

RAPPORT

31/01/2008

N° 85793

Titre : EAT-DCE-16 – Aide à l'intervention des inspecteurs des installations classées dans les établissements où des atmosphères explosives peuvent se présenter

« Arrête-flammes dans les stations-service distribuant du Superéthanol »

Titre : EAT-DCE-16 – Aide à l'intervention des inspecteurs des installations classées dans les établissements où des atmosphères explosives peuvent se présenter

« Arrête-flammes dans les stations-service distribuant du Superéthanol »

- MEDAD -

Liste des personnes ayant participé à l'étude :

L. DUPONT, J. CHAINEAUX, L. PERRETTE, G. MARLAIR, X. LEFEBVRE

PREAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	S. MAUGER	J.CHAINEAUX	G. MARLAIR
Qualité	Responsable d'étude LEEADCE	Ingénieur DRA-PROC	Responsable Programmes DCEG
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE	5
2. COMPOSITION DU MELANGE « SUPERÉTHANOL »	7
3. CARACTÉRISTIQUES D'EXPLOSIVITÉ DU SUPERETHANOL	8
3.1 Essais réalisés à l'INERIS	8
3.2 Données disponibles a l'étranger	10
4. CONDITIONS D'EXPLOSIVITÉ DANS LES RÉSERVOIRS STOCKANT DU SUPERÉTHANOL	13
4.1 Conditions d'explosivité en fonction des températures	13
4.1.1 Réservoirs aériens	13
4.1.2 Réservoirs enterrés	15
4.2 Conditions d'explosivité en fonction de la configuration des installations....	16
5. PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ARRÊTE-FLAMMES.....	17
5.1 Prescriptions de la norme EN 12874.....	17
5.2 Prescriptions françaises	19
5.3 Prescriptions allemandes	20
5.4 Prescriptions suédoises	21
5.5 Prescriptions aux USA	21
6. RECOMMANDATIONS DE PROTECTION DES RÉSERVOIRS ENTERRÉES CONTRE LA PROPAGATION DE FLAMMES.....	22
6.1 Ligne de dépotage de Superéthanol	22
6.2 Ligne de récupération de vapeurs étape 1 (RV1).....	23
6.3 Ligne de distribution	24
6.4 Ligne de récupération de vapeurs étape 2 (RV2).....	24
6.5 Ligne d'évent.....	25
7. SYNTHÈSE.....	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classes de qualité saisonnières du Superéthanol en territoire national	7
Tableau 2 : Teneurs en éthanol des mélanges d'essai	9
Tableau 3 : Gammes de température d'explosivité de différents mélanges SP/ETHANOL contenus dans une chambre fermée remplie à 3 % v /v.....	9
Tableau 4 : Influence du taux de remplissage sur la TLSE	10
Tableau 5 : Valeurs de TLSE selon la qualité de carburant et le taux de remplissage (Source : PTB)	11
Tableau 6 : Comparaison des températures minimales de saison et des TLSE maximales se rapportant à la qualité saisonnière du Superéthanol	14
Tableau 7 : Comparaison des températures minimales de stockage et des TLSE maximales se rapportant à la qualité saisonnière du Superéthanol	15
Tableau 8 : IEMS des gaz d'essai selon le groupe d'explosion de l'AF.....	17
Tableau 9 : Choix du type d'AF en fonction du phénomène dangereux attendu ..	18
Tableau 10 : Choix du type d'AF en fonction des conditions de brûlage après inflammation.....	19
Tableau 11 : Distance de tuyauterie entre l'AF et l'évent	20
Tableau 12 : Recommandations allemandes en matière de protection des stockages de Superéthanol contre la propagation de flamme.....	21

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Gammes de température d'explosivité des mélanges vapeurs/air en enceinte fermée (Source : SRSA)	12
--	----

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Une charte relative au développement du Superéthanol (E85) comme carburant a été signée le 13 novembre 2006 entre l'Etat, les représentants du monde agricole, les producteurs d'éthanol, les distributeurs de carburants et les constructeurs automobiles.

Le carburant Superéthanol est autorisé en France depuis le 1^{er} janvier 2007.

Afin d'assurer le déploiement d'un réseau de distribution dense et homogène, l'Etat s'est notamment engagé à élaborer les textes permettant l'encadrement réglementaire de cette nouvelle activité de distribution au titre de la réglementation relative aux installations classées.

L'activité de distribution de Superéthanol relève de l'arrêté du 7 janvier 2003 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n°1434 de la nomenclature des installations classées : liquides inflammables (installation de remplissage ou de distribution).

L'activité de stockage de Superéthanol relève de l'arrêté du 22 juin 1998 relatif aux réservoirs enterrés de liquides inflammables et de leurs équipements annexes.

Ces textes ont dû être adaptés aux spécificités du Superéthanol.

L'arrêté du 2 mars 2007 fixe désormais les prescriptions applicables aux stations-service distribuant ce biocarburant. Le texte impose notamment la récupération des vapeurs de Superéthanol pour les installations de remplissage et de distribution dans un délai d'un an (mars 2008).

Les caractéristiques d'explosivité particulières des mélanges de supercarburant sans-plomb et de bioéthanol ont conduit le Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables (MEDAD) à prendre des dispositions supplémentaires en matière de protection contre l'explosion des stations-service.

