

## Appendice

**Annexe 1** Bibliographie

**Annexe 2** Glossaire

**Annexe 3** Ampleur des dommages correspondant à l'indice d'accident majeur 0,3 selon les directives de l'OFEFP

**Annexe 4** Evaluation sismologique d'installations de citernes verticales

**Annexe 5** Récapitulation des mesures générales de sécurité, formulaire pour l'application de l'article 3 de l'OPAM (rapport succinct, partie 1)

**Annexe 6** Formulaire pour l'estimation de l'ampleur des dommages (rapport succinct, partie 2)

## **Annexe 1**

### Bibliographie

## Bibliographie

- [1] OFEFP, directive, Critères d'appréciation I concernant l'ordonnance sur les accidents majeurs, série «L'environnement pratique», 1996
- [2] OFEFP, Exemple de méthode: Etude de risque d'une citerne pour gaz liquéfiés; série «L'environnement pratique», 1996
- [3] DIREKTION DES INNERN DES KANTONS ZÜRICH, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Schadensausmasseseinschätzung, Referenzbeispiele und Hilfsmittel, 1992
- [4] CARBURA, Richtlinien für Tankanlagen, 1974 (mit Ergänzung von 1992)
- [5] TNO, Methods for the Calculation of the Physical Effects Resulting from Release of Hazardous Materials (Liquids and Gases), CPR 14E-Report of the committee for the prevention of Disasters (Yellow Book), 3rd. Ed. Voorburg, 1997
- [6] VAN DEN BERG, A.C., The Multi Energy Method, A framework for vapour cloud explosion blast prediction, Journal of Hazardous Materials, Vol 12, 1, 1985
- [7] Ordonnance du 1er juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols (OSol) RS 814.12
- [8] CARBURA, Rahmenbericht über Stehtankanlagen für flüssige Brenn- und Treibstoffe im Hinblick auf die Störfallvorsorge, SKS Ingenieure AG, 1. Oktober 1992
- [9] J.F.ROURE ET AL, Le Boil Over, in: Sciences et Techniques, n° 28, juillet-août 1996
- [10] P.P.K.RAJ, Calculation of thermal radiation hazards from LNG fires, a review of the state of the art, AGA Transmission Conference, St. Louis, U.S.A., 1977
- [11] TNO, Auszug aus Datenbank FACTS über Störfälle, 1991 (non publié)
- [12] OFEFP, Seuil quantitatifs selon l'OPAM; série L'environnement pratique, état 1993
- [13] K.S.MUDAN, Thermal radiation hazards from hydrocarbon poolfires, Prog. Energy Combust. Sci. 10, 1984
- [14] A. SCHÖNBUCHER, D. GRÖCK, R. FIALA, X. ZHANG, Technische Überwachung, VDI Verlag Bd. 33 Nr. 6, 1992
- [15] VDI WÄRMEATLAS, 4. Auflage, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1984
- [16] STATISTISCHES AMT DES KANTONS ZÜRICH, Statistisches Jahrbuch des Kantons Zürich 1997
- [17] F.P. LEES, Loss Prevention in the Process Industries, Hazard Identification, Assessment and Control, Butterworths, 1996
- [18] W. BARTKNECHT, Explosionen, Ablauf und Schutzmassnahmen, Springer Verlag, 1993
- [19] TNO, Methods for the Determination of Possible Damage (Green Book), Voorburg, First Edition 1992
- [20] GIESBRECHT H. ET AL, Analyse der potentiellen Explosionswirkung von kurzzeitig in die Atmosphäre freigesetzten Brenngasmengen, Chemie Ing Tech: 53, Teil 2, 1981
- [21] OBERRHEIN-KONFERENZ, Arbeitsgruppe Umwelt, Dritter Bericht über industrielle Risiken: Gefahrenpotentiale von Lägern für Kohlenwasserstoffe, 1995
- [22] BROECKMANN B., SCHECKER H.G.: Heattransfer Mechanismus and Boilover in Burning Oil-water Systems, J. Loss Prev. Process Ind. Vol. 8, No 3, 1995
- [23] INERIS, Retour d'expérience, Les accidents dans les dépôts d'hydrocarbures, Journée professionnelle, Lyon, 1996
- [24] HOMMEL, G., Handbuch der gefährlichen Güter, dritte Auflage 1988
- [25] HOMMEL, G., Handbuch der gefährlichen Güter, neunte Auflage 1997
- [26] VISINONI, G., Les apports du retour d'expérience pour la définition des scénarios de référence liés aux hydrocarbures, 1996
- [27] PHELPS P.J., JURIDINI R., The Computer Modeling of Tank Spills and Containment of Overflows, 7<sup>th</sup> Int. Symp. on Loss Prev. Process Ind., Taormina (I), May 1992

