



INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES

**Etude sur la pertinence du régime
d'exemption relative au transport
de marchandises dangereuses
emballées en quantités limitées.**

RAPPORT FINAL

Ministère de l'Équipement, des Transports et du
Logement.

DTT / MD

Direction de la Certification

FEVRIER 2002

Etude sur la pertinence du régime d'exemption relative au transport de marchandises dangereuses emballées en quantités limitées.

Rapport final

Ministère de l'Équipement, des Transports et du
Logement.

DTT / MD

FEVRIER 2002

M-A KORDEK

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	M-A KORDEK	G MARLAIR	C MICHOT
Qualité	Responsable du Laboratoire d'Évaluation des Matières Dangereuses	Ingénieur à la Direction des Risques Accidentels	Directeur de la Certification
Visa			

1. INTRODUCTION

Les réglementations du transport des marchandises dangereuses, quel que soit le mode, prévoient d'exempter de la plupart de leurs dispositions, les transports de marchandises dangereuses emballées en quantités limitées dans des emballages combinés : en effet, la réglementation au transport des matières dangereuses considère qu'il n'y a pas plus de risque ou que le risque est négligeable pour certaines matières dangereuses à partir du moment où leur conditionnement est en quantités limitées.

Au cours des discussions, qui ont eu lieu durant la dernière session biennale du comité des experts de l'ONU en matière de transport de marchandises dangereuses, plusieurs représentants d'autorités compétentes ont émis des doutes au sujet de la sécurité de ces transports.

En France, des analyses sommaires faites à l'occasion d'événements récents (accidents dans des tunnels) ont abouti à la conclusion que ces transports pourraient présenter des risques non négligeables en cas d'accident.

Aussi, une étude a été réalisée à la demande du METL - lettre de commande du 15 juin 2001- qui a consisté à évaluer les conséquences d'accidents mettant en jeu des chargements de marchandises dangereuses emballées en quantités limitées par rapport à des chargements de même importance globale de marchandises en colis ne bénéficiant pas du régime d'exemption des quantités limitées.

Cette étude vise à confirmer ou non l'hypothèse suivant laquelle il n'y a pas de risque significatif pour une matière classée dangereuse quand elle est conditionnée en quantité limitée.

Cette étude bibliographique n'est pas exhaustive, elle reprend des exemples afin de comparer le risque et les conséquences entre les deux cas suivants :

- l'emballage en quantités limitées faisant l'objet d'exemptions
- l'emballage en quantités massives soumises à l'ensemble des prescriptions de la réglementation des matières dangereuses.

2. EXEMPTIONS RELATIVES AU TRANSPORT DES MARCHANDISES DANGEREUSES EMBALLEES EN QUANTITES LIMITEES

Dans ce chapitre, seront présentées les exemptions relatives au transport des marchandises dangereuses emballées en quantités limitées telles que données dans les recommandations ONU et dans le règlement pour le transport par route ADR.

Dans cette étude, les dispositions pour les quantités limitées pour les réglementations des autres modes de transport n'ont pas été prises en compte.

2.1 RECOMMANDATIONS ONU :

Une matière dangereuse peut être transportée et exemptée des prescriptions relatives au transport de la matière énumérée en respectant, seulement, les dispositions ci-après :

➤ Quantités limitées :

- la quantité limitée applicable à chaque matière est spécifiée dans la colonne 7 de la liste des marchandises dangereuses du chapitre 3 des recommandations ONU,
- pour les matières des classes 1, 6.2 et 7, aucune quantité limitée n'est autorisée. Certaines matières d'autres classes peuvent aussi être interdites au transport en quantités limitées : l'indication "AUCUNE" est alors écrite dans la colonne 7 de la liste des marchandises dangereuses.

➤ Conditions d'emballage :

- Des emballages intérieurs sont placés dans des emballages extérieurs appropriés. Ces emballages doivent respecter d'autres dispositions relatives à leur construction. La masse brute du colis ne doit pas dépasser 30kg.
- Les emballages extérieurs peuvent être des housses rétractables ou extensibles dans le cas où l'emballage intérieur n'est pas susceptible de se briser ou d'être facilement perforé. La masse brute du colis ne doit pas dépasser alors 20kg.
- Dans la classe 8, groupe d'emballage II, une disposition spécifique existe : si l'emballage intérieur est fragile (verre, grés, porcelaine), ce dernier doit être placé dans un emballage intermédiaire compatible et rigide.

➤ Dispositions à respecter :

- Un même colis peut contenir différentes matières dangereuses emballées en quantités limitées à condition que ces matières ne puissent réagir entre elles en cas de fuite.
- L'étiquetage de tels colis n'est pas nécessaire. Il n'est pas nécessaire d'appliquer, à l'intérieur d'un véhicule ou d'un conteneur, des dispositions en matière de séparation des marchandises dangereuses.
- Les mots "en quantités limitées" doivent être ajoutés à la description de l'envoi.

Une nouvelle disposition concernant l'étiquetage est apparue dans la douzième édition révisée des recommandations ONU (ST/SG/AC.10/1/Rev.12) :

- Sur le colis, dans une étiquette en forme de losange, doit être indiqué le numéro ONU de la matière dangereuse transportée en quantités limitées. Si le colis est constitué de plusieurs marchandises dangereuses, tous les numéros ONU doivent être indiqués.

De plus :

- **Les marchandises dangereuses emballées en quantités limitées et destinées à un usage personnel (conditionnement et distribution par la vente au détail) sont exemptées du marquage de la désignation officielle de transport et du numéro ONU sur l'emballage ainsi que des prescriptions concernant le document de transport.**

2.2 ADR

L'accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR) a transposé les exemptions pour le transport des marchandises dangereuses emballées en quantités limitées de la manière suivante :

Une matière dangereuse peut être transportée et exemptée des dispositions relatives à la matière uniquement selon les dispositions ci-après :

- la quantité limitée applicable est spécifiée pour chaque matière dans le tableau A "Liste des marchandises dangereuses". La totalité des marchandises dangereuses a été regroupée dans des ensembles de quantités limitées appelés "LQX": le tableau ci-après "Tableau 1"(chapitre 2.4) indique les classes et les groupes d'emballage se rapportant à un ensemble LQ.

Chaque ensemble LQ définit :

- la masse autorisée pour l'emballage intérieur
- la masse pour l'emballage extérieur.
- pour les matières des classes 1, 6.2 et 7, aucune quantité limitée n'est autorisée.
- Certaines matières d'autres classes peuvent aussi être interdites au transport en quantités limitées. Toutes ces matières portent l'indication "LQ0" dans la colonne 7 du tableau A "Liste des marchandises dangereuses" : on peut noter que les matières de la classe 4.2 ne sont pas exemptées des dispositions du règlement ADR quelle que soit la quantité par emballage intérieur.
- Les dispositions à respecter sont alors :
 - Pour chaque ensemble LQ, la nature de l'emballage extérieur est aussi indiquée.
 - Le marquage du colis est le suivant:
 - pour une même marchandise dangereuse transportée, le numéro ONU est apposé, précédé des lettres UN

- pour plusieurs marchandises dangereuses dans le colis, on appose :
 - les numéros ONU de l'ensemble des marchandises dangereuses, précédés des lettres UN, ou
 - les lettres LQ, abréviation de "Limited Quantities".
- Ces informations sont inscrites dans un losange.

2.3 DIFFERENCES ENTRE ONU ET ADR

Dans l'ADR, une estimation des risques a été faite en définissant les ensembles LQ, qui tiennent compte des dangers présentés par les différentes classes et, au sein de ces classes en effectuant une gradation selon le groupe d'emballage : une quantité limitée est ainsi définie pour l'emballage intérieur et l'emballage extérieur.

Dans les recommandations ONU,, une quantité limitée a été définie pour l'emballage intérieur selon la classe et le groupe d'emballage, s'il existe. En ce qui concerne l'emballage extérieur, les dispositions s'appliquent quelle que soit la classe ou le groupe d'emballage.

Pour chacune de ces réglementations, le fractionnement de la quantité de matière dangereuse permet que cette dernière soit exemptée des dispositions relatives au transport de marchandises dangereuses.

Mais aucune information n'est demandée sur la charge globale de matières dangereuses par unité de transport : il est alors possible d'avoir des chargements de grande capacité de marchandises dangereuses en colis bénéficiant du régime d'exemption des quantités limitées. Ce chargement pourra avoir la taille d'un même chargement de colis de matières dangereuses ne bénéficiant pas du régime d'exemption des quantités limitées.

Aussi, nous sommes intéressés à l'influence de la quantité globale de marchandises dangereuses emballées en quantités limitées sur l'incendie et l'environnement.

