Badenerstrasse 47 Telefon 044 217 41 11
Postfach 3825 Telefax 044 217 41 10
8021 Zürich Postcheck 80-21080-8
www.carbura.ch MWST-Nr. CHE-105.841.616 MWST

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

Complément au scénario "Explosion d'un nuage de gaz"

Trafic routier et ferroviaire

Date: 20. mars 2018
Version: 14
Statut: Définitif

Martin B. Rahn
E-Mail: martin.rahn@carbura.ch
Téléphone direct: 044 217 41 69

Marcello Fisler
E-Mail: marcello.fisler@carbura.ch
Téléphone direct: 044 217 41 67

Contenu

1. Contexte et objectif du complément 3

2. Description du scénario selon le rapport-cadre[1] 3

3. Expériences de l'incendie de Buncefield et leur mise en œuvre 4

3.1 Résumé de l'incident de Buncefield 4
3.2 Conséquences pour le standard des installations de stockage en Suisse 4

4. Estimation de la probabilité d'occurrence d'une explosion d'un nuage de gaz 4

5. Calcul de l'ampleur des dommages pour des trains de passagers 5

6. Calcul de l'ampleur des dommages pour le trafic routier 7

7. Conclusions 11

8. Décisions des organes compétents 11

8.1 Discussion et décision du comité d'experts prévention des accidents majeurs 11
8.2 Décision de l'équipe de pilotage 11

Annexe 1: Critères d'appréciation du risque I pour l'ordonnance sur les accidents majeurs

Annexe 2: Arbre d'événements pour nuage de gaz avec inflammation (par réservoir)

Annexe 3: Mise en application du scénario du nuage de gaz avec trafic routier et ferroviaire

1. Contexte et objectif du complément

Le rapport-cadre sur la sécurité des installations de stockage d'hydrocarbures[1] (version révisée 2005) traite dans les cas spéciaux le scénario "Explosion d'un nuage de gaz". Ce scénario entre en ligne de compte lorsque, dans un rayon d'environ 150 m autour de l'installation, la densité de la population est élevée (immeubles d'habitation ou industrie) ou qu'il y a souvent des manifestations, donc d'importants rassemblements de personnes. Une autre condition est la présence d'essence et/ou de pétrole aviation.

Lors de l'évaluation des rapports succincts, une éventuelle présence de trains de passagers ainsi que du trafic routier à proximité des dépôts a été notée ce qui augmente temporairement la densité de population. De plus, l'électricité du train ou les moteurs des voitures sont des sources d'inflammation potentielles qui peuvent provoquer l'explosion d'un nuage de gaz.

Comme à l'étape du rapport succinct (annexe 6 du rapport-cadre[1]) une atteinte grave ne peut être exclue, rien qu'en considérant les densités de population dans le trafic routier et ferroviaire à proximité, le comité d'experts prévention des accidents majeurs a décidé de calculer la probabilité d'occurrence d'un nuage de gaz avec inflammation. Par une étude de risque générique, on a ainsi créé une base permettant de renoncer éventuellement à une étude de risque. En cas de probables atteintes graves suite aux expositions de la population selon l'annexe 6 et de ce complément, le procédé selon le rapport-cadre[1] reste toutefois inchangé.

Par ce complément au rapport-cadre[1], une appréciation du scénario du nuage de gaz, y compris la population dans des moyens de transport, peut être effectuée à l'étape du rapport succinct.

Entre-temps, l'incident avec incendie du dépôt de Buncefield (Angleterre) en 2005 a été évalué et les sondes de détection d'hydrocarbures ont été ajoutées au standard de CARBURA pour les dépôts en Suisse. Ainsi, il est aujourd'hui recommandé d'équiper les bassins de rétention avec des réservoirs d'essence et/ou de pétrole aviation avec de telles sondes. Celles-ci peuvent détecter suffisamment tôt des produits minéraux dans le bassin de rétention et déclencher une alarme. Une intervention rapide est possible avant qu'il y ait eu beaucoup de fuite de produit et la formation d'un nuage de gaz.

Dans l'application, on a constaté que la probabilité pour le pétrole aviation a été surestimée vers celui de l'essence. Des clarifications supplémentaires, en particulier avec des experts externes tels que M. Martin Glor du TÜV Süd, ont montré qu'une différence du facteur 100 de l'essence est absolument justifiée. Ceci a été estimé en particulier sur le nombre de jours avec des températures possibles au-dessus du point d'allumage du pétrole aviation. Cette modification a été incorporée dans la version actuelle et a été adoptée et mises en vigueur par l'équipe de pilotage (LKT) le 20 Mars 2018.

2. Description du scénario selon le rapport-cadre[1]

Le scénario "Explosion d'un nuage de gaz" ne fait pas partie des événements principaux du rapport-cadre; il est traité dans les cas spéciaux.

Comme base du rapport-cadre sert une nappe d'essence (qui correspond à un bassin rempli) avec une situation atmosphérique en été. La superficie nette de la nappe (respectivement du bassin de rétention) est déterminante pour le calcul de l'étendue du nuage de gaz.

