	• Perte continue d'env. 20 t au rythme de 13.3 kg/s durant env. 25 minutes.	• Inflammation immédiate et dispersion de flaques inflammables sur la chaussée ou à ses abords
Propane	• Rupture du récipient avec fuite de 12 t au rythme de 400 kg/s durant 30 secondes (en phase liquide).	• Inflammation immédiate (BLEVE = ébullition-explosion) • Inflammation retardée et incendie de nuage de gaz
	• Perte continue de 6 t ³⁾ au rythme de 33.3 kg/s durant 3 minutes (en phase liquide).	• Inflammation immédiate et torche • Inflammation retardée et incendie de nuage de gaz
Chlore ⁴⁾	• Transport de 4 conteneurs roulants de 1'000 kg. L'un d'eux est endommagé et, d'une hauteur de 1 m, se vide entièrement sur le sol au rythme de 500 kg/s	• Propagation de gaz lourds et effets toxiques sur les humains
	• Perte continue sur le sol et d'une hauteur de 1 m de 500 kg au rythme de 8.3 kg/s durant une minute.	• Propagation de gaz lourds et effets toxiques sur les humains

Tableau 3: Récapitulation des scénarios d'accidents présentant des risques pour la population

Les risques pour l'environnement sont étudiés au moyen des scénarios suivants:

- ²⁾ On part de l'hypothèse que, grâce au système d'évacuation des eaux, il ne se forme pas de flaque en bordure de chaussée tant que le véhicule accidenté ne quitte pas la chaussée. Etant donné le peu de différence entre les effets d'un incendie immédiat ou retardé, on n'étudie que le cas d'un incendie immédiat. On ne considère pas les explosions de canalisation.
- ³⁾ Cela correspond à la perte continue par une fuite située à mi-hauteur d'un réservoir de 12 t plein, d'un réservoir de 12 t mi-plein ou d'un réservoir de 6 t plein.
- ⁴⁾ On ne dispose que de peu de données sur la composition typique des chargements de chlore. On doit donc formuler plus d'hypothèses dans la définition des scénarios d'accidents de ce genre de transports que pour les autres substances types. On sait, en revanche, qu'au contraire du propane, il ne circule pas en Suisse de camions-citernes transportant du chlore.

Substance représentative	Mode de fuite	Types de dispersion et d'effets
Essence	<ul style="list-style-type: none"> ● Perte spontanée d'env. 20 t ⁵⁾ au rythme de 400 kg/s durant env. 50 secondes. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Formation de flaques sur ou hors de la route et pollution directe ou indirecte des eaux superficielles ● Infiltration et pollution des eaux souterraines lors d'une fuite à côté de la chaussée ou lors de l'évacuation des eaux par l'accotement
	<ul style="list-style-type: none"> ● Perte continue d'env. 20 t au rythme de 13.3 kg/s durant env. 25 minutes. 	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Perte spontanée d'env. 5 t au rythme de 100 kg/s durant env. 50 secondes. 	
	<ul style="list-style-type: none"> ● Perte continue d'env. 5 t au rythme de 14 kg/s durant env. 6 minutes. 	
Epichlorhydrine⁶⁾	<ul style="list-style-type: none"> ● Récipient endommagé avec perte de 5 t au rythme de 100 kg/s durant env. 50 secondes. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Formation de flaques sur ou hors de la route ● Pollution des eaux superficielles
	<ul style="list-style-type: none"> ● Perte continue de 5 t ⁷⁾ au rythme de 5.6 kg/s durant env. 15 minutes. 	

Tableau 4: Scénarios d'accidents présentant des risques pour l'environnement

⁵⁾ On a choisi 20 t parce qu'on considère qu'une pollution grave des eaux superficielles ne se produit qu'à partir d'une perte de 15 t. Depuis l'introduction des poids lourds de 40 tonnes, il existe aussi en Suisse des véhicules pouvant transporter 20 tonnes d'essence.

⁶⁾ Les pertes d'épichlorhydrine dans les eaux souterraines ne sont pas prises en compte. En effet, la fréquence et les conséquences de tels accidents (substances solubles emportées relativement rapidement par les eaux souterraines) sont sensiblement moindres que celles des accidents impliquant de l'essence.

⁷⁾ On tient compte de pertes relativement limitées (5 t) parce que pour l'indicateur de dommages "pollution des eaux souterraines", des quantités sensiblement inférieures à 20 t peuvent entraîner de graves dommages.

4 Fréquence des pertes de produits

4.1 Taux de pertes de produits

On montre dans une première étape comment, sur la base des *taux d'accidents* et de *pertes de produits* par rapport aux *prestations kilométriques*, établir la *fréquence des pertes de produits*.

Le taux des accidents de poids lourds moyenné sur l'ensemble des types de routes affiche une légère tendance à la baisse (voir Figure 2). Il est donc pertinent de calculer le taux moyen des accidents et des pertes de produits par véhicule-mio.km sur la base des données statistiques actuelles du nombre d'accidents et des prestations de transport.

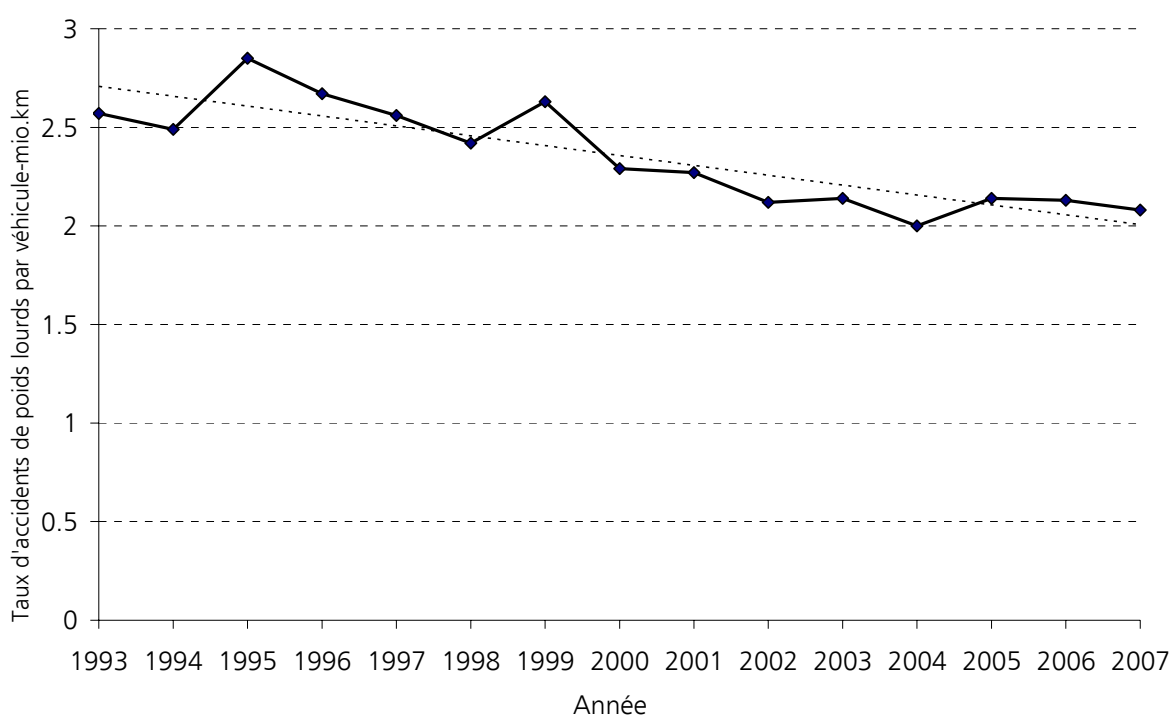


Figure 2: Evolution du taux des accidents de poids lourds (avec tendance linéaire)
(moyenne sur tous les types de routes) Source : Données de l'OFS et du bpa

Données disponibles pour l'analyse:

Nombre annuel d'accidents de véhicules autorisés à transporter des matières dangereuses (véhicules SDR) par type de route et importance des dommages.⁸⁾ Le Tableau 5 présente les moyennes des huit années 2000 – 2007.

Montant des dégâts par véhicule impliqué	Nombre annuel d'accidents de véhicules SDR (moyenne 2000-2007)				
	Autoroutes	Semi-autoroutes	Routes principales	Autres routes	Total CH
<5'000.-	2.4	0.1	7.1	8.3	17.9
5'000.- - 20'000.-	8.8	0.3	9.6	7.6	26.3
20'000.- - 50'000.-	2.0	0.0	3.3	0.8	6.0
>50'000.-	1.5	0.4	2.0	0.5	4.4
<i>Toutes classes</i>	<i>14.6</i>	<i>0.8</i>	<i>22.0</i>	<i>17.1</i>	<i>54.5</i>

Tableau 5: Nombre annuel moyen d'accidents de véhicules SDR par type de route et classe d'accident

- Prestations kilométrique annuelle globale de l'ensemble des véhicules SDR: $1,9 \cdot 10^8$ véhic.-km [voir Statistique SDR 2007]).

D'autres hypothèses sont nécessaires au calcul des taux de pertes :

- Répartition des prestations kilométriques de l'ensemble des véhicules SDR par type de route, voir Figure 3.⁹⁾

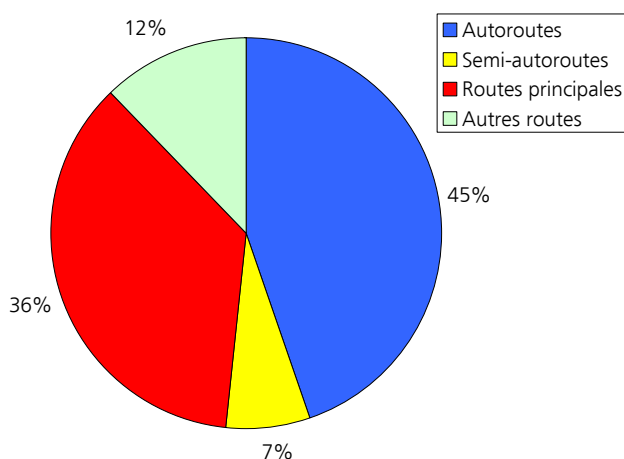


Figure 3: Répartition des prestations kilométriques par type de route

- Proportion des voyages à vide : 50%

⁸⁾ Seules les données systématiquement enregistrées dans les procès-verbaux d'accidents sont à disposition. Les éventuelles pertes et les quantités de matières répandues ne sont pas enregistrées. On peut toutefois supposer que les accidents graves s'accompagnent de pertes et que les quantités répandues sont fonction de l'importance des dommages.

⁹⁾ Ces valeurs peuvent être évaluées avec une relative fiabilité à partir des données sur les prestations kilométriques du trafic de poids lourds par type de transport (transit, import/export, trafic intérieur) en estimant pour chacun de ces types de transports la part des prestations kilométriques par type de route (par ex. 98% sur les autoroutes pour le transit).

- Probabilité de perte lors d'un transport routier de matières dangereuses (sans les voyages à vide) en fonction de la catégorie des dommages. On utilise les hypothèses du Tableau 6.

	Dégâts aux véhicules impliqués dans un accident [CHF]			
	< 5'000.-	5'000.- - 20'000.-	20'000.- - 50'000.-	>50'000.-
Probabilité d'une perte significative	0%	3%	20%	60%

Tableau 6: Probabilité d'une perte significative (eu égard aux dommages provoqués) lors d'un transport SDR à pleine capacité (voyages à vide exclus). Les valeurs se réfèrent aux pertes de matières dangereuses supérieures à 1'000 l.

On en tire les probabilités de perte par véhicule-km du Tableau 7 (la base d'estimation est également le taux d'accidents du trafic SDR ainsi que, à titre de comparaison et en italiques, le taux moyen d'accidents du trafic poids lourds général) :

Fréquence des événements [par véhic.-km]	Autoroutes	Semi-autoroutes	Routes principales	Autres routes
Pertes trafic SDR	9.0E-09	8.7E-09	1.5E-08	1.4E-08
<i>Accidents trafic SDR</i>	<i>1.7E-07</i>	<i>5.6E-08</i>	<i>3.1E-07</i>	<i>7.2E-07</i>
<i>Accident trafic général</i>	<i>1.0E-06</i>	<i>4.7E-07</i>	<i>2.4E-06</i>	<i>8.2E-06</i>

Tableau 7: Résultat du calcul des taux de perte dans le trafic SDR par type de route et taux des accidents dans le trafic SDR ainsi que, à titre de comparaison, dans le trafic général

Sur la base des prestations kilométriques et de la part des transports à pleine charge, il est possible de calculer à titre de contrôle de plausibilité la fréquence nationale des pertes :

	Autoroutes	Semi-autoroutes	Routes principales	Autres routes	Ensemble des routes
Fréquence des pertes en Suisse [par année]	0.39	0.06	0.53	0.17	1.15

Tableau 8: Extrapolation à la Suisse entière de la fréquence des fuites par type de route

Pour vérifier la plausibilité des fréquences de pertes ci-dessus, on évalue la fréquence des pertes significatives (quantité de liquide supérieure à 1'000 l) sur la base de la statistique nationale des accidents. Le Tableau 9 récapitule les événements de ce type connus des auteurs de ce rapport survenus sur les routes suisses entre 2000 et 2008.

Date	Lieu	Produit	Quantité libérée [l]	Type de route, resp. intérieur / extérieur d'une localité
19.05.00	Pratteln	Viscolam PS 166	2'000	extérieur
02.06.00	Kreuzlingen	essence	plusieur 1'000	extérieur
11.11.00	Frick	essence	4'000	extérieur
23.06.03	Chiasso	diesel	1'000	route principale
27.10.03	Chiasso	diesel	1'000	route principale
24.05.04	Cadenazzo	mazout	1'000	autoroute
17.12.05	Cadenazzo	diesel	1'500	autoroute
07.11.07	Aarau	solvant résiduel	1'500	intérieur

Tableau 9: Liste des accidents connus ayant entraîné des pertes de matières dangereuses sur les routes suisses depuis 2000, avec fuite d'au moins 1'000 l.

Si l'on classe les trois événements du Tableau 9 survenus en-dehors de localités dans la catégorie «routes principales», on enregistre sur 9 années 2 pertes de matières dangereuses sur des autoroutes, 5 sur des routes principales et 1 sur d'autres routes. Ce qui correspond à une fréquence annuelle de 0,22 (autoroutes), 0,56 (routes principales), 0,11 (autres routes) et à une fréquence cumulée de 0,89 par an. Bien qu'il soit possible que quelques événements importants n'aient pas été répertoriés dans le Tableau 9, on peut considérer que l'extrapolation des taux de fuite du Tableau 7 est plausible.

Pour les deux gaz liquides transportés sous pression dans des récipients à parois épaisses, le propane et le chlore, on évalue que le taux des événements est dix fois moindre. Pour le liquide épichlorhydrine, on adopte le même taux que pour l'essence. Le Tableau 10 récapitule les valeurs employées, cette fois en unité « par véhicule et 100 m ».

Taux de fuite moyen [par véhic. et 100 m]	Autoroutes	Semi-autoroutes	Autres routes de transit
Substances-types essence et épichlorhydrine	9.0E-10	8.7E-10	1.5E-09
Substances-types propane et chlore	9.0E-11	8.7E-11	1.5E-10

Tableau 10: Taux moyens de pertes par véhicule et 100m pour les quatre substances représentatives, ventilés par type de route

Le taux local d'accidents, et donc le taux de pertes, peut s'écarter de la moyenne. Ainsi les valeurs peuvent être sensiblement plus élevées dans les courbes serrées, les entrées et sorties d'autoroutes ou aux carrefours (autres routes de transit). Un facteur de correction du taux de pertes moyen permet d'en tenir compte. Ce facteur peut être fixé par l'utilisateur de la méthode

du screening sur la base de ses propres appréciations ; sa valeur va de 10 (taux de fuite très supérieur à la moyenne) à 0,1 (taux de fuite inférieur à la moyenne).¹⁰⁾

4.2 Fréquence des pertes de produits

En se fondant sur les taux de pertes ci-dessus, on peut calculer la fréquence H_j des pertes d'une substance représentative donnée de la manière suivante :

$$H_j = h_j \cdot f_{\text{accident}} \cdot 365 \cdot TJM \cdot PPL \cdot PMD \cdot PST_j \quad [\text{par année et 100 m}] \quad (\text{Formule 1})$$

Avec:

h_j taux moyen de perte de substance représentative par véhicule et 100 m selon le Tableau 10

f_{accident} facteur local de correction à appliquer au taux de pertes (voir le dernier paragraphe du chapitre 4.1)

TJM TJM local [véhicules par jour]

PPL part locale du trafic de poids lourds dans le TJM

PMD part locale du transport de matières dangereuses dans le trafic poids lourds

PST_j part locale de la substance j du transport de matières dangereuses

Quelques valeurs typiques prises par PPL, PMD et PST:

- PPL: Selon le calcul de l'Office fédéral de la statistique (OFS) des mouvements de véhicules et des prestations kilométriques du trafic personnel et du trafic lourd en 2007, la part du trafic lourd dans le trafic général (PPL) est de 3.5%.¹¹⁾ Le Manuel III de l'OPAM se fonde sur une moyenne suisse de 6%.
- PMD: Selon le Manuel III de l'OPAM, la part du trafic routier de matières dangereuses dans le trafic lourd est, en moyenne suisse, de 8%. L'Office fédéral de la statistique de Wiesbaden [SBW, 2008] a calculé sur la base de chiffres des années 2001 à 2006 que, en Allemagne, l'PMD était d'environ 5,5%.
- PST: La part des différentes classes de produits dans le transport routier de matières dangereuses est indiquée par le Manuel III de l'OPAM sous forme de moyennes (facteurs ASK). La part des matières dangereuses de classe 2, c'est-à-dire les liquides facilement

10) Les écarts par rap. à la référence 1 doivent être justifiés par ex. par des données locales sur les accidents ou par la présence de facteurs locaux tels que des carrefours ou des accès à l'autoroute.

11) Selon l'OFS, la prestation kilométrique du trafic général s'est élevée en 2007 à 62'972 mio km et celle du trafic lourd à 2'203 mio km.

inflammables (substance représentative : l'essence), y entre pour 70%. En l'Allemagne, selon l'Office fédéral de la statistique de Wiesbaden [SBW, 2008] elle s'élevait à 68%. L'analyse pilote des risques se fonde sur une valeur de 60%. La valeur ASK des huiles minérales – calculée sur la base de données statistiques de l'OFS sur les prestations des véhicules de transport de marchandises [OFS 2008] – est d'environ 52%.¹²⁾

Les valeurs f_{accident} , TJM, PPL, PMD et PST_j doivent être des valeurs locales. Cependant, à l'exception de TJM et des statistiques sur les accidents utilisées dans le calcul de f_{accident} , on ne les connaît généralement pas. C'est pourquoi, en pratique, il est judicieux de suivre les valeurs standards. On les trouve dans le manuel d'utilisation de l'application [Manuel 2010].

¹²⁾ La méthode du screening se fonde sur une valeur ASK de la substance type essence de 60 %; on estime qu'il s'agit pour 2/3 de diesel ou de mazout et pour 1/3 d'essence. On pose par ailleurs que la probabilité d'inflammation du diesel ou du mazout est dix fois moindre que celle de l'essence.

5 Quantification des risques pour la population

5.1 Méthodologie

Comme c'est généralement le cas dans l'analyse quantitative des risques, nous envisageons divers scénarios pour chacune des trois substances représentatives retenues, l'essence, le propane et le chlore. Ces scénarios sont représentés sous forme d'arbres des événements. Ils permettent de tenir compte de facteurs aléatoires dans le calcul de l'ampleur des dommages. Ces influences peuvent être réparties en trois domaines:

- Mode de perte (scénarios de perte)
- Effet et extension des effets (scénarios des effets)
- Exposition des personnes dans la zone concernée (scénarios d'exposition)

Les scénarios de perte comme les scénarios des effets dépendent beaucoup des propriétés des types de produits impliqués; nous vous renvoyons à ce sujet aux chapitres 5.4 à 5.6. Les scénarios d'exposition, eux, ne dépendent pas du type de produit impliqué et sont décrits dans le chapitre suivant.