2.4 COMPARAISON ENTRE L'ONU ET L'ADR :

Dans le tableau suivant, les quantités limitées définies dans les recommandations ONU et dans l'ADR sont comparées :

- (1) : la colonne 1 est l'indication de l'ensemble LQ de l'ADR,
- la colonne (2) informe sur la classe et le groupe d'emballage concernés par cet ensemble LQ,
- la colonne (3) informe sur l'état physique de la matière,
- la colonne (4) indique les quantités limitées par emballage intérieur selon l'ADR et les recommandations ONU. La donnée entre parenthèses, indique la quantité par emballage extérieur selon l'ADR.

- la colonne (5), indique le fractionnement déterminé à partir des valeurs données dans l'ADR. Ce fractionnement correspond au rapport de la quantité limitée par emballage extérieur sur la quantité limitée par emballage intérieur.

TABLEAU 1 :

Ensemble LQ dans ADR (1)	Classe, groupe d'emballage (2)	Etat physique, remarques (3)	Quantité : par emballage intérieur (par emballage extérieur) (4)		Fractionnement (5)
			ADR	ONU	ADR
LQ0	1, 7, 6.2	Pas d'exemption	0	0	0
LQ1	2	Gaz *	120 ml (30kg)	120 ml	250
LQ2	2	Gaz**	1 l (30 kg)	1l	30
LQ3	3, I		500 ml (1 l)	0	2
LQ20	8, I	Produit liquide n.s.a	100 ml (400 ml)	0	4
LQ21	8, I	Produit solide n.s.a	500 g (2kg)	0	4
LQ29	9, II	3 produits polyhalogénés	500 ml (2 l)	1 l	4
LQ4	3, II		3l (12 l)	1 l	4
LQ5	3, II	Boissons alcoolisés à 70% en volume	5 l (X)	1 l	X
LQ6	3, II	Pression de vapeur à 50°C : 110 / 175 kPa	5 l (20 l)	5l	4
LQ7	3, III		5l (45 l)	5 l	9
LQ8	4.1, II		3 kg (12 kg)	0,5 kg	4
LQ9	4.1, III 6.1, III	Produit solide	6 kg (24 kg)	3 kg	4
LQ10	4.3, II 5.1, II	Produit liquide	500 ml (30 kg)	500 g	60

Gaz* : cet ensemble comprend les gaz ininflammables et non toxiques présentant une seule propriété dangereuse et les gaz toxiques avec d'autres propriétés dangereuses.

Gaz** : cet ensemble comprend les aérosols et les récipients de faible capacité contenant du gaz qui ne possèdent qu'une seule propriété dangereuse.

TABLEAU 1 (suite)

Ensemble LQ dans ADR (1)	Classe, groupe d'emballage (2)	Etat physique, remarques (3)	Quantité : par emballage intérieur (par emballage extérieur) (4)		Fractionnement (5)
			ADR	ONU	ADR
LQ11	4.3, II 5.1, II 5.2	Produit solide 5.2 : PO solide du type D, E, F	500 g (30 kg)	500 g	60
LQ12	4.3, III 5.1, III	Sauf UN 1396 : 4.3, II	1 kg (30 kg)	4.3, III : 1 kg 5.1, III : 1 kg ONU 1396 : 500g	30
LQ13	4.3, III 5.1, III	Produit liquide	1 l (30 kg)	4.3, III : 1kg 5.1, III : 1 kg	30
LQ14	5.2	PO liquide du type B, C.	25 ml (30 kg)	25 ml	1200
LQ15	5.2	PO solide du type B, C.	100 g (30 kg)	100g	300
LQ16	5.2	PO liquide du type D, E, F.	125 ml (30 kg)	125 ml	240
LQ17	6.1, II	Produit liquide	500 ml (2 l)	100 ml	4
LQ18	6.1, II	Produit solide	1 kg (4 kg)	500 g	4
LQ19	6.1, III 8, III	Produit liquide	3 l (12 l)	1 l	4
LQ22	8, II	Produit liquide	1 l (4 l)	1 l	4
LQ23	8, II	Produit solide	3 kg (12 kg)	1 kg	4
LQ24	8, III	Produit solide	6 kg (24 kg)	2 kg	4

Ensemble LQ dans ADR (1)	Classe, groupe d'emballage (2)	Etat physique, remarques (3)	Quantité : par emballage intérieur (par emballage extérieur) (4)		Fractionnement (5)
			ADR	ONU	ADR
LQ25	9, II	Amiante, Ricin	1 kg (4 kg)	aucune	4
LQ26			500 ml (2l)		4
LQ27	9, III	Produit solide	6 kg (24 kg)	Aucune sauf ONU 3077 : 5 kg	4
LQ28	9, III	Produit liquide	3 l (12 l)	5 l	4

PO : Peroxydes Organiques.

Le code LQ26 a été défini dans l'ADR mais ce code n'est affecté à aucune matière listée dans le tableau A "Liste de marchandises dangereuses" de l'ADR.

On remarque que :

- les boissons alcoolisées à 70% en volume (classe 3, Groupe d'Emballage II) sont exemptées à partir d'une quantité en emballage intérieur de 5l mais qu'il n'y a aucune limitation sur l'emballage extérieur ; l'ONU prévoit une quantité limitée plus faible de 1l.
- les matières de la classe 4.2 ne sont pas exemptées des dispositions de l'ADR et ceci quelles que soient leurs quantités,
- les matières des classes 4.1, 4.3, 5.1, 6.1 et 9 dont le groupe d'emballage est I ne sont pas exemptées des dispositions de l'ADR.
- en fonction de l'état physique de la matière, solide ou liquide, pour une matière de la même classe et du même groupe d'emballage, la quantité maximale autorisée en quantités limitées est toujours plus faible à l'état liquide qu'à l'état solide.
- Certaines matières auront dans l'ADR une quantité limitée pour l'emballage intérieur supérieure à celle de l'ONU, mais le colis contiendra globalement une quantité moindre de matières dangereuses que dans l'ONU.

3. ANALYSE DES RISQUES PAR CLASSES DE MARCHANDISES

3.1 LE RISQUE LIE A L'ENVIRONNEMENT

Au niveau de l'environnement, plusieurs risques peuvent se présenter :

- une pollution de l'air,
- une pollution de l'eau,
- une toxicité pour les personnes intervenant sur les lieux de l'accident.

Concernant la pollution de l'air, ce risque pourra se présenter en conséquence d'un incendie par dégagement de fumées toxiques : nous n'avons pas étudié ce point car le phénomène de dispersion permettra, dans le cas d'un incendie ventilé, de limiter ce risque par rapport aux effets de l'incendie, qui seront étudiés dans la suite du rapport.

Le régime d'exemption des matières dangereuses pour les quantités limitées n'est pas applicable aux marchandises de la classe 6.1, Groupe d'Emballage I, "matière très toxique". De ce fait, le risque d'effet toxique direct pour les personnes intervenant sur les lieux d'un accident se trouve fortement atténué.

Nous nous sommes intéressés plus particulièrement au cas de matières toxiques dont l'accident peut nuire à l'environnement et notamment au milieu aquatique.

En effet, certaines matières peuvent être déversées accidentellement, aussi les conséquences de cette pollution doivent être connues.

Le fractionnement devrait limiter ce risque. Nous avons alors étudié sur quelques exemples les effets d'une pollution accidentelle de ces produits emballés en quantités limitées.

La classe concernée principalement par ce risque est la classe 6.1, groupe d'emballage II (GE II = les matières toxiques) et groupe d'emballage III (GE III = les matières faiblement toxiques).

Dans la suite de l'étude, nous analyserons le risque selon le degré de toxicité de la matière :

- Matières toxiques, GE II,
- Matières faiblement toxiques, GE III.

3.1.1 La classe 6.1, groupe d'emballage II : les matières toxiques

Les marchandises de la classe 6.1 avec un groupe d'emballage II sont les "matières toxiques".

Les quantités maximales d'emballages intérieur et extérieur sont respectivement : 500 ml pour le conditionnement interne; et 2 litres par colis soit un total de quatre flacons par colis, dans le cas d'un liquide.

Dans les exemples suivants, nous étudierons les effets sur l'environnement dans le cas du déversement d'un flacon de 500 ml de matière concentrée à 100%. A partir des teneurs légales autorisées, nous calculerons la quantité d'eau qui peut être polluée par le déversement accidentel de tel produit toxique.

3.1.1.1 Aniline

Cette matière porte la désignation officielle ONU 1547, Aniline.

Selon la directive européenne relative au classement, à l'emballage et à l'étiquetage, sa classification CE (directive 67/548/CEE modifiée) est :

- N (dangereux pour l'environnement)
- R50 (très toxique pour les organismes aquatiques).

Une concentration sans effets toxiques pour l'environnement aquatique (= PNEC) a été proposée dans l'évaluation des risques réalisée dans le cadre du règlement (CEE) n° 793/93. Elle est de 1,5 µg/l. Au-dessus de cette PNEC, il est supposé que des effets adverses sur l'écosystème apparaissent.