- [28] SOCIÉTÉ SUISE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES;  
Norme SIA 160,  
Actions sur les ouvrages porteurs., édition  
1989
- [29] Ordonnance du 26 août 1998 sur  
l'assainissement des sites pollués (Ordonnance  
sur les sites contaminés, OSites) RS 814.680
- [30] OFEFP, Instructions « Evaluation et utilisation  
de matériaux terreux (Instructions matériaux  
terreux) », L'environnement pratique, décem-  
bre 2001
- [31] OFEFP, «Erdbebensicherheit bestehender un-  
verankerter Stehtanks, Beurteilung aus der  
Sicht der Störfallverordnung», Studie der  
RÉSONANCE Ingénieurs-Conseils SA im Auf-  
trag des BUWAL, 2003
- [32] KANTON ZÜRICH, Checkliste CL2 des Zürcher  
Behelfs «Erdbeben und Störfallvorsorge» vom  
Oktober 2001
- [33] API 650 «Welded Steel Tanks for Oil Storage»,  
Appendix E, American Petroleum Institute,  
10th edition Nov. 1998, addendum 1 March  
2000.
- [34] MALHOTRA P. Practical Nonlinear Seismic Analy-  
sis of Tanks, Earthquake, Spectra, Vol. 16,  
473-492, 2000.
- [35] SOCIÉTÉ SUISE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES;  
Norme SIA 261, Actions sur les ouvrages por-  
teurs, édition 2003
- [36] EUROCODE 8, partie 4: silos, réservoirs et canali-  
sations Prénorme européenne, ENV 1998-4,  
Annexe A. Comité européen de normalisation,  
Bruxelles, 1998.
- [37] Ordonnance du 1er juillet 1988 sur la protec-  
tion des eaux contre les liquides pouvant les  
altérer (OPEL) (Etat au 15 décembre 1998)
- [38] CONCAWE, environmental classification of  
petroleum substances – summary data and ra-  
tionale, report Nr. 01/54, Brussels, Octobre  
2001 (vgl. [www.concawe.org](http://www.concawe.org))
- [39] CONCAWE, classification and labeling of petro-  
leum substances according to the EU dange-  
rous substances directive (CONCAWE recom-  
mendations – July 2005), report no. 6/05,  
Brussels, August 2005  
(vgl. [www.concawe.org](http://www.concawe.org))
- [40] SOCIÉTÉ SUISE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES;  
Norme SIA 260, Bases pour l'élaboration des  
structures porteuses, édition 2003

## **Annexe 2**

### Glossaire

## Glossaire

### Ampleur des dommages

A la suite d'un accident majeur, la population et l'environnement subissent divers types d'atteintes (rayonnement de chaleur, pollution des eaux, onde de choc). Il en résulte des dommages, dont la gravité est caractérisée par la notion d'«ampleur des dommages».

### Déflagration

Explosion relativement lente d'un mélange inflammable de gaz et d'air, dont la surpression initiale dépend de la nature du gaz, de l'importance de la masse explosible et des conditions locales (0,3 bar pour une explosion partiellement confinée d'un nuage de gaz, 7 bar pour une explosion dans une canalisation).

### Détonation

Explosion se déroulant extrêmement rapidement et par choc d'un mélange inflammable de gaz et d'air, au cours de laquelle le front de la flamme atteint des vitesses supersoniques. La pression initiale maximale et celle de l'onde de choc peuvent atteindre des valeurs très élevées, notamment dans les tuyaux de petit calibre.

### Explosion

L'explosion est un terme général qui désigne la libération très soudaine d'énergie consécutive à une réaction rapide d'oxydation et de désintégration. Elle occasionne une rapide élévation de température ainsi que des ondes de pression et de choc. Dans le présent rapport, ce terme désigne aussi bien la déflagration que la détonation.