5.2 Scénarios d'exposition

Vue d'ensemble

En règle générale, les effets d'un produit diminuent avec la distance de son point de perte. On en tient compte en définissant trois secteurs successifs, ne se chevauchant pas, de part et d'autre de l'élément de tronçon considéré:¹³⁾

- 0 – 50 m (la létalité des trois substances représentatives y est > 0)
- 50 – 200 m (létalité négligeable pour l'essence et > 0 dans certains scénarios impliquant les autres substances représentatives)
- 200 – 500 m (létalité négligeable pour l'essence et le propane, et > 0 pour le chlore)

Au-delà de 500 m, même les scénarios de grande portée ne prévoient pas de dommages significatifs, si bien qu'il n'est plus besoin d'y étudier l'exposition des personnes.

Dans l'étude de l'exposition des personnes, on distingue entre trois groupes de personnes:

- Population résidente et personnes au travail. Il est possible d'obtenir des données moyennes à ce sujet (grille d'un hectare) par voie électronique auprès de l'Office fédéral de la statistique.
- Concentrations périodiques de personnes n'appartenant ni à la population résidente ni aux personnes au travail (par ex. centres commerciaux, écoles).¹⁴⁾ Ces données doivent être saisies "à la main" pour chaque secteur. Pour des raisons d'économie, on se contentera de les relever jusqu'à une distance de 200 m.
- Personnes circulant en véhicules sur la route étudiée. On accordera une attention particulière aux embouteillages étant donné que, en cas d'accident impliquant des matières dangereuses, ils sont fréquents et que la densité de personnes sur un tronçon où le trafic est immobilisé peut être nettement supérieure à celle prévalant quand le trafic est fluide. Par ailleurs, la durée d'exposition aux matières dangereuses (par ex. gaz toxiques) peut être très supérieure lors d'un embouteillage qu'en cas de passage rapide du véhicule. Étant donné que le nombre de personnes prises dans un bouchon dépend beaucoup du volume du trafic lors de l'accident ainsi que du type de véhicules impliqués, on distinguera entre les scénarios d'exposition suivants:
 - Trafic moyen et un bus plein pris dans l'embouteillage¹⁵⁾
 - Trafic moyen et pas de bus pris dans l'embouteillage
 - Trafic supérieur à la moyenne et pas de bus pris dans l'embouteillage
 - Trafic inférieur à la moyenne et pas de bus pris dans l'embouteillage

Dans les deux premiers groupes de personnes ci-dessus, on distingue encore, en raison de l'influence que cela a sur la létalité, entre

- personnes en plein air,
- personnes à l'intérieur de bâtiments.

Enfin, pour mieux cerner les différences d'exposition, on tient également compte des heures durant lesquelles le transport de matières dangereuses est autorisé:

- Heures de travail (08h00 – 17h00 les jours ouvrés, soit 45 h par semaine)
- Autres heures en-dehors des heures nocturnes interdites à la circulation des poids lourds (05h00 – 08h00 et 17h00 – 22h00 les jours ouvrés, ainsi que 05h00 – 22h00 le samedi, soit 57 heures par semaine), désignées comme "période restante et samedi".

Calcul de la population exposée: population résidente et personnes au travail

Les données de base (densité de la population résidente et densité des places de travail) sont des facteurs locaux qui seront introduits en unités par km² par l'utilisateur du screening pour les trois secteurs considérés (0 – 50 m, 50 – 200 m, 200 – 500 m). La distinction entre les deux périodes

13) Comme il n'est pas tenu compte des directions dans l'évaluation des risques (on ignore par ex. le sens du vent), on fait la moyenne entre les valeurs des deux côtés de la route.

14) En revanche, il ne peut pas être tenu compte des concentrations de personnes de courte durée (par ex. dans les stades) car il n'est fait de différence qu'entre deux types de périodes: la journée, c. à d. durant les heures habituelles de travail, et la période restante autorisée à la circulation des poids lourds.

15) Il n'est tenu compte que des cas où un bus plein se trouve à moins de 50 mètres de l'accident.

et entre personnes se trouvant en plein air ou à l'intérieur de bâtiments s'effectue à l'aide de facteurs de présence. Ces facteurs précisent la répartition de la population résidente et des personnes au travail entre plein air et bâtiments en fonction de tranches horaires. Ils se fondent sur les prescriptions du projet de rapport cadre "Les installations de gaz naturel", lesquelles ont été adaptées, les périodes retenues pour le gaz comprenant également les heures de nuit et couvrant donc 24 h sur 24.

Segment de population	Période	A l'intérieur	En plein air
Population résidente	Durant les heures de travail (45 heures)	22%	3%
	Période restante et samedi (57 heures)	54%	6%
Personnes au travail	Durant les heures de travail (45 heures)	81%	9%
	Période restante et samedi (57 heures)	4.5%	0,5%

Tableau 11: Facteurs de présence de la population résidente et au travail (source: Rapport cadre sur les installations de gaz naturel (projet), avec quelques adaptations)

Le nombre absolu de personnes à l'intérieur ou en plein air s'obtient en multipliant la densité de la population de chacun des secteurs par sa surface (symétrie gauche-droite). L'addition de la population résidente et des personnes au travail donne la valeur totale des deux expositions et pour les deux périodes.

Calcul de la population exposée: passagers de véhicules

Le calcul du nombre d'utilisateurs de la route se trouvant dans l'un des trois secteurs considérés d'exposition aux matières dangereuses (0 – 50 m, 50 – 200 m, 200 – 500 m) se base sur une série d'hypothèses:

- Nombre de voies engorgées
 - Routes à deux voies, une par sens de circulation: Blocage complet par l'accident ayant provoqué la perte des matières dangereuses, d'où formation d'un bouchon dans les deux sens.
 - Routes à séparation médiane et au moins deux voies par sens de circulation: Blocage du trafic dans le sens du véhicule accidenté et pas de bouchon dans le sens inverse. On considère néanmoins que les véhicules circulant en sens inverse peuvent également être touchés par les effets des matières dangereuses ayant fuit (voir les hypothèses du Tableau 14).
- Volume du trafic au moment de l'accident: On distingue entre les scénarios volume de trafic *supérieur à la moyenne / moyen / inférieur à la moyenne* selon le volume par unité de temps; le facteur peut alors prendre les valeurs 2 / 1 / 0,5.
- Le front du bouchon se forme toujours sur le lieu de l'accident. On considère donc (cas le plus probable) les premiers véhicules ne peuvent pas avoir maintenu entre eux de distance de sécurité. L'espace moyen entre l'avant de deux véhicules immobilisés à proximité du front est estimé à 6,5 m (source: PRA) et à 10 m pour un bus. On pose par ailleurs que la longueur du bouchon est la même sur toutes les voies engorgées.
 - On associe à chaque scénario une durée caractéristique $\Delta t_{\text{bouchon}}$ durant laquelle les effets du produit dangereux se déploient et durant laquelle le bouchon se forme (les véhicules arrivant plus tard dans la zone d'engorgement ne sont pas concernés car l'effet du produit est déjà en voie de dissipation):
 - Inflammation instantanée des produits de type essence et propane: 20 s
 - Inflammation retardée des produits de type essence et propane: 60 s
 - Effets toxiques du chlore: 500 s
- Nombre moyen de personnes par véhicule: 1,5 pour les véhicules "normaux", 50 pour un bus plein (source: PRA 1999).

Calcul du nombre des passagers de véhicules pris, par secteur, dans l'embouteillage:

1. Détermination du nombre de véhicules $n_{\text{véhic}}$ qui, en fonction du volume du trafic, se trouvent pris dans un bouchon pendant la durée caractéristique de formation de ce bouchon touchant toutes les voies dans le sens du véhicule accidenté:

$$n_{\text{véhic}} = \frac{TJM \cdot \alpha_{TJM} \cdot f_{TJM} \cdot \Delta t_{\text{bouchon}}}{2 \cdot \Delta t_{\text{période}}}$$

Avec:¹⁶⁾

TJM TJM, trafic journalier moyen

α_{TJM} Part des véhicules (rapportée au nombre total de véhicules) durant la période concernée (donnée spécifique locale)

16) La division par un facteur 2 repose sur l'hypothèse que le nombre moyen de véhicules circulant dans les deux sens est équivalent.

Exemple: Il ressort de la courbe de variation journalière du trafic journalier moyen (TJM) et de celle du trafic moyen des jours ouvrables (TMJO) de l'année 2007 que 53% des véhicules circulent de jour et environ 38% durant la période restante autorisée.¹⁷⁾ Le 9% restant circule pendant les heures d'interdiction de circuler de nuit ou le dimanche.

$\Delta t_{\text{période}}$ Durée de la période considérée par journée (9 h par jour, soit 32'400 s; période restante de 8 h, soit 28'800 s)

f_{TJM} Facteur d'écart (par rapport à la moyenne) du volume du trafic (nombre de véhicules passant à l'endroit considéré par unité de temps) au moment de l'accident. Pour le scénario "volume moyen de trafic", on utilise par définition la valeur 1. Pour les scénarios volume du trafic "supérieur" ou "inférieur" à la moyenne, on prend pour volume instantané du trafic une valeur respectivement 2 fois supérieure ou de moitié inférieure à la moyenne.

$\Delta t_{\text{bouchon}}$ Durée caractéristique de formation du bouchon (voir ci-dessus)

2. Détermination de la longueur du bouchon l_{bouchon} formé par les $n_{\text{véhic}}$ véhicules sur une voie:

$$l_{\text{bouchon}} = \frac{n_{\text{véhic}} \cdot s_{\text{véhic-véhic}}}{n_{\text{voies}}}$$

avec:

$s_{\text{véhic-véhic}}$ Distance moyenne entre les véhicules du bouchon (voir l'hypothèse ci-dessus). Lorsqu'un bus se trouve dans l'embouteillage, on augmente cette distance de 10 m.

n_{voies} Nombre de voies par sens de circulation (variable locale)

3. Détermination du nombre $n_{\text{pers.bouchon}}$ de personnes prises dans le bouchon dans un sens de circulation:

$$n_{\text{pers.bouchon}} = n_{\text{véhic}} \cdot \rho_{\text{pers}}$$

avec:

ρ_{pers} Nombre de personnes par véhicule (voir l'hypothèse ci-dessus).

17) Chiffres du poste de comptage de MuttENZ: <http://www.portal-stat.admin.ch/avz/docs/su-b-11.03.01-AVZ08-ZS-081.pdf>. Données supplémentaires sur le trafic des années précédentes: <http://www.portal-stat.admin.ch/avz/files/de/00.xml>. Pour l'année en cours: <http://www.astra.admin.ch/verkehrsdaten/00299/00301/index.html?lang=de> (comptage automatique du trafic routier) et http://www.portal-stat.admin.ch/ssvz/files/index_de.html (comptage du trafic routier suisse 2005)

4. Détermination du nombre résultant $n_{pers,bouchon,i}$ de personnes prises dans l'embouteillage par secteur d'éloignement de distance i (sur toutes les voies d'un sens de circulation):

$$n_{pers,bouchon,0-50} = n_{pers,bouchon} \quad \text{pour } l_{bouchon} \leq 50 \text{ m}$$

$$n_{pers,bouchon,0-50} = n_{pers,bouchon} \cdot \frac{50 \text{ m}}{l_{bouchon}} \quad \text{pour } l_{bouchon} > 50 \text{ m}$$

$$n_{pers,bouchon,50-200} = n_{pers,bouchon} - n_{pers,bouchon,0-50} \quad \text{pour } l_{bouchon} \leq 200 \text{ m}$$

$$n_{pers,bouchon,50-200} = n_{pers,bouchon} \cdot \frac{200 \text{ m}}{l_{bouchon}} - n_{pers,bouchon,0-50} \quad \text{pour } l_{bouchon} > 200 \text{ m}$$

$$n_{pers,bouchon,200-500} = n_{pers,bouchon} - n_{pers,bouchon,0-50} - n_{pers,bouchon,50-200} \quad \text{pour } l_{bouchon} \leq 500 \text{ m}$$

$$n_{pers,bouchon,200-500} = n_{pers,bouchon} \cdot \frac{500 \text{ m}}{l_{bouchon}} - n_{pers,bouchon,0-50} - n_{pers,bouchon,50-200} \quad \text{pour } l_{bouchon} > 500 \text{ m}$$

Le Tableau 12 présente les résultats intermédiaires et les résultats de l'exposition des usagers de la route pour les 8 scénarios étudiés (2 durées et 4 situations se rapportant au volume du trafic sur les lieux de l'accident et de l'éventuelle présence d'un bus plein) sur la base des exemples suivants:

- Autoroute à deux voies par sens de circulation
- TJM 58'000 véhicules par jour, dont 53% durant les heures de travail (45 h/semaine) et 38% durant les autres heures autorisées à la circulation des poids lourds (57 h/semaine). Ces chiffres correspondent à un véhicule toutes les 2 secondes, dans un sens donné, durant les heures de travail, et un peu moins durant les autres heures autorisées à la circulation.

Accessibilité latérale de la route	Facteur de correction $f_{\text{sauvetage indiv}}$	
	Tous les scénarios avec inflammation retardée de propane	Tous les scénarios impliquant du chlore
dégagé au moins d'un côté	0.9	0.8
limitée des deux côtés (par ex. parois antibruit avec portes de secours)	0.97	0.95
mauvaise des deux côtés (par ex. passage en tranchée, parois antibruit sans portes de secours)	1	1

Tableau 13: Facteur de correction $f_{\text{sauvetage indiv}}$ permettant de tenir compte des possibilités de fuite latérale (pour les scénarios avec effets retardés)

Le nombre total de véhicules exposés $n_{\text{pers.véhic},i}$ est le produit de la valeur $n_{\text{pers.bouchon},i}$ ci-dessus par un facteur d'échelle indiqué dans le tableau ci-dessous. On tient ainsi compte des véhicules pris dans le bouchon côté accident ainsi que des véhicules circulant dans le sens inverse, sens dans lequel, sur une autoroute, on considère qu'il ne se forme pas de bouchon. On tient ainsi également compte des éventuelles asymétries radiales, c. à d. de l'orientation des effets pouvant renforcer ou réduire les retombées sur le bouchon (voir l'arbre des événements par substance représentative).

Type de route, type d'effets	Facteur d'échelle	Remarques
Autoroute en trafic unidirectionnel Symétrie radiale des effets	1.4	Contribution du trafic opposé non engorgé: 0,4
Autoroute en trafic unidirectionnel Effets radialement asymétriques, orientés côté bouchon	1	Valeur de référence d'un bouchon unidirectionnel avec propagation des effets sur le bouchon
Autoroute en trafic unidirectionnel Effets radialement asymétriques, dans une autre direction que le bouchon	0.1	Hypothèse: la propagation de l'effet étant favorable, le nombre de véhicules exposés est dix fois moindre que dans le cas de référence.
Autoroute en trafic bidirectionnel Symétrie radiale des effets	2	Hypothèse: bouchons de même ampleur dans les deux sens, véhicules également exposés
Route principale en trafic bidirectionnel Effets radialement asymétriques, orientés vers l'un des deux bouchons	1	(Voir la valeur de référence ci-dessus)
Route principale en trafic bidirectionnel Effets radialement asymétriques, dans une autre direction que le bouchon	0.1	La propagation de l'effet étant favorable, le nombre de véhicules exposés est dix fois moindre que dans le cas de référence.

Tableau 14: Facteur d'échelle en fonction du nombre de personnes exposées dans l'embouteillage, du type de route et de la direction de propagation du produit dangereux et de ses effets

5.3 Démarche générale d'estimation de l'ampleur des dommages

L'étude de l'ampleur des dommages par scénario se fonde, comme indiqué au chapitre précédent, sur l'analyse de l'exposition des personnes, mais également sur une série de paramètres permettant de préciser la létalité moyenne effective $\lambda_{eff,i}$ pour le secteur de classe i :

- Létalité de base $\lambda_{i, \text{plein air}}$ selon la modélisation des effets lors d'une exposition en plein air, différenciée par classe d'éloignement i (0 – 50 / 50 – 200 / 200 – 500 m)
- Facteurs de correction $f_{\text{profil en travers}}$ ou $f_{\text{profil en travers, véhic}}$ permettant de tenir compte des obstacles des deux côtés de la route (parois antibruit, route en tranchée; précisés ci-après sous "profil en travers de la route"). De tels obstacles augmentent la létalité des usagers de la route ($f_{\text{profil en travers, véhic}} \geq 1$) et réduisent celle des personnes hors de la zone routière considérée ($f_{\text{profil en travers}} \leq 1$).¹⁸⁾ Pour les routes dégagées au moins d'un côté (propagation libre des effets), on applique $f_{\text{profil en travers, véhic}} = f_{\text{profil en travers}} = 1$.
- Part du segment où s'applique la létalité de base $\lambda_{i, \text{plein air}}$ par rapport à la surface complète de chaque classe de secteur (facteur de correction géométrique pour effets asymétriques) $f_{\text{géo},i}$
- Probabilité $f_{\text{sauvetage},i}$ de fuite ou de sauvetage réussi (0: aucune fuite ni sauvetage possible, 1: fuite ou sauvetage toujours possible)
- Facteur $f_{\text{bâtiment},i}$ resp. $f_{\text{véhic},i}$ de protection supplémentaire pour les personnes à l'intérieur de bâtiments ou de véhicules (1: protection totale, 0: létalité dans les bâtiments et dans les véhicules égale à la létalité en plein air)

Calcul du nombre prévisible de morts à partir du nombre de personnes présentes en plein air / à l'intérieur de bâtiments / à l'intérieur de véhicules, par secteur

$$\lambda_{eff,i, \text{plein air}} = \lambda_{i, \text{plein air}} \cdot f_{\text{profil en travers}} \cdot f_{\text{géo},i} \cdot (1 - f_{\text{sauvetage},i})$$

$$\lambda_{eff, \text{bâtiment},i} = \lambda_{i, \text{plein air}} \cdot f_{\text{profil en travers}} \cdot f_{\text{géo},i} \cdot (1 - f_{\text{sauvetage},i}) \cdot (1 - f_{\text{bâtiment},i})$$

$$\lambda_{eff, \text{véhic},i} = \lambda_{i, \text{plein air}} \cdot f_{\text{profil en travers, véhic}} \cdot f_{\text{géo},i} \cdot (1 - f_{\text{sauvetage},i}) \cdot (1 - f_{\text{véhic},i})$$

L'ampleur générale des dommages par scénario s'obtient en multipliant le nombre de personnes exposées selon le chapitre 5.2 par la létalité effective dérivée des formules ci-dessus pour chacun des trois secteurs i et chacun des trois types d'exposition (plein air, bâtiment, véhicule), puis en les additionnant. On arrondit à l'entier l'ampleur des dommages (nombre de morts) provoqués par l'événement.

18) Lorsque les obstacles ne se trouvent que d'un côté de la route, il n'en est pas tenu compte par souci de simplicité. Une route dégagée d'un côté (propagation libre des effets) mais dont l'autre côté forme talus est traitée comme une route dégagée des deux côtés. On ne tient pas non plus compte des routes en crêtes de digues.