3.1.1.1.1 Volume d'eau contaminé :

En supposant un accident avec un déversement dans les eaux de surface (ex. un lac), avec un flacon de contenance 500 ml de la substance (env. 500 g avec une densité de 1,022 à 20 °C), on peut contaminer jusqu'à 333 350 m³ d'eau, par simple effet de dilution. En supposant que les 4 emballages se déchirent, soit un colis, on peut contaminer jusqu'à 1 333 350 m³ d'eau.

De même une concentration sans effets toxiques pour le fonctionnement des stations d'épurations a été proposée dans l'évaluation des risques. Elle est de 100 µg/l pour les stations d'épurations municipales non adaptées à l'aniline.

En supposant un accident de déversement dans les égouts, des concentrations importantes à l'entrée de la station de traitement des eaux pluviales peuvent être atteintes. Cependant, un certain mélange avec les eaux usées peut être supposé dans les bassins de décantation et d'aération. Pour calculer une concentration dans le bassin d'aération, on peut utiliser les valeurs de volume d'effluent de 2000 m³/j et de temps de rétention hydraulique de 7,8 heures proposées comme valeurs par défaut par le guide européen d'évaluation des risques de substances chimiques (CE, 1996) pour caractériser une station d'épuration municipale.[4]

Une élimination par biodégradation dans le bassin d'aération n'est pas une hypothèse valable puisque les microorganismes n'auront pas eu le temps de s'adapter à la substance. Les phénomènes d'adsorption aux boues activées et de volatilisation pourraient être pris en compte mais peuvent être considérés comme négligeables dans le cas de l'aniline.

Avec 500 ml de la substance (env. 500 g avec une densité de 1,022 à 20 °C), on peut atteindre une concentration dans le bassin d'aération de 770 µg/l. En supposant que les 4 emballages intérieurs se déchirent, une concentration de 3080 µg/l serait atteinte. Dans les deux cas, un effet adverse pour le fonctionnement de la station d'épuration peut donc se produire.

3.1.1.2 Acide chloroacétique

Cette matière porte la désignation officielle , acide chloracétique en solution, ONU 1750 : cette matière présente un risque subsidiaire : le risque de corrosion.

Nous nous sommes principalement intéressés au risque de toxicité pour les milieux aquatiques.

Selon la directive européenne relative au classement, à l'emballage et à l'étiquetage, sa classification CE est :

- N (dangereux pour l'environnement)
- R50 (très toxique pour les organismes aquatiques)

Une concentration sans effets toxiques pour l'environnement aquatique (= PNEC) a été proposée dans l'évaluation des risques réalisée dans le cadre du règlement (CEE) n° 793/93. Elle est de 0,58 µg/l. Au-dessus de cette PNEC, il est supposé que des effets adverses sur l'écosystème apparaissent.

En supposant un accident avec déversement dans les eaux de surface (ex. un lac), avec 500 ml de la substance (env. 790 g avec une densité de 1,580 à 20 °C), on peut contaminer 1 362 000 m³ d'eau. En supposant que les 4 emballages se déchirent, on peut contaminer jusqu'à 5 448 000 m³ d'eau.

De même, une concentration sans effets toxiques pour le fonctionnement des stations d'épuration a été proposée dans l'évaluation des risques. Elle est de 1600 µg/l pour les stations d'épurations municipales.

Une élimination par biodégradation dans le bassin d'aération n'est pas plausible puisque les microorganismes n'auront pas eu le temps de s'adapter à la substance. Les phénomènes d'adsorption aux boues activées et de volatilisation pourraient être pris en compte mais peuvent être considérés comme négligeables pour l'acide chloroacétique.

Avec 500 ml de la substance (env. 790 g avec une densité de 1,580 à 20 °C), on peut atteindre une concentration dans le bassin d'aération de 1215 µg/l. En supposant que les 4 emballages se déchirent, une concentration de 3645 µg/l serait atteints. Dans ce deuxième cas, un effet adverse pour le fonctionnement de la station d'épuration est possible.

3.1.2 La classe 6.1, groupe d'emballage III : les matières faiblement toxiques

Les marchandises de la classe 6.1 avec un groupe d'emballage III sont "matières faiblement toxiques".

Les quantités maximales d'emballages intérieur et extérieur sont respectivement : 3 litres et 12 litres

3.1.2.1 Trichloroéthylène

Cette matière porte la désignation officielle, trichloréthylène, ONU 1710.

Selon la directive européenne relative au classement, à l'emballage et à l'étiquetage des substances dangereuses, sa classification CE est :

- R52/53 (nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long-terme)

Une concentration sans effets toxiques pour l'environnement aquatique (= PNEC) a été proposée dans l'évaluation des risques réalisée dans le cadre du règlement (CEE) n° 793/93. Elle est de 115 µg/l.

En supposant un accident avec déversement dans les eaux de surface (ex. un lac), avec 3 litres de la substance (env. 4395 g avec une densité de 1,465 à 20 °C), on peut contaminer 38 200 m³ d'eau. En supposant que les 4 emballages se déchirent, on peut contaminer jusqu'à 152 800 m³ d'eau.

De même, une concentration sans effets toxiques pour le fonctionnement des stations d'épuration a été proposée dans l'évaluation des risques. Elle est de 1300 µg/l pour les stations d'épurations municipales.

Une élimination par biodégradation dans le bassin d'aération n'est pas plausible puisque les microorganismes n'auront pas eu le temps de s'adapter à la substance. Les phénomènes d'adsorption aux boues activées et de volatilisation pourraient être pris en compte. Pour le trichloroéthylène, une élimination par adsorption et par volatilisation de 92% est estimée par le modèle SIMPLETREAT tel que proposé par CE (1996) [4].

Avec une quantité de 3 litres de la substance (env. 4395 g avec une densité de 1,465 à 20 °C), on peut atteindre une concentration dans le bassin d'aération de 540 µg/l en tenant compte de l'élimination par adsorption et par volatilisation. En supposant que les 4 emballages se déchirent, une concentration de 2160 µg/l serait atteints. Un effet adverse pour le fonctionnement de la station d'épuration est donc possible dans le deuxième cas.

3.1.2.2 Tétrachloroéthylène

Cette matière porte la désignation officielle, tétrachloroéthylène, ONU 1897.

Selon la directive européenne relative au classement, à l'emballage et à l'étiquetage des substances dangereuses, sa classification CE est :

- R51/53 (toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long-terme)

Une concentration sans effets toxiques pour l'environnement aquatique (PNEC) a été proposée dans l'évaluation des risques réalisée dans le cadre du règlement (CEE) n° 793/93. Elle est de 51 µg/l.

En supposant un accident avec déversement dans les eaux de surface (ex. un lac), avec une quantité de 3 litres de la substance (env. 4870 g avec une densité de 1,623 à 20 °C), on peut contaminer environ jusqu'à 95 500 m³ d'eau. En supposant que les 4 emballages se déchirent, on peut contaminer jusqu'à 382 000 m³ d'eau.

De même, une concentration sans effets toxiques pour le fonctionnement des stations d'épurations a été proposée dans l'évaluation des risques. Elle est de 11 200 µg/l pour les stations d'épurations municipales.

Une élimination par biodégradation dans le bassin d'aération n'est pas supposée puisque les microorganismes n'auront pas eu le temps de s'adapter à la substance. Les phénomènes d'adsorption aux boues activées et de volatilisation pourraient être pris en compte. Pour le tétrachloroéthylène, une élimination par adsorption et par volatilisation de 93.4% est estimée par le modèle SIMPLETREAT tel que proposé par CE (1996).

Avec une quantité de 3 litres de la substance (env. 4870 g avec une densité de 1,623 à 20 °C), on peut atteindre une concentration dans le bassin d'aération de 494 µg/l en tenant compte de l'élimination par adsorption et par volatilisation. En supposant que les 4 emballages se déchirent, une concentration de 1978 µg/l serait atteints. Un effet adverse pour le fonctionnement de la station d'épuration est peu probable dans les deux cas.

3.1.3 Conclusion pour le risque sur l'environnement

Pour les deux matières toxiques du groupe d'emballage II choisies ci-dessus, des risques pour les stations d'épuration ont été démontrés. Des effets probables de contamination de grandes quantités d'eaux de surface ont également été quantifiés (> 1 000 000 m³).

Pour les deux matières faiblement toxiques du groupe d'emballage III choisies ci-dessus, des risques pour les stations d'épurations ont été identifiés pour une substance seulement. Des effets probables de contamination de quantités d'eaux de surface plus faibles ont été également identifiés (< 1 000 000 m³).

L'exercice ci-dessus devrait être répété sur un nombre de substances plus élevé, mais il est dès à présent clair que le déversement de quantités même faibles liées au régime des quantités limitées, est susceptible d'avoir des conséquences graves pour l'environnement aquatique notamment les matières du groupe d'emballage II, matières toxiques.