### Canalisation

Par canalisations, on entend ici aussi bien les égouts de l'entreprise que les égouts publics. Lors de l'estimation des dommages potentiels, seules représentent un intérêt les canalisations de l'installation ou du domaine public attenantes au site, auxquelles il pourrait être portée atteinte (en général les canalisations destinées aux eaux météoriques).

### Létalité

Par létalité, on entend le nombre de personnes d'un groupe dûment défini mortellement atteintes lors d'un événement externe (p.ex. produit toxique, incendie, onde de choc). En ce qui concerne les personnes présentes lors d'un accident majeur dans une installation de stockage, c'est la létalité due au rayonnement de chaleur ou à l'onde de choc qui est déterminante.

### Rayon de létalité

La distance depuis le centre d'un accident majeur jusqu'au lieu d'une létalité donnée est appelée «rayon de létalité». Une létalité de 50% à 100 m de distance

( $R_{50} = 100$  m) signifie donc qu'à une distance de 100 m du lieu de l'accident majeur, 50% des personnes présentes sont mortellement blessées. Plus les personnes sont proches du point de l'accident, plus elles sont en danger. A titre de simplification, il n'est tenu compte dans le présent rapport que des rayons de létalité de 1%, 50% et 99%.

### Indicateur de dommages

Les indicateurs permettent de décrire et de mesurer de manière uniforme l'ampleur des dommages potentiels que peuvent subir l'environnement ou les personnes à la suite d'un accident majeur. L'utilisation d'indicateurs de dommages permet notamment de décrire de manière assez claire les dommages produits par presque tous les types d'accidents majeurs et, de ce fait, de faire une comparaison entre les diverses installations. Les indicateurs sont fixés comme suit dans les directives de l'OFEFP sur les critères d'appréciation [1]:

$n_1$	nombre de décès	atteintes aux personnes
$n_2$	nombre de blessés	atteintes aux personnes
$n_3$	eaux superficielles	pollution d'eaux superficielles
$n_4$	eaux souterraines	captages d'eau potable hors service
$n_5$	sol	atteintes à la fertilité du sol
$n_6$	biens matériels	dégâts matériels de l'ordre du mio. Fr.

### Accident majeur

Dans le présent rapport, on désigne comme tel tout événement extraordinaire dans lequel des hydrocarbures sont libérés de manière incontrôlée, et qui a des conséquences graves hors de l'aire de l'entreprise.

### Scénario d'accident majeur

Enchaînement supposé de causes et de conséquences, basé sur les données réelles concernant l'exploitation et le voisinage, pouvant entraîner des conséquences graves, voire des dommages à la population ou à l'environnement.

### Indice d'accident majeur

L'indice d'accident majeur est une norme caractérisant l'ampleur des dommages telle qu'elle a été calculée; cet indice se situe pour tous les indicateurs entre 0 et 1; sa conversion est fixée dans les directives de l'OFEFP [1]. Cet indice permet d'estimer la gravité d'un accident majeur. Dans le cas d'un accident grave - un type d'accident où on ne peut a priori exclure que des dommages soient infligés à la population et à l'environnement - la limite se situe à l'indice 0,3.

## **Annexe 3**

Ampleur des dommages correspondant à l'indice d'accident majeur 0,3  
selon les directives de l'OFEFP