Ensuite, il faut estimer le nombre de personnes pouvant être présentes à l'intérieur de cette étendue du nuage de gaz. Pour estimer les atteintes à la population dues au rayonnement de chaleur d'un nuage de gaz enflammé, on admettra que 50% des personnes présentes seront mortellement blessées. Des personnes se trouvant dans des bâtiments, seules 10% d'entre elles sont en danger. Pour estimer les atteintes par l'onde de choc déclenchée par l'inflammation d'un nuage de gaz, on calcule les domaines de pression de 0,21 bar (létalité 10%) et de 0,17 bar (lésions auditives) aux éloignements du bord du bassin.

Il est à noter que lors de la révision du rapport-cadre en 2005, les sondes de détection d'hydrocarbures dans les bassins ne faisaient pas encore partie du standard CARBURA et n'avaient donc pas été considérées.

3. Expériences de l'incendie de Buncefield et leur mise en œuvre

3.1 Résumé de l'incident de Buncefield

Lors du remplissage par pipeline, un réservoir d'essence a débordé à Buncefield. Ceci a mené à la présence d'essence dans le bassin de rétention et après un certain temps à la formation d'un grand nuage de gaz. Celui-ci s'est enflammé à l'extérieur du bassin de rétention causant de grands dommages. Plus de 40 personnes ont été blessées, mais heureusement il n'y a eu aucun mort.

3.2 Conséquences pour le standard des installations de stockage en Suisse

En se basant sur l'analyse de l'incident à Buncefield, le standard CARBURA pour les installations de stockage d'hydrocarbures a été élargi afin d'équiper des bassins de rétention d'essence et de pétrole aviation avec des sondes de détection d'hydrocarbures. Ces sondes détectent de faibles quantités de produit et permettent ainsi une alerte rapide et une intervention à temps (tapis de mousse).

Dans l'aide-mémoire[2] rédigé par l'OFEV et CARBURA, il est mentionné que lorsqu'une sonde de détection d'hydrocarbures est installée et que le standard est respecté dans son intégralité, un incident comme celui de Buncefield est peu probable.

4. Estimation de la probabilité d'occurrence d'une explosion d'un nuage de gaz

Suite à la discussion précédente, il a été décidé d'évaluer de manière détaillée le scénario "Explosion d'un nuage de gaz" en vue du trafic routier et ferroviaire et d'estimer une probabilité d'occurrence.

L'estimation de l'occurrence est basée autant que possible sur des expériences suisses. De plus, les mesures de prévention actives sont prises en considération, il faut notamment veiller à ce que les sondes de détection d'hydrocarbures soient auto-surveillées et les dispositifs d'extinction équipés d'une alarme et entretenus régulièrement (incluant des exercices). Si ces conditions ne sont pas satisfaites, une estimation individuelle de l'occurrence doit être réalisée.

Au cours des 60 dernières années, deux incidents avec du produit dans le bassin de rétention sont connus en Suisse.

Pour l'estimation de l'occurrence, les facteurs suivants ont été considérés :

- Nombre de réservoirs en Suisse (tous les produits) 1'000
- Incidents connus en Suisse 2 en 60 ans
- Défaillance de la sonde de détection d'hydrocarbures auto-surveillée 1:1'000
- Détection organoleptique 1:2
- Défaillance des dispositifs d'extinction maintenus 1:100
- Intervention des pompiers erronée (lors d'une défaillance des dispositifs d'extinction) 1:10
- Explosion du nuage de gaz (sans intervention) en considérant la force du vent, mais pas sa direction (principale)
    - Essence
        - Jusqu'à vent optimal 1:2
        - Vent trop fort 1:10
    - Pétrole aviation

Jusqu'à vent optimal	1:200
Vent trop fort	1:1000

Un arbre d'événements a été établi de ces facteurs (annexe 2) qui calcule la probabilité d'occurrence d'une explosion d'un nuage de gaz par produit et par réservoir.

5. Calcul de l'ampleur des dommages pour des trains de passagers

Puisque les trains de passagers n'augmentent que brièvement la densité de population à proximité des installations de stockage d'hydrocarbures, leur temps de séjour a été calculé selon une formule du rapport-cadre des conduites de transport de gaz naturel à haute pression[3] (p.40) et indiqué au tableau 1.

$$t_Z = \frac{S_A + S_G + Z}{V} * F$$

S_A: Distance de freinage

S_G: Longueur des voies dans la zone de danger

Z: Longueur du train

V: Vitesse du train

F: Fréquence des trains

Tab. 1: Calcul du temps de séjour du train

	Train régional	IC/ICN/IR
***Z*: Longueur du train [m]**	150	300
S_G: Longueur des voies dans la zone de danger [m]	250	250
S_A: Distance de freinage [m]	200	400
Longueur des voies totale [m]	600	950
***F*: Nombre de trains par heure dans les 2 directions**	8	4
***V*: Vitesse des trains [m/s]; 60 resp. 100 km/h**	17	28
t_Z: Temps de séjour [s/h]	288	137
"Arrêt nocturne" [h/t]; 4 h sur 24 heures	0.8	0.8
Pourcentage	**9.8%**	

Cette probabilité de séjour de 9.8% a été multipliée avec la probabilité d'un nuage de gaz avec inflammation (annexe 2). Il en résulte la probabilité d'un nuage de gaz avec inflammation *lors du passage simultané d'un train de passagers* de $1.5 * 10^{-9}$ pour un réservoir d'essence et de $1.5 * 10^{-11}$ pour un réservoir de pétrole aviation.