Ces conséquences sont comparables aux effets de quantités voisines de 1000 litres de matières écotoxiques appelées à être réglementées dans le cadre du transport de marchandises dangereuses (CL50 <1mg/litre).

3.2 LE RISQUE "CORROSION"

Aucune information sur ce risque n'a été trouvée dans la littérature.

Dans les recommandations ONU, les matières de la classe 8 avec les groupes d'emballage II et III sont celles qui peuvent être exemptées des dispositions du règlement au transport quand elles sont conditionnées en quantités limitées.

Par contre, le règlement pour le transport terrestre (ADR) autorise le transport en quantités limitées des matières de cette classe 8 avec un groupe d'emballage I.

Même en quantités limitées de 100 ml, valeur pour la classe 8 groupe d'emballage I, cette quantité est suffisante pour provoquer des dégâts au niveau cutané pour toute personne intervenant sur un colis contenant un flacon de cette matière qui pourrait fuir ou être cassé : en effet, ces matières agissent rapidement en effectuant une destruction des tissus sur toute son épaisseur en 60 minutes.

En effet, aucune précaution ne sera prise lors du chargement ou déchargement de ce colis car il ne sera pas signalé. De fait, l'apposition sur les colis des informations relatives à la classification et l'étiquetage n'est pas obligatoire.

Pour les matières de la classe 8 appartenant aux groupes d'emballage II et III, ce risque est plus faible : l'action de destruction des tissus cutanés est réalisée sur plusieurs jours. Hors en cas de problème lors du transport, principalement lors du chargement et déchargement, l'intervention ne sera que de courte durée. Mais il est important de noter que une fois amorcée, l'action de destruction sur les tissus peut se poursuivre même après l'exposition directe.

Il est important aussi de rappeler que certaines matières de cette classe 8 peuvent présenter d'autres risques subsidiaires comme la toxicité.

L'analyse de ce risque s'effectuerait alors comme étudiée précédemment (voir chapitre 3.1).

3.3 LE RISQUE "INCENDIE" :

Même si le sujet de cette étude limite son champ aux matières dangereuses au sens conventionnel du terme, l'examen du risque incendie doit aller au-delà de la notion de matières réputées inflammables, répertoriées dans les classes 2,3 ou 4.

En effet, l'ampleur potentielle d'un incendie impliquant au départ des marchandises dangereuses inflammables en quantités limitées sera conditionnée par la combustibilité de nombreux autres composants dans le déroulement du scénario : emballages intérieurs, matériaux de conditionnement, emballages extérieurs, matériaux constitutifs des remorques, ainsi que par la présence de carburant utilisé par les tracteurs (réservoir jusqu'à 1 500 litres) ou d'autres matières combustibles éventuelles.

Néanmoins, nous avons plus particulièrement étudié le risque "incendie" sur deux classes dont les effets et les conséquences en cas d'accidents suite à ce risque sont importants :

- la classe 2 : nous nous sommes intéressés plus particulièrement à un objet appartenant à la classe 2 : les aérosols. En effet, quand ces aérosols sont conçus comme bien de consommation, la quantité par aérosol est souvent la valeur correspondante à la valeur de quantité limitée : la dernière disposition du chapitre des exemptions relatives au transport des marchandises dangereuses s'applique pour ce type de matière.
- La classe 3 : les liquides inflammables sont aussi souvent emballés en quantités limitées lorsqu'ils sont ensuite utilisés comme bien de consommation.

3.3.1 La classe 2 : l'exemple des générateurs d'aérosols [1]

3.3.1.1 Description des générateurs d'aérosols :

Les générateurs d'aérosols portent la désignation officielle "AEROSOL" et le numéro ONU, 1950.

Il en existe plusieurs et ils sont distingués par leur code de classification : ce code représente le groupe de propriétés dangereuses de l'objet.

Ces types d'objet ne sont pas soumis aux dispositions de l'ADR si les conditions LQ1 et LQ2 sont satisfaites :

-LQ1 : la quantité maximale dans l'emballage intérieur est de 120 ml : ces générateurs d'aérosols ont en commun la propriété de toxicité indiquée dans leur code de classification par la lettre T et ils possèdent un code de classification contenant plusieurs lettres en plus de la lettre T de toxicité.

-LQ2 : la quantité maximale dans l'emballage intérieur est de 1 litre : ces générateurs d'aérosols ont un code de classification avec une seule lettre définissant le groupe de danger auquel ils appartiennent : asphyxiants A, comburants O ou inflammables F mais ne sont pas toxiques T.

3.3.1.2 Description des aérosols testés :

Afin d'estimer les effets et les conséquences lors d'un incendie sur des générateurs d'aérosols entreposés dans une aire de stockage, des essais d'incendie ont été menés par l'INERIS dans un passé récent.

Pour notre étude, nous avons repris ces essais et les avons exploités dans le cas d'un transport.

En effet, ce type d'objet est couramment transporté sur palettes dans des camions. Aussi, leur comportement face à un incendie sera identique à celui observé pour une aire de stockage : en effet, le conditionnement est identique et conservé entre le transport et le stockage.

Parmi les générateurs d'aérosol couramment présents sur le marché et donc transportés, il est possible de trouver :

- Laque capillaire : capacité 360ml
- Déodorant : 200ml
- Insecticide : 500 ml

Ces aérosols correspondent aux aérosols non toxiques. Ils font parti de l'ensemble LQ2 : leur contenance globale est bien inférieure à celle définie dans le tableau.

Les composants de ces générateurs d'aérosols sont souvent des produits inflammables tels que le GPL, l'éthanol, le butane,...(depuis l'interdiction des CFC).

Ces générateurs d'aérosols sont contenus dans des caisses en carton., qui peuvent être empilées sur une palette. Le nombre de ces générateurs dans les caisses varie de 1 à quelques dizaines.

Une unité de transport peut comporter plusieurs palettes et donc un nombre important de générateurs d'aérosols : les palettes peuvent être disposées sur deux niveaux.

Dans ces essais, l'allumage était réalisé à l'aide d'inflammation d'alcool dans des bacs se situant sous chaque palette au niveau du sol : ce type d'allumage est similaire à celui qui pourrait être réalisé à l'aide de la nappe de carburant du tracteur du véhicule en cas d'accident suivi d'un incendie.

Durant l'étape de transport, le risque principal sur ce type de cargaison est l'incendie.

3.3.1.3 Leur comportement en cas d'incendie :

Lors d'essais en cas d'incendie dans un stockage sur ce type d'objets emballés dans des colis, les phénomènes suivants se produisent :

- l'éclatement de tous les générateurs, de façon non pas instantanée mais successive et sur une période de plusieurs minutes,
- la projection des débris des générateurs,

- l'inflammation des substances inflammables contenues dans la formulation, sous la forme d'une boule de feu qui, au plus fort de l'incendie est quasi-continue, au-dessus du foyer.

Les configurations des essais et les résultats obtenus sont dans le tableau suivant :

N°	Type de générateurs	Chaleur de combustion (MJ/kg)	Nombre de palettes	Energie de combustion (MJ) 200kg/palette	Valeur de Flux moyen * KW/m2	Durée totale de l'incendie En secondes	Dimensions moyennes des flammes L = longueur, H = hauteur, l = largeur
1	Laque capillaire (360 ml) au DME	28,5	3	17100	10	200	L = 9 m ; l = 3 m ; H = 7 m
2	Laque capillaire (360 ml) au DME	28,5	6	34200	18	250	L = 11 m ; l = 4 m ; H = 12 m
3	Laque capillaire (360 ml) au DME	28,5	9	51300	40	240	L = 13 m ; l = 5 m ; H = 15 m
4	Déodorant (200 ml) au GPL	34	6	40800	30	270	L = 11 m ; l = 4 m ; H = 12 m
5	Insecticide (500 ml) avec 57% eau et 36% GPL	18	3	10800	4	240	L = 9 m ; l = 3 m ; H = 7 m
6	Produit d'entretien (500 ml) moussant avec 61% eau et 7% butane	7,5	6	9000	1,5	-	Pas d'emballement d'incendie.

* : valeur maximale du flux thermique moyen mesuré à une distance de 10m.

Lors du développement d'un incendie dans un système contenant plusieurs cartons et donc plusieurs générateurs, cet incendie se caractérise par un développement très rapide et par un rayonnement intense de la flamme : une succession de BLEVE. (= Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, "vaporisation explosive d'un liquide surchauffé"). Chaque BLEVE correspond à un générateur et donne lieu à l'apparition d'une boule de feu de 1 à 2 m de diamètre, compte-tenu des volumes unitaires mis en jeu. La durée d'un BLEVE est inférieure à 1 seconde.