L'arrêté du 2 mars 2007 précise en son article 6 que **« des arrête-flammes doivent être systématiquement prévus en tous points où une transmission d'explosion vers les réservoirs est possible. Tous les arrête-flammes du circuit de récupération des vapeurs pour la distribution et le stockage de Superéthanol doivent respecter la norme EN 12874 de janvier 2001 ou toute norme équivalente en vigueur dans la Communauté européenne, l'Espace économique européen et la Turquie. »**

Dans le cadre de son programme d'appui technique au MEDAD sur les questions de sécurité des équipements et des installations où des atmosphères explosives peuvent se présenter, l'INERIS s'est vu confier la mission de formuler des recommandations quant à la protection par arrête-flammes (AF) des stations-service distribuant du Superéthanol dans le but de préciser les modalités d'application de cet article 6.

Cette étude a été lancée à la suite d'une réunion regroupant les principaux acteurs concernés (MEDAD, professionnels de la production et du service des systèmes de distribution de carburants, propriétaires de stations-service du réseau « grandes et moyennes surfaces » et du réseau pétrolier).

Deux visites de stations-service ont été organisées : le 3 mai 2007 à Porte d'Orléans (Paris) et le 13 juin 2007 à Bois d'Arcy (Yvelines).

Pour mener à bien cette mission, notre démarche a consisté à :

1. Faire un état des lieux des connaissances et des pratiques en matière de sécurité explosion des stations-service distribuant du Superéthanol ;
2. Etudier expérimentalement les caractéristiques d'explosivité du Superéthanol ;
3. Evaluer les conditions d'explosivité dans les réservoirs et les canalisations ;
4. Evaluer les conditions d'inflammation et de propagation de flammes vers les réservoirs ;
5. Formuler des recommandations en matière de protection par arrête-flammes.

2. COMPOSITION DU MELANGE « SUPERETHANOL »

Le Superéthanol est « un carburant composé d'un minimum de 65 % d'éthanol d'origine agricole ou d'un minimum de 15 % de supercarburant sans plomb. »

Pour répondre aux exigences d'agrément de conduite à froid et à chaud dans les différentes conditions saisonnières et géographiques de la France, trois catégories de volatilité SEF (Super Ethanol France) ont été définies dans l'arrêté du 28 décembre 2006 relatif aux caractéristiques du Superéthanol. Les qualités correspondantes sont données dans le tableau 1.

Propriété	Unité	Catégories de volatilité		
CLASSES		HIVER (SEF1) 16 nov – 15 mars.	INTERSAISON (SEF2) 16 mars – 20 avril 1 ^{er} oct–15 nov	ETE (SEF3) 1 ^{er} mai – 30 sept
Teneur en éthanol + alcools supérieurs	% V/V, min.	65	70	75
	% V/V, max.	75	80	85
Teneur en essence sans plomb	% V/V, min.	25	20	15
	% V/V, max.	35	30	25
Pression de vapeur (PV)	kPa, min.	60	45	40
	kPa, max.	90	90	60

Tableau 1 : Classes de qualité saisonnières du Superéthanol en territoire national

3. CARACTERISTIQUES D'EXPLOSIVITE DU SUPERETHANOL

Pour savoir si une atmosphère explosive (ATEX) est susceptible de se former à l'intérieur du ciel gazeux d'un réservoir contenant du Superéthanol, il est nécessaire de connaître la température du biocarburant liquide et le domaine d'explosivité des vapeurs.

En effet, une ATEX est présente à l'intérieur du réservoir lorsque la concentration en vapeurs de Superéthanol est comprise entre la LIE (Limite Inférieure d'Explosivité) et la LSE (Limite Supérieure d'Explosivité). Comme la concentration en vapeurs varie avec la température du Superéthanol liquide, il est nécessaire de connaître les températures auxquelles doit être porté le liquide pour que les teneurs en vapeurs correspondent à la LIE et à la LSE du domaine d'explosivité. Les valeurs limites de température d'explosivité sont appelées Température de Limite Inférieure d'Explosivité (TLIE), ou encore « Point d'Explosion Inférieur », et Température de Limite Supérieure d'Explosivité (TLSE), ou encore « Point d'Explosion Supérieur ».

La TLIE du Superéthanol est généralement très basse, de l'ordre de -30°C . Les températures usuelles rencontrées à l'intérieur des réservoirs seront toujours supérieures à cette température. Une ATEX se formera donc à l'intérieur d'un réservoir si la température régnant à l'intérieur de celui-ci est inférieure à la TLSE du Superéthanol. Dans le cas des mélanges, il faut savoir que la TLSE est fonction de la composition du mélange considéré ainsi que du taux de remplissage du réservoir. Pour le Superéthanol, la TLSE sera d'autant plus haute que la teneur en éthanol sera importante et que la pression de vapeur de l'essence sans plomb sera faible (qualité été). La TLSE sera maximale lorsque le taux de remplissage du réservoir sera minimal.

3.1 ESSAIS REALISES A L'INERIS

L'INERIS a réalisé des essais visant à déterminer les limites d'explosivité des vapeurs de supercarburant SP/éthanol dans l'air.

Plusieurs mélanges ont été réalisés en laboratoire. L'essence sans plomb 95 utilisée pour la réalisation des mélanges a été prélevée dans une station-service TOTAL en date du 4 juillet 2007. Le bio-éthanol a été fourni par la société ETHANOLUNION à la date du 15 mai 2007.

Un échantillon de Superéthanol a par ailleurs été prélevé le 5 avril 2007 à la station-service du centre E. Leclerc d'Harly, près de Saint Quentin.