Lorsqu'on insère ces probabilités dans le diagramme PC (annexe 1), il s'avère qu'un incident jusqu'à l'indice d'accident majeur de 0.57 (essence) et de 0.87 (pétrole aviation) se situe dans le domaine acceptable; jusqu'à un indice d'accident majeur de 0.87 (essence) et de > 1.0 (pétrole aviation), l'incident se situe dans le domaine intermédiaire.

L'échelle de l'ampleur des dommages selon l'OPAM indique qu'un indice d'accident majeur de 0.87 corrèle avec 82 décès. La létalité due au rayonnement de chaleur ou à l'onde de choc dans un bâtiment (10%)[1] peut être appliquée aux passagers du train ferroviaire. Une exposition de 825 personnes est donc acceptable pour cet indice d'accident majeur avec essence. En conséquence, avec pétrole aviation, même une exposition de 8248 personnes se situe toujours dans les limites acceptables du diagramme PC.

Les indices d'accident majeur et l'exposition de personnes acceptables ont été déterminés selon le diagramme PC pour les produits essence et pétrole aviation et sont listés dans les tableaux 2 et 3.

Pour ce faire, les probabilités d'un nuage de gaz avec inflammation ont été calculées selon le nombre de réservoirs dans le même bassin de rétention et croisées avec la ligne entre le domaine acceptable et le domaine intermédiaire dans le diagramme PC.

Tab. 2: Ampleur pour réservoirs d'essence, trains de passagers

Nombre de réservoirs dans le même bassin	Probabilité P	Indice d'accident majeur C Domaine acceptable	n_1: Décès	Exposition de personnes acceptables
1	$1.5 * 10^{-9}$	0.57	82	825
2	$2.9 * 10^{-9}$	0.53	58	583
3	$4.4 * 10^{-9}$	0.50	48	476
4	$5.9 * 10^{-9}$	0.48	41	412
5	$7.3 * 10^{-9}$	0.47	37	369
6	$8.8 * 10^{-9}$	0.46	34	337
7	$1.0 * 10^{-8}$	0.45	31	312

Tab. 3: Ampleur pour réservoirs de pétrole aviation, trains de passagers

Nombre de réservoirs dans le même bassin	Probabilité P	Indice d'accident majeur C Domaine acceptable	n_1: Décès	Exposition de personnes acceptables
1	$1.5 * 10^{-11}$	0.87	825	8'248
2	$3.0 * 10^{-11}$	0.83	583	5'832
3	$4.5 * 10^{-11}$	0.80	476	4'762
4	$6.0 * 10^{-11}$	0.78	412	4'124
5	$7.5 * 10^{-11}$	0.77	369	3'689
6	$9.0 * 10^{-11}$	0.76	337	3'367
7	$1.1 * 10^{-10}$	0.75	312	3'117

Du rapport-cadre de l'estimation de l'ampleur des dommages des installations de gaz naturel à haute pression[3] (p.33), les grandes fréquentations des trains ressortent (tab. 4). Ces grandes fréquentations des trains sont, en règle générale, attendues durant les heures de pointe ou pendant les vacances. Le reste du temps, l'occupation est fortement réduite (10% à 50% de l'occupation forte).

Tab. 4: Aperçu modèles de trains

Modèle	Nombre de wagons	Nombre de passagers
Trains RER	3 – 10	100 – 1000
REG / RX	4 – 6	100 – 200
IC / EC / CIS	6 – 12	500
ICN / EN	6 – 12	500

Basé sur le tableau 1, 8 trains régionaux et 4 Intercitys circulent à proximité du dépôt par heure. Afin d'avoir une occupation moyenne par train, 4 trains RER (550 personnes), 4 trains régionaux (150 personnes) et 4 Intercitys (250 personnes) ont été considérés.

Ainsi l'occupation moyenne pondérée par train est de **316 personnes**.

Sur des trajets avec une fréquence de trains élevée (notamment avec des trains RER) l'occupation devra être ajustée.

Pour le rapport succinct, seule l'onde de choc (0.21 bar) est prise en compte puisque la létalité selon le rapport-cadre[1] est la même que pour le rayonnement de chaleur (10%), mais la portée de la surpression (distance E du bord du bassin) est plus élevée.

Pour les bassins pertinents, la distance E est déterminée et selon le nombre de réservoirs dans le bassin et les valeurs dans les tableaux 2 et 3, on vérifie si l'incident se situe dans le domaine acceptable du diagramme PC.

Si la somme de l'occupation moyenne du train (316 personnes) est inférieure à l'exposition de personnes acceptable selon les tableaux 2 et 3, l'incident se situe dans le domaine acceptable et l'appréciation du scénario est terminée.

Lorsque l'occupation moyenne du train est supérieure à l'exposition de personnes acceptable, des investigations supplémentaires sont nécessaires (p.ex. vérification des bases et paramètres du calcul ou une étude de risque).

L'annexe 3 montre l'application au niveau du rapport succinct.

6. Calcul de l'ampleur des dommages pour le trafic routier

La probabilité de l'inflammation d'un nuage de gaz est déterminée dans l'arbre d'événements (annexe 2) et est par réservoir de $1.5 * 10^{-8}$ pour l'essence et de $1.5 * 10^{-10}$ pour le pétrole aviation indépendamment du trafic routier.