Les trois chapitres suivants abordent la question du calcul de l'ampleur des dommages occasionnés par les substances représentatives. Il s'agit tout d'abord de déterminer les paramètres de calcul de la létalité effective et, d'autre part, la probabilité d'occurrence des scénarios considérés. Les paramètres nécessaires au calcul de la létalité effective sont tirés des références suivantes:

- Substance représentative chlore: Calculs de propagation et d'effet avec le programme "Effects", version 7.4, divers hypothèses (par ex. protection des bâtiments par analogie avec [PRA 1999])
- Substance représentative propane: voir [B & H 1992] et [PRA 1999]
- Substance représentative essence: voir [Carbura 2005] et [PRA 1999]

5.4 Ampleur des dommages occasionnés par la substance représentative essence

5.4.1 Arbre des effets et létalité

Pour l'étude des paramètres de calcul de la létalité effective, on peut s'en tenir aux scénarios des effets; les scénarios ne se distinguant que par la prise en compte de l'exposition des personnes, ils peuvent utiliser les mêmes taux de létalité. La Figure 4 présente les paramètres fixes de calcul de la létalité effective ainsi que, sous forme d'arbre des effets, son résultat pour les quatre scénarios retenus. Les facteurs de correction spécifiant le type de route $f_{\text{profil en travers, véhic}}$ (pour les usagers) et $f_{\text{profil en travers}}$ (pour les personnes en dehors de la route) sont indiqués en Figure 5.

Léthalité effective résultante dans les véhicules $\lambda_{\text{eff,véhic},i}$	200-500 m	0	0	0	0.320	0	0	0	0.090	0	0	0.045	0	0	0.075	0	0	0.150	0	0	0.400	0	0	0.280	0	0	0.200	0	0	0.090	0	0	0.320	0	0
	50-200 m	0	0	0	0.090	0	0	0	0.015	0	0	0.015	0	0	0.015	0	0	0.150	0	0	0.400	0	0	0.150	0	0	0.015	0	0	0.090	0	0	0.090	0	0
	0-50 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.400	0	0	0.400	0	0	0.200	0	0	0.200	0	0	0.320	0	0
	200-500 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Léthalité effective résultante dans les bâtiments $\lambda_{\text{eff,bâtiment},i}$	50-200 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0-50 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.400	0	0	0.280	0	0	0.200	0	0	0.200	0	0	0.320	0	0
	200-500 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	200-500 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Léthalité effective résultante en plein air $\lambda_{\text{eff,plein air},i}$	50-200 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.400	0	0	0.400	0	0	0.200	0	0	0.200	0	0	0.320	0	0
	0-50 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.400	0	0	0.400	0	0	0.200	0	0	0.200	0	0	0.320	0	0
	200-500 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	200-500 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Facteur de protection du véhicule $f_{\text{véhic},i}$	50-200 m																				0.40			0.150			0.015			0.015			0.090		
	0-50 m																				0.40			0.150			0.015			0.015			0.090		
	200-500 m																																		
	200-500 m																																		
Facteur de protection du bâtiment $f_{\text{bâtiment},i}$	50-200 m																				0.70			0.30			0.015			0.015			0.090		
	0-50 m																				0.70			0.30			0.015			0.015			0.090		
	200-500 m																																		
	200-500 m																																		
Probabilité de sauvetage individuel ou par des tiers $f_{\text{sauvetage},i}$	50-200 m																				0.70			0.30			0.015			0.015			0.090		
	0-50 m																				0.70			0.30			0.015			0.015			0.090		
	200-500 m																																		
	200-500 m																																		
Part du segment concerné sur l'ensemble du périmètre, par secteur $f_{\text{geo},i}$	50-200 m																				0.40			0.150			0.015			0.015			0.090		
	0-50 m																				0.40			0.150			0.015			0.015			0.090		
	200-500 m																																		
	200-500 m																																		
Léthalité de base moyenne dans le segment concerné (en plein air, sans sauvetage individuel) $\lambda_{\text{i,plein air}}$	50-200 m																				0.70			0.30			0.015			0.015			0.090		
	0-50 m																				0.70			0.30			0.015			0.015			0.090		
	200-500 m																																		
	200-500 m																																		
Mode de libération: instantané / continu																																			
Point de libération: sur la chaussée / à côté de la chaussée																																			
Evènement déclencheur: perte d'essence [par véhic. et 100m]																																			

Figure 4: Paramètres entrant dans le calcul de la létalité effective pour les quatre scénarios retenus pour l'essence. Au-delà de 50 m, la létalité est ramenée à 0.

		Facteur de correction Usagers de la route $f_{\text{profil en travers, véhic}}$			Facteur de correction Personnes hors de la route $f_{\text{profil en travers}}$		
Point de libération: sur la chaussée / à côté de la chaussée	Mode de libération: instantané / continu	Dégagé au moins d'un côté	Parois antibruit des deux côtés	Talus élevés des deux côtés (tranchée)	Dégagé au moins d'un côté	Parois antibruit des deux côtés	Talus élevés des deux côtés (tranchée)
		1	1	1	1	0.3	0.1
		1	1	1	1	0.3	0.1
		1	0.3	0.3	1	1	1
		1	0.3	0.3	1	1	1

Figure 5: Facteurs de correction pour la prise en compte du profil en travers de la route dans les scénarios retenus pour l'essence

5.4.2 Probabilité d'occurrence des scénarios dans l'arbre des événements

La Figure 6 présente l'arbre des événements (combinaison de scénarios d'exposition et des effets) liés à la substance représentative essence (moitié supérieure). Les probabilités conditionnelles, indiquées en couleurs, sont brièvement expliquées ci-dessous.

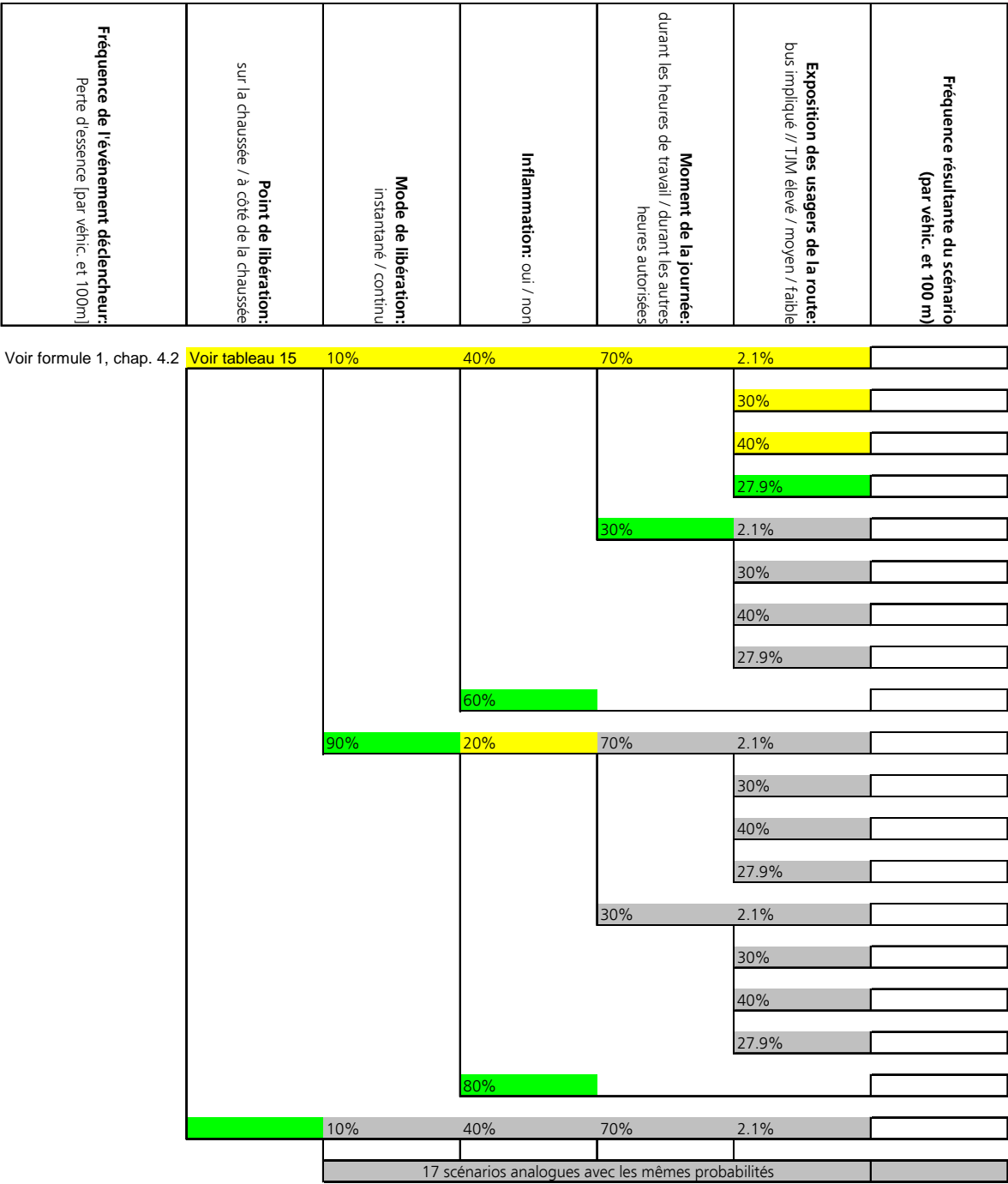


Figure 6: Arbre des événements pour la substance représentative essence avec fréquence des pertes et probabilités conditionnelles des scénarios d'exposition et des effets (la moitié inférieure de l'arbre, qui n'est qu'esquissée, est structurellement identique et repose sur les mêmes probabilités). Couleurs: jaune: valeur de base, vert: complément à 1, gris: répétition de valeurs identiques

Point de libération

On considère deux cas: le produit est entièrement déversé sur la chaussée, le produit est entièrement déversé à côté de la chaussée. Les formes intermédiaires (par ex. moitié sur la chaussée, moitié à côté) sont ignorées. On distingue donc entre deux points de libération: "sur la chaussée" et "à côté de la chaussée". Le point de libération dépend des dispositifs de retenue des véhicules (voir Tableau 15).

Dispositif de retenue	Probabilité de libération	
	Sur la chaussée	A côté de la chaussée
Aucun dispositif de retenue	0.80	0.20
H1 ("ridelles normales")	0.92	0.08
H2 ("fortes ridelles")	0.96	0.04
Talus	0.97	0.03
Profil New Jersey / parapet	0.99	0.01
Talus escarpés et élevés	1	0

Tableau 15: Probabilité d'une libération sur et à côté de la chaussée

Mode de libération

Probabilités de libération de la substance représentative essence selon les deux modes retenus par l'Analyse pilote des risques Route

- libération instantanée: 0.1
- libération continue: 0.9

Probabilité d'inflammation

La probabilité d'inflammation dépend du mode de libération (instantané / continu); elle est fixée comme dans l'Analyse pilote des risques Route:

Mode de libération	Probabilité	
	d'inflammation	de non inflammation
Libération instantanée	0.4	0.6
Libération continue	0.2	0.8

Tableau 16: Probabilités d'inflammation de l'essence¹⁹⁾

19) On part du principe que la substance représentative essence se compose pour 2/3 de diesel/mazout et pour 1/3 d'essence. La probabilité d'inflammation du diesel/mazout est 10 fois moindre que celle de l'essence.

Moment de la journée

La branche "moment de la journée" permet de tenir compte des différences de probabilité d'accident impliquant des matières dangereuses entre les heures de travail (du lundi au vendredi de 08h00 à 17h00) et les autres heures autorisées à la circulation des poids lourds. Cette probabilité est en bonne approximation égale à la part de matières dangereuses transportées pendant les heures correspondantes. Il s'agit là essentiellement d'un paramètre local devant être fixé par l'utilisateur du modèle. En l'absence de valeurs locales, on peut se rabattre sur les valeurs standards suivantes:

- Part des transports durant les heures de travail 0,7 ²⁰
- Part des transports durant les autres heures autorisées: 0,3

Exposition des usagers de la route

En ce qui concerne le nombre des usagers de la route exposés au produit dangereux à la suite de sa libération accidentelle, on distingue les situations suivantes:

- Bus plein à proximité de l'accident (moins de 50 m), trafic moyen
- Trafic supérieur à la moyenne / moyen / inférieur à la moyenne (et pas de bus plein à proximité) ²¹⁾

Pour simplifier l'application de la méthode du screening, il est suggéré d'utiliser les probabilités standards suivantes plutôt que des probabilités locales (les deux valeurs qui ne sont pas expliquées par une note de bas de page sont des hypothèses):

- Bus plein à proximité (pour un nombre moyen des véhicules par heure): 0,021 ²²⁾
- Trafic supérieur à la moyenne (nombre double de véhicules/s): 0,3
- Trafic moyen (nombre moyen de véhicules/s): 0,4
- Trafic inférieur à la moyenne (moitié moins de véhicules/s): 0,279 ²³⁾

20) En 2007, le TJM des poids lourds mesuré par un poste de comptage de l'A2 s'élevait à 8'000 véhicules. La part des transports durant les heures de travail (de 08h00 à 17h00 du lundi au vendredi) a été calculée sur la base des courbes de variation journalière du trafic poids lourds à ce poste de comptage.

21) Pour la définition des scénarios "trafic supérieur à la moyenne", "trafic moyen", "trafic inférieur à la moyenne", voir les explications en page 20.

22) Un poste de comptage de l'A2 a enregistré 460 bus pour un TJM de 119'000 véhicules. En posant que 80 % des bus sont chargés de passagers, cela représente environ 0,3% de tous les véhicules. Si l'on tient compte du fait qu'un embouteillage de 50 m compte en moyenne 7 véhicules, la probabilité qu'un bus y soit pris est de $7 \cdot 0,3 \% = 2,1 \%$.

23) Le complément à 1.

5.5 Ampleur des dommages occasionnés par la substance représentative propane

5.5.1 Arbre des effets et létalité

La Figure 8 présente les paramètres fixes nécessaires au calcul de la létalité effective ainsi que le résultat des six scénarios des effets de la substance représentative propane présentés sous forme d'arbre des effets. Les facteurs de correction par type de route $f_{\text{profil en travers, véhic}}$ (pour les usagers de la route) et $f_{\text{profil en travers}}$ (pour les personnes hors de la route) sont indiqués en Figure 7.

			Facteur de correction Usagers de la route $f_{\text{profil en travers, véhic}}$			Facteur de correction Personnes hors de la route $f_{\text{profil en travers}}$		
Mode de libération: instantané (12 t) / continu (30 kg/s)	Inflammation: immédiate / retardée	Force du vent: brise / vent	Dégagé au moins d'un côté	Parois antibruit des deux côtés	Talus élevés des deux côtés (tranchée)	Dégagé au moins d'un côté	Parois antibruit des deux côtés	Talus élevés des deux côtés (tranchée)
			1	1.00	1.00	1	1.00	0.90
			1	1.30	2.00	1	0.90	0.50
			1	1.20	1.60	1	0.95	0.70
			1	1.00	1.00	1	0.80	0.30
			1	1.10	1.40	1	0.85	0.40
			1	1.05	1.20	1	0.90	0.50

Figure 7: Facteurs de correction permettant de tenir compte du profil en travers de la route dans les six scénarios retenus pour le propane

Léthalité résultante dans les véhicules	200-500 m	BLEVE (ébullition-explosion)									
	50-200 m	Incendie d'un nuage de gaz, important									
	0-50 m	Incendie d'un nuage de gaz, important									
Léthalité résultante dans les bâtiments	200-500 m	Torche									
	50-200 m	Incendie d'un nuage de gaz, peu important, avec torche									
	0-50 m	Incendie d'un nuage de gaz, peu important, avec torche									
Léthalité résultante en plein air	200-500 m	0.500	0.150	0	0.300	0.045	0	0.450	0.120	0	
	50-200 m	0.200	0.080	0	0.100	0.040	0	0.100	0.040	0	
	0-50 m	0.060	0.030	0	0.030	0.015	0	0.030	0.015	0	
Facteur de protection véhicule	200-500 m	0.1	0.2		0.5	0.5		0.5	0.5		
	50-200 m	0.5	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5		
	0-50 m	0.7			0.5			0.5			
Facteur de protection bâtiment	200-500 m	0.4	0.7		0.5	0.5		0.5	0.5		
	50-200 m	0.5	0.5		0.5	0.5		0.5	0.5		
	0-50 m	0.5			0.5			0.5			
Probabilité de sauvetage individuel ou par des tiers	200-500 m	0	0		0.5			0.5			
	50-200 m	1	1		0.8			0.64			
	0-50 m	0.2	0.1		0.3	0.3		0.24	0.24		
Part du segment concerné sur l'ensemble du périmètre, par secteur	200-500 m	0	0		0.1			0.24	0.24		
	50-200 m	0.5	0.1		0.3	0.3		0.24	0.24		
	0-50 m	0.2	0.1		0.3	0.3		0.24	0.24		
Léthalité de base moyenne sur le segment concerné (en plein air, sans sauvetage individuel)	200-500 m	0.5	0.1		0.3	0.3		0.24	0.24		
	50-200 m	0.2	0.1		0.3	0.3		0.24	0.24		
	0-50 m	0.2	0.1		0.3	0.3		0.24	0.24		
Force du vent											
Inflammation: immédiate / retardée											
Mode de libération:											
Instantané (12 t) / continu (30 kg/s)											
Événement déclencheur:											
libération de propane [par véhic. et 100 m]											

Figure 8: Paramètres nécessaires au calcul de la létalité effective des six scénarios retenus pour le propane. La létalité est considérée nulle au-delà de 200 m.

5.5.2 Probabilité d'occurrence des scénarios de l'arbre des événements

La Figure 9 (moitié supérieure) et la Figure 10 (moitié inférieure) présentent l'arbre des événements (combinaison des scénarios d'exposition et des effets) de la substance type propane. Les probabilités conditionnelles, brièvement présentées ci-après, sont indiquées en couleurs.