Il faut noter qu'en application de la directive 98/70 CE sur la qualité de l'essence et des carburants diesel, l'essence sans plomb 95 peut contenir jusqu'à 5% d'éthanol. Les teneurs en éthanol des mélanges étudiés ont donc été mesurées.

Les résultats sont reportés dans le tableau 2.

Quantité d'éthanol utilisé pour la réalisation des mélanges d'essai (% v/v)	Teneur réelle en éthanol dans les mélanges d'essai (% v/v)	Mélange équivalent
65 %	70,7 %	E70
70 %	74,6 %	E75
75 %	79,5 %	E80
80 %	83,4 %	E85
85 %	90,1 %	E90

Tableau 2 : Teneurs en éthanol des mélanges d'essai

Au vu des résultats, le super sans plomb 95 utilisé contenait environ 5 % d'éthanol.

L'échantillon de Superéthanol prélevé à la pompe présentait une teneur en éthanol d'environ 68 % v /v.

Les essais de détermination des TLIE et TLSE ont été réalisés dans une chambre cylindrique de 1 L en acier inoxydable. L'inflammation est provoquée par la sublimation d'un fil en alumel sous l'effet de son chauffage par un courant électrique. L'énergie dégagée est de l'ordre de 20 J.

Les valeurs des TLIE et TLSE sont reportées dans le tableau 3.

Mélange équivalent	TLIE (°C) à 3 %	TLSE (°C) à 3 %
E90	-32	11
E85	- 30	4
E80	-31	1
E75	-	0,5
E70	-	-0.5

Tableau 3 : Gammes de température d'explosivité de différents mélanges SP/ETHANOL contenus dans une chambre fermée remplie à 3 % v /v

Les TLIE des mélanges E75 et E70 n'ont pas été déterminées. Il est cependant vraisemblable qu'elles correspondent à celle des autres mélanges. En effet, à très basse température, la tension de vapeur de l'éthanol est quasi nulle. En conséquence, il n'y a pratiquement que des vapeurs d'essence dans le ciel de la chambre d'essai.

La TLIE du Superéthanol prélevé à la pompe Leclerc (68 % v /v d'éthanol) est plus basse que celle des autres mélanges et la TLSE est de $- 3^{\circ}\text{C}$. Une différence de composition de l'essence pourrait expliquer les différences constatées avec les mélanges équivalents.

Des essais ont également été réalisés en vue d'évaluer l'influence du taux de remplissage de la chambre cylindrique. Le mélange utilisé pour ces essais contenait 85 % v/v d'éthanol et 15 % d'essence sans plomb qualité « ETE ». Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

Taux de remplissage (%)	TLSE ($^{\circ}\text{C}$)
1	16,5
3	4
10	2,5
20	- 2

Tableau 4 : Influence du taux de remplissage sur la TLSE

3.2 DONNEES DISPONIBLES A L'ETRANGER

Les principales sources d'information disponibles quant aux caractéristiques d'explosivité du Superéthanol sont celles issues des travaux du PTB en Allemagne et du SP Technical Research Institute en Suède.

Les résultats du PTB ont été publiés dans un article « Safety Characteristics of Ethanol/Automotive Petrole Mixtures » paru dans le magazine OIL GAZ European Magazine 4/2006. Des carburants sans plomb ROZ 95 disponibles dans le commerce ont été utilisés pour cette étude. Les pressions de vapeurs REID étaient comprises entre 580 et 595 mbar pour le SP95 qualité « été » et entre 870 et 900 mbar pour le SP95 qualité « hiver ».

Les résultats de mesure de TLSE pour différentes qualités et différents taux de remplissage sont présentés dans le tableau 5.

Type de carburant	TLSE à 1 %	TLSE à 3 %	TLSE à 10 %	TLSE à 20 %
E85 été	18°C ¹	8.5	4,5	3.5
E85 hiver	17°C	2	-6	NC
E75 été	7C°	-1	-2	-3.5
E70 hiver	-3°C	-	-	-
E65 hiver	-5.5°C	- 11.5	-15.5	-17
E60 été	-4.5°C	-8	-9	-9.5

Tableau 5 : Valeurs de TLSE selon la qualité de carburant et le taux de remplissage (Source : PTB)

Les résultats du SP Technical Research Institute sont disponibles mais ne sont pas encore publiés officiellement. L'autorité suédoise SRSA (Swedish Rescue Services Agency) s'est appuyée sur ces résultats pour définir les gammes de température d'explosivité se rapportant aux deux qualités nationales du Superéthanol « E85 été » et « E85 hiver » (cf. figure 1). Ces gammes ont été établies sur la base d'un taux de remplissage de 25 % et de teneurs respectives en éthanol voisines de 85 % et de 80 % v/v pour les qualités « E85 été » et « E85 hiver ». Des marges de sécurité ont été retenues.

¹ A titre d'exemple, il faut que le carburant soit à une température supérieure à 18°C pour sortir du domaine d'explosivité de la vapeur combustible.