Au plus fort de l'incendie, la cadence des BLEVE's est telle qu'il s'en produit plusieurs simultanément : la boule de feu résultante se présente sous la forme d'un mur de flamme dont les dimensions sont proportionnelles à cette simultanéité.

On peut constater que les dimensions de cette flamme sont liées au nombre de générateurs d'aérosols mis en cause, et à l'énergie de combustion disponible.

Cependant, l'ampleur des effets thermiques de cette flamme reste très inférieure à celle de la boule de feu qui résulterait du BLEVE instantané de la totalité des produits contenus dans les générateurs : le fractionnement et donc la notion de quantités limitées sont justifiés car ils permettent de réduire les conséquences d'un incendie.

3.3.1.4 Le flux thermique lors de l'incendie

A partir du premier éclatement qui se produit dans un délai un peu inférieur à 1 minute après le début de l'essai, le flux thermique moyen augmente avec des pics instantanés de flux thermiques plus ou moins intense.

Le flux thermique moyen atteint une valeur maximale au plus fort de l'incendie puis ce flux moyen décroît quand l'incendie baisse d'intensité. Ce flux thermique s'annule au fur et à mesure que les éclatements s'espacent.

Sur cette valeur de flux thermique, l'un des paramètres influant est la chaleur de combustion du produit : plus la chaleur de combustion est élevée, plus le flux thermique mesuré est élevé. (Tableau 2, chapitre 3.3.1.3)

De plus, la chaleur de combustion est étroitement liée à la formulation contenue dans les générateurs d'aérosols : un générateur d'aérosol ayant une teneur significative en eau aura une chaleur de combustion plus faible qu'un générateur d'aérosol ne contenant que des constituants inflammables.

Lors d'essais en milieu non confiné, aucune production d'ondes de surpression aérienne n'a été produite.

3.3.1.5 Conclusion sur le risque incendie des générateurs d'aérosols:

Les effets produits par un incendie d'aérosols en « quantités limitées » (au sens du règlement type) ne sont pas négligeables, bien que moins importants que ceux générés par la masse totale du contenu qui serait placée en un seul conteneur.

En effet, la puissance du feu, le rayon d'action des flammes et les projections seraient de nature à gêner considérablement l'action des forces de secours en cas d'accident..

La présence d'emballages extérieurs des emballages combinés n'a pratiquement pas d'effets sur les conséquences de l'incendie.

Enfin dans le cas d'aérosols dont le contenu a une faible chaleur de combustion les conséquences sont atténuées.

3.3.2 La classe 3 : les liquides inflammables [2, 3]

La classe 3 : les liquides inflammables tels que définis par les recommandations ONU sont de liquides, mélanges de liquide ou liquide contenant des solides en solution ou en suspension (par exemple : laque, peintures, vernis etc, ...à l'exclusion cependant des matières classées ailleurs en raison de leurs autres caractéristiques dangereuses) qui émettent des vapeurs inflammables à une température inférieure ou égale à 60,5°C en creuset fermé (soit 65,6°C en creuset ouvert).

Leur transport en quantités limitées s'effectue sans appliquer les prescriptions de l'ADR si l'emballage intérieur a la quantité maximale suivante :

- pour les liquides affectés à la classe 3 et dont le groupe d'emballage est I : 0,5 l pour l'ADR et "aucune" pour les recommandations ONU.
- pour les liquides affectés à la classe 3 et dont le groupe d'emballage est II: 5 l ou 1 l pour l'ADR et 1l pour les recommandations ONU.
- pour les liquides affectés à la classe 3 et dont le groupe d'emballage est III : 5 l pour l'ADR et 5 l pour les recommandations ONU. La quantité maximale par colis étant de 45 l pour l'ADR.

Il n'existe pas dans la littérature des essais spécifiques à cette classe de matière en emballage de transport.

Aussi, afin d'évaluer ces exemptions, nous avons étudié des résultats d'essais d'incendie sur cette classe : ces essais ont été réalisés pour évaluer les incendies de stockage de palettes de telles matières dans divers contenants, stockés en carton ou non et en fonction de la quantité globale.

Ces essais ont été réalisés par plusieurs compagnies ou organismes comme :

- Factory Mutual Research ,
- "National Fire Protection Research Foundation",
- "American Iron and Steel Institute",
- "Distilled Spirits Institute",

afin d'émettre des recommandations pour les stockages de produits inflammables et combustibles. Nous avons utilisé les tableaux de résultats que publient ces organismes pour les analyser par rapport au risque incendie appliqué au transport.

Les essais retenus pour être exploités pour notre étude, sont ceux donc le feu a été dans la plupart des cas non contrôlé même en présence des systèmes d'arrosage : en effet, dans une unité de transport, aucun système de prévention (rampe d'arrosage) pour limiter l'incendie n'existe.

Aussi, les conditions et les conséquences les plus proches d'un incendie d'une unité de transport sont celles de l'essai sans utilisation de système d'arrosage ou ceux dont l'incendie s'est emballé même avec l'utilisation d'une rampe d'arrosage.

3.3.2.1 Les conditions d'essais

Pour notre étude, nous n'avons pris en considération que les paramètres suivants :

- la nature du produit,
- le type de contenant et sa capacité,
- l'emballage extérieur.

Durant ces essais, l'implantation des palettes et celle de systèmes d'arrosage de sécurité (sprinkler : type, configuration,...) ont été également étudiées : ce type d'essais sert à déterminer la position et les conditions opératoires optimales des systèmes d'arrosage dans les stockages.

Les matières testées sont :

- l'heptane, "HEPTANES", ONU 1206, classe 3, GE II,
- l'alcool isopropylique à 99%, "ISOPROPANOL", ONU 1219, classe 3, GE III
- l'alcool éthylique, "ETHANOL ou ETHANOL EN SOLUTION", ONU 1170, classe 3, GE II ou III,
- le diluant de peinture, "PEINTURE ou MATIERES APPARENTES AUX PEINTURE", ONU 1263, classe 3, GE I, II et III.
- le kérosène, "KEROSENE", ONU 1223, classe 3, GE III,
- un mélange eau –alcool éthylique à 50/50, "ETHANOL ou ETHANOL EN SOLUTION", ONU 1170, classe3, GE II ou III,

Les lettres "GE" correspondant au Groupe d'Emballage.

Les capacités suivantes ont été testées :

- 1 gallon : 3,79 litres
- 5 gallons : 18,92 litres
- 1 quart : 0,95 litres
- 1 pint : 0,47 litres.
- 16 oz : 480 ml
- 8 oz : 237 ml

Les natures des contenants ont été les suivantes :

- des flacons métalliques (pour les bidons de grande contenance (5 gal), les récipients métalliques sont équipés d'un bouchon en polyéthylène)
- des bidons plastique,
- des bidons en verre.

Suivant la nature des contenants, l'allumage des essais était différent. Il sera indiqué pour chaque matière testée.

3.3.2.2 Essais sur l'heptane :

Les tableaux ci-après présentent les essais sur ce produit dans deux contenants de nature différente et de différentes capacités.

L'heptane est une matière de la classe 3, GE II :

- selon l'ADR, la quantité limitée par emballage intérieure est de 1 litre comme pour les recommandations ONU.

Tous ces essais ont été allumés de la même manière : environ 40 litres d'heptane renversé sont enflammés.

Quelles que soient les capacités utilisées, tous les contenants testés étaient métalliques.

3.3.2.2.1 Essais sur des contenants régis par la réglementation du transport des matières dangereuses (TMD)

La première série d'essais correspond à une taille d'emballage intérieure supérieure à la limite qui définit la quantité limitée. Ce type de conditionnement doit suivre les dispositions de la réglementation du transport des matières dangereuses.

Selon ces essais, on constate :

- pour les essais S7 à S12 sauf S11, grâce au système d'arrosage le feu est contrôlé et il n'y a pas de dégât. Le fonctionnement de ces systèmes d'arrosage a lieu entre les 35 et 40 premières secondes après le démarrage de l'incendie.
- pour l'essai S11, quand le même système d'arrosage est mis en place mais pour une quantité globale plus importante qui se concrétise par une hauteur globale des palettes plus haute, le feu n'est pas contrôlé.

L'incendie d'heptane, en contenants de 4 litres environ pour des quantités globales d'environ 600 à 6000 litres, est contrôlé en stockage par les systèmes d'arrosage (temps de mise en fonctionnement de l'arrosage après allumage : 40s) : dans une unité de transport ce type de sécurité n'existe pas : le feu ne pourra pas être contrôlé car comme dans l'essai S11, les conteneurs vont se rompre et laisser brûler le liquide.

De plus, la mise en fonctionnement des systèmes d'arrosage est très liée au début de l'incendie: ceci indique la rapidité d'un incendie de ce type de matière.

Ces essais montrent bien la rapidité d'un incendie sur ce type de matière et souligne l'importance d'une réglementation pour ces grandes capacités.