Mode de libération

Probabilité de libération de la substance représentative propane selon les deux modes retenus par l'Analyse pilote des risques Routes:

- libération instantanée: 0,05
- libération continue 0,95

Probabilité d'inflammation

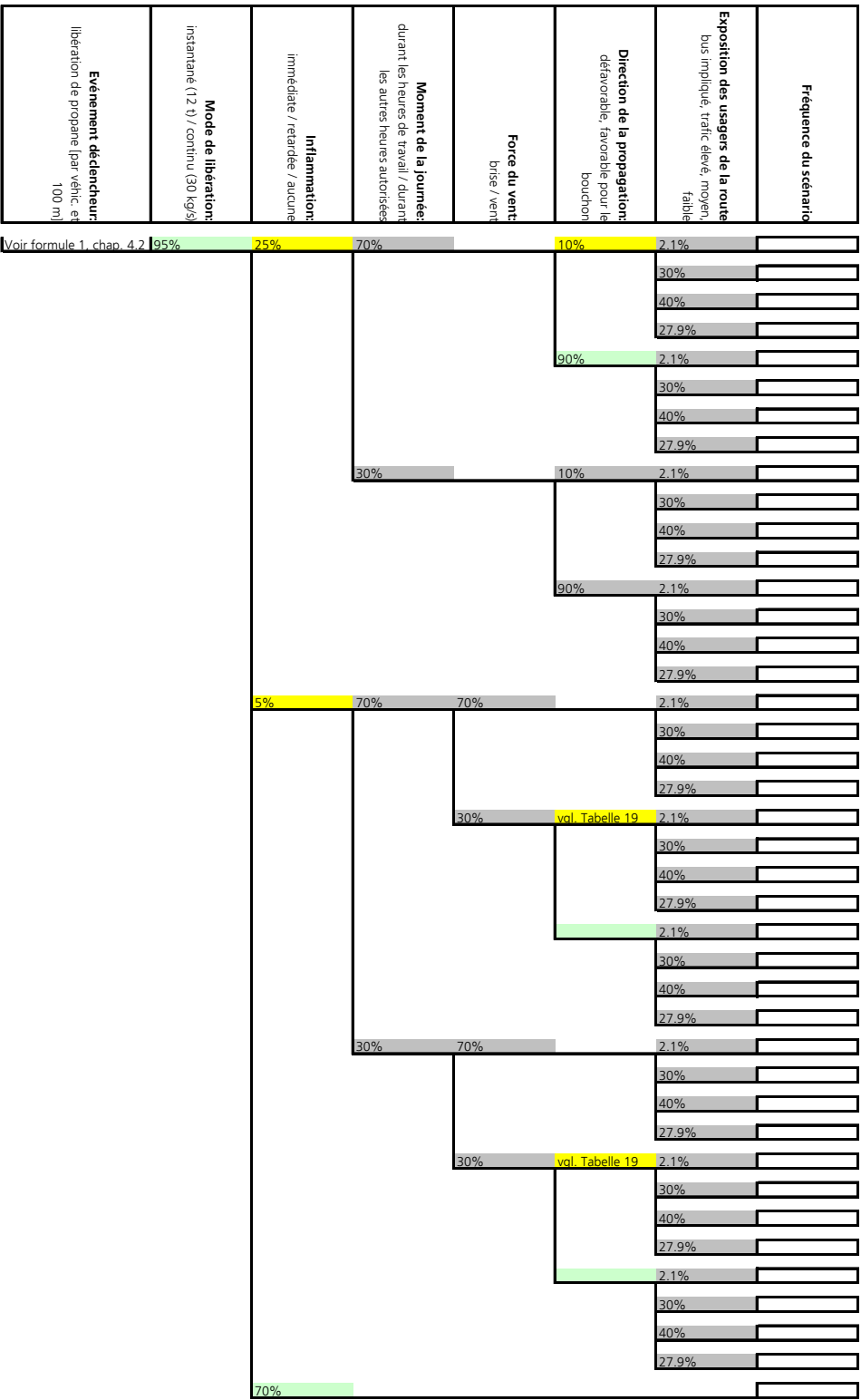
La probabilité d'inflammation dépend du mode de libération (instantané / continu); elle est fixée comme dans l'Analyse pilote des risques Route:

Mode de libération	Probabilité ...		
	... d'inflammation instantanée	... d'inflammation retardée	... de non inflammation
Libération instantanée	0.65	0.05	0.3
Libération continue	0.25	0.05	0.7

Tableau 17: Probabilités d'inflammation du propane

Moment de la journée et exposition des usagers de la route

Ces valeurs sont indépendantes de la substance représentative (voir données pour l'essence).



Pour la 1^{ère} moitié de l'arbre (libération instantanée), voir la figure précédente

Figure 10: Arbre des événements du propane avec probabilités conditionnelles des scénarios d'exposition et des effets considérés (partie inférieure). Couleurs: jaune, valeur de base; vert, complément à 1; gris, répétition de valeurs identiques.

Force du vent

Le vent a une forte influence sur la propagation des produits gazeux. La branche "force du vent" permet de distinguer entre les situations de faible brise (force < 1,5 m/s, soit 1 ou 2 sur l'échelle de Beaufort) et celles de vent plus soutenu. Les valeurs se basent sur les données statistiques des années 2006 – 2009 selon lesquelles le calme ou la brise ont régné en moyenne 80% du temps sur les deux stations météo de Berneck (Vallée du Rhin) et de Döttingen. Les vents étant en moyenne plus forts la journée que la nuit, on adopte une valeur légèrement inférieure de 70% pour les deux périodes considérées.

Mode de libération	Probabilité de ...	
	... brise	... vent
Durant les heures de travail	0.7	0.3
Durant les autres heures de transport	0.7	0.3

Tableau 18: Libération de propane: type de vent et sa probabilité

Direction de propagation

Lorsque les effets sont fonction de la direction (pour cause de vent ou en raison du mode de libération), on distingue entre direction "défavorable" (c'est-à-dire vers le bouchon) et "favorable" de la propagation. Ce paramètre dépend du mode de libération du propane ainsi que du moment de son inflammation. Dans les deux scénarios d'incendie de nuage de gaz, il faut encore tenir compte du profil en travers de la route que nous ramenons aux trois cas suivants:

- dégagée au moins d'un côté,
- parois antibruit des deux côtés,
- talus élevés des deux côtés (tranchée).

Lorsque les deux côtés de la route sont bordés de parois antibruit ou –plus grave – lorsque la route est en tranchée, la probabilité de voir le propane se propager le long de la route augmente, ce qui augmente à son tour la probabilité pour les usagers d'être pris dans un bouchon et exposés à un incendie de nuage de gaz.

Le Tableau 19 indique la probabilité estimée de propagation des effets dans une direction défavorable aux usagers de la route.

Mode de libération et d'inflammation	Probabilité de propagation dans une direction défavorable (c.à.d. vers le bouchon) selon le profil en travers de la route		
	Dégagé au moins d'un côté	Parois antibruit des deux côtés	En tranchée
Libération continue avec inflammation immédiate (torche)	0.1		
Libération instantanée avec inflammation retardée (gros incendie de nuage de gaz)	0.5	0.6	0.9
Libération continue avec inflammation retardée (petit incendie de nuage de gaz avec torche)	0.3	0.4	0.7

Tableau 19: Probabilité d'une propagation défavorable (c.à.d. en direction du bouchon) de la substance représentative propane

5.6 Ampleur des dommages occasionnés par la substance représentative chlore

5.6.1 Arbre des effets et létalité

La Figure 11 présente les facteurs de correction fonctions de la route $f_{\text{profil en travers, véhic}}$ (pour les usagers de la route) et $f_{\text{profil en travers}}$ (pour les personnes hors de la route). La Figure 12 présente les paramètres fixes nécessaires au calcul de la létalité effective ainsi que celui des résultats des quatre scénarios des effets impliquant la substance type chlore.

		Facteur de correction Usagers de la route $f_{\text{profil en travers, véhic}}$			Facteur de correction Personnes hors de la route $f_{\text{profil en travers}}$		
Mode de libération: instantané 1'000 kg / continu 500 kg/s	Force du vent: brise / vent	Dégagé au moins d'un côté	Parois antibruit des deux côtés	Talus élevés des deux côtés (tranchée)	Dégagé au moins d'un côté	Parois antibruit des deux côtés	Talus élevés des deux côtés (tranchée)
		1	2.0	3.0	1	0.7	0.3
		1	1.5	2.0	1	0.8	0.5
		1	1.5	2.0	1	0.5	0.2
		1	1.2	1.5	1	0.6	0.3

Figure 11: Facteur de correction permettant de tenir compte du profil en travers de la route dans les quatre scénarios retenus pour le chlore

[illegible]

5.6.2 Probabilité d'occurrence des scénarios de l'arbre des événements

Les Figures 13 (moitié supérieure de l'arbre) et 14 (moitié inférieure) présentent l'arbre des événements (combinaison des scénarios d'exposition et des effets) du chlore. Les probabilités conditionnelles, brièvement présentées ci-après, sont indiquées en couleurs.

Quantité libérée et mode de libération

Probabilité de libération du chlore selon les deux modes retenus par l'Analyse pilote des risques Routes:

- libération instantanée de 1'000 kg: 0,05
- libération continue de 500 kg: 0,95

Moment de la journée, force du vent et exposition des usagers de la route

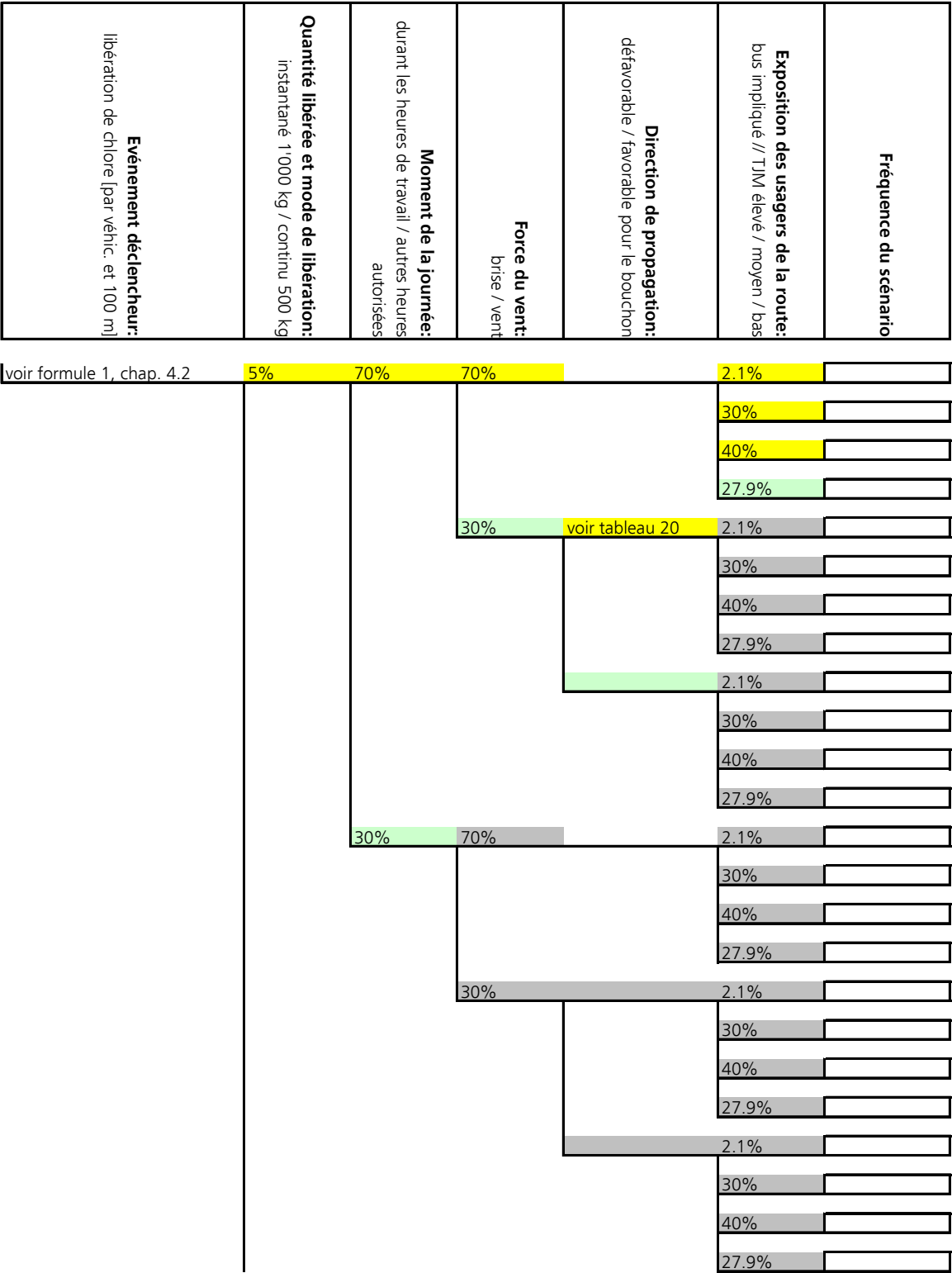
Les valeurs sont les mêmes que pour le propane; voir les données du chapitre 5.5.2.

Direction de propagation

Lorsque les effets dépendent de la direction (pour cause de vent ou en fonction du mode de libération), on distingue entre directions "défavorables" (vers le bouchon) et "favorables" de propagation des effets. Ce paramètre dépend du mode de libération ainsi que du profil en travers de la route car, comme dans le cas d'un incendie de nuage de gaz propane, la présence d'obstacles latéraux (parois antibruit, talus) augmente la probabilité de la canalisation des effets sur l'axe routier; voir le Tableau 20.

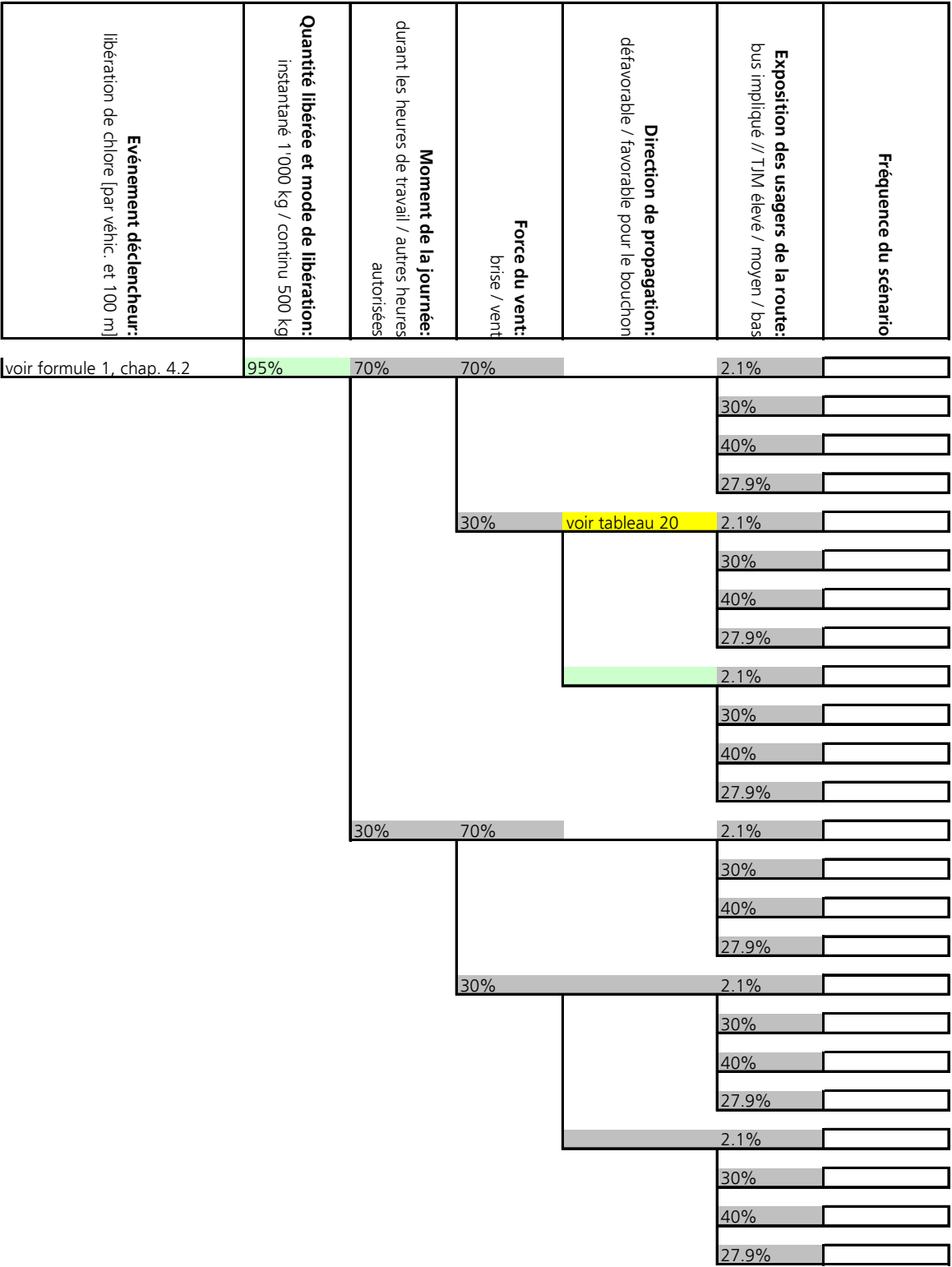
Mode de libération et d'inflammation	Probabilité de propagation dans une direction "défavorable" (= vers le bouchon) selon le profil en travers de la route		
	Dégagé au moins d'un côté	Parois antibruit des deux côtés	Talus des deux côtés (tranchée)
Libération instantanée 1'000 kg	0.3	0.4	0.7
Libération continue 500 kg	0.1	0.2	0.5

Tableau 20: Probabilité d'une propagation défavorable (par rapport au bouchon) du chlore



Pour la 2^{ème} moitié de l'arbre (libération continue), voir la figure suivante

Figure 13: Arbre des événements pour le chlore avec probabilités conditionnelles des scénarios d'exposition et des effets (partie supérieure). Couleurs: jaune, valeur de base; vert, complément à 1; gris, répétition de valeurs identiques



Pour la 1^{ère} moitié de l'arbre (libération instantanée), voir la figure précédente

Figure 14: Arbre des événements pour le chlore avec probabilités conditionnelles des scénarios d'exposition et des effets (partie inférieure). Couleurs: jaune, valeur de base; vert, complément à 1; gris, répétition de valeurs identiques

6 Quantification des risques pour l'environnement

6.1 Présentation et méthodologie

Les pertes accidentelles de matières dangereuses sont modélisées à l'aide de scénarios. On calcule la fréquence d'occurrence de chacun de ces scénarios de libération, leur probabilité ainsi que l'ampleur des dommages selon les Critères d'évaluation II.

La démarche peut se résumer ainsi:

- La démarche se fonde sur les quantités libérées de liquides dangereux telles que décrites dans les scénarios de libération (voir chap. 3.2).
- On pose que les liquides dangereux peuvent s'écouler selon deux voies essentiellement différentes:
 - Ecoulement des matières dangereuses sur la chaussée, puis dans les caniveaux et le système d'évacuation des eaux (s'il en existe un), lequel débouche finalement sur un émissaire ou un puits d'infiltration.
 - Ecoulement superficiel du produit dangereux déversé hors de la chaussée (ou évacuation des eaux par l'accotement) et infiltration dans le sol ou épandage dans les eaux superficielles.

Pour chacune de ces voies d'écoulement, on estime la quantité de produit maintenue par le système d'évacuation des eaux ou infiltrée dans le sol. Dans le cas de l'évacuation par le système d'évacuation des eaux, on tiendra compte de la capacité de rétention du système d'évacuation. Dans le cas d'une infiltration dans le sol, on prendra une capacité de rétention typique de zones non saturées; on renoncera en revanche à tenir compte des différents types de sols.

- Pour établir un bilan des volumes en jeu, on détermine le volume déversé dans les eaux superficielles ou dans la zone de saturation d'une nappe souterraine. On en tire une mesure de l'ampleur des dommages.

Hypothèses générales de calcul des risques pour l'environnement :

- La quantité de produit restée sur la chaussée, et qui donc ne s'est pas échappée par le système d'évacuation des eaux, est négligeable. Cela signifie que l'ensemble du produit

libéré a passé dans le réseau d'évacuation des eaux ou s'écoule latéralement par les accotements.

- On ne tient pas compte d'une éventuelle réduction par le feu de la quantité de produit dangereux (de type essence).
- La capacité d'absorption et de rétention du sol dépend essentiellement de son degré de saturation par l'eau. Par souci de simplicité, on considère une situation moyenne; on ne retiendra pas les scénarios possibles comprenant un écoulement superficiel sensiblement plus élevé, par ex. à la suite d'importantes précipitations²⁴⁾
- Par souci de simplicité, on ne retiendra pas la possibilité d'une infiltration de la nappe souterraine polluée dans les eaux superficielles ou l'exfiltration d'eaux polluées d'un réservoir de surface dans la nappe souterraine.