## Ampleur des dommages correspondant à l'indice d'accident majeur 0,3 selon les directives de l'OFEFP [1]

Indicateur	valeur limite pour l'indice 0.3	Ampleur des dommages pour l'indice 0.3*	
		Essence	mazout/kérosène/diesel
n <sub>1</sub> décès	10 décès	incendie: 15 pers. en R <sub>50</sub> ou 67 pers. entre R <sub>1</sub> et R <sub>50</sub>	
		explosion: 14 pers. en R <sub>0.48</sub>	explosion impossible
n <sub>2</sub> blessés	au niveau du rapport succinct, les blessés ne sont pas pris en considération		
n <sub>3</sub> eau superficielle	pollution de 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ou 1 km <sup>2</sup> (10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> )  par pollution on entend:  A) > 15 g hydrocarbures par m <sup>2</sup> de surface d'eau  cas B) important seul dans cas exceptionnel (p.ex. dans eau piscicole importante)  B) > LC <sub>50</sub> pour l'Idé mélanote <sup>1</sup> (selon tab. 2.3) sans Pb 95 = 2-120 mg/l sans Pb 98 = 2 mg/l mazout EL = 120-264 mg/l kérosène = 120-175 mg/l diesel = 120-160 mg/l	densité: essence: ρ = 720-770 kg/m <sup>3</sup>  A) <b>quantité nécessaire: 15 t</b> vol. essence: 19-21 m <sup>3</sup>  B) <b>quantité nécessaire: <sup>1</sup></b> <b>sans Pb 95: 2-120 t</b> Volumes: 2.5 - 167 m <sup>3</sup> sans Pb 98 2 t Volumes 2.5 m <sup>3</sup>	densité: mazout: ρ = 860 kg/m <sup>3</sup> kérosène: ρ = 750-850 kg/m <sup>3</sup> diesel: ρ = 815-855 kg/m <sup>3</sup>  A) <b>quantité néces.: 15 t</b> vol. mazout: 17 m <sup>3</sup> vol. kérosène: 17-20 m <sup>3</sup> vol. diesel: 17-18 m <sup>3</sup>  B) <b>quantité nécessaire: <sup>1</sup></b> <b>mazout: 120-264 t</b> Volumes: 140-307 m <sup>3</sup> <b>kérosène: 120-175 t</b> Volumes: 141-233 m <sup>3</sup> <b>diesel: 120-160 t</b> Volumes: 140-196 m <sup>3</sup>
n <sub>4</sub> eau souterraine	captage souterrain hors service dans rayon de 10 <sup>4</sup> mois-personnes [PM]  mise hors service quand: • concentration dans captage > val. limite selon art. 275 ODAI	valeur limite: 20 mg/m <sup>3</sup> consommation d'eau: 400l/Pd 10'000 PM = 120'000 m <sup>3</sup> <b>Quantité nécessaire: 2.4 kg</b>  volume d'essence: env. 3.1-3.4 l	valeur limite: 20 mg/m <sup>3</sup> consommation d'eau: 400l/Pd 10'000 PM = 120'000 m <sup>3</sup> <b>Quant. nécessaire: 2.4 kg</b>  vol. mazout: env. 2.8 l vol. kérosène: env. 2.8-3.2 l vol. diesel: env. 2.8-2.9 l
n <sub>6</sub> dégâts matériels	Dégâts matériels de 50 mio. Fr.  applicable pour des dégâts: • hors du site de l'entreprise • à des infrastructures, ouvrages, etc. pas applicable aux coûts: • d'assainissement • d'évacuation, etc.	Dégâts matériels suite à une explosion dans l'égout, limite d'inflammabilité: 0.6-8 Vol%  coûts supposés: - env. 1000.-/m canalisation - dégâts infrastructure: selon affectation, construction <b>longueur de la canalisation détruite: 50 km</b>	explosion impossible  autres dégâts matériels de l'ordre du mio. fr. improbables

\* Les données en gras sont les quantités déterminantes pour l'indice d'accident majeur 0.3

<sup>1</sup> Les valeurs peuvent être nettement plus basses pour d'autres espèces, p.ex. la truite arc-en-ciel.



## **Annexe 4**

Evaluation sismologique d'installations de citernes verticales

# Evaluation sismologique d'installations de citernes verticales

## 1. Introduction

Depuis des décennies, des installations de citernes verticales sont construites et exploitées en grand nombre partout dans le monde. Même si elles se distinguent les unes des autres par leurs tailles et certains détails techniques, toutes sont des constructions statiquement simples servant à stocker des hydrocarbures. Cela permet de bénéficier des expériences récoltées sur les citernes verticales dans le monde entier, notamment lorsqu'il s'agit d'évaluer les conséquences de tremblements de terre. Afin de pouvoir identifier à l'aide de critères aussi simples que possible les citernes verticales résistant aux tremblements de terre (listes de contrôle), l'OFEFP a fait faire une étude comparant les méthodes d'évaluation actuelles [31]. Les pages qui suivent présentent un résumé des résultats que l'on peut en déduire dans la perspective de l'appréciation des rapports succincts.