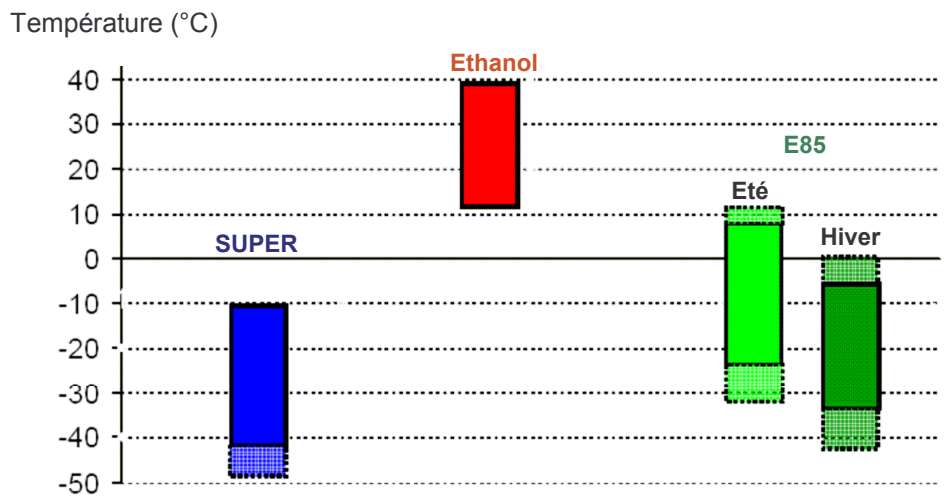


Figure 1 : Gammes de température d'explosivité des mélanges vapeurs/air en enceinte fermée (Source : SRSA)

La comparaison des résultats allemands et suédois montrent des écarts de TLSE plus ou moins significatifs pour une qualité supposée équivalente de Superéthanol dans des conditions d'essai a priori similaires. En réalité, les qualités des échantillons et les méthodes d'essai peuvent varier et les résultats peuvent en être affectés. En tout état de cause, il faut retenir de ces données de laboratoire que les vapeurs de Superéthanol sont explosives à des températures plus élevées que celles de carburants conventionnels et que le taux de remplissage est un paramètre influant sur les valeurs de TLSE.

4. CONDITIONS D'EXPLOSIVITE DANS LES RESERVOIRS STOCKANT DU SUPERETHANOL

4.1 CONDITIONS D'EXPLOSIVITE EN FONCTION DES TEMPERATURES

Afin d'évaluer le risque d'apparition d'une atmosphère explosive dans les réservoirs de stockage enterrés et aériens, il est intéressant d'effectuer une comparaison saisonnière des TLSE maximales du Superéthanol avec les températures minimales du carburant stocké. Les ciels gazeux des réservoirs peuvent en effet devenir explosifs dès lors que la température du carburant stocké est inférieure à sa TLSE.

Les mélanges déterminant les valeurs de TLSE retenues sont ceux dont la teneur en éthanol est la plus importante pour la catégorie de volatilité SEF considérée et pour un taux de remplissage de réservoir faible (3 %).

4.1.1 RESERVOIRS AERIENS

Dans le cas des réservoirs aériens (camions-citerne et réservoirs de véhicules), la température des carburants stockés est dépendante des conditions de température ambiante. La confrontation des données météorologiques à l'échelle du territoire national et des spécifications des carburants indiquent si les conditions d'explosivité dans les réservoirs peuvent être occasionnellement réunies.

Les températures minimales sur le territoire national ont été étudiées à partir des données météorologiques de METEO France disponibles ces 7 dernières années. Ces températures étant fonction de la zone géographique et de la plage saisonnière, nous avons choisi arbitrairement une valeur minimale de référence supposée représentative de l'ensemble du territoire et de chaque SEF.

La lecture du tableau 6 montre que les mélanges de vapeurs de Superéthanol et d'air dans les réservoirs sont susceptibles d'être assez fréquemment explosifs pendant la saison HIVER (Température du liquide < TLSE). Il faut noter que les températures minimales de référence ne traduisent pas les extrêmes pouvant être atteints dans certaines zones géographiques et que les taux de remplissage des réservoirs peuvent être inférieurs à 3 %. Pour ces raisons, l'apparition d'une atmosphère explosive est également possible pendant les INTERSAISONS et la saison ETE.

Saison	Température minimale de référence	<u>TLSE à 3 %</u>		
		SEF1 (HIVER) E75	SEF2 (INTERSAISONS) E80	SEF3 (ETE) E85
HIVER	- 2	0,5 °C	-	-
PRINTEMPS	6	-	1°C	-
AUTOMNE	8	-		-
ETE	12	-	-	4 °C

Tableau 6 : Comparaison des températures minimales de saison et des TLSE maximales se rapportant à la qualité saisonnière du Superéthanol

4.1.2 RESERVOIRS ENTERRES

Dans le cas des réservoirs enterrés, la plage normale de variation saisonnière de la température des carburants est normalement comprise entre 8 et 12°C. Plus exceptionnellement, la plage de variation peut être comprise entre 4 et 16°C. La température minimale de référence a été fixée arbitrairement à 4°C pour la saison « HIVER », à 8°C pour les « INTERSAISONS » et à 10°C pour la saison « ETE ». La comparaison de ces températures avec les TLSE correspondantes tend à montrer que les conditions d'explosivité ne seraient généralement pas réunies dans les réservoirs enterrés (cf. tableau 7). Néanmoins, il faut noter que les taux de remplissage des réservoirs enterrés peuvent aussi être inférieurs à 3 %. Si on prend le cas d'un superéthanol de qualité ETE et d'un taux de remplissage de 1 %, la température minimale de référence, soit 10°C, serait alors inférieure à la TLSE, soit 16,5 °C. On remarquera par ailleurs que les écarts entre les TLSE déterminées en laboratoire et les températures minimales retenues sont, somme toute, assez faibles.