Lorsque ces valeurs sont insérées dans le diagramme PC (annexe 1), il s'avère qu'un incident jusqu'à l'indice d'accident majeur de 0.42 (essence) et de 0.72 (pétrole aviation) se situe dans le domaine acceptable; jusqu'à un indice de 0.72 (essence) et de > 1.0 (pétrole aviation), l'incident se situe dans le domaine intermédiaire.

L'échelle de l'ampleur des dommages selon l'OPAM indique que p.ex. avec essence un indice d'accident majeur de 0.42 corrèle avec 26 décès (valeur n_1). Les indices d'accident majeur et le nombre de décès ont été calculés selon le diagramme PC pour plusieurs réservoirs des produits essence et pétrole aviation et sont listés dans les tableaux 5 et 6.

Tab. 5: Ampleur pour les réservoirs d'essence, trafic routier

Nombre de réservoirs dans le même bassin	Probabilité P	Indice d'accident majeur C Domaine acceptable	n_1: Décès
1	$1.5 * 10^{-8}$	0.42	26
2	$3.0 * 10^{-8}$	0.38	18
3	$4.5 * 10^{-8}$	0.35	15
4	$6.0 * 10^{-8}$	0.33	13
5	$7.5 * 10^{-8}$	0.32	12
6	$9.0 * 10^{-8}$	0.31	11
7	$1.0 * 10^{-7}$	0.30	10

Tab. 6: Ampleur pour les réservoirs de pétrole d'aviation, trafic routier

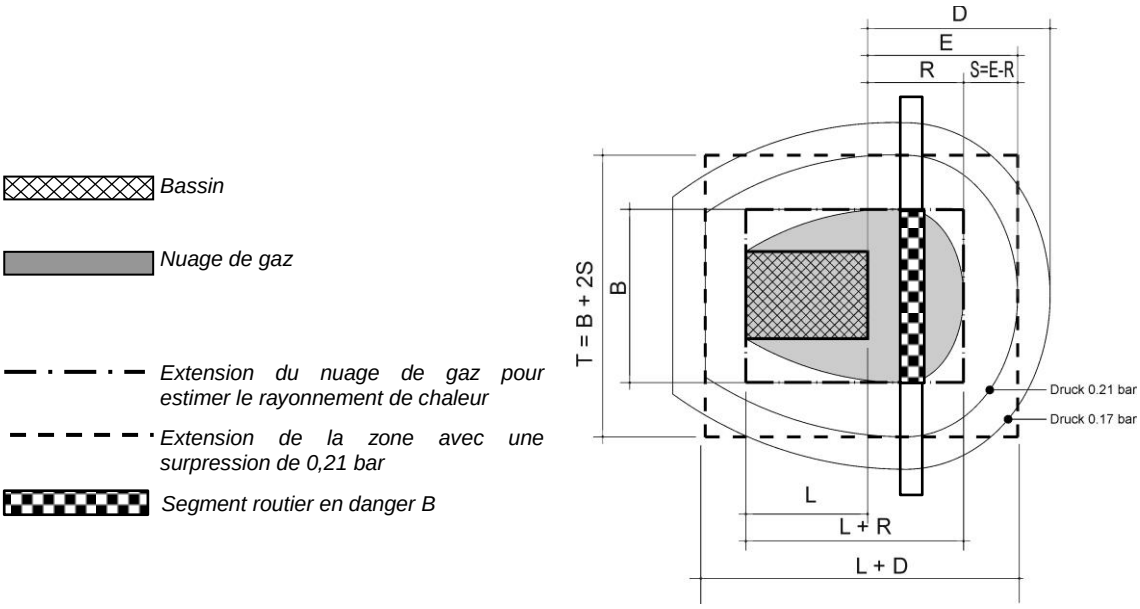
Nombre de réservoirs dans le même bassin	Probabilité P	Indice d'accident majeur C Domaine acceptable	n_1: Décès
1	$1.5 * 10^{-10}$	0.72	258
2	$3.0 * 10^{-10}$	0.68	183
3	$4.5 * 10^{-10}$	0.65	149
4	$6.0 * 10^{-10}$	0.63	129
5	$7.5 * 10^{-10}$	0.62	115
6	$9.0 * 10^{-10}$	0.61	105
7	$1.0 * 10^{-9}$	0.60	98

Du rapport-cadre de l'estimation de l'ampleur des dommages des installations de gaz naturel à haute pression[3] (p.32) a été reprise la méthode de calcul pour l'ampleur des dommages sur le trafic routier. Des routes avec un trafic journalier moyen (TJM) au-dessous de 10'000 (rue collectrices et d'aménagement) ne sont pas prises en compte dans la détermination des risques.

Aucun facteur de protection est utilisé pour les véhicules et la létalité selon le rapport-cadre[1] est la même que pour des personnes à l'extérieur, soit des létalités de 50% lors du rayonnement de chaleur et de 10% lors de l'onde de choc de 0.21 bar.

Le worst-case scénario est le rayonnement de chaleur puisque la létalité est cinq fois plus élevée que dans le cas d'une onde de choc. Ainsi, seule l'ampleur des dommages du rayonnement de chaleur est calculée.