## 2. Comportement des citernes verticales lors de tremblements de terre

La spécificité d'une citerne verticale par rapport à d'autres ouvrages réside dans la proportion élevée de sa «charge utile», c'est-à-dire de la masse du produit stocké relativement à la masse totale de l'ouvrage. Le comportement d'une citerne verticale face aux effets d'un tremblement de terre dépend donc dans une large mesure de son taux de remplissage. Dans le contexte de la prévention des accidents majeurs, on évalue ces effets potentiels en considérant des citernes pleines. En cohérence avec le type de construction en usage dans l'industrie pétrolière, les considérations qui suivent s'appliquent uniquement aux citernes non ancrées. L'estimation de leur comportement lors de tremblements de terre (figure 1) nécessite des calculs sensiblement plus complexes que pour les citernes ancrées. Pour évaluer des citernes verticales ancrées, on applique des calculs simples conformément aux normes européennes.

## 3. Norme de dimensionnement actuelle (SIA 261 [2003])

La norme SIA 261 «Actions sur les ouvrages porteurs» (2003) [35] traite aussi, en son chapitre 16, des effets des tremblements de terre en fonction de

zones sismiques définies, de la nature du sol et des classes d'ouvrages.

Selon la norme SIA 261, la Suisse est subdivisée en 4 zones sismiques Z1, Z2, Z3a et Z3b. La répartition géographique correspondante ressort de l'annexe F de la norme. A chacune de ces zones est attribuée, pour un tremblement de terre de dimensionnement (période de retour de référence de 475 ans) une valeur de calcul de l'accélération horizontale du sol. Les plus faibles accélérations sont présentes dans la zone Z1, les plus fortes dans la zone Z3b.

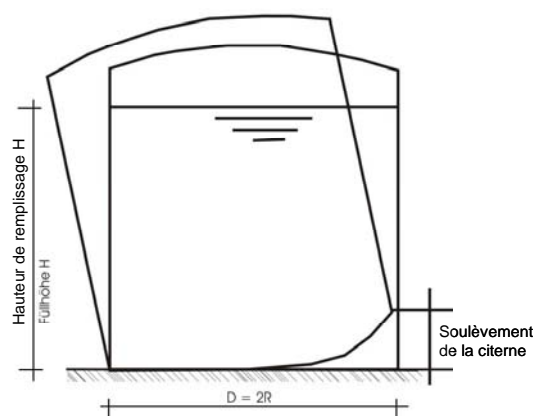


Figure 1: Soulèvement de la citerne non ancrée

L'influence de la nature du sol de fondation est prise en compte par l'intégration du site de l'installation de stockage dans une des classes de sol de fondation A à F selon le tableau 25 de la norme 261.

Selon celle-ci, il faut encore incorporer les ouvrages dont émane un danger «limité» pour l'environnement dans la classe CO II, et ceux qui présentent un danger «élevé» pour l'environnement, dans la classe CO III. Dans la présente annexe, on range dans la classe CO II les citernes contenant des produits peu inflammables (huile de chauffage, diesel, kérosène) et dans la classe CO III les citernes à essence.

Les objectifs de protection appliqués aux ouvrages sont définis dans les normes SIA 260 [40] et SIA 261 [35]. La résistance des ouvrages à la charge doit être démontrée, compte tenu du fait que la période de retour du séisme de dimensionnement pour les ouvrages sans importance particulière est de 475 ans.

Cela correspond à une probabilité d'occurrence de 10% en 50 ans. Pour les classes CO II et III, on multiplie par un facteur d'importance de resp. 1,2 et 1,4 le séisme de référence appliqué aux ouvrages de

la classe CO I, ce qui prolonge la période de retour du séisme de dimensionnement à environ 800 ans pour les ouvrages de la classe CO II et 1200 ans pour ceux de la classe CO III.



Figure 2: Aperçu des zones sismiques [35]

#### 4. Comparaison des méthodes d'analyse

Dans l'étude citée [31], les auteurs ont recalculé en fonction des connaissances les plus récentes quelques-unes des citernes verticales non ancrées, présentant un rapport hauteur/rayon (H/R) caractéristique pour la Suisse et développées conformément aux normes SIA (construction et charges) en vigueur à l'époque. Pour ce faire, on a appliqué les méthodes suivantes:

- liste de contrôle CL2 du Zürcher Behelf «Erdbeben und Störfallvorsorge» d'octobre 2001 [32]
- l'annexe A du Eurocode (EC) 8, partie 4, état 1998 [36]. Ce code est considéré comme «l'Etat de la technique».
- le standard américain API 650, état 2000 [33]
- le calcul non-linéaire selon Malhotra (2000) [34]. Cette méthode est considérée comme «état de la science» au moment de la clôture de la rédaction du présent rapport.