Il en résulte que les conditions d'explosivité dans les réservoirs enterrés peuvent être réunies occasionnellement mais, certes, moins fréquemment que dans les réservoirs aériens.

	<u>TLSE à 3 %</u>		
Température minimale de référence	SEF1 (HIVER) E75	SEF2 (INTERSAISONS) E80	SEF3 (ETE) E85
ETE 10°C	-	-	4 °C
INTERSAISON 8°C	-	1°C	--
HIVER 4°C	0,5 °C	-	-

Tableau 7 : Comparaison des températures minimales de stockage et des TLSE maximales se rapportant à la qualité saisonnière du Superéthanol

4.2 CONDITIONS D'EXPLOSIVITE EN FONCTION DE LA CONFIGURATION DES INSTALLATIONS

Les réservoirs de Superéthanol sont généralement d'anciens réservoirs de supercarburants SP réaffectés après dégazage et nettoyage. Les événements sont collectés et mettent en communication tous les ciels des réservoirs de la station-service (à l'exception en principe des réservoirs de gazole).

Les opérations de soutirage de carburant ou de remplissage des réservoirs, de même que les phénomènes de rééquilibrage de pression provoquent des échanges entre les ciels des réservoirs qui sont reliés entre eux par le système d'évent.

Les scénarios conduisant à un risque plus important d'apparition d'une ATEX sont ceux pour lesquels les vapeurs de Superéthanol sont susceptibles de migrer vers les réservoirs d'essence sans plomb. Ces scénarios sont attendus lors d'un dépotage sur un réservoir de Superéthanol mais également lors d'un ravitaillement en essence sans plomb d'un véhicule « flexfuel » préalablement rempli de Superéthanol.

Dans le cas d'un dépotage de Superéthanol, la soupape pression/dépression étant tarée à 30 mbar, les réservoirs d'essence sans plomb pourraient contenir jusqu'à 3 % maximum de vapeurs de Superéthanol.

Dans le cas d'un ravitaillement en essence sans plomb, un volume < à 0,1 m³ de vapeurs de Superéthanol peut retourner vers le réservoir soutiré, soit une quantité transférée < à 3 %.

En conséquence, nous considérons que ces échanges restent limités et ne permettent pas un transfert significatif susceptible de remettre en cause le caractère non explosif des réservoirs de supercarburant SP. La composition des ciels gazeux est donc essentiellement gouvernée par la composition et la température du carburant liquide stocké.

5. PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX ARRETE-FLAMMES

5.1 PRESCRIPTIONS DE LA NORME EN 12874

La norme EN 12874 détaille les exigences de performance et les limites d'utilisation des arrête-flammes (AF).

Les AF doivent être choisis en fonction :

- de l'Interstice Expérimental Maximal de Sécurité (IEMS) du produit inflammable ;
- du régime de combustion (déflagration ou détonation) ;
- des possibilités de brûlage après inflammation.

Les applications sont limitées aux produits ayant un IEMS supérieur ou égal à celui soumis à l'essai. Les AF sont classés par groupe d'explosion en fonction des IEMS des mélanges d'essai (cf. tableau 8).

Groupe d'explosion	IEMS
IIA	> 0,9 mm
IIB1	≥ à 0,85 mm
IIB2	≥ à 0,75 mm
IIB3	≥ à 0,65 mm
IIB	≥ à 0,50 mm
IIC	< à 0,50 mm

Tableau 8 : IEMS des gaz d'essai selon le groupe d'explosion de l'AF

L'éthanol appartient au groupe de subdivision IIB1 (IEMS de 0,9 mm) tandis que le Superéthanol appartient au groupe de subdivision IIA (IEMS de 0,92 mm).

On distingue les AF anti-déflagration et les AF anti-détonation.

Tous les AF sont soumis à des essais de type pour vérifier la non-transmission de la flamme. Le choix du type d'AF anti-déflagration ou anti-détonation dépend :

- du lieu d'implantation (plus la distance entre l'arrête-flammes et le point d'inflammation est grande et plus la flamme qui se propage en consommant les gaz frais pourra accélérer jusqu'à éventuellement atteindre un régime de détonation en amont de l'arrête-flammes),
- et des équipements à protéger.

Dans le cas des stations-service, les phénomènes dangereux attendus sont rapportés dans le tableau 9 ainsi que les exigences correspondantes.

Phénomène dangereux	Exigence
Propagation d'une flamme de l'extérieur vers l'intérieur d'un réservoir	AF anti-déflagration bout de ligne
Déflagration se propageant dans une tuyauterie avec rapport $L/D \leq 50$ (groupe IIA/IIB) ²	AF anti-déflagration en ligne
Détonation stable se propageant dans une tuyauterie avec $L/D > 50$ (groupe IIA/IIB)	AF anti-détonation en ligne

Tableau 9 : Choix du type d'AF en fonction du phénomène dangereux attendu

Le choix d'AF anti-déflagration en ligne doit être limité aux conditions suivantes :

- au moins 10 % de la section de la canalisation doivent être ouverts à l'endroit où la source d'inflammation est susceptible d'être présente ;
- le rapport L/D de la tuyauterie (entre la source d'inflammation et l'AF) ne doit pas dépasser le rapport L/D prescrit par le fabricant ;
- les branchements de canalisation et robinets du côté non protégé doivent être installés le plus près possible de l'AF ;
- la canalisation du côté non protégé ne doit pas être d'un diamètre supérieur au raccordement de l'AF. La canalisation du côté protégé ne doit pas être d'un diamètre inférieur à celui de la canalisation côté non protégé.