Fig. 1: Formation d'un nuage de gaz par évaporation d'un bassin de longueur L et expansion du nuage de gaz inflammable jusqu'à la distance R du bord du bassin. L'inflammation provoque l'explosion d'un nuage de gaz partiellement obstrué avec une onde de choc (distance E du bord du bassin pour 0.21 bar, distance D du bord du bassin pour 0.17 bar)[1]



Dans le cas du trafic routier, l'ampleur des dommages est calculée par la distance moyenne entre les véhicules, respectivement le nombre de véhicules sur une certaine distance dans la zone de danger. Pour le scénario "Explosion d'un nuage de gaz et trafic routier", 3 situations de trafic ont été prises en compte: une route urbaine (vitesse 40km/h, 4h d'embouteillage par jour), une route interurbaine (60km/h) ainsi qu'une autoroute (100km/h). L'occupation moyenne d'un véhicule est de 1.5 personnes[3].

Embouteillage: Un véhicule tous les 6.5m pendant 4 heures par jour

Trafic fluide: Du rapport-cadre des conduites de transport de gaz naturel à haute pression[3] (p.32) est repris le calcul pour le trafic fluide qui est basé sur la vitesse des véhicules ainsi que sur le trafic journalier moyen (TJM).

$$D_F = \frac{v}{N} = \frac{vitesse\ [\frac{km}{h}]}{fréquence\ [\frac{véhicules}{h}]}$$

D_F: $distance\ moyenne\ entre\ 2\ véhicules$

N: $fréquence\ \frac{TJM}{24h}$

En se basant sur des recensements de trafic nationaux et cantonaux, le TJM pour la route urbaine a été évalué à 10'000 véhicules, pour la route interurbaine à 20'000 véhicules et pour l'autoroute à 50'000 véhicules par jour (24h).

Afin de calculer le nombre de décès, la formule suivante est utilisée :

$$Décès = Distance * \boldsymbol{F} = Distance[m] * \frac{TJM\left[\frac{véhicules}{jour}\right] * 1.5\ \left[\frac{personnes}{véhicule}\right] * 50\%\ létalité}{1000\ \left[\frac{m}{km}\right] * vitesse\left[\frac{km}{h}\right] * 24h}$$

Afin de simplifier l'application, des facteurs ont été calculés selon le type de route qui, multipliés par la distance à parcourir dans la zone dangereuse, résultent dans le nombre de décès.

	Facteur F
Décès autoroute	0.0156
Décès route interurbaine	0.0104
Décès route urbaine	0.0257

Le tableau 7 montre un exemple de calcul pour une installation de stockage d'hydrocarbures qui en dedans du rayon R (distance maximale du bord du bassin) a un segment routier (autoroute) de 150 m (largeur maximale du nuage de gaz B). Il résulte qu'en moyenne 5 personnes se trouvent sur la route dont 2 décèdent lors de l'explosion d'un nuage de gaz.

Tab. 7: Exemple de calcul des décès par rayonnement de chaleur dans des véhicules en fonction du type de route

	Urbaine	Interurbaine	Autoroute
Segment routier [m]	150	150	150
Personnes/véhicules	1.5	1.5	1.5
Embouteillage	4h		
Distance entre 2 véhicules [m]	6.5		
Nombre de véhicules	23		
Personnes	35		
Trafic fluide	20h		
Vitesse [km/h]	40	60	100
TJM	10'000	20'000	50'000
N [véhicules/h]	417	833	2'083
Distance moyenne D_F [m]	96	72	48
Nombre de véhicules	2	2	3
Personnes	2	3	5
Moyenne personnes	8	3	5
50% létalité, décès	**4**	**2**	**2**

Ainsi, la distance R et la longueur du segment routier (B) sont déterminées pour les bassins importants. La longueur du segment routier est alors multipliée par le facteur correspondant du type de route afin d'obtenir le nombre de décès. Par la suite, on détermine selon le nombre de réservoirs dans le bassin et les tableaux 5 et 6 si l'incident se situe dans le domaine acceptable du diagramme PC.

Si la valeur n_1 des tableaux 5 ou 6 est plus élevée que le nombre de décès calculés, l'incident se situe dans le domaine acceptable et l'appréciation du scénario est terminée.

Si la valeur n_1 est inférieure au nombre de décès calculés, il faut effectuer de plus amples investigations (p. ex. vérification des bases de calcul et des paramètres ou une étude de risque).

L'annexe 3 montre la réalisation au niveau du rapport succinct.

7. Conclusions

Considérant que les bassins de rétention d'essence et de pétrole aviation sont équipés de sondes de détection d'hydrocarbures auto-surveillées et que le dispositif d'incendie est entretenu et qu'il y a régulièrement des tests qui sont effectués, la probabilité d'occurrence pour l'explosion d'un nuage de gaz est faible.

Il est conseillé de compléter les questions de contrôle du rapport-cadre avec l'annexe 3 afin de prendre en considération le trafic ferroviaire et routier. Le traitement de ces questions par des exploitants des dépôts d'hydrocarbures doit permettre l'appréciation de ce scénario au niveau du rapport succinct.

Il est à noter qu'avec les compléments proposés aux questions de contrôle, la seule présence de pétrole aviation peut mener à une analyse et que par conséquent, plus de dépôts qu'à présent devront répondre aux questions.