Un groupe d'experts constitué d'un constructeur de citernes et de trois ingénieurs sismologues est arrivé à la conclusion qu'une citerne verticale non ancrée présente une sécurité suffisante contre les séismes dans l'optique des dommages déterminants pour un accident majeur, pour autant que l'on puisse apporter la preuve du séisme en vertu du Eurocode 8 ou d'une méthode reconnue correspondant à l'état de la science (p.ex. Malhotra). Cette conclusion apparaît aussi plausible et suffisamment conservatrice à la lumière des études statistiques des dommages causés par des séismes à des citernes verticales non ancrées.

Sur la base des calculs effectués, on a ensuite développé les diagrammes de flux ci-après à l'aide desquels on peut, sans calculs, trier les citernes verticales non ancrées existantes dont la sécurité sismologique suffit pour éviter des dommages de l'ordre de ceux que provoqueraient des accidents majeurs.

## 5. Evaluation des citernes verticales existantes

Les diagrammes de flux des figures 3, 4 et 5 s'appliquent à des citernes non ancrées existantes de construction «usuelle», le terme «usuel» ne pouvant être défini ici que de manière indirecte. «Non usuelle»

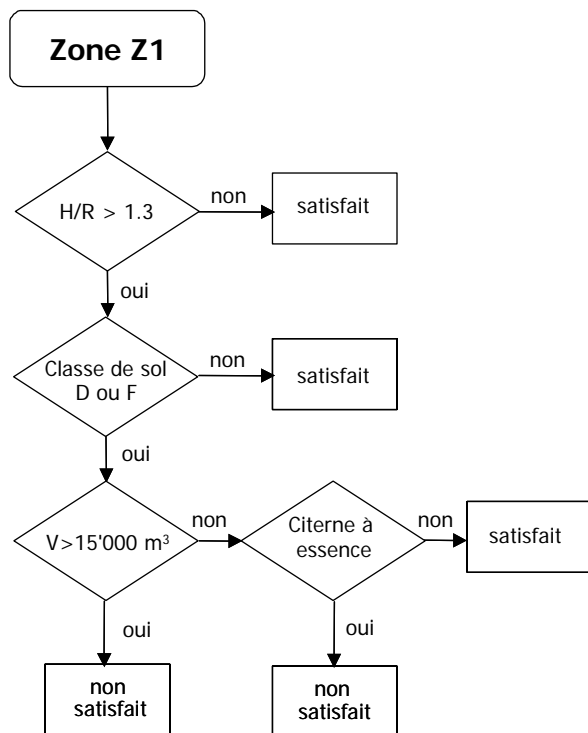


Figure 3: Diagramme de flux pour la zone Z1

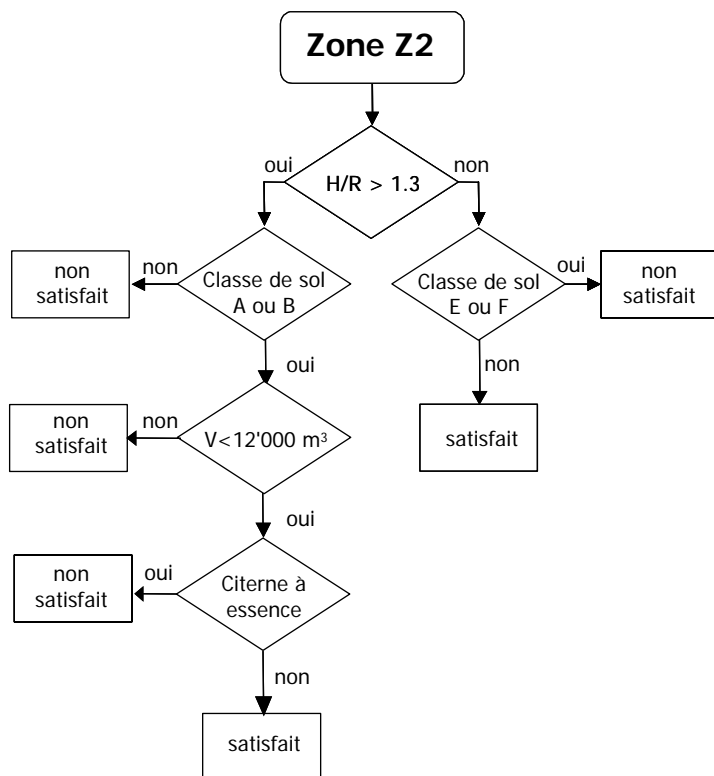


Figure 4: Diagramme de flux pour la zone Z2

serait par exemple une citerne dont le manteau aurait une hauteur sensiblement supérieure à 26 m, ou une citerne de diamètre extrêmement faible par rapport à la hauteur (rapport H/R > 4). Dans le cas des citernes de dimensions non usuelles, on peut admettre, sans preuve spécifique (voir annexe 6), qu'elles ne remplissent pas les critères de contrôle et se vident en cas de sinistre. Dans le cas des citernes ancrées, on appliquera les calculs simples selon Eurocode 8.