Evacuation des eaux

Selon le système d'évacuation des eaux, le liquide perdu sur la chaussée se dispersera plutôt dans les eaux superficielles ou plutôt dans le sol. C'est pourquoi il est important de tenir compte des principales caractéristiques du système d'évacuation des eaux lors de l'évaluation des risques pour l'environnement. On retient les systèmes d'évacuation suivants:

- Evacuation des eaux par l'accotement: le liquide n'est pas retenu et s'écoule en surface ou s'infiltre dans le sol. Ce cas est traité de manière analogue à la libération de liquide hors de la chaussée.
- L'infiltration contrôlée dans le sol (par ex. par un fossé): le liquide dangereux s'infiltre entièrement dans le sol (ou partiellement s'il existe des mesures de rétention). On part du principe que le lieu ou l'ouvrage d'infiltration ne présentent pas de caractère critique pour l'alimentation en eau potable. Comme on ne considère pas en général d'infiltration dans les eaux superficielles, cela signifie qu'aucun dommage n'est provoqué en présence de ce type d'évacuation des eaux (selon les deux indicateurs retenus).
- Déversement dans un émissaire; on distinguera entre deux cas:
 - Les systèmes équipés de dispositifs de contrôle (par ex. tiroir permettant d'empêcher l'écoulement des liquides vers le émissaire) qui, activés (par ex. fermeture du tiroir) augmentant la rétention du liquide dangereux.
 - Les systèmes dépourvus de tels dispositifs

On considère dans les deux cas, les volumes de rétention à disposition sans mesure active (par ex. bassin de STEP ou bassins de rétention avec déshuileur). On considère également

forfaitairement l'ensemble des mesures actives des forces d'intervention (comme le bouchage par obturateur gonflable des canalisations d'eau) qui ne sont pas détaillées dans la présente méthode.

Eaux superficielles

Dans le cas d'un déversement qui s'étale en surface, on tiendra compte des types d'eaux superficielles (E_{sup}) suivants: ²⁵⁾

- E_{sup} d'étendue suffisante pour être représentées sur la carte nationale 1:200'000.²⁶⁾
- E_{sup} s'écoulant parallèlement à la chaussée sur une longueur d'au moins 100 m (à l'exception du franchissement de cours d'eau importants).

On tiendra compte des E_{sup} fonctionnant comme émissaire d'évacuation indépendamment de leur position par rapport à la route et indépendamment de leur surface. On part du principe que le liquide non retenu dans le système d'évacuation des eaux passe forcément dans les E_{sup} .

Eaux souterraines

Pour la prise en considération des eaux souterraines au sens des Critères d'appréciation II, on fera attention aux points suivants:

- On ne tiendra compte que des nappes d'eau potable destinée à la consommation publique, légalement dotées de zones de protection, jusqu'à 500 m de part et d'autre de la route.
- Le cas particulier de l'infiltration d' E_{sup} polluées dans les eaux souterraines ne peut être retenu dans le modèle car cela impliquerait l'étude de l'écoulement en aval d'un grand nombre de nappes souterraines, ce qui, matériellement, est difficilement envisageable.

6.2 Ampleur des dommages occasionnés par la substance représentative essence

6.2.1 Probabilité d'occurrence des scénarios de l'arbre des événements

Les scénarios d'évaluation des risques que l'essence présente pour l'environnement sont déterminés par la quantité perdue, le mode de libération (sur ou à côté de la route) ainsi que, en

24) En revanche, dans le cas d'une STEP (probabilité de rétention du produit dangereux par la STEP), on tiendra compte de l'éventualité de fortes précipitations.

25) Il s'agit de recommandations. Dans le doute, il appartient à l'utilisateur de décider s'il faut ou non tenir compte de telle surface d'eaux superficielles.

26) Ce sont les eaux dont le numéro GEWISS (Système d'information géographique sur les eaux en Suisse) est > 0

l'occurrence, des mesures d'intervention ou de retenue sur le système d'évacuation des eaux, comme le représente la Figure 15.

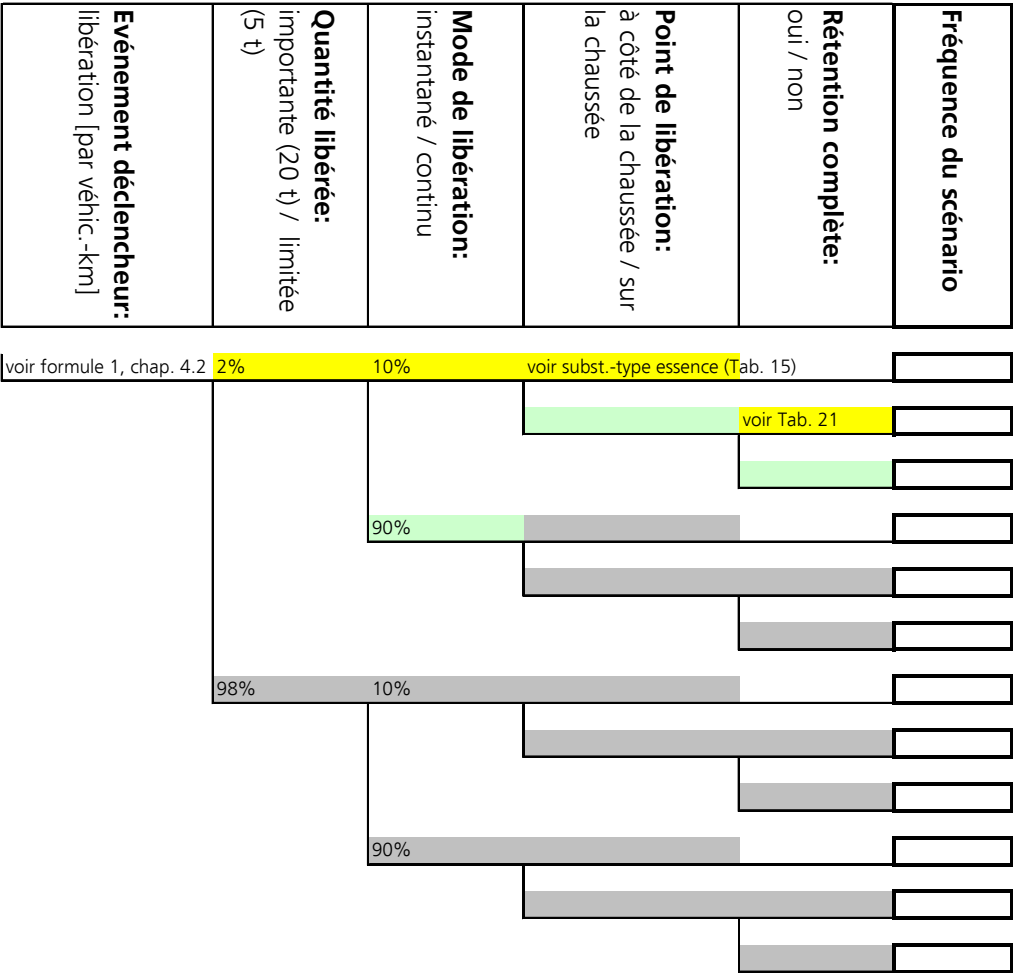


Figure 15: Arbre des événements pour l'essence avec les probabilités conditionnelles des scénarios retenus. Couleurs: jaune, valeur de base; ver, complément à 1; gris, répétition de valeurs identiques.

Fixation des probabilités d'occurrence des différents scénarios:

Quantité libérée

Les probabilités de libération des deux quantités considérées sont les suivantes:

- Libération importante (20 t): 0,02
- Libération limitée (5 t) 0,98

Mode de libération

Les probabilités de libération instantanée ou continue de l'essence ont déjà été indiquées dans l'évaluation des risques pour la population (voir chap. 5.4.1).

Point de libération

Les considérations et les valeurs sont les mêmes que dans l'étude des risques pour la population (voir chapitre 5.4.2).

Rétention complète

Lors de sa libération sur une chaussée équipée d'une évacuation des eaux de type "déversement dans un émissaire", il est possible qu'une grande partie de l'essence soit retenue avant d'aboutir dans les eaux superficielles. Cette situation est celle de la branche "rétention complète" de l'arbre des événements. On tient compte ainsi des cas et mesures suivants:

- Dans le cas d'un système d'évacuation des eaux avec volumes de rétention à écoulement lent (par ex. STEP), l'intégralité de l'essence peut généralement être retenue. Si toutefois un exutoire pour eaux de pluie a été installé, cet exutoire s'active automatiquement en cas de grandes précipitations et une partie de l'essence libérée n'aboutit pas dans les bassins de la STEP mais, par ex., directement dans le émissaire ; la rétention de la STEP n'est donc que partielle. En l'absence d'exutoire pour eaux de pluie, on peut compter sur une rétention complète (par ex. dans les installations de traitement écologique des eaux de chaussée pour la filtration des eaux retournant dans le sol.²⁷⁾
- Dans le cas d'une évacuation des eaux avec volume de rétention à écoulement rapide (par ex. bassin de rétention avec ou sans déshuileur), il n'est possible d'assurer la rétention complète de l'essence – quelle qu'en soit la quantité libérée – que si le chemin d'écoulement normal vers le émissaire est bloqué par les services d'intervention. On distinguera les cas suivants:
 - il existe un tiroir de fermeture activable, et
 - la rapidité avec laquelle les services d'intervention peuvent prendre les mesures nécessaires telles la fermeture du tiroir ou le blocage de la canalisation par obturateur gonflable.
- En l'absence de capacité de rétention (lorsque l'unique espace de rétention est la canalisation elle-même), la situation est la même que dans le cas d'un volume de rétention à flux rapide. Les chances d'une intervention efficace (fermeture du tiroir, pose d'un obturateur gonflable) sont toutefois moindres car l'effet retardateur du volume de rétention disparaît.

27) Il en va de même pour un exutoire d'eaux de pluie ne donnant pas directement dans le émissaire mais dans un autre système de rétention. Lorsque, par ex., lors de l'activation de l'exutoire d'eaux de pluie d'une installation de traitement écologique des eaux de chaussées, un premier bassin de décantation est contourné mais que la rétention peut être assurée par le bassin de nettoyage suivant, le système doit être considéré dans son ensemble comme "sans exutoire pour eaux de pluie".

Par souci de simplicité, on pose que, dans le cheminement "rétention complète" de l'arbre des événements, les circonstances et mesures ci-dessus permettent la rétention totale de l'essence. Le paragraphe ci-dessous précise les volumes pouvant être retenus par une éventuelle rétention sur le cheminement "pas de rétention complète".

Estimation des probabilités de rétention complète en présence d'une évacuation des eaux du type "déversement dans un émissaire":²⁸⁾

Type de volume de rétention du système d'évacuation des eaux	Présence d'un tiroir	Délai d'intervention des services	Probabilité de rétention complète
écoulement lent avec exutoire pour eaux de pluie (par ex. STEP)	(sans importance)	(sans importance)	0.98
écoulement lent sans exutoire pour eaux de pluie (par ex. éco-SABA)	(sans importance)	(sans importance)	1
écoulement rapide (par ex. bassin de rétention avec ou sans déshuileur)	oui	< 20 Min.	0.35
		20 - 40 Min.	0.20
		> 40 Min.	0.10
	non	< 20 Min.	0.10
		20 - 40 Min.	0.05
		> 40 Min.	0
pas de rétention (à part les canalisations)	oui	< 20 Min.	0.10
		20 - 40 Min.	0.05
		> 40 Min.	0
	non	< 20 Min.	0.05
		20 - 40 Min.	0.02
		> 40 Min.	0

Tableau 21: Probabilité de rétention complète de l'essence libérée dans le cas d'un système d'évacuation des eaux du type "déversement dans un émissaire"

Lorsque l'évacuation des eaux se fait par l'accotement, on ne peut pas parler de rétention complète; c'est pourquoi les probabilités correspondantes de l'arbre des événements sont de 0.²⁹⁾

6.2.2 Calcul de l'ampleur des dommages selon l'indicateur "pollution des eaux superficielles"

Cas 1: Libération sur la chaussée, évacuation des eaux par déversement dans un émissaire

Dans le cas d'une chaussée dont les eaux sont évacuées par déversement dans un émissaire et lorsque la probabilité d'une rétention totale selon le Tableau 21 est < 1, on recourra au bilan des

28) La probabilité typique des précipitations est de 10% (station météo de Lucerne Allmend: 827 heures en moyenne par année. On considère par ailleurs que, dans 80% des cas, les précipitations sont si faibles que le trop-plein n'est pas activé.

29) Dans le cas d'une évacuation des eaux par "infiltration contrôlée", on pose que les dommages sont a priori de 0 (voir chap.6.1).

quantités ci-dessous pour calculer la quantité d'essence qui, en cas d'accident, aboutit au émissaire:

- En l'absence de volume de rétention (à l'exception des canalisations proprement dites), on peut considérer que l'intégralité de la quantité d'essence libérée aboutit à l'émissaire.
- Lorsque, dans le cas d'un volume de rétention à écoulement lent (par ex. dans une STEP) l'exutoire des eaux de pluie est activé, on admet que 50% de l'essence libérée aboutit au émissaire.³⁰⁾
- Pour les bassins de rétention à écoulement rapide, c'est la capacité de rétention d'huile $V_{\text{rétention huile}}$ qui détermine la quantité d'essence aboutissant au émissaire. On admet que les produits assimilés à l'essence sont retenus dans cette proportion.³¹⁾ Le volume V_{Esup} [m³] d'essence aboutissant dans l'émissaire se calcule de la manière suivante, sur la base de la quantité $m_{\text{libérée}}$ [t] libérée et de la densité ρ de l'essence (0.75 t/m³):

$$V_{\text{essence, Esup}} = \frac{m_{\text{essence, libérée}}}{\rho_{\text{essence}}} - V_{\text{rétention huile}}$$

Cas 2: Libération sur la chaussée, évacuation des eaux par l'accotement, & libération en dehors de la chaussée et écoulement de surface dans les eaux superficielles

Lorsque la perte se fait hors de la chaussée, le système d'évacuation des eaux est impuissant à prévenir la pollution des eaux superficielles. On considère qu'il n'y a pas de moyen de réduire à temps la quantité de polluant aboutissant dans les eaux superficielles.

Pour déterminer la quantité déversée dans les eaux superficielles, on se fonde sur les calculs de débit du projet "Screening environnemental Rail". Les valeurs en pour-cent sont présentées dans les Tableaux 22 (libération importante) et 23 (libération limitée).

La quantité déversée dans les eaux superficielles (en % de la quantité libérée) dépend des paramètres suivants:

30) Dans les STEP, les exutoires d'eaux de pluie sont en général conçus de manière à ne pas capter les liquides flottants, lesquels sont dirigés vers la STEP.

31) Lorsqu'il y a projection de matières dangereuses, la capacité de rétention peut être moindre. Comme on ne tient pas compte de la capacité de rétention du reste du système d'évacuation des eaux (canalisations, puisards, etc.), on considère que, dans ce cas également, le volume de rétention disponible correspond à celui de la rétention d'huile. Cette capacité peut être nettement moindre lorsque le produit aboutit avec de grandes quantités d'eau dans le bassin de rétention et, en raison des turbulences, passe sous la paroi plongeante. Nous ne tiendrons toutefois pas compte dans cette méthode de l'éventualité de fortes précipitations lors d'un accident (probabilité d'occurrence d'environ 1%).

- Topographie: Il est admis que l'essence ne pas trouve son chemin vers les eaux superficielles lorsque le terrain est plat ou montant. Il ne peut y avoir déversement que lorsque la pente du terrain entre le point de libération et le point d'accès aux eaux superficielles est constamment supérieure à 2°
- La distance de l'accident aux prochaines eaux superficielles est donnée en tranches de distance (en m) dans la figure ci-dessous
- Tranches de pente (en °)
- Mode de libération

Déversement dans les eaux superficielles en % de la quantité libérée lors d'une perte importante (20 t)				
Topographie	Distance [m]	Pente [°]	Libération instantanée [%]	Libération continue [%]
plat / montant			0	0
descente	0 – 10	2 – 5	96	50
		5 – 10	97	55
		10 – 20	98	63
		>20	99	76
	10 – 30	2 – 5	90	25
		5 – 10	92	34
		10 – 20	94	47
		>20	97	65
	30 – 100	2 – 5	75	7
		5 – 10	78	15
		10 – 20	82	26
		>20	87	43
	100 – 200	2 – 5	45	2
		5 – 10	50	5
		10 – 20	55	10
		>20	75	30
	>200		0	0

Tableau 22: Déversement dans les eaux superficielles les plus proches, en pour-cent de la quantité libérée lors d'une perte importante (20 t)

Déversement dans les eaux superficielles en % de la quantité libérée lors d'une perte limitée (5 t)				
Topographie	Distance [m]	Pente [°]	Libération instantanée [%]	Libération continue [%]
plat / montant			0	0
descente	0 – 10	2 – 5	90	40
		5 – 10	92	45
		10 – 20	94	53
		>20	96	65
	10 – 30	2 – 5	66	20
		5 – 10	70	26
		10 – 20	77	36
		>20	88	52
	30 – 100	2 – 5	42	3
		5 – 10	46	7
		10 – 20	52	13
		>20	62	22
	100 – 200	2 – 5	9	0
		5 – 10	15	0
		10 – 20	25	0
		>20	45	1
	>200		0	0

Tableau 23: Déversement dans les eaux superficielles les plus proches en pour-cent de la quantité libérée lors de la perte d'une quantité limitée (5 t)

La quantité déversée dans les eaux superficielles est le produit de la quantité libérée exprimée en m³ par le pour-cent correspondant du tableau.

Estimation de l'ampleur des dommages selon les critères d'évaluation

La surface polluée $F_{polluée}$ selon les Critères d'évaluation II se calcule à partir de la quantité m_{Esup} d'essence déversée dans les eaux superficielles à l'aide de la formule suivante:

$$F_{polluée} = \frac{m_{Esup}}{15} \quad \text{avec}$$

$F_{polluée}$ surface des eaux superficielles polluées en km²

m_{Esup} quantité d'essence déversée dans les eaux superficielles en t

Lorsque les mesures d'intervention (par ex. la pose d'une barrière anti-pollution sur des eaux à faible écoulement) ou les aménagements existants (par ex. digue-réservoir retenant les liquides flottants) permettent, avec une bonne probabilité, de limiter la surface polluée à ce qu'indique la formule ci-dessus, on se contentera, dans les formules, d'utiliser la surface polluée maximale.

L'indice d'accident majeur des Critères d'évaluation II se calcule à partir de la surface $F_{\text{polluée}}$ des eaux superficielles polluées (en km²):

$$a = 0.3 \cdot \log_{10} F_{\text{polluée}} + 0.3 = 0.3 \cdot \log_{10} \frac{m_{\text{Esup}}}{15} + 0.3$$

Le rapport entre la quantité de polluant déversé dans les eaux superficielles et l'indice d'accident majeur est présenté graphiquement ci-dessous pour les deux substances représentatives considérées (la formule pour l'épichlorhydrine se trouve au chapitre 6.3.2).