Les rapports succincts qui ont été réalisés jusqu'à présent selon le rapport-cadre ont démontré que le scénario du nuage de gaz pour ces installations présente des valeurs d'accident majeur inférieures à 0.3, soit dans le domaine acceptable. Aux dépôts qui ont dans leur proximité du trafic routier et ferroviaire, il est conseillé de regarder une combinaison de ces scénarios.

Les compétences de l'ingénieur spécialisé et la validation des rapports reçus, notamment la combinaison des résultats de l'annexe 6 du rapport-cadre[1] avec les décès estimés dans le trafic routier et ferroviaire sont d'une grande importance.

8. Décisions des organes compétents

8.1 Discussion et décision du comité d'experts prévention des accidents majeurs

Le comité d'experts a discuté cette problématique lors de ses réunions depuis l'incident de Buncefield et de l'aide-mémoire rédigé par l'OFEV et Carbura[2]. Le rapport-cadre des installations de gaz naturel à haute pression[3] a été discuté et certains éléments ont été repris.

L'arbre d'événements qui a servi de base pour l'appréciation des scénarios trafic routier et ferroviaire a été établi en collaboration avec les membres du comité d'experts et a été approuvé lors de la séance du 4 novembre 2014.

Le comité d'experts prévention des accidents majeurs a approuvé la révision du présent document avec les annexes pour la mise en œuvre lors de sa séance du 20 mars 2018 et l'a transmis à l'équipe de pilotage.

8.2 Décision de l'équipe de pilotage

Lors de sa séance du 20 mars 2018, l'équipe de pilotage a approuvé la révision du présent document avec les annexes pour la mise en œuvre. Il a autorisé le document dans son intégralité pour la mise en œuvre pratique.

Références:

[1] Rapport-cadre sur la sécurité des installations de stockage d'hydrocarbures, CARBURA 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, édition révisée 2005

[2] Buncefield: conséquences pour la Suisse (document de travail), CARBURA en collaboration avec l'OFEV, septembre 2010

[3] Sécurité des installations de gaz naturel à haute pression: Rapport-cadre de l'estimation de l'ampleur des dommages et de l'étude de risque standardisées, Economie gazière suisse en collaboration avec Suisseplan, révision 2010

Annexe 1: Critères d'appréciation du risque I pour l'ordonnance sur les accidents majeurs OPAM (OFEV, 1996)