3.3.2.2.2 Comparaison du comportement suivant le conditionnement

Pour les essais S40 et S41, on peut constater que les contenants de plus grand volume sont moins résistants que ceux de plus faible contenance : en effet, les bidons de 0,95l sont moins abîmés que ceux de 3,79 litres. Donc le fractionnement permet de limiter les effets : la valeur de 1 l pour l'heptane est une valeur correcte.

Dans l'essai 48, le fonctionnement de l'arrosage a été mis en place après 2 minutes 47s : les contenants de 0,95l en haut de la pyramide éclatent même quand l'arrosage à démarré.

Même si le risque est diminué, il existe toujours et les conséquences aussi.

3.3.2.2.3 Influence du conditionnement extérieur

Lorsqu'on regarde les résultats des essais S13 et S15, les bidons de 20 litres sont plus endommagés suite à l'incendie que les bidons de plus faibles capacités (5 litres): les bidons de faible capacité (5 litres) étaient conditionnés dans des cartons alors que les bidons de 20 litres n'avaient pas d'emballage extérieur.

Ces essais montrent l'importance du conditionnement extérieur lors de l'incendie.(barrière supplémentaire à la propagation du feu)

3.3.2.2.4 Influence de la matière du contenant

Si on compare le comportement au feu de l'heptane dans des contenants plastiques, un phénomène de propagation de l'incendie qui n'existait pas dans le cas des contenants métalliques apparaît : une nappe de liquide se forme et brûle.

Dans l'essai P6-2, 50% de la marchandise brûle suite à la fonte des bidons en PEHD qui laisse échapper l'heptane. Ce phénomène est d'ailleurs amplifié par le fait que cet essai est réalisé sur les bidons non placés dans des emballages extérieurs.

REF.	NATURE DU CONTENANT	EMBALLAGE EXTERIEUR	QUANTITE-TOTALE En litre	CONTROLE DE L'INCENDIE	OBSERVATIONS
P6-2	Flacon HDPE 5 gal (18,72 l)	Sans	606	FNC	Les contenants brûlent, fondent et laissent échapper l'heptane. Même avec sprinkler : 50% de perte :
S7-3	Contenant métallique, 1 gal : 3.79 l	Carton ordinaire	606	FC	Seuls les cartons brûlent. L'heptane n'intervient pas.
S8-5	Contenant métallique, 1 gal : 3.79 l	Carton ordinaire	1817	FC	Seuls les cartons brûlent. L'heptane n'intervient pas.
S9-9	Contenant métallique, 1 gal : 3.79 l	Carton ordinaire	3634	FC	Seuls les cartons brûlent. L'heptane n'intervient pas.
S10-11	Contenant métallique, 1 gal : 3.79 l	Carton ordinaire	5450	FC	Seuls les cartons brûlent. L'heptane n'intervient pas.
S11-12	Contenant métallique, 1 gal : 3.79 l	Carton ordinaire	7267	FNC	Les cartons ont brûlé. 15 conteneurs vides: violente rupture

FC : Feu contrôlé ; FNC : Feu Non Contrôlé.

S12-13	Contenant métallique, 1 gal : 3.79 l	Carton ordinaire	6056	FC	Seuls les cartons brûlent. L'heptane n'intervient pas.
S13	Contenant métallique, 1 gal : 3.79 l en carton 5 gal : 18.92 l	Carton Sans emballage	3331	FNC	Contenant en 5 gal: bombé et évacuation à travers du bouchon en PE fondu Contenant de 1 gal : bombé et un contenant a craqué violemment.
S15	Contenant métallique, 1 gal : 3.79 l en carton 5 gal : 18.92 l	Carton Sans emballage	5299	FC	24 contenants de 5 gal sont ouverts suite à la fusion du bouchon en PE.
S40-11	Contenant métallique, 1 gal : 3.79 l en carton 1qt : 0.95 l	Contenants dans des emballages secondaires : cartons	4156	Feu supprimé	Pas de rupture des containers.

FC : Feu contrôlé ; FNC : Feu Non Contrôlé .

S41-12	Contenant métallique, 1 gal : 3.79 l en carton 1qt : 0.95 l	Contenants dans des emballages secondaires : cartons	4550	FNC	3 containers cassés (1 gal) et 40 à 50 contenants abîmés. Trois contenants ouverts et 15 à 20 étaient entrain de fuir.
S48	Contenant métallique, 5 gal : 18,92 l 1 gal : 3.79 l 1qt : 0.95 l	Sans emballage extérieur	757	FNC	Les bidons de 1 litre sont placés en haut de la pyramide de bidons : aussi, plusieurs bidons se seront rompus à cause de la chute. Plusieurs bidons de 0,95 l ont éclaté même après la mise en route du système d'arrosage (soit après 2 minutes 47s).

FC : Feu contrôlé ; FNC : Feu Non Contrôlé .

3.3.2.3 Cas de l'alcool isopropylique :

Les tableaux ci-après présentent les essais sur ce produit dans deux contenants de nature différente et de différentes capacités.

L'alcool isopropylique ou isopropanol est une matière de la classe 3, GE II ou III:

- selon l'ADR, la quantité limitée par emballage intérieure est de 1 l comme pour les recommandations ONU : il est uniquement classé en groupe d'emballage II.

L'allumage a été effectué à l'aide des rouleaux de cellulose imbibés d'un liquide inflammable (quelques centaines de ml) ou d'alcool isopropylique (10l) dans des bacs.

3.3.2.3.1 Essais sur des contenants soumis à la réglementation TMD

Les trois premiers essais (P4, P5, P16) sont réalisés pour des contenants dont la quantité est supérieure à celle à partir de laquelle les exemptions des quantités limitées sont applicables. Pour ces trois tests, la quantité globale est similaire. Le paramètre qui varie est l'emballage extérieur : seul, un emballage spécifique résistant au feu permet de limiter les dégâts : ceux-ci se caractérisent par la formation d'une nappe de liquide. On constate aussi pour les emballages extérieurs non résistants au feu, que l'incendie devient très vite incontrôlable malgré des arrosages des palettes.

Ces essais montrent l'importance des dispositions pour le conditionnement de telles matières lorsqu'elles sont transportées dans des quantités supérieures aux quantités limitées.

3.3.2.3.2 Essais sur des contenants non soumis à la réglementation TMD

Les essais P32, P34 et P35 sont réalisés sur des bidons de faible contenance : 1 quart : 0,95l.

On constate que quelle que soit la capacité globale, en arrosant très tôt, l'incendie ne se propage pas.

Il est donc plus facile de contrôler un feu sur des petits contenants car le système d'arrosage permet de contrôler l'incendie.

Ceci permet de conclure que pour les stockages, ces systèmes d'arrosage sont nécessaires pour éviter une propagation de l'incendie par les nappes de liquide enflammé.

Mais les unités de transport ne sont et ne peuvent être équipées de système d'arrosage, aussi la propagation de l'incendie sera difficile à éviter.

Par rapport à des contenants de plus grande capacité, les liquides inflammables conditionnés en petit contenant permettent de ralentir les effets de l'incendie : moins de matière mise en cause. Mais cette remarque est vraie dans le cas des stockages équipés de systèmes d'arrosage.

Dans une unité de transport, cette influence sera réduite notamment du fait de l'absence des systèmes d'arrosage : la propagation d'un incendie de marchandises de la classe 3 sera réduite par l'emballage en quantités limitées mais le contrôle de l'incendie sera aussi difficile que dans le cas d'un transport en quantités non limitées.

De plus, pour les essais P36, P37 et P38, on remarque que pour une même capacité globale de liquide inflammable, la réduction de la capacité des contenants permet de diminuer les pertes dans un incendie de stockage : ceci est assuré par un arrosage de la zone en feu très rapide : 1 minute 30 seconde.

Dans ce cas de feu de matières, l'arrosage a une grande importance : en réduisant le temps de démarrage de l'arrosage, les pertes augmentent et une nappe a le temps de se former.

Dans le cas d'un incendie dans une unité de transport, dans de telles conditions, la nappe de feu de liquide est inévitable.

L'avantage de l'emballage en quantités limitées est de réduire la taille de nappe en feu et donc la propagation de l'incendie.

Un autre paramètre qui limite la propagation est la quantité globale mise en jeu.