Pour pouvoir garder les diagrammes de flux aussi simples et clairs que possible, on les a développés non pas pour des installations entières de stockage, mais pour des citernes considérées individuellement. Cela requiert donc d'analyser toutes les citernes d'une installation de stockage à l'aide de ces diagrammes. «Satisfait» signifie que, sans calculs complémentaires, la citerne considérée peut être qualifiée de résistante aux séismes – dans l'optique de dommages de l'ordre de ceux que provoquerait un accident majeur en vertu de la norme SIA 261 (2003) [35]. Le résultat «non satisfait» signifie que la citerne pleine ne peut pas être jugée non problématique d'emblée. Dans ces cas, la marche à suivre est celle appliquée aux citernes verticales neuves (voir annexe 6).

La plupart des citernes en usage en Suisse résisteraient à un séisme de dimensionnement de la zone Z1. Seule exception: les citernes ayant un rapport  $H/R > 1,3$  implantées sur un sol de fondation de classe D ou éventuellement F, qui sont en outre volumineuses ou contiennent de l'essence.

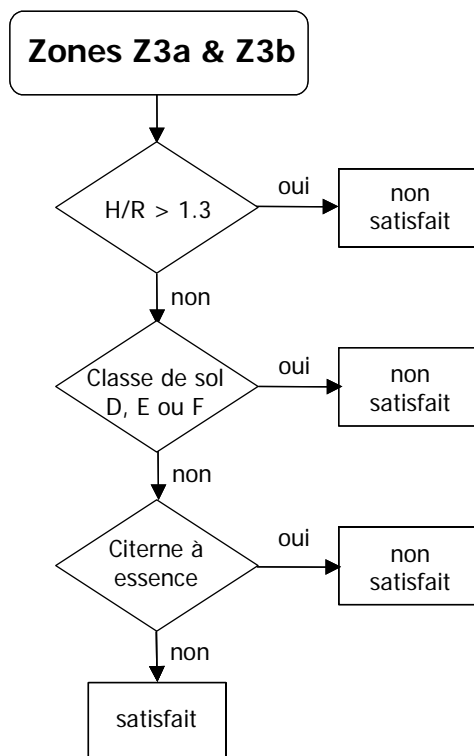


Figure 5: Diagramme de flux pour les zones Z3a & Z3b

Les citernes très ramassées résisteraient à un séisme de dimensionnement de la zone Z2 dans la mesure où elles ne se trouvent pas sur un sol de fondation de classe E ou F. Les citernes implantées dans la zone Z2 et ayant un rapport  $H/R > 1,3$  ne sont a priori résistantes aux séismes que si elles sont implantées sur un sol de la classe A ou B (très rare!), qu'elles ne sont pas très volumineuses et, en outre, qu'elles ne contiennent pas d'essence.

Dans les zones Z3a et Z3b, seules peuvent être qualifiées a priori de résistantes aux séismes les citernes qui, tout à la fois, sont très ramassées, situées sur des sols de classe A, B ou C et ne contiennent pas d'essence.

## 6. Appréciation de citernes verticales neuves

Lors de la construction ou de la transformation d'une citerne verticale, il y a lieu, dans chaque cas, d'apporter une preuve détaillée de sa résistance aux séismes. Il en va de même pour les citernes verticales pour lesquelles les diagrammes de flux ci-dessus aboutissent au résultat «non satisfait».