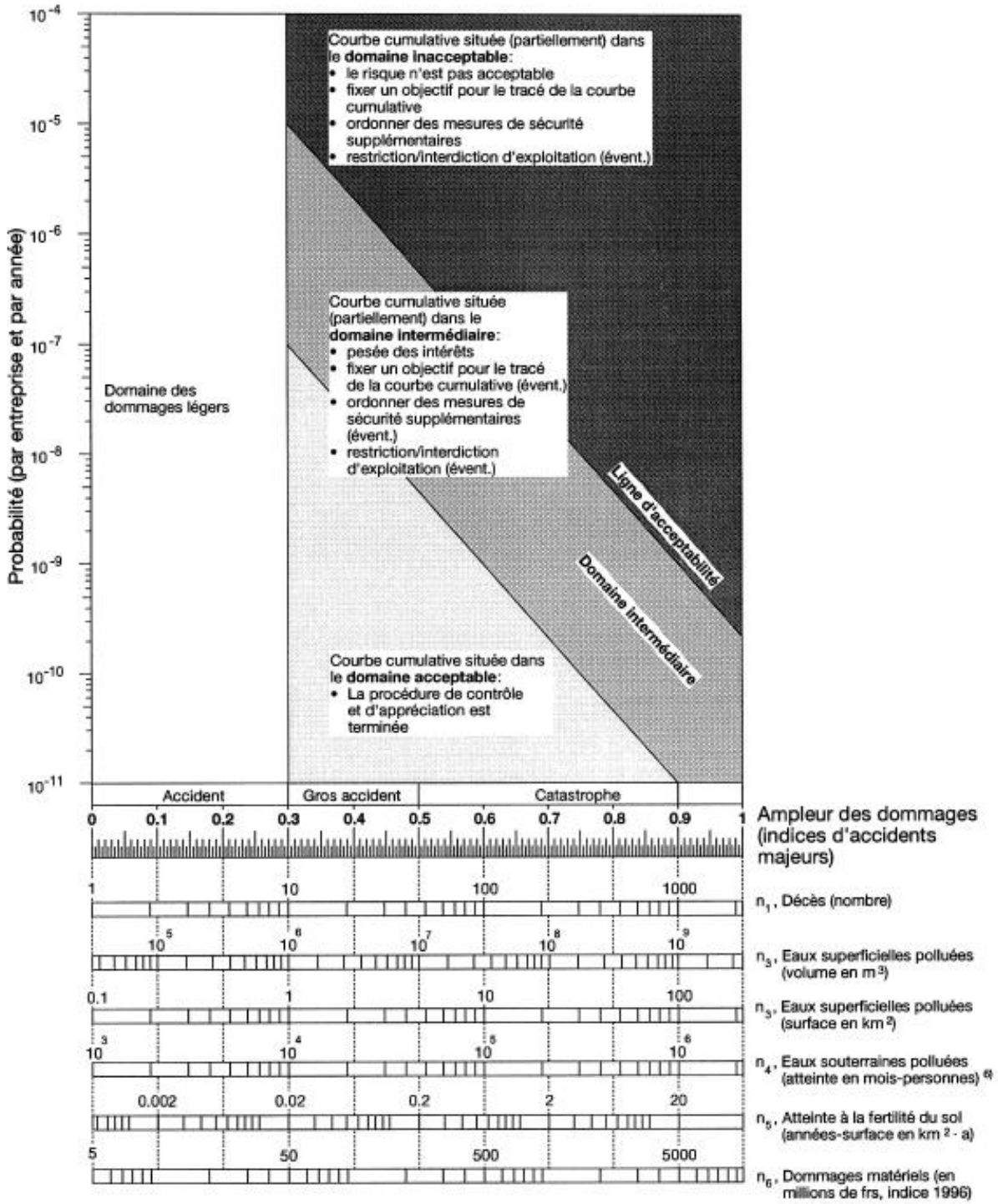


Figure 3: Diagramme PC représentant les critères d'appréciation du risque

Annexe 2: Arbre d'événements pour nuage de gaz avec inflammation (par réservoir)

Annexe 3: Mise en application du scénario du nuage de gaz avec trafic routier et ferroviaire

Etape 1: Questions générales

1. De l'essence ou du pétrole aviation sont-ils stockés dans l'installation? ☐ oui ☐ non
2. Dans un rayon de 150 m, y a t-il circulation de trains de passagers ou une route bien fréquentée? ☐ oui ☐ non

Si vous avez répondu deux fois **OUI**, il convient d'examiner ci-après les effets d'un tel événement. Si vous avez répondu au moins une fois par NON, ce scénario n'est pas déterminant et vous pouvez passer directement au chapitre 5 du formulaire pour le rapport succinct.

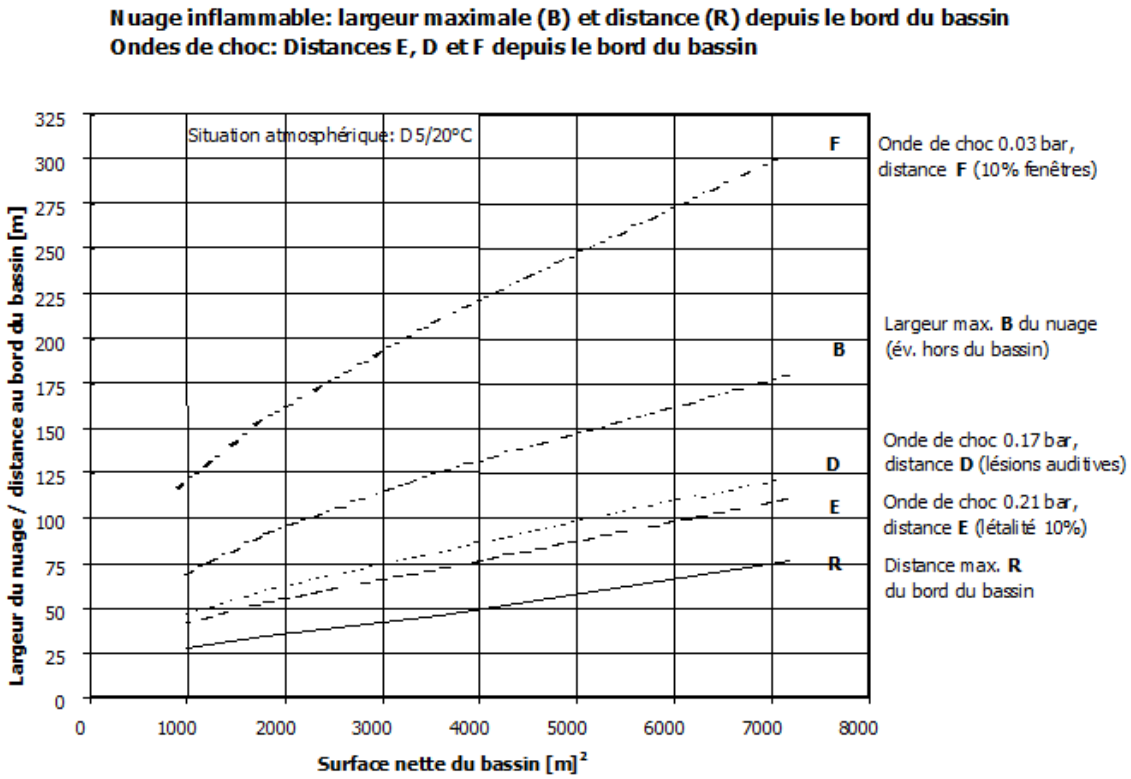
3. Est-ce que les bassins d'essence ou de pétrole aviation sont équipés de sondes de détection d'hydrocarbures auto-surveillées? ☐ oui ☐ non

Si **NON**, la suite des questions ne peut pas être utilisée pour estimer l'ampleur des dommages et le procédé à suivre doit être déterminé avec l'ingénieur spécialisé ou les autorités.

Etape 2: Détermination de la grandeur maximale du nuage de gaz

La(les) surface(s) nette(s) du(des) bassin(s) à considérer est déterminée et insérée dans le tableau 5. Le nombre de réservoirs d'essence respectivement de pétrole aviation dans ce bassin est également noté.