La température de service et la pression de service doivent être limitées comme suit :

- essai aux conditions atmosphériques : -20°C à +60°C et 0,8 bar à 1,1 bar
- essai à une température et à une pression élevées : température/pression de service < température/pression prescrites par le fabricant.

² Il s'agit du rapport de la longueur de la canalisation sur son diamètre. La longueur correspond à celle qui sépare le point d'inflammation et la point d'implantation de l'AF.

En cas de brûlage stabilisé après inflammation, des phénomènes dangereux supplémentaires peuvent exister dans les applications où il y a un débit continu de l'ATEX dans la canalisation à protéger. Les exigences correspondantes sont rapportées dans le tableau 10.

Phénomène dangereux	Exigence
Brûlage stabilisé après inflammation avec débit stoppé dans un délai de 1 min	AF brûlage courte durée
Brûlage stabilisé après inflammation ne pouvant être stoppé	AF brûlage continu

Tableau 10 : Choix du type d'AF en fonction des conditions de brûlage après inflammation

Il faut noter que les essais de brûlage stabilisé sont facultatifs pour les AF statiques. Pour le brûlage d'alcools, des essais spécifiques doivent être réalisés.

Des AF anti-détonation à produit liquide peuvent être utilisés indistinctement en ligne ou en bout de ligne. Ils doivent, pour être qualifiés, être soumis à des essais anti-détonation stable (instable si nécessaire). Ils conviennent pour les situations de déflagration.

Leur utilisation doit être limitée à la plage des conditions atmosphériques.

5.2 PRESCRIPTIONS FRANÇAISES

La réglementation française relative à la réduction des émissions de COV impose le recours aux AF dans les systèmes de récupération de vapeurs équipant les pistolets de distribution (RV2).

Les arrêtés du 17 mai 2001 relatifs à la réduction des émissions de COV liées au ravitaillement en essence des véhicules à moteur dans les stations-service d'un débit d'essence compris entre 500 et 3000 m³/an ou > à 3000 m³/an stipulent en leur article 5 que « *Le système de RV nécessite la mise en place de dispositifs anti-retour de flamme de part et d'autre de tout élément susceptible de générer une ignition du mélange gazeux. Les dispositifs arrête-flammes (aussi appelés anti-retour de flamme) doivent être conformes à la norme NF EN 12874, ou aux normes ou spécifications techniques ou aux procédés de fabrication prévus dans les réglementations d'un état membre de l'UE ou d'un autre Etat partie à l'accord instituant l'EEE, assurant un niveau de sécurité équivalent.*

Le système de dépression, la connexion entre la sortie des vapeurs et le raccordement de l'équipement à la canalisation de retour des vapeurs d'essence vers le réservoir, notamment, sont considérés comme des éléments susceptibles de générer une ignition du mélange gazeux.

Un organe de coupure doit être mis en place entre le distributeur d'essence et la canalisation de retour des vapeurs d'essence en vue de permettre que les opérations de maintenance sur le système de RV se déroulent dans des conditions de sécurité. »

5.3 PRESCRIPTIONS ALLEMANDES

Les règles techniques allemandes en matière de conception et de réalisation des stations-service distribuant des liquides inflammables sont les TRbF 20.

Le paragraphe 9.2.3 précise que les ouvertures débouchant à l'air libre des réservoirs dont les dégagements qui ne peuvent être arrêtés rapidement doivent être protégés par des AF anti-brûlage continu. Une alternative à cette solution consisterait à placer un AF en ligne à une certaine distance de l'extrémité de l'orifice de dégagement. Cette distance est établie en fonction du diamètre nominal de la canalisation (voir tableau 11).

Diamètre de canalisation (mm)	Longueur maximale de tuyauterie entre l'AF et l'évent (m)
15	0,5
20	1
25	1,5
32	2
40	3
50	4
65	6
80	8
100 à 200	10

Tableau 11 : Distance de tuyauterie entre l'AF et l'évent

Pour les réservoirs, les règles techniques sont définies dans les TRbF 40. Selon le paragraphe 5.2, les AF ne sont pas requis si les conditions suivantes sont réunies :

- La TLSE est $< -4^{\circ}\text{C}$
- les réservoirs sont résistants à la pression d'explosion

Le Superéthanol ayant une TLSE supérieure à -4°C , des AF doivent être installés pour protéger les canalisations et les réservoirs.

Pour les lignes de dépotage, les AF ne sont pas requis si l'extrémité de la ligne de dépotage débouche à une profondeur de plus de 20 mm de celle de la ligne de distribution. Par ailleurs, cette disposition ne vaut que si cette même ligne ne comporte aucun orifice de communication avec le ciel gazeux du réservoir.

Concernant le Superéthanol, le PTB a par ailleurs formulé des recommandations sur la base des résultats de leur étude de détermination des TLSE (cf. § 2.1). Ces recommandations peuvent être résumées dans le tableau 12.