La preuve sera établie à l'aide des calculs effectués selon Eurocode 8 [36], Malhotra [34] ou par une autre méthode adéquate, reconnue conforme à l'état de la science.

## 7. Bassins de rétention

En Suisse, les citernes d'hydrocarbures sont généralement installées dans des bassins de rétention. Ceux qui contiennent cinq citernes ou plus doivent avoir un volume représentant au moins la plus grande des valeurs ci-après tirées de la directive CARBURA [4] ou de l'ordonnance sur la protection des eaux contre les liquides pouvant les altérer (OPEL) [37]:

- 40 % du volume total de toutes les citernes se trouvant dans le même bassin (voir [4]) ou
- volume de la plus grande citerne se trouvant dans le bassin (voir [4] et [37]).

S'agissant des citernes verticales construites avant 1972, on applique parfois d'autres prescriptions. Si un bassin de rétention a la capacité de retenir la totalité du fluide qui s'échappe des citernes fissurées suite à un séisme, il n'en résulterait pas un dommage de l'ordre de ceux que provoquerait un accident majeur. Il s'ensuit que le dommage est non significatif dans l'optique de l'ordonnance sur les accidents majeurs, cela tant que la capacité du bassin est supérieure au volume total des citernes qui ne résisteraient pas à un séisme et aussi longtemps que le bassin de rétention reste intact. Cette condition relève du cas le plus défavorable, dans lequel toutes les citernes mises en danger par un séisme sont pleines. Demeure réservée l'appréciation de cas isolés. On peut assouplir cette condition dans la mesure où il est improbable que toutes les citernes présentant un risque soient pleines en même temps.

Le bassin peut être ceinturé de murs ou de talus en terre, ceux-ci ne devant pas pouvoir être rompus. Les ouvrages de protection sont généralement des constructions robustes, qui résistent bien aux sollicitations

inhérentes à un séisme. Les différents éléments sont dimensionnés en fonction de pressions de liquides unilatérales. La nappe d'armature extérieure des murs d'enceinte est en général quasiment aussi solide que celle qui se trouve à l'intérieur du bassin. La contrainte résultant de la pression du liquide est généralement plus grande que les forces déclenchées par un séisme. De plus, on peut admettre que les bassins sont vides au début du séisme. Les éventuelles constructions à joints doivent être en mesure d'absorber les déplacements opposés d'éléments de murs voisins sans se fissurer.

Le groupe d'experts est parvenu à la conclusion qu'en Suisse, on peut généralement admettre que les bassins de rétention situés dans les zones sismiques Z1 et Z2 restent intacts après un séisme de dimensionnement selon la norme SIA 261.

En revanche, une telle affirmation n'est plus possible dans les zones 3a et 3b. Dans ce cas, une preuve adéquate doit être apportée.

#### **8. Marche à suivre pour les citernes ne satisfaisant pas les critères**

La mention «non satisfait» dans les diagrammes de flux signifie que la citerne remplie ne peut être qualifiée de non critique a priori, et qu'une preuve indivi-

duelle est nécessaire, soit de la citerne, soit à l'aide de calculs selon EC 8 [36], Malhotra [34] ou par une autre méthode reconnue conforme à l'état de la science, dans la mesure où la capacité du bassin de rétention et/ou sa résistance aux séismes est insuffisante.

«Satisfait» signifie, en revanche, que, sans autre calcul, la citerne considérée peut être qualifiée de résistant aux séismes dans l'optique des dommages significatifs pour des accidents majeurs lorsque se présente un séisme de dimensionnement selon la norme SIA 261 (2003) [35].

#### **9. Remarque finale**

Les données sur les forces potentielles des séismes selon la norme SIA 261 sont liées à une probabilité d'occurrence de 10 % sur une période de 50 ans en vertu des pratiques internationales. La période de répétition correspondante de 475 ans est appliquée dans diverses normes de construction pour le dimensionnement d'édifices usuels (CO I selon la norme SIA 261). En choisissant la classe d'ouvrages CO II pour les citernes à mazout, ou CO III pour les citernes à essence, on augmente de facto ces valeurs. Elles s'élèvent à env. 800 ans pour la classe CO II et à env. 1200 ans pour la classe CO III.