Fig. 1: Grandeur du nuage du gaz en fonction de la surface nette du bassin



Etape 3: Détermination de l'ampleur des dommages pour des trains de passagers

3.1 De la figure 1, on détermine pour chaque bassin du tableau 5 la valeur E et l'inscrit dans le tableau.

3.2 Est-ce que des trains circulent à l'intérieur de la distance E? Si non, continuer avec étape 4.

3.3 Détermination du nombre de personnes acceptables selon tableau 1 et/ou 2 pour le nombre de réservoirs se trouvant dans le bassin concerné?

Tab. 1: Ampleur pour les réservoirs d'essence, trains passagers

Nombre de réservoirs dans le bassin	Exposition de personnes acceptable
1	825
2	583
3	476
4	412
5	369
6	337
7	312

Tab. 2: Ampleur pour les réservoirs de pétrole aviation, trains passagers

Nombre de réservoirs dans le bassin	Exposition de personnes acceptable
1	8'248
2	5'832
3	4'762
4	4'124
5	3'689
6	3'367
7	3'117

3.4 Comparaison du nombre de personnes acceptables avec l'occupation moyenne d'un train (316 personnes). Est-ce que l'exposition de personnes acceptable est inférieure à 316?

Si **OUI**, une vérification des bases de calcul est requise (p. ex. occupation du train, direction du vent, fréquence des trains etc.). Il est également conseillé de revoir les spécificités du dépôt (conduite d'équilibrage des gaz, sondes anti-débordement, topographie, etc.). Dans ce cas, les indices d'accident majeur et l'exposition de personnes acceptable dans le domaine intermédiaire du diagramme PC peuvent également être étudiés.

Si **NON**, le scénario se situe dans le domaine acceptable et le procédé de contrôle et d'évaluation est terminé.

Etape 4: Détermination de l'ampleur pour le trafic routier

4.1 De la figure 1, on détermine pour chaque bassin du tableau 5 la valeur R et l'inscrit dans le tableau.

4.2 A l'intérieur de la distance R du bord du bassin, existe-t-il une route bien fréquentée? Si oui, continuer à 4.3. Si non, le procédé de contrôle et d'évaluation du scénario de nuage de gaz est terminé.

4.3 Détermination de la longueur du segment routier que traverse le nuage de gaz (valeur B : largeur maximale du nuage de gaz) et du type de route et les inscrire dans le tableau 5.

4.4 La multiplication de la longueur B en mètres avec le facteur F correspondant donne le nombre de décès.

	Facteur F
Décès autoroute	0.0156
Décès route interurbaine	0.0104
Décès route urbaine	0.0257

4.5. Comparer le nombre de décès calculés avec les valeurs n_1 (nombre maximal de décès) des tableaux 3 et 4.

Tab. 3: Ampleur pour les réservoirs d'essence, trafic routier

Nombre de réservoirs dans le bassin	**n_1: décès**
1	26
2	18
3	15
4	13
5	12
6	11
7	10

Tab. 4: Ampleur pour les réservoirs de pétrole aviation, trafic routier

Nombre de réservoirs dans le bassin	**n_1: décès**
1	258
2	183
3	149
4	129
5	115
6	105
7	98

Si **n_1 (nombre maximal de décès du tableau) est supérieur au nombre calculé**, le scénario se situe dans le domaine acceptable et le procédé de contrôle et d'évaluation est terminé.

Si **n_1 est inférieur au nombre de décès calculé,** une vérification des bases de calcul est requise (p. ex. direction du vent, TJM, vitesse, embouteillage etc.). Il est également conseillé de revoir les spécificités du dépôt (conduite d'équilibrage des gaz, sondes anti-débordement, topographie). Dans ce cas, les indices d'accident majeur et la valeur n_1 dans le domaine intermédiaire du diagramme PC peuvent également être étudiés.

Tableau 5: Calcul de l'ampleur des dommages

	Etape 2			Etape 3				Etape 4				
				Ampleur trains de passagers				**Ampleur trafic routier**				
	No	**Nombre de réservoirs dans le bassin**	**Superficie nette [m^2]**	Valeur E [m]	Trains passagers dans E	Exposition de personnes acceptable	Inférieur à 316? [a)]	Valeur R [m]	Route dans R	Longueur segment routier valeur B	Type routier Autoroute Interurbaine Urbaine	Nombre de décès (BxF) [b)]
Bassin d'essence avec la plus grande superficie nette					☐ oui ☐ non		☐ oui ☐ non		☐ oui ☐ non			
Bassin de pétrole aviation avec la plus grande superficie nette					☐ oui ☐ non		☐ oui ☐ non		☐ oui ☐ non			
Bassin d'essence avec la plus petite distance à la route/au train					☐ oui ☐ non		☐ oui ☐ non		☐ oui ☐ non			
Bassin de pétrole aviation avec la plus petite distance à la route/au train					☐ oui ☐ non		☐ oui ☐ non		☐ oui ☐ non			

a) Si OUI, il faut effectuer de plus amples investigations. Si NON, l'événement se situe dans le domaine acceptable et l'appréciation est terminée.

b) Comparaison du nombre de décès avec tab. 3 et 4. Si n_1 (nombre maximal de décès du tableau) est supérieur au nombre de décès calculés (BxF), l'appréciation est terminée. Si n_1 est inférieur au nombre de décès calculés, il faut revoir les bases de calcul.

L'ingénieur spécialisé doit valider le nombre de décès de la population, de la route et du train et les combiner au besoin.