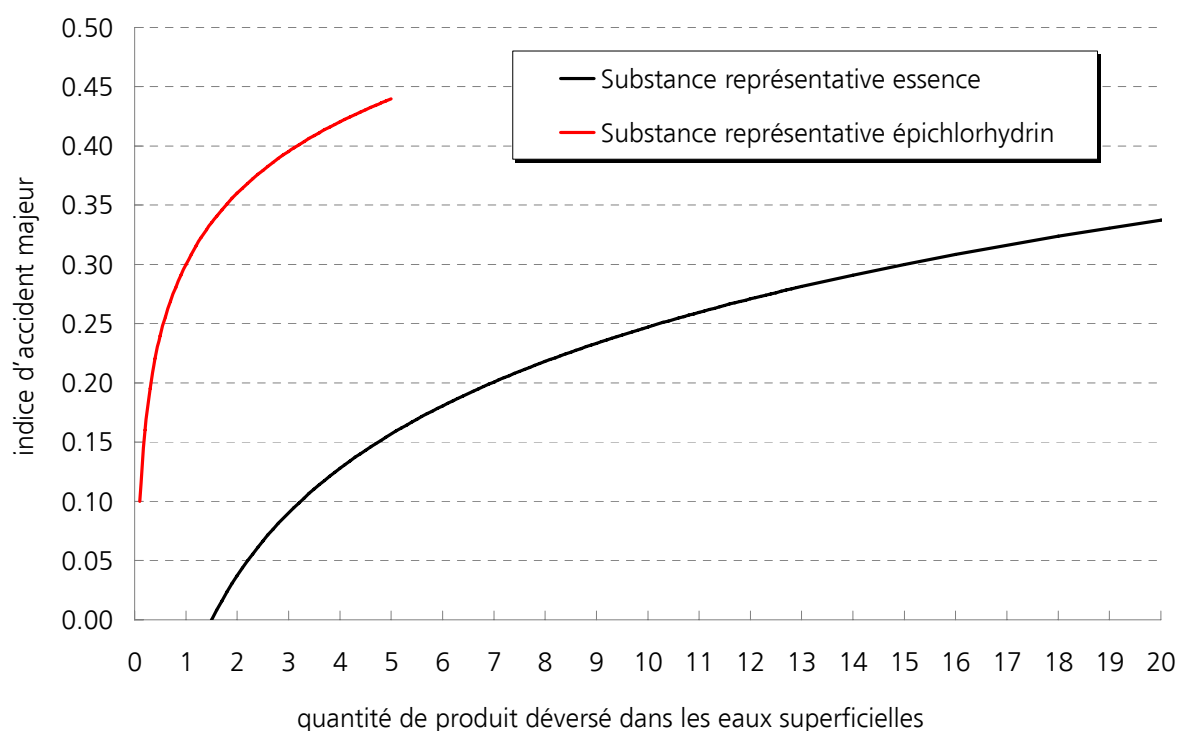


Figure 16: Rapport entre la quantité de produit déversé dans les eaux superficielles et l'indice d'accident majeur pour l'essence et l'épichlorhydrine.

6.2.3 Calcul de l'ampleur des dommages selon l'indicateur "pollution des eaux souterraines"

En cas de perte sur une chaussée équipée d'un système d'évacuation des eaux du type "déversement dans un émissaire" (cas 1), les E_{sout} ne sont pas polluées car la part de l'essence non retenue qui aboutit dans les E_{sup} et qui, de là, s'exfiltre vers la nappe souterraine, n'est pas prise en compte. On ne considère donc que le cas 2 "libération hors de la chaussée" et "évacuation des eaux par l'accotement".

Calcul du volume déversé dans les E_{sout} (zone saturée):

Volume déversé dans les eaux souterraines = volume infiltré dans le sol – rétention de la zone non saturée

avec:

- Volume infiltré dans le sol [m^3] = quantité perdue [t] / densité de la substance [t/m^3] – déversement dans les eaux superficielles E_{sup} [m^3]
- Rétention zone non saturée [m^3] = surface des flaques [m^2] * distance du terrain [m] * capacité de rétention du sol [m^3/m^3]

On utilise les paramètres suivants:

- Surface des flaques d'essence:
 - pour de grandes pertes: 50 m^2
 - pour une perte limitée: 15 m^2
- Capacité de rétention du sol: $0.02 \text{ m}^3/\text{m}^3$

La distance du terrain est un paramètre local à introduire dans les calculs.

Le calcul de l'ampleur des dommages se fonde sur le débit cumulé [l/min] des eaux originellement potables pompées et devenues impropres à la consommation. Le rayon de prise en considération de ces captages dépend de la direction de l'écoulement des eaux souterraines:

- Ecoulement de la route vers la zone de captage: 0 - 500 m
- Ecoulement parallèle à la route: 0 - 200 m
- Ecoulement de la zone de captage à la route 0 - 100 m

Autre paramètre local à introduire: le volume cumulé de captage à l'intérieur des tranches de distances ci-dessus dépendant du sens de l'écoulement

En cas de pollution des eaux souterraines (zone saturée) et de présence de captages d'eau potable dans le secteur d'éloignement concerné, on calcule la durée de perte de capacité de captage d'eau potable en personnes-mois de la manière suivante:

- Nombre de personnes concernées = quantité cumulée d'eau pompée / 400 litres (les Critères d'évaluation II fixent la consommation d'eau à 400 l par jour et par personne).
- Durée d'abandon (durée de pollution) de la zone de captage pour l'approvisionnement en eau potable:

$$t_{\text{abandon}} = 19 \cdot m_{\text{Esout}}^{0.3} \quad \text{ou un maximum de 6 mois, avec}$$

t_{abandon} Durée d'abandon du captage d'eau potable en mois

m_{Esout} Quantité de polluant déversé dans les eaux souterraines (zone saturée) en m^3

Cette approche se fonde sur le "Screening environnemental Rail" [Umweltscreening 2008] dont la modélisation repose les considérations suivantes

- Le produit dangereux (de type essence) qui a atteint la zone saturée (déversement dans les eaux souterraines) se dilue lentement dans le courant des eaux souterraines (la concentration de saturation – 100 g/m^3) – se situe bien au-dessus de la valeur limite de $0,02 \text{ g/m}^3$ au-delà de laquelle l'eau est considérée polluée et donc non potable)
- La pollution dure jusqu'à ce que le produit dangereux ait été entièrement dilué et emporté. Le temps nécessaire dépend de la quantité de produit ayant abouti dans la zone saturée, de sa solubilité dans l'eau, de la surface de couverture par le polluant, de la vitesse d'écoulement des eaux souterraines ainsi que de l'importance de ces eaux souterraines (donc de l'épaisseur de la couche dans laquelle le produit dangereux se dilue). Le type de courbe est donné par les figures ci-dessous.
- Pour limiter les indices d'accidents majeurs, on pose que la durée d'interruption du captage est au maximum de 6 mois (voir Figure 17). Cette valeur est déjà atteinte pour des quantités limitées d'essence aboutissant dans la zone saturée. La raison en est la durée du processus de dilution car la solubilité de l'essence dans l'eau est très faible.

Pour le modèle, on choisit les paramètres suivants:

- Perméabilité du substratum: $k = 0,001$
- Epaisseur de la couche de produit polluant non dissout sur la surface des E_{sout} : 1 cm
- Epaisseur de la nappe d' E_{sout} : 10 m
- Part de la quantité de produit infiltré pouvant être récupérée par les moyens d'intervention: 60%

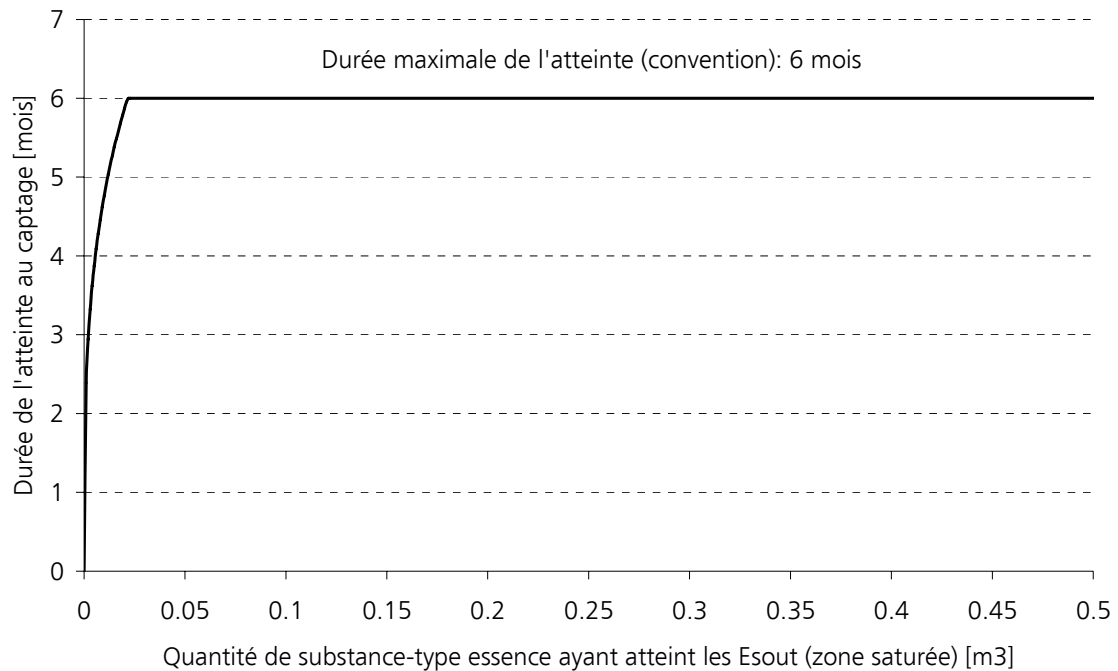


Figure 17: Rapport entre la quantité d'essence aboutissant dans la zone saturée et la durée d'abandon (durée de la pollution)

Calcul final de l'indice d'accident majeur a:

$$a = 0.3 \cdot \log_{10} \frac{t_{\text{abandon}} \cdot M}{400} - 3 \quad \text{avec}$$

t_{abandon} Durée d'abandon de la zone de captage d'eau potable en mois

M Débit cumulé des captages d'eau potable concernés en litre/minute

6.3 Ampleur des dommages occasionnés par la substance représentative épichlorhydrine

6.3.1 Probabilité d'occurrence des scénarios de l'arbre des événements

Les scénarios de calcul des risques environnementaux posés par l'épichlorhydrine sont réglés par les mêmes paramètres que ceux de l'essence (voir l'arbre des événements de la Figure 15). On ne considérera toutefois que la perte d'une quantité de 5 t.

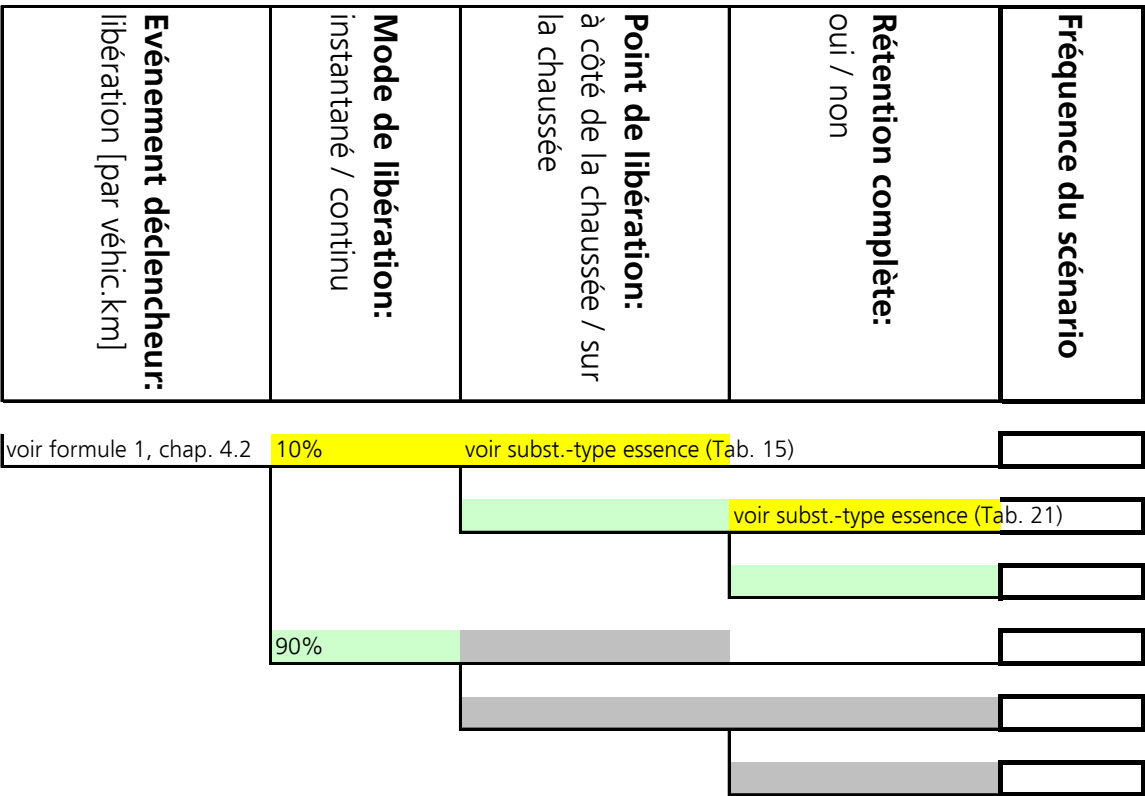


Figure 18: Arbre des événements de l'épichlorhydrine avec probabilités conditionnelles des scénarios considérés. Couleurs: jaune, valeur de base; vert, complément à 1; gris, répétition d'une valeur identique

Probabilité des différents scénarios:

Mode de libération

Les probabilités sont les mêmes que pour l'essence:

- Libération instantanée: 0,1
- Libération continue: 0,9

Point de libération

Les considérations et les valeurs sont les mêmes que dans l'étude des risques pour la population (voir chapitre 5.4.2).

Rétention complète

La rétention complète peut-elle être assurée, indépendamment de la quantité libérée? Cela dépend en première ligne du système d'évacuation des eaux et non des caractéristiques du produit libéré. C'est pourquoi les considérations et les valeurs sont les même que pour l'essence, chapitre 6.2.1.

6.3.2 Calcul de l'ampleur des dommages selon l'indicateur "pollution des eaux superficielles"

Cas 1: Libération sur la chaussée, système d'évacuation des eaux raccordé à un émissaire

La démarche est la même que pour l'essence. La différence tient à ce que, eu égard à la solubilité de l'épichlorhydrine dans l'eau, la rétention dans le système d'évacuation des eaux (par ex. bassin de rétention) est moindre que pour l'essence car l'épichlorhydrine se dilue et ne peut être que très partiellement retenue.

La capacité de rétention d'un bassin de rétention se calcule de la manière simplifiée suivante:

- On pose que les 5 t d'épichlorhydrine perdues (soit 4,2 m³)³²⁾ ont entièrement abouti dans le bassin de rétention et s'y sont mélangent à l'eau. Le volume d'eau polluée refoulé est donc le même que celui qui aboutit à l'émissaire.³³⁾
- Un des paramètres importants pour la quantité $V_{\text{épi,Esup}}$ d'épichlorhydrine déversée dans le émissaire est donc le volume total $V_{\text{bassin_de_rétention}}$ du bassin de rétention, soit:

$$V_{\text{épi,Esup}} = V_{\text{épi_libérée}} \cdot \frac{V_{\text{épi_libérée}}}{V_{\text{épi_libérée}} + V_{\text{bassin_de_rétention}}} \quad , \text{ avec } V_{\text{épi_libérée}} = 4.2 \text{ m}^3$$

En cas d'activation de l'exutoire des eaux de pluie dans un système de rétention à écoulement lent (par ex. STEP, éco-SABA), on considère que 90% de l'épichlorhydrine libérée aboutit à l'émissaire.

Cas 2: Libération sur la chaussée avec évacuation des eaux par l'accotement, ou libération hors de la chaussée avec déversement dans les eaux superficielles

Comme pour l'essence, les quantités déversées dans les eaux superficielles sont déterminées à partir des données du projet "Screening environnemental Rail", en pour-cent de la quantité libérée. On utilise également les valeurs du Tableau 23. La quantité déversée dans les eaux superficielles est calculée comme pour l'essence.

Pour une concentration limite de 1 g/m³ (au-delà de laquelle on parle de pollution), on calcule la quantité d'eau polluée à l'aide de la formule suivante:

$$F_{\text{polluée}} = \frac{m_{\text{Esup}}}{10^{-6}} \quad \text{avec}$$

32) Densité de l'épichlorhydrine: 1,18 t/m³.

33) Le cas d'une forte pluie qui limiterait la capacité de rétention n'a pas été retenu (voir note de bas de page 31)

$F_{polluée}$ Surface des eaux superficielles polluées en km²

m_{Esup} Quantité d'épichlorhydrine déversée dans les eaux superficielles en t

Pour l'estimation de l'ampleur des dommages, il faut se référer aux "Critères d'appréciation I", les "Critères d'appréciation II" étant muets sur les produits solubles dans l'eau comme sur le calcul des volumes d'eau polluée en cas d'accident majeur. L'indice d'accident majeur a se calcule donc ainsi:

$$a = -0.9 + 0.2 \cdot \log_{10} F_{polluée} = 0.3 + 0.2 \cdot \log_{10} m_{Esup}$$

Le rapport entre la quantité d'épichlorhydrine ayant abouti dans les eaux superficielles et l'indice d'accident majeur est présenté en Figure 16 du chapitre 6.2.2.

7 Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion ont pour but de permettre le tri, sur la base de données aisément accessible pour chacun des indicateurs, entre deux types de tronçons routiers:

- Les tronçons dont les risques peuvent être considérés insignifiants et ne nécessitent pas d'analyse plus poussée (ces tronçons satisfont par définition les critères d'exclusion). Il n'est pas non plus nécessaire d'étudier les risques exprimés par les indicateurs correspondants, si bien que la procédure prévue par l'OPAM peut se limiter au rapport succinct.
- Les tronçons qui, ne satisfaisant pas les critères d'exclusion, nécessitent une attention plus particulière à l'aide de la méthode du screening.

Ces critères d'exclusion permettent d'appliquer l'OPAM de manière efficace en écartant à peu de frais les tronçons non problématiques et en concentrant l'effort sur les tronçons problématiques.

Les critères d'exclusion doivent être renforcés ou alors ne doivent simplement pas être utilisés lorsque la situation est inhabituelle (par ex. valeurs très supérieures à la moyenne pour la part de trafic poids lourds et / ou pour les taux locaux d'accident, proximité immédiate d'un stade). Dans de tels cas, il faut utiliser la méthode du screening avant même de prendre une décision sur la base de l'évaluation du rapport succinct.

Pour présenter le mode de calcul des critères d'exclusion, il est utile de définir la ligne d'acceptabilité sous laquelle se trouve la courbe cumulative ³⁴⁾ des différents indicateurs de la situation sur le réseau des routes suisses lorsque les critères d'exclusion correspondants sont respectés. La Figure 30 présente la ligne d'acceptabilité servant de référence aux critères d'exclusion ci-dessous. Pour un indice d'accident majeur de 0,3 (par ex. 10 morts), cette ligne passe au milieu de la zone intermédiaire, continue linéairement jusqu'à l'indice d'accident de 0,5 (par ex. 46 morts) puis suit la frontière inférieure de la zone de transition. Si l'on choisissait la ligne limite rouge qui suit la frontière inférieure de la zone de transition, le nombre de tronçons de route satisfaisant es critères d'exclusion serait sensiblement moins élevé.³⁵⁾ Le groupe de suivi du projet qui a donné son aval à la ligne d'acceptabilité et aux critères d'exclusion qui en découlent afin que l'OPAM puisse être appliquée de manière plus efficace – en particulier en ce

34) pense à la courbe cumulative totale par indicateur (agrégée sur les différents produits types).

35) Il s'agit ici en premier lieu de tronçons n'appartenant pas au réseau des routes nationales et dont la courbe cumulative pour l'indicateur „nombre de morts“ à la suite d'événements impliquant un produit de type essence qui, eu égard aux passagers touchés, se trouve encore dans la zone de transition. Dans de tels cas, la méthode du screening ne fournirait que peu de leçons supplémentaires, et on n'en tirerait que peu ou prou de mesures applicables dans la pratique.

qui concerne les grands axes de transit cantonaux – estime acceptable de ne pas s'occuper des tronçons qu'un examen plus approfondi aurait pu placer dans la zone des accidents majeurs entre 0,3 et 0,5, et donc à peu près dans la zone de transition.