REF.	NATURE DU CONTENANT	EMBALLAGE EXTERIEUR	QUANTITE-TOTALE En litre	CONTROLE DE L'INCENDIE	OBSERVATIONS
P4-8	Bidon plastique - HDPE, 1gal	Carton : 4 palettes de 4 cartons de haut.	1635	FNC	55% du combustible à brûler. En moins de 2 minutes 30s, le liquide qui brûle atteint l'environnement.
P5-1	Bidon plastique - HDPE, 1gal	Carton enrobé de paraffine.	1438	FNC	Moins d'une palette de brûler.
P16	Bidon plastique HPDE 1gal	Carton ave effet retard sur incendie	1453	FC	Pas de nappe significative même si 114 bouteilles abîmées (premier arrosage après 17 minutes)
P32	Bidon plastique HDPE 1 pint	carton	2907	FC	14 cartons endommagés par l'incendie : soient 76 litres d'alcool consommé. Mise en route de l'arrosage : 56 s.
P34	Bidon plastique HDPE 1 pint	Carton	2736	FC	1 carton abîmé par la combustion d'un bidon. Mise en route de l'arrosage : 25 s
P35	Bidon plastique HDPE 1 pint	carton	684	FC	20 cartons abîmés : 95 litres consommés Mise en route de l'arrosage : 54 s
P36	Bidon plastique HDPE 1 pint et 1 gal.	carton	5928	FNC	32 cartons abîmés Mise en route de l'arrosage : 1 minute 09s

FC : Feu contrôlé ; FNC : Feu Non Contrôlé .

P37	Bidon plastique HDPE 1 gal	carton	4195	FNC	17 cartons abîmés soit 238 brûlés.
P38	Bidons plastiques HDPE 0.47 et 0.95l+	carton	4013	FNC	20 cartons de 1 gal et 15 cartons contenant des 1 pint ont brûlé : 190 a brûlé. Propagation de l'incendie en moins de 1 minute 30s.
P39	Bidon plastique HDPE 1 gal et 1 quart	cartons	5518	FNC	359 cartons endommagés : 2691 l ont brûlé soit une nappe d'un diamètre de 10,7m. Arrosage à 2 minutes 10 s.

FC : Feu contrôlé ; FNC : Feu Non Contrôlé .

3.3.2.4 Cas d'autres matières de la classe 3

3.3.2.4.1 Cas du diluant de peinture :

Cette matière porte la désignation : "PEINTURES ou MATIERES APPARENTEES AUX PEINTURES", ONU 1263, classe 3 avec trois groupes d'emballage possibles.

Dans ces essais P1, P2 et P3, nous ne savons pas à quel groupe d'emballage ces matières sont affectées.

Ces essais réalisés avec des bidons de contenance de 3.79 litres, on constate que la quantité globale est élevée (1600 litres) ou plus faible (600 litres), même avec l'utilisation d'arrosage, l'incendie est intense et une nappe de liquide est formée. Le feu de cette nappe est d'ailleurs intense car des flammes de 3 à 4,5 m de haut sont mesurées pour une quantité globale de 600 l.

Les bidons en PEHD ne résistent pas à l'incendie et fondent pour laisser échapper le diluant de peinture qui s'enflamme et va propager l'incendie.

3.3.2.4.2 Cas du kérosène

Cette matière porte la désignation officielle "KEROSENE", ONU 1223, classe 3, GE III.

L'emballage en quantité limitée est défini à partir de 5l.

L'essai P15 est réalisé à l'aide de flacons d'une contenance de 0,47 litres. Des essais de matériau résistant au feu ont été réalisés : les flacons sont entourés d'un cylindre en nylon et l'ensemble est placé dans des cartons résistant au feu . il n'y aura pas de propagation du feu par la nappe liquide formée par les 322 flacons endommagés : cette nappe ne s'étend pas.

3.3.2.4.3 Cas de l'alcool éthylique

Cette matière porte la désignation officielle, "ETHANOL ou ETHANOL EN SOLUTION", ONU 1170, classe3, GE II ou III.

Un essai P10 avec de l'alcool éthylique a été réalisé avec des flacons en plastique d'une contenance de 237 ml. On constate que le feu entoure toute la marchandise et que le feu s'intensifie progressivement mais aucune nappe ne s'est formée.

Lorsque cette matière est en solution avec l'eau, elle porte la désignation officielle, " ETHANOL ou ETHANOL EN SOLUTION", ONU 1170, classe3, GE II ou III.

Sur ce produit, des essais ont été réalisés avec des flacons en verre : pour les tests G2 et G4, on constate que les flacons ne résistent pas car dès le démarrage de l'incendie, les flacons éclatent : il se forme une nappe liquide en feu. De plus, on constate que les dégâts avec ce type de flaconnage sont plus importants également : une grande partie de la cargaison est détruite.

REF	PRODUIT	NATURE DU CONTENANT	EMBALLAGE EXTERIEUR	QUANTITE TOTALE En litre	CONTROLE DE L'INCENDIE	OBSERVATIONS
P1-2	Diluant de peinture	Bidon plastique-HDPE, 1gal	carton	681	FC après 6 minutes avec sprinkler.	Contenants déformés, fondu, vide : conséquence feu de nappe intense. Une flamme de 3 à 4.5 m de haut et diamètre de la nappe de 3,66m.
P2-	Diluant de peinture	Bidon plastique HDPE, 1gal	carton	681	FNC	feu de nappe intense (9,1 m de diamètre) + son de rupture de contenant
P3-	Diluant de peinture	Bidon plastique - HDPE, 1gal	carton	1635	FNC	feu de nappe intense
P10	Ethyl alcool (> à 50%)	Plastic-8oz (237 ml) aerosol	carton	545	FC	Le feu grossit lentement avec un seul sprinkler : les palettes sont englouties dans le produit en feu mais pas de nappe.
P15	Kérosène	Bidon plastique - HDPE, 1 pint + cylindre en nylon	Carton avec effet retard en cas d'incendie	1 022	FC	51 cartons et 322 contenants sont endommagés : la conséquence est une nappe de liquide en feu dans la zone d'essai. Pas de propagation.
G2	Ethyl alcool +eau (1/1)	Flacon en verre : 0.76 l	carton	3997	FC	85% endommagés 1 min 40 : les flacons cassent.
G4	Ethyl alcool +eau (1/1)	Flacon en verre : 0.76 l	cartons	34474	FC	nappe de liquide de 6,1 m de diamètre + flacons qui cassent: 54% de dommage.

FC : Feu contrôlé ; FNC : Feu Non Contrôlé .

3.3.2.5 Conclusion sur la classe 3 :

Ces essais ont été effectués afin de tester le comportement des liquides inflammables dans une installation de stockage, néanmoins les échantillons de test sont également représentatifs de quantités transportées, et les emballages servent également au transport. Ils impliquent des emballages contenant des « quantités limitées » et d'autres des quantités ne relevant pas de ce régime

Des enseignements importants peuvent donc être tirés de ces essais pour ce qui concerne le transport.

Il en ressort que le caractère inflammable de ces matières confère un réel danger d'incendie auto-entretenu, quels que soient l'emballage et la quantité par emballage.

La propagation de l'incendie peut être ralentie par le fractionnement en volume mais le choix de la nature du contenant est très important.

Cependant, l'incendie de telles matières se développe généralement avec une telle rapidité qu'il est difficile de le limiter : en effet, dans tous les essais de stockage, le système d'arrosage est actionné dès le démarrage de l'incendie.

On constate que cette classe de matières brûle vite et intensément.

Le paramètre qu'il faut maîtriser pour ces matières est la formation de nappe de liquide, par perforation ou ruptures successives des contenants, qui risque de propager l'incendie.

Par ailleurs, bien qu'il ait une influence, le fractionnement des matières en petits emballages ne limite pas systématiquement les conséquences d'un incendie de façon satisfaisante. Dans certains cas (par ex P5-1 et P38 pour l'alcool isopropylique) le feu a pu être plus facilement maîtrisé pour des emballages non « quantité limitée ».

Enfin dans plusieurs cas, l'incendie n'a pu être contrôlé même après la mise en œuvre de systèmes d'extinction automatiques (sprinklers).

Bien entendu, la gravité des conséquences et l'importance d'un éventuel feu de nappe sont liées à la quantité totale mise en cause.

4. ANALYSE PAR TYPE DE CONTENANT

4.1 LES CONTENANTS DES GENERATEURS D'AEROSOLS

4.1.1 Description

Les boîtiers de générateurs d'aérosols listés dans le chapitre 3 sont :

- boîtier en fer blanc constitué de 3 éléments : 1 corps + 1 fond + 1 dôme sur lequel est fixé la valve,
- boîtier en aluminium en un corps monobloc auquel est fixé la valve.

4.1.2 Leur résistance au feu

Au cours d'un incendie et avec un emballement de cet incendie, chaque générateur subit un BLEVE dont le phénomène initial est la rupture du récipient (ou boîtier). Cependant, des différences apparaissent quant au mode de rupture et au nombre de débris, selon la nature du générateur.

4.1.2.1 Cas des boîtiers en fer blanc

Ces boîtiers sont constitués d'un corps, d'un fond et d'un dôme sur lequel est dudgeonnée la valve.

Mis dans un incendie, la rupture de ces boîtiers s'effectue au niveau du dudgeonnage entre d'une part le corps et d'autre part soit le fond soit le dôme.