Composition du mélange	Prescriptions d'AF pour les stockages
< E60	Aucune
E60 à E90	IIA + brûlage continu pour l'éthanol
> E90	IIB1 (IEMS > 0,9 mm) + brûlage continu pour l'éthanol

Tableau 12 : Recommandations allemandes en matière de protection des stockages de Superéthanol contre la propagation de flamme

5.4 PRESCRIPTIONS SUEDOISES

En Suède, le Superéthanol comme les supercarburants est encadré par les réglementations SAIFS 1997:9 et SRVFS 2004:7. Le paragraphe 4.2.6 de la réglementation SAIFS 1997:9 impose une protection par AF des réservoirs pour les nouvelles installations. Dans le cadre de la réglementation européenne ATEX, le SRSA recommande une protection systématique par AF du groupe IIA ou IIB1. Il recommande également une protection durant le remplissage des réservoirs afin de prévenir la propagation d'une flamme vers les réservoirs. Cette protection peut être assurée soit, par un arrête flammes soit, par une vanne de sécurité interdisant le raccordement du flexible de dépotage lorsqu'elle est en position ouverte.

5.5 PRESCRIPTIONS AUX USA

Selon le Département de l'Energie US, les normes de sécurité pour la distribution de l'E85 sont les mêmes que celles applicables pour la distribution de carburants classiques.

Les règles de sécurité relatives à la distribution de Superéthanol sont définies dans les codes NFPA 30 (stockage, transport, utilisation des liquides inflammables) et 30A (installations de distribution de carburants moteur).

Dans le code NFPA 30, le paragraphe 7.10 relatif aux systèmes de traitement et de récupération de vapeurs précise en 7.10.7.6 (« Propagation de flammes ») qu'aux emplacements présentant un risque d'inflammation significatif, des moyens doivent être mis en œuvre pour stopper la propagation d'une flamme au travers du réseau de collecte de vapeurs. Ces moyens doivent être adaptés aux conditions auxquelles ils seront exposés.

Dans le code NFPA 30A, les paragraphes 6.8 et 10.2 concernant la récupération de vapeurs ne prévoient aucune disposition supplémentaire telle qu'une protection par AF.

6. RECOMMANDATIONS DE PROTECTION DES RESERVOIRS ENTERREES CONTRE LA PROPAGATION DE FLAMMES

Les lignes dans lesquelles une flamme est susceptible de se propager jusqu'aux cuves enterrées de Superéthanol sont les suivantes :

- Lignes de dépotage des carburants
- Ligne de récupération de vapeurs à la livraison (RV1)
- Lignes de récupération de vapeurs aux pistolets de distribution (RV2)
- Lignes de distribution des carburants aux véhicules
- Events et clapets pression/dépression associés

Un dégagement de vapeurs est possible aux extrémités de ces lignes dans des conditions normales ou anormales de fonctionnement.

Les principales sources d'inflammation possibles sont les suivantes :

- Une décharge d'électricité statique
- Des flammes ou gaz chauds
- Une étincelle électrique ou mécanique

Les situations pouvant conduire à l'apparition de ces sources sont multiples. Le retour d'expérience officiellement disponible (base de données ARIA du BARPI – juillet 2007) en témoigne.

6.1 LIGNE DE DEPOTAGE DE SUPERETHANOL

La canalisation de dépotage de Superéthanol est supposée être dédiée et plonger en fond de réservoir en application de l'arrêté du 22 juin 1998 pour les liquides de catégorie B. Elle doit être normalement fermée à son extrémité aérienne par un obturateur étanche. Hors phase de livraison, l'extrémité de la ligne n'est pas accessible parce que située dans une fosse maçonnée dont les trappes d'accès sont cadenassées. L'ouverture de la ligne est nécessaire pour le dépotage. L'atmosphère interne de la canalisation avant et après dépotage est celle du réservoir.

Afin de s'opposer à la propagation de flamme vers les réservoirs par l'intermédiaire de la tuyauterie de remplissage, nous recommandons de garantir la présence d'une garde hydraulique maintenant l'extrémité du tube plongeur immergée. En l'état et à défaut de données propres sur ce sujet, l'INERIS suggère l'application des prescriptions allemandes (cf. 5.3). Dans le cas contraire, une protection par AF est recommandée.

La présence d'un limiteur de remplissage ou d'un trou casse-vidé sur le tube plongeur peut également permettre le passage de la flamme. Les limiteurs de remplissage doivent désormais respecter les dispositions de la norme EN 13616, laquelle impose notamment la réduction de la mise à l'atmosphère de COV par la tuyauterie de remplissage. Afin de satisfaire à cette dernière exigence, les nouveaux limiteurs sont pourvus d'une soupape s'ouvrant lorsque le limiteur est fermé. Cette soupape permet d'assurer la décompression de la ligne tout en garantissant l'absence de remontées de vapeurs par la tuyauterie de remplissage. Dans ces conditions, le tube plongeur n'a pas besoin d'être percé d'un trou casse-vidé. Aucune communication du volume interne de la tuyauterie avec le ciel gazeux du réservoir n'est donc possible. Néanmoins, il faut noter que la propriété d'arrête-flammes du limiteur n'est pas reconnue puisqu'il n'est pas testé dans ces conditions. Le limiteur est susceptible de transmettre la flamme au travers des jeux suivants :

- soupape de décompression ;
- traversée de la tige de commande du clapet ;
- tige filetée pour la fixation du flotteur.

En l'état, il reste difficile de conclure a priori sur le caractère « arrête-flammes » des limiteurs. Pour valider ce caractère, nous recommandons que des essais spécifiques de « Non Transmission de flammes » soient réalisés. En alternative, une vanne de sécurité à verrouillage mécanique pourrait être utilisée. Cette vanne doit interdire la connexion ou la déconnexion du flexible de dépotage lorsqu'elle est en position ouverte. En l'absence de flexible, elle doit être verrouillée en position fermée.