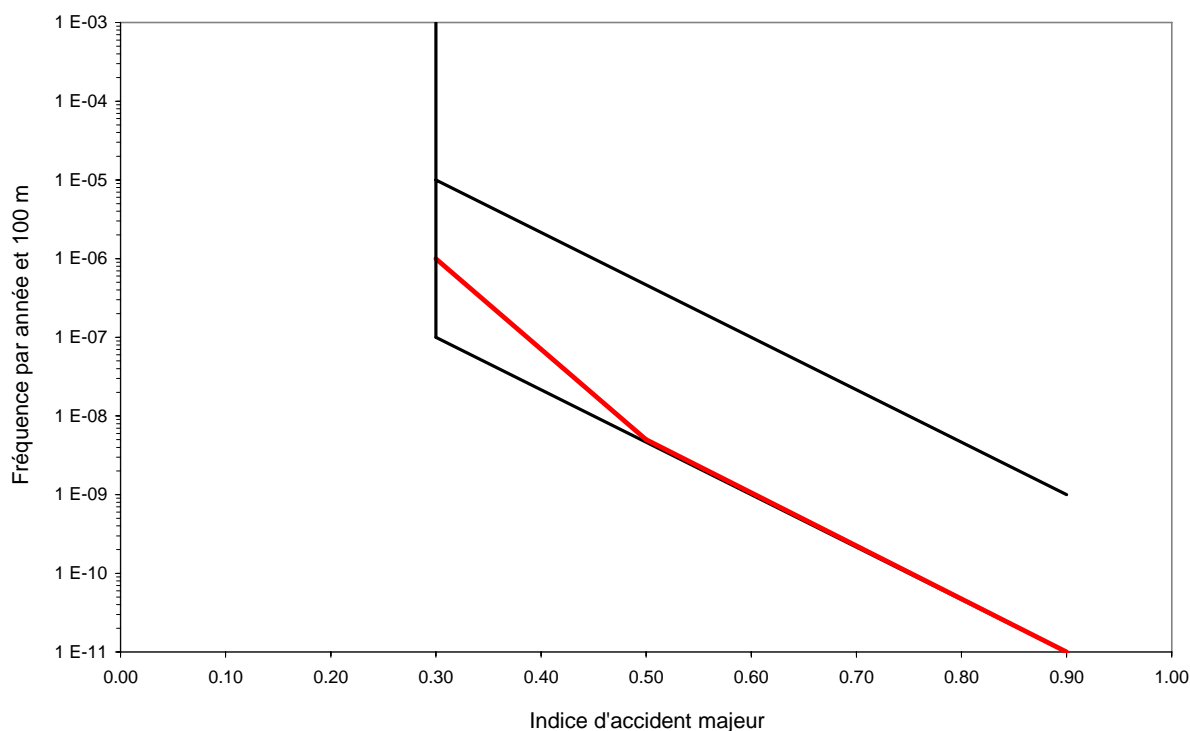


Figure 19: Position de la courbe limite sur laquelle se fondent les critères d'exclusion (ligne rouge)

A l'heure où nous écrivons ce rapport, les critères d'évaluation de l'indicateur "pollution des eaux souterraines" étaient encore à l'étude. Il n'est donc pas possible, pour l'instant, de préciser les critères d'exclusion liés à l'importance et à la signification du captage de l'eau potable (par ex. volume, présence de mesures de remplacement). Les critères d'exclusion fixés pour cet indicateur sont donc lacunaires et seront complétés lorsque les critères d'évaluation définitifs seront connus.

On ne considérera ci-dessous comme critères d'exclusion que les paramètres locaux retenus par la méthode du screening et pouvant être quantifiés relativement aisément. On utilisera les paramètres suivants:

- Pour tous les indicateurs: TJM ³⁶⁾.

36) On renonce en revanche à tenir compte du type de route, lequel, dans la méthode du screening, n'a que peu d'influence sur la courbe cumulative.

- Pour l'indicateur "nombre de morts": densité de la population résidente et densité des emplois jusqu'à 500 m des deux côtés de la route.
- Pour l'indicateur "pollution des eaux superficielles":
 - Emplacement et importance des prochaines eaux superficielles (en particulier leur distance à la route).
 - Mode d'évacuation des eaux (par l'accotement, raccordement à un émissaire ou infiltration par un ouvrage); dans le cas d'un raccordement à un émissaire, indiquer en outre la taille des éventuels bassins de rétention.
- Pour l'indicateur "pollution des eaux souterraines": distance du prochain captage d'eau potable et son élévation par rapport à la route.

La procédure de fixation des critères d'exclusion peut être résumée ainsi:

- Dans une première étape, on applique les conventions qui se sont imposées dans l'application de l'OPAM (par ex. minimum de 5'000 pour le TJM) ou sont déjà intégrées à la méthode du screening (par ex. volume d'un cours eau, distance maximale d'un captage d'eau potable encore exposé à la pollution).
- Dans une seconde étape, on calcule d'autres critères d'exclusion pour chaque indicateur à l'aide de la méthode du screening, de manière que la courbe cumulative se trouve juste au-dessous de la ligne d'acceptabilité selon la Figure 30.³⁷⁾ Les valeurs obtenues sont simplifiées en vue de leur application pratique (par ex. arrondi, utilisation de classes de TJM pour tous les indicateurs).

Présentation des combinaisons calculées de critères d'exclusion sous forme de diagrammes par indicateur:

Indicateur "nombre de morts"

La Figure 31 présente les critères d'exclusion de l'indicateur "nombre de morts":

37) Cela doit également être le cas lorsque les paramètres employés dans la méthode du screening pour caractériser le voisinage – et qui ne sont pas intégrés aux critères d'exclusion – ont des valeurs défavorables (par ex. terrain escarpé entre la route et les eaux superficielles). Quant au volume des matières dangereuses, on se basera sur des moyennes prudemment choisies.

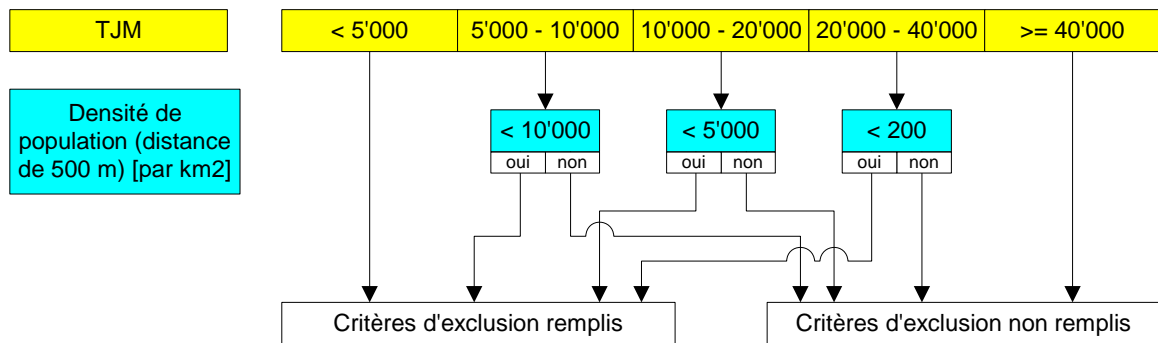


Figure 20: Critères d'exclusion de l'indicateur "nombre de morts"

Indicateur "pollution des eaux superficielles"

Pour ce qui touche à l'éventuelle pollution des eaux superficielles, il faut considérer deux voies de propagation distinctes des matières dangereuses:

- Pollution directe d'eaux superficielles proches.
- Pollution via le système d'évacuation des eaux d'eaux superficielles servant d'émissaire.

Lorsque l'accotement ou l'ouvrage d'évacuation par infiltration sont conformes aux prescriptions sur la protection de l'environnement, cette voie est rarement source de pollution.

Les critères d'exclusion à retenir sont présentés en Figure 32. Pour un TJM supérieur à 5'000, les deux voies de propagation présentées ci-dessus doivent satisfaire ces critères et donc être "non critiques" pour que l'on considère les critères d'exclusion remplis.

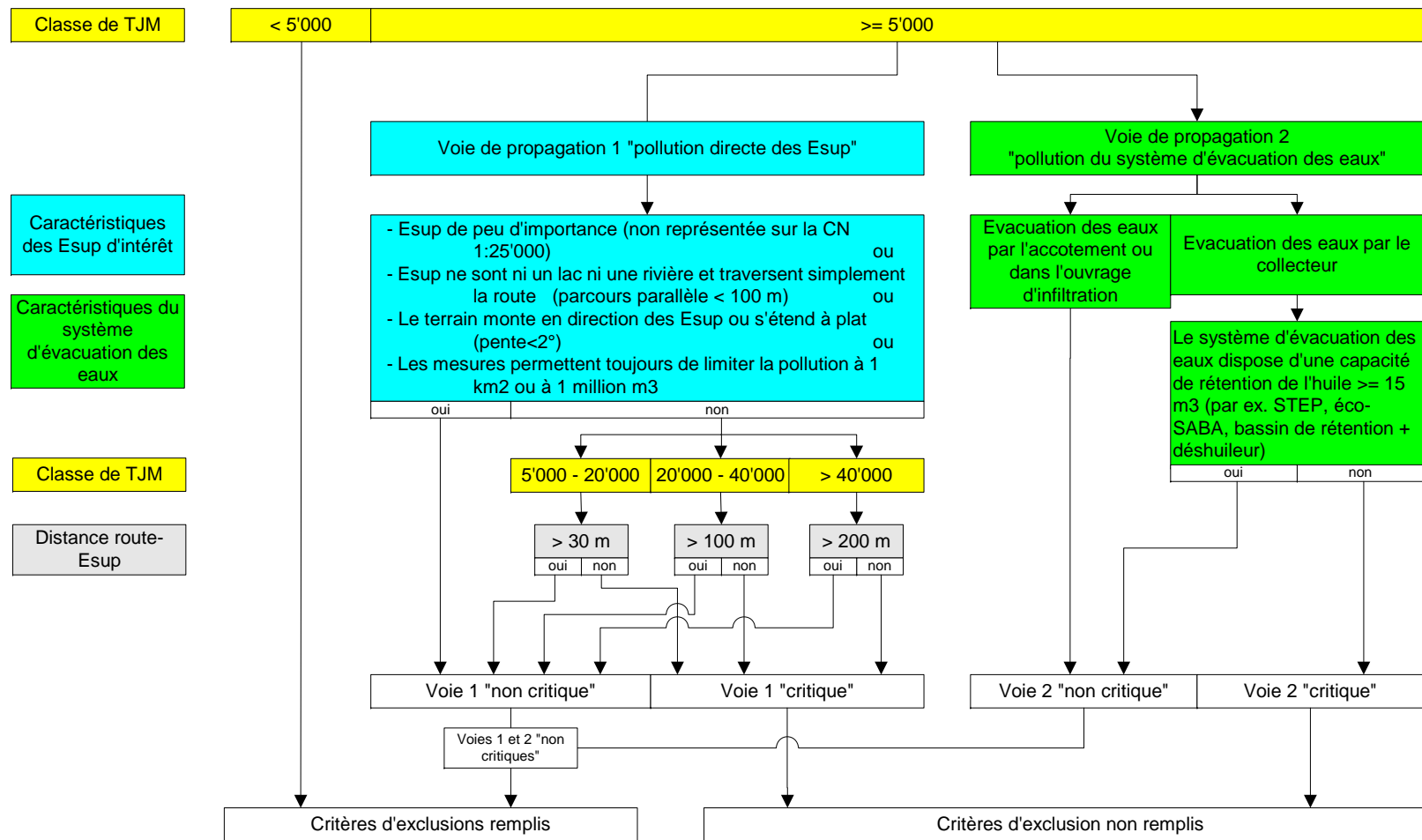


Figure 21: Critères d'exclusion de l'indicateur "pollution des eaux superficielles" (E_{sup} : eaux superficielles)

Indicateur "pollution des eaux souterraines"

En présence d'un système d'évacuation des eaux débouchant sur une installation d'infiltration, cette dernière doit, selon les directives de la protection de l'environnement, être placée de manière à éviter tout danger pour le captage de l'eau potable. Comme nous n'avons pas retenu la possibilité d'une exfiltration des eaux superficielles polluées vers les eaux souterraines, l'unique voie de propagation à considérer pour l'indicateur "pollution des eaux souterraines" est la pollution directe du sol par les matières dangereuses.

La Figure 33 présente une série de critères d'exclusion à compléter lorsque les critères d'évaluation en cours d'étude auront été fixés.

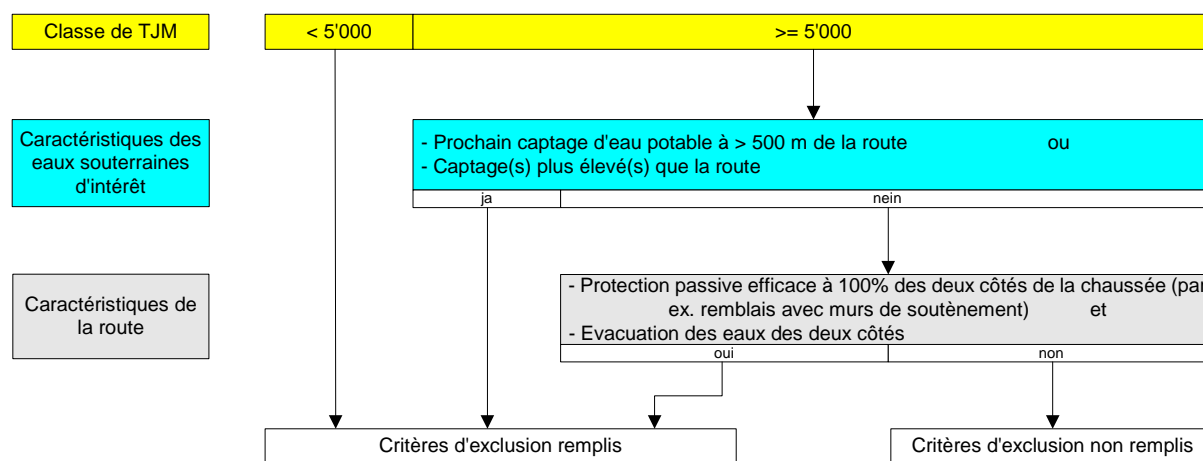


Figure 22: Critères d'exclusion de l'indicateur "pollution des eaux souterraines"

Lorsqu'on connaît la direction d'écoulement de l'aquifère, il est possible de préciser le critère de distance au prochain captage d'eau potable. Lorsque l'écoulement va du captage à la route, la distance peut être ramenée de 500 m à 100 m, et à 200 m lorsque l'écoulement est parallèle à la route.

8 Résumé et perspectives

Diverses instances jugent nécessaire d'améliorer la procédure des rapports succincts, telle qu'elle est actuellement pratiquée sur la base du Manuel III de l'OPAM. La procédure de calcul des valeurs H_s , par exemple, s'avère trop imprécise, en particulier pour évaluer l'influence des mesures de sécurité existantes. Il en découle que les valeurs H_s ne reflètent souvent les risques que de manière insatisfaisante. Il s'agit donc d'utiliser une autre méthode d'évaluation sur la base des valeurs H_s .

Les expériences accumulées avec la méthode du screening pour le rail ayant été positives, un groupe de suivi comprenant des représentants des services de prévention des accidents majeurs de la Confédération et des cantons et appuyé par le bureau Ernst Basler + Partner AG a élaboré la méthode de screening des routes de grand transit présentée dans ce rapport. Une application informatique a par ailleurs été développée pour en faciliter l'application.

La méthode du screening présentée dans ces lignes propose une méthode de calcul commune des courbes cumulatives des trois indicateurs de dommages "nombre de morts", "pollution des eaux superficielles" et "pollution des eaux souterraines" de n'importe quel tronçon de route de grand transit en fonction des principaux paramètres locaux pertinents. Ces courbes cumulatives constituent une bonne approximation des résultats d'une évaluation locale des risques. La méthode n'est inadéquate que dans de très rares cas, en particulier lorsque le sous-sol est fortement karstique. La méthode du screening est une variante acceptée par l'OFROU à la procédure du Manuel III.

En comparaison avec la procédure du Manuel III, la méthode du screening d'évaluation des risques intègre les données locales de manière beaucoup plus précise. Cette méthode permet également de tenir compte des principales mesures de sécurité mises en œuvre dans la pratique (par ex. les systèmes d'évacuation des eaux et leurs éventuels dispositifs de rétention, les systèmes de retenue des véhicules). En revanche, le calcul est plus complexe que celui de la procédure du Manuel III. Le logiciel "Screening des routes de grand transit", actuellement disponible dans sa version 1.0 et qui doit être remis à tous les services intéressés, permet d'appliquer la méthode du screening de manière très simple, sans devoir en connaître tous les détails.

Les critères d'exclusion ont été élaborés pour permettre d'évaluer le plus simplement possible et sur la base de données publiques ou commerciales aisément disponibles, quels tronçons peuvent être considérés comme non critiques. Il est ainsi possible, sans appliquer la méthode du

screening, de décider que, pour tel tronçon, on peut renoncer au calcul des risques et que la procédure d'évaluation peut être bouclée par le rapport succinct.

Pour faciliter la procédure d'évaluation des routes de grand transit par la méthode du screening, il est recommandé d'effectuer les travaux supplémentaires suivants:

- Elaboration de propositions sur la manière de rédiger un rapport succinct en utilisant les résultats de la méthode du screening. L'objectif est d'obtenir des rapports succincts plus courts et mieux ciblés que les rapports succincts actuels, réalisables de manière efficace, tout en contenant l'ensemble des données nécessaires à l'évaluation. Il faut également étudier un mode de mise à jour des rapports succincts aussi simple que possible.
- Elaboration de la documentation nécessaires à la formation, à destination des offices qui réalisent les rapports succincts ou en confient le mandat (services des travaux publics, filiales de l'OFROU). Cette documentation doit permettre d'organiser des journées de formation sur la rédaction des rapports succincts par la méthode du screening et d'encourager cette démarche dans tout le pays.

A1 Références

- Manuel 2010 Office fédéral des routes, Office fédéral de l'environnement, Service cantonal de la protection des consommateurs Argovie
Risques d'accident majeur sur les routes de grand transit
Manuel du logiciel "Screening des routes de grand transit" version 1.0
Ernst Basler + Partner AG, 1er avril 2010
- OFS 2008 Office fédéral de la statistique, Actualités OFS, 11 Mobilité et transports
Prestations des véhicules de transport de choses
Séries chronologiques actualisées jusqu'en 2007, décembre 2008
- OFS / BPA Nombreuses statistiques sur la circulation et les accident en Suisse
www.ofs.admin.ch et www.bpa.ch
- OFEFP 2001 Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)
Critères d'évaluation II pour l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM) d'août 2001
Août 2001
- Manuel III Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)
Manuel III de l'ordonnance sur les accident majeurs (OPAM)
Directives pour voies de communication, décembre 1992
- PRA 1999 Sous-groupe de travail "Critères d'évaluation des voies de communication"
Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter - Fallbeispiel Autobahn
Ernst Basler + Partner AG, août 1999
- SBW 2008 Office fédéral de la statistique Wiesbaden (Allemagne) [éditeur], Uwe Reim
Gefahrguttransporte 2006
In: Wirtschaft und Statistik, 5/2008
- Umweltscreening 2008 Office fédéral des transports, division technique de sécurité environnement
Screening der Umweltrisiken - Bericht zur Methodik und Ergebnisse
Ernst Basler + Partner AG, état au 28 April 2008
- SDR Statistik 2007 Office fédéral de la statistique
Statistique suisse des transports, Prestations des véhicules de transport de choses, séries chronologiques actualisées (tableaux en annexe)
T7 Marchandises transportées et prestation de transport des véhicules indigènes lourds par genre de marchandise
état novembre 2007

B & H 1992

Basler & Hofmann AG

Rahmenbericht Flüssiggas-Tankanlagen zum Kurzbericht und zur Risikoermittlung im Hinblick auf die Störfallvorsorge,

Zürich, de la part de "Arbeitsgruppe Flüssiggas-Tankanlagen",

Décembre 1992

Carbura 2005

Carbura

Rapport-cadre sur la sécurité des installations de stockage d'hydrocarbures

Office central suisse pour l'importation des carburants et combustibles liquides en coopération avec l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, version révisée

2005

A2 Exemple d'application

On trouvera ci-dessous les deux documents se référant à un exemple fictif:

- Masque de saisie en Excel présentant la liste de tous les paramètres locaux pertinents (voir le tableau de la page suivante)
- Documentation résultant de l'application du logiciel CalculateurHA, version 1.0 (CalculateurHA) avec le détail des données, points de passage des courbes cumulatives et représentation des courbes cumulatives dans deux diagrammes FC (voir les pages suivantes).