Suite à cette rupture, il se produit une vaporisation brutale des gaz liquéfiés et surchauffés contenus dans le boîtier. Ce sont les forces de pression associées à cette vaporisation qui sont à l'origine de la projection des débris :

- Le débris constitué par le dôme ou le fond a une masse de quelques grammes : il ne peut être projeté loin.
- Le débris constitué par la forme du contenant, de part sa forme, semble être favorisé par un effet de poussée analogue à celui recherché pour la propulsion d'une fusée.
- Les distances de ce second type de débris sont variables car elles dépendent de l'angle que fait l'axe du générateur avec l'horizontale au moment de la rupture : durant des essais, des distances de projection jusqu'à une centaine de mètres ont été observées.

4.1.2.2 Cas des boîtiers en aluminium :

Ces boîtiers sont constitués de deux éléments seulement : le corps monobloc en aluminium et la valve dudgeonnée sur l'ouverture circulaire.

La rupture d'un tel boîtier peut concerner le dudgeonnage de la valve.

Mais, pris dans un incendie, le mode de rupture le plus fréquent se traduit par un véritable éclatement, avec déchirure de la paroi du boîtier, qui entraîne la formation éventuelle de petits débris.

Lors d'essais d'incendie sur ce type de boîtiers, la géométrie des débris est telle qu'il n'y a pas d'effet fusée et que les distances maximales de projection sont nettement inférieures à 100 m.

Lors d'essais, il a été constaté que la chaleur de l'incendie a été suffisante pour faire fondre l'aluminium.

4.1.2.3 Choix du boîtier aluminium ou en fer blanc

Dans ces deux cas, pour les générateurs qui échappent au BLEVE sont peu nombreux lors d'un incendie : il s'agit des générateurs qui subissent un choc mécanique du fait de l'éclatement du générateur voisin. Ce choc a pour effet de les projeter à une distance suffisante (10 à 20 m) pour les soustraire au rayonnement intense de la flamme, mais il peut aussi être suffisamment violent pour que leur paroi soit poinçonnée et qu'ils perdent leur contenu plus ou moins rapidement, sous la forme d'un jet de produit (liquide et /ou gazeux), qui peut être enflammé ou non.

Ces générateurs qui correspondent au dernier cas et qui perdent leur contenu enflammé pourraient avoir un caractère incendiaire. Ce caractère se limitera à une faible distance (pas plus de 20 m).

4.2 LES CONTENANTS DE LA CLASSE 3

Lors des essais indiqués dans les tableaux du chapitre 3, les contenants suivants ont été testés :

- des flacons métalliques de 1 quart (0,95 litre), de 1 gallon (3,79 litres), de 5 gallons (18,92 litres) (pour les bidons de grande contenance (5 gal), les récipients métalliques sont équipés d'un bouchon en polyéthylène)
- des bidons plastique en polyéthylène haute densité de 1 gallon (3,79 litres), de 1 pint (0,47 litre) et 1 quart (0,95 litre).
- des bidons en verre de 0,76 litre.

4.2.1 les récipients métalliques :

Ce type de récipient souvent possède un bouchon en polyéthylène pour les contenances de 3,79 litres : cet orifice servira de soupape au produit qui échauffe à l'intérieur du bidon : en effet, ce bouchon va fondre par la chaleur et éviter ainsi une montée en pression du récipient.

Parmi tous les essais ici rapportés, seulement, un ou deux rapportent une rupture violente du container métallique.

Aucun essai ne décrit la formation d'une nappe de liquide en feu qui propage l'incendie.

4.2.2 les récipients plastiques :

Dans tous les cas, les flacons quelle que soit leur contenance brûlent, fondent, laissant échapper le liquide qu'ils renferment : il se forme alors une nappe de liquide qui brûle et qui peut alors propager l'incendie.

Dans la plupart des cas, près et même plus de 50% de la capacité du stockage brûlent.

On remarque aussi que la quantité globale de produit ne permet pas de réduire le risque : en effet, avec des bidons en plastiques, le résultat est toujours le même quelle que soit la quantité globale mise en cause.

Pour des bidons plastiques dont la contenance varie, les résultats d'essai montrent toujours la formation d'une nappe de liquide qui brûle et donc amplifie les risques de propagation de l'incendie.

De plus, selon certains essais [3], dans certaines conditions des éclatements de contenants plastiques sont entendus, même si ils sont en plastique : ceci indique une montée en pression dans le récipient avant que le feu ne brûle le plastique.

4.2.3 Les récipients en verre :

Une majorité de la marchandise emballée dans des récipients en verre est cassée : supérieure à 50%. De plus, des explosions liées à la rupture des récipients en verre sont entendues à cause de la montée en pression en interne.

Ceci forme alors dans certains cas une nappe de liquide en feu.

4.2.4 Exemple d'étude de comportement au feu de flaconnage plastique contenant un liquide inflammable

Les produits de la classe 3 se trouvent emballés dans des bouteilles plastiques polyéthylène téréphtalate (PET) ou des bouteilles plastiques en polyéthylène (PE) avec une forte épaisseur.

Le comportement au feu de ces deux types de bouteilles est très différent lorsqu'ils sont soumis aux mêmes radiations :

- les bouteilles en PET : du fait de la chaleur qui augmente la pression interne dans le flacon, ce dernier se fissure : le produit peut alors se répandre. Le liquide va s'enflammer et former une nappe de feu qui propage le feu jusqu'à 4 m de distance par rapport à l'emplacement de la bouteille.
- Les bouteilles en PE : par la chaleur, ces bouteilles vont fondre et former une bulle au-dessus de la surface du liquide. En surface de cette bulle, il se forme un trou par lequel le liquide peu s'échapper : l'ébullition du produit ne permet pas une montée en pression dans l'emballage. Mais il est possible d'avoir inflammation des vapeurs provenant du liquide au dessus du trou.

La nature du plastique qui constitue l'emballage du liquide inflammable est très importante : il peut faciliter la propagation de l'incendie en laissant échapper le liquide en feu.

4.2.5 Conclusion sur le choix du contenant pour la classe 3

Ces matières doivent être transportées en quantités limitées dans les valeurs autorisées. Les prescriptions suivantes pourraient être apportées :

- Le meilleur niveau de sécurité est atteint, quand le contenant est métallique et équipé d'un bouchon en matière plastique : en cas d'incendie, la fonte de ce bouchon permettra d'évacuer le liquide inflammable sans former une nappe qui propagerait l'incendie au voisinage. De plus, ceci permettra d'éviter une montée en pression par l'évaporation du produit au travers de l'orifice.
- Les conséquences sont plus importantes, quand le contenant est en plastique : en cas d'incendie, il se formera une nappe qui propagera l'incendie
- Le cas le plus défavorable est celui des récipients en verre : du fait d'une montée en pression dans le récipient, celui-ci éclate : il y a des risques de projection solide et de liquide enflammé.

5. PROPOSITIONS EN MATIERE D'EVOLUTION DU REGIME D'EXEMPTION DES QUANTITES LIMITEES

Quel que soit le risque étudié (environnement, corrosion ou incendie), l'emballage en quantités limitées de matières dangereuses ne supprime pas le risque.

Le fractionnement peut limiter les conséquences d'un accident.

Cependant il n'y a pas de relation simple (par exemple de proportionnalité) entre le « niveau de fractionnement » d'un chargement de matières dangereuses et la gravité des conséquences d'un accident se produisant pour ce chargement.

Les conséquences mesurées à partir des essais étudiés restent importantes : les transports effectués sous le régime des « quantités limitées », ne peuvent être considérés comme anodins en matière de la sécurité.

Aussi, une signalisation de présence de matière dangereuse sur l'unité de transport est le minimum à prévoir afin de sensibiliser les personnes intervenant sur cette chaîne de transport, ainsi que les forces de secours en cas d'accident.

Ceci pourrait être modulé en fonction de la quantité totale du chargement.

Des prescriptions minimales devraient être étudiées pour les emballages intérieurs :

- bouchons plastiques pour les récipients métalliques contenant des liquides inflammables
- limitations plus importantes ou interdiction (dans certains cas) des récipients en verre

Les matières du groupe d'emballage I ne devraient pas être admises au régime des quantités limitées (remarque applicable uniquement aux règlements RID/ADR).

6. REFERENCES

- 1 - "Caractérisation du phénomène d'incendie dans un stockage de générateurs d'aérosols", J.Chaineaux, décembre 2000.
- 2 - Directory of fire tests involving storage flammable and combustible liquids in containers, Schirmer Engineering Corporation, 2nd edition, octobre 2000.
- 3 - "Flammable liquids in drums and smaller containers", Factory Mutual Engineering Corporation, Loss Prevention Data, 7.29, septembre 1989.
- 4 - CE (1996) Technical Guidance Document in support of commission directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances and commission regulation (EC) No 1488/94 on risk assessment for existing substances. European Commission. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1996