6.2 LIGNE DE RECUPERATION DE VAPEURS ETAPE 1 (RV1)

Les vapeurs retournent vers la cuve du camion-citerne de livraison par l'intermédiaire d'une canalisation dédiée. Cette canalisation débouche dans le même emplacement maçonné que celui des lignes de dépotage. Elle est équipée à son extrémité d'un coupleur étanche permettant le branchement des flexibles destinés à être raccordés au camion. En fonctionnement normal et hors livraison, la présence du coupleur s'oppose au dégagement de vapeur à l'air libre.

Lors de la livraison, le mode opératoire prévoit que le flexible de branchement soit tout d'abord raccordé au camion puis à la canalisation de retour vapeur des réservoirs. En cas de non respect de ce mode opératoire, un dégagement est susceptible de se produire quant bien même l'équilibre des pressions entre l'intérieur de la cuve et l'extérieur limite ce dégagement. Il faut noter qu'en pratique, les chauffeurs peuvent omettre de brancher les flexibles et bloquer volontairement les coupleurs en position ouverte. Ces situations de fonctionnement sont anormales mais elles peuvent néanmoins survenir.

Les sources d'inflammation qui peuvent être présentes dans les conditions de dysfonctionnement prévisibles, à l'intérieur des périmètres de dégagement à l'air libre sont identiques à celles recensées pour les lignes de dépotage.

Une flamme pourrait donc se propager dans la canalisation de retour vapeurs jusqu'au réservoir. En conséquence, nous recommandons donc une protection par AF en ligne de type anti-déflagration. Cet AF devra être installé de préférence au plus près du point de raccordement « camion ». En cas d'impossibilité, l'AF pourra être installé sur le collecteur de retour vapeurs en partie aérienne. Dans ce dernier cas et à défaut de résultats d'essai, nous ne pouvons pas préconiser le type d'AF à utiliser si le L/D est supérieur à 50. En tout état de cause, la norme EN 12874 précise que le choix d'un AF doit se faire dans le respect des prescriptions du fabricant.

6.3 LIGNE DE DISTRIBUTION

La ligne de distribution d'E85 est normalement maintenue en charge. Des désamorçages de la pompe de distribution sont néanmoins possibles pendant le fonctionnement de l'installation. Si la ligne n'est pas en charge pour des raisons de maintenance, les mesures de protection mises en œuvre pendant cette phase doivent permettre de la protéger. En cas de désamorçage intempestif, la ligne ne fonctionnera hors charge que pendant une courte durée. La présence concomitante d'une source d'inflammation est alors peu probable. **En conséquence, nous ne considérons pas comme nécessaire l'installation d'un AF sur cette ligne.**

6.4 LIGNE DE RECUPERATION DE VAPEURS ETAPE 2 (RV2)

Les vapeurs émises lors de la distribution retournent vers les réservoirs enterrés par l'intermédiaire d'un système de récupération intégré à l'appareil de distribution. La ligne de retour vapeurs de l'appareil de distribution communique avec le ciel gazeux des réservoirs automobiles. Le GESIP aurait évalué à moins d'un litre le volume d'ATEX au voisinage d'un pistolet de distribution équipé d'une RV2.

Il est possible qu'une ATEX se forme en fonctionnement normal dans le système de récupération.

Les prescriptions réglementaires françaises relatives à la récupération des COV imposent l'utilisation d'un AF ainsi que la présence d'une vanne d'isolement pour les opérations de maintenance.

Attendu que la dépose complète d'un appareil de distribution n'est pas fréquente, seules les situations d'exploitation courantes (utilisation et maintenance) sont prises en compte pour l'analyse des sources d'inflammation. Par conséquent, l'AF peut être installé sur une ligne de récupération de vapeurs solidaire de l'appareil de distribution. Idéalement, l'AF doit être installé sur la ligne fixe de l'installation.

Au vu des longueurs et des diamètres de canalisation mis en jeu, un AF en ligne anti-déflagration est suffisant.

6.5 LIGNE D'EVENT

Les événements sont collectés et débouchent à l'atmosphère à une hauteur minimale de 4 m en vertu de l'arrêté du 22 juin 1998.

Les orifices de dégagement à l'atmosphère sont pourvus d'une soupape pression/dépression. Des dégagements sont possibles occasionnellement en cas de surpression normale dans les réservoirs. En effet, selon le rapport de synthèse de l'action de contrôle par sondage de stations-service (2004) du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, en collaboration avec les Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE), du point de vue de la récupération de vapeurs, la mise en surpression des cuves lors de la distribution provoque des émissions de vapeurs aux orifices non étanches, des puits de jauges et des espaces confinés.

La foudre constitue la source d'inflammation la plus probable de l'ATEX formée au débouché des soupapes durant le fonctionnement des stations-service. Ce risque justifie souvent les prescriptions d'AF sur les événements des réservoirs. Néanmoins, les événements sont généralement protégés de la foudre par les structures environnantes (auvents notamment) et le retour d'expériences ne témoigne d'aucun scénario d'explosion dans les stations-service mettant en cause cette source d'inflammation. Il faut noter par ailleurs que l'efficacité des AF n'est pas démontrée dans de telles conditions d'inflammation.

En définitive, nous ne considérons pas comme indispensable l'installation d'AF sur les événements.

7. SYNTHÈSE

La formation d'une ATEX dans les réservoirs contenant du Superéthanol