Thème	Paramètre	Unité	Valeurs élément 1
Traitement	Responsable	-	EBP
	Date	-	01.04.10
Identification de l'élément	Désignation / sigle (p. ex. numéro de l'élément)	-	illustration critères d'exclusion
	Désignation de la route	-	route fictive
	Indication du lieu (p. ex. kilométrage)	-	km 1.0 - 2.0
	Canton	-	BE
	Indication supplémentaire	-	-
	Nom du segment	-	ségment fictif
Indiquez des données pareilles pour tous les éléments d'un segment (pour la documentation)!			
Critères d'exclusion	Appréciation des critères d'exclusion	-	pas accomplie
Caractéristiques de la route et trafic			
Longueur de l'élément	Longueur de l'élément	km	1
Caractéristiques de la route	Type de route	-	autoroute, unidirectionnel
	Nombre de voies par sens	-	2
Trafic (SR: Substance représentative)	TJM (somme des deux sens)	véh/jour	20'000
	Part des poids lourds (PL)	% du TJM	10.0%
	Part de transport de matières dangereuses (Tmd) du poids lourd	% du PL	8%
	Part de la SR essence du Tmd	% du Tmd	60%
	Part de la SR propane du Tmd	% du Tmd	1.0%
	Part de la SR chlore du Tmd	% du Tmd	0.05%
	Part de la SR épichlorohydrine du Tmd	% du Tmd	1.5%
	Facteur correcteur du taux d'accident local	-	1
	Part du transport durant les heures de travail (0800h-1700h Lu-Ve)	-	70%
Risques pour la population			
Densité de personnes	Population résidente (habitat)	0 - 50 m	pers./km ²
		50 - 200 m	pers./km ²
		200 - 500 m	pers./km ²
		0 - 50 m	pers./km ²
		50 - 200 m	pers./km ²
	Nombre d'emplois (équivalents plein temps)	200 - 500 m	pers./km ²
		0 - 50 m	pers./km ²
		50 - 200 m	pers./km ²
		200 - 500 m	pers./km ²
	Personnes supplémentaires à proximité	0 - 50 m en plein air, durant les heures de travail	pers./km ²
		50 - 200 m en plein air, durant les heures de travail	pers./km ²
		0 - 50 m dans un bâtiment, durant les heures de travail	pers./km ²
		50 - 200 m dans un bâtiment, durant les heures de travail	pers./km ²
		0 - 50 m en plein air, durant autres périodes de transport	pers./km ²
		50 - 200 m en plein air, durant autres périodes de transport	pers./km ²
		0 - 50 m dans un bâtiment, autres périodes de transport	pers./km ²
		50 - 200 m dans un bâtiment, autres périodes de transport	pers./km ²
Nombre de véhicules (pour le calcul de la formation de bouchons)	du TJM durant les heures de travail (45 h/semaine)	% du TJM	53%
	ant les autres périodes de transport (57 h/semaine)	% du TJM	38%
Protection passive des routes	Dispositif routier de retenue de véhicules	-	H1 ("glissière normale")
Disposition de la route	Section de la route		talus des deux côtés
Sauvetage individuel	Accès latéral de la route		accessibilité mauvaise des deux côtés
Risques pour l'environnement			
Situation eaux superficielles (ES: eaux superficielles)	Caractéristique du terrain entre la route et les ES	-	descendant
	Distance du prochain ES	m	100 - 200
	Pente moyenne entre la route et les ES	°	>20
Situation eaux souterraines	Captage d'eau potable dans un rayon de 500 m?	-	oui
	Direction d'écoulement des eaux souterraines	-	du captage vers la chaussée
	Volume de captage cumulé dans une distance de 0 - 100 m	l/min	450
	Volume de captage cumulé dans une distance de 100 - 200 m	l/min	
	Volume de captage cumulé dans une distance de 200 - 500 m	l/min	
Evacuation des eaux	Profondeur du niveau piézométrique	m	5
	Type du système d'évacuation des eaux	-	déversement dans un émissaire
	Bassin de rétention	-	écoulement lent
	Volume total de rétention	m ³	
	Volume rétention SR essence	m ³	
	Vannes	-	
Intervention (environnement)	Trop-plein eaux de pluie	-	oui
	Délai d'arrivée des services d'intervention		
Mesures (SR essence)	Possibilité de limiter la surface polluée des ES	-	non
	Surface polluée maximale	km ²	

Paramètres d'influence locaux pour chaque élément pour la détermination des courbes cumulatives

Paramètre	Unité	Valeur élément 1	Valeur élément 2	Valeur élément 3	Valeur élément 14	Valeur élément 5
Responsable	-	EBP				
Date	-	01.04.10				
Désignation / sigle (p. ex. numéro de l'élément)	-	illustration critères d'exclusion route fictive km 1.0 - 2.0 BE - segment fictif pas accomplie				
Désignation de la route	-					
Indication du lieu (p. ex. kilométrage)	-					
Canton	-					
Indication supplémentaire	-					
Nom du segment	-					
Appréciation des critères d'exclusion	-					
Longueur de l'élément	km	1				
Type de route	-	autoroute, unidirectionnel				
Nombre de voies par sens	-	2				
TJM (somme des deux sens)	véh/jour	20 000				
Part des poids lourds (PL)	% du TJM	10.0%				
Part de transport de matières dangereuses (Tmd) du poids lourd	% du PL	8%				
Part de la SR essence du Tmd	% du Tmd	60%				
Part de la SR propane du Tmd	% du Tmd	1.0%				
Part de la SR chlore du Tmd	% du Tmd	0.05%				
Part de la SR épichlorohydrine du Tmd	% du Tmd	1.5%				
Facteur correcteur du taux d'accident local	-	1				
Part du transport durant les heures de travail (0800h-1700h Lu-Ve)	-	70%				
Population résidente (habitat)						
0 - 50 m	pers./km2	5'000				
50 - 200 m	pers./km2	5'000				
200 - 500 m	pers./km2	5'000				
Nombre d'emplois (équivalents plein temps)						
0 - 50 m	pers./km2	5'000				
50 - 200 m	pers./km2	5'000				
200 - 500 m	pers./km2	5'000				
Personnes supplémentaires à proximité						
0 - 50 m en plein air, durant les heures de travail	pers./km2	0				
50 - 200 m en plein air, durant les heures de travail	pers./km2	0				
0 - 50 m dans un bâtiment, durant les heures de travail	pers./km2	0				
50 - 200 m dans un bâtiment, durant les heures de travail	pers./km2	0				
0 - 50 m en plein air, durant autres périodes de transport	pers./km2	0				
0 - 200 m en plein air, durant autres périodes de transport	pers./km2	0				
0 - 50 m dans un bâtiment, autres périodes de transport	pers./km2	0				
50 - 200 m dans un bâtiment, autres périodes de transport	pers./km2	0				
Part du TJM durant les heures de travail (45 h/semaine)	% du TJM	53%				
Part du TJM durant les autres périodes de transport (57 h/semaine)	% du TJM	38%				
Dispositif routier de retenue de véhicules	-	HI ("glissière normale")				
Section de la route		talus des deux côtés				
Accès latéral de la route		accessibilité mauvaise des deux côtés				
Caractéristique du terrain entre la route et les ES	-	descendant				
Distance du prochain ES	m	100 - 200				
Pente moyenne entre la route et les ES	°	>20				
Captage d'eau potable dans un rayon de 500 m?	-	oui				
Direction d'écoulement des eaux souterraines	l/min	du captage vers la chaussée				
Volume de captage cumulé dans une distance de 0 - 100 m	l/min	450				
Volume de captage cumulé dans une distance de 100 - 200 m	l/min					
Volume de captage cumulé dans une distance de 200 - 500 m	l/min					
Profondeur du niveau piézométrique	m	5				
Type du système d'évacuation des eaux	-	déversement dans un émissaire				
Bassin de rétention	-	écoulement lent				
Volume total de rétention	m3					
Volume rétention SR essence	m3	oui				
Vannes	-	oui				
Trop-plein eaux de pluie	-	20 - 40 Min.				
Délai d'arrivée des services d'intervention	-	non				
Possibilité de limiter la surface polluée des ES	-					
Surface polluée maximale	km2					

Résultats: points de la courbe cumulative du segment

Nom du segment: ségment fictif
Nombre d'éléments: 1
Nom des éléments: Illustration critères d'exclusion

Responsable: EBP
Date: 01.04.10

Attention: Les indications concernant le segment, le responsable et la date proviennent du premier élément
(elles devraient être choisies pareilles pour tous les éléments du segment)

Essence (personnes)		Propane (personnes)		Chlore (personnes)		Toutes les subst. représent. (personnes)		Essence (eaux superficielles)		Epichlorohydrine (eaux superficielles)		Toutes les subst. représent. (personnes)		Essence (eaux souterraines)	
Valeur conséquence	Valeur fréquence	Valeur conséquence	Valeur fréquence	Valeur conséquence	Valeur fréquence	Valeur conséquence	Valeur fréquence	Valeur conséquence	Valeur fréquence	Valeur conséquence	Valeur fréquence	Valeur conséquence	Valeur fréquence	Valeur conséquence	Valeur fréquence
26	1.0E-20	92	1.0E-20	222	1.0E-20	222	1.0E-20	0.000	1.0E-20	0.431	1.0E-20	0.431	1.0E-20	0.000	1.0E-20
26	6.8E-09	92	2.5E-11	222	1.4E-12	222	1.4E-12	0.000	5.7E-08	0.431	1.3E-08	0.431	1.5E-09	0.000	5.7E-08
26	6.8E-09	92	2.5E-11	222	1.4E-12	222	1.4E-12	0.000	5.7E-08	0.431	1.3E-08	0.431	1.5E-09	0.000	5.7E-08
25	6.8E-09	65	2.5E-11	204	1.4E-12	204	1.4E-12	0.000	3.2E-05	0.370	1.5E-08	0.370	1.5E-08	0.000	3.2E-05
25	6.8E-09	65	2.5E-11	204	1.4E-12	204	1.4E-12	0.000	3.2E-05	0.370	1.5E-08	0.370	1.5E-08	0.000	3.2E-05
25	9.7E-09	60	3.9E-10	204	1.9E-12	204	1.9E-12	0.000	2.1E-08	0.370	2.1E-08	0.370	2.1E-08	0.000	2.1E-08
18	9.7E-09	60	3.9E-10	120	1.9E-12	120	1.9E-12	0.000	2.1E-08	0.040	2.1E-08	0.040	2.1E-08	0.000	2.1E-08
18	9.7E-09	60	3.9E-10	120	1.9E-12	120	1.9E-12	0.000	2.1E-08	0.040	2.1E-08	0.040	2.1E-08	0.000	2.1E-08
14	1.0E-08	60	8.7E-10	120	2.1E-11	120	2.1E-11	0.000	7.8E-08	0.000	7.8E-08	0.000	7.8E-08	0.000	7.8E-08
14	1.0E-08	54	8.7E-10	117	2.1E-11	117	2.1E-11	0.000	7.8E-08	0.000	7.8E-08	0.000	7.8E-08	0.000	7.8E-08
14	3.0E-08	54	1.2E-09	117	4.7E-11	117	4.7E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
13	3.0E-08	41	1.2E-09	110	4.7E-11	110	4.7E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
13	3.8E-08	41	1.4E-09	110	6.5E-11	110	6.5E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
12	3.8E-08	37	1.4E-09	103	6.5E-11	103	6.5E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
12	3.8E-08	37	1.4E-09	103	6.5E-11	103	6.5E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
8	3.8E-08	34	1.4E-09	98	7.3E-11	98	7.3E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
8	3.8E-08	34	1.4E-09	98	7.3E-11	98	7.3E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
8	5.0E-08	34	1.6E-09	98	8.4E-11	98	8.4E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
7	5.0E-08	30	1.6E-09	79	8.4E-11	79	8.4E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
7	1.9E-07	30	1.7E-09	79	9.2E-11	79	9.2E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
5	1.9E-07	27	1.7E-09	56	9.2E-11	56	9.2E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
5	1.9E-07	27	1.7E-09	56	9.2E-11	56	9.2E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
4	1.9E-07	26	1.7E-09	53	9.2E-11	53	9.2E-11	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
4	4.9E-07	26	1.7E-09	53	1.2E-10	53	1.2E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
3	4.9E-07	23	1.7E-09	50	1.2E-10	50	1.2E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
3	4.9E-07	23	1.7E-09	50	1.2E-10	50	1.2E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
2	4.9E-07	22	1.8E-09	48	1.3E-10	48	1.3E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
2	1.1E-06	22	1.8E-09	45	1.3E-10	45	1.3E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
2	1.1E-06	20	1.8E-09	40	1.3E-10	40	1.3E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
1	1.1E-06	20	1.8E-09	40	1.3E-10	40	1.3E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
1	2.6E-06	20	1.8E-09	39	1.4E-10	39	1.4E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
0	2.6E-06	16	2.2E-09	39	1.4E-10	39	1.4E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
0	1.3E-05	14	2.2E-09	37	1.4E-10	37	1.4E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		14	2.2E-09	37	1.4E-10	37	1.4E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		13	2.7E-09	29	1.5E-10	29	1.5E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		13	2.7E-09	29	1.5E-10	29	1.5E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		13	3.0E-09	28	1.5E-10	28	1.5E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		12	3.0E-09	28	1.5E-10	28	1.5E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		12	3.0E-09	28	1.5E-10	28	1.5E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		11	3.0E-09	27	1.5E-10	27	1.5E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		11	3.0E-09	27	1.5E-10	27	1.5E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		10	3.0E-09	27	1.5E-10	27	1.5E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		10	3.0E-09	26	5.2E-10	26	5.2E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		10	3.2E-09	26	5.2E-10	26	5.2E-10	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		9	3.2E-09	25	1.0E-09	25	1.0E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		9	3.2E-09	25	1.0E-09	25	1.0E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		8	3.2E-09	24	1.4E-09	24	1.4E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		8	3.2E-09	24	1.4E-09	24	1.4E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		7	3.4E-09	24	1.8E-09	24	1.8E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		7	3.4E-09	23	1.8E-09	23	1.8E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		7	3.6E-09	23	1.7E-09	23	1.7E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		6	3.6E-09	22	1.7E-09	22	1.7E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		6	3.8E-09	19	1.7E-09	19	1.7E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		5	3.8E-09	19	1.7E-09	19	1.7E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		5	4.1E-09	19	1.9E-09	19	1.9E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		4	4.1E-09	18	1.9E-09	18	1.9E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		4	4.2E-09	18	1.9E-09	18	1.9E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		3	4.2E-09	16	1.9E-09	16	1.9E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		3	4.3E-09	16	1.9E-09	16	1.9E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		2	4.3E-09	15	1.9E-09	15	1.9E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07	0.000	3.2E-05	0.000	3.2E-05
		2	4.4E-09	15	2.1E-09	15	2.1E-09	0.000	7.9E-07	0.000	7.9E-07				

Résultats: points de la courbe cumulative du segment

Nom du segment: **ségment fictif**
 Nombre d'éléments: **1**
 Nom des éléments: **illustration critères d'exclusion**

Responsible: EBP
Date: 01.04.10

Attention: Les indications concernant le segment, le responsable et la date proviennent du premier élément (elles devraient être choisies pareilles pour tous les éléments du segment)

[illegible]

Diagramme F/C: risques pour les personnes

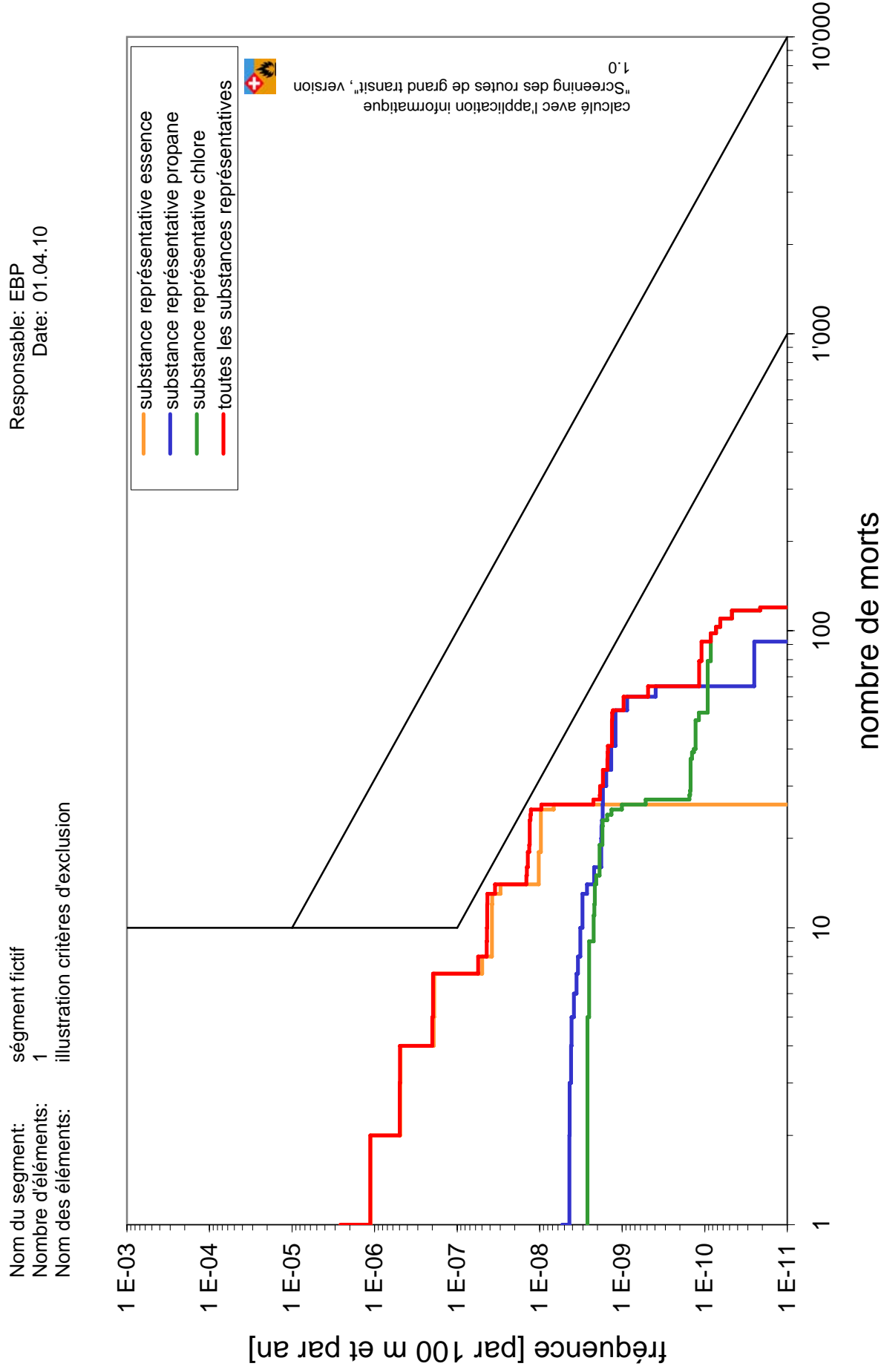


Diagramme F/C: risques pour l'environnement

Nom du segment: ségement fictif

Nombre d'éléments: 1

Nom des éléments: illustration critères d'exclusion

Responsable: EBP

Date: 01.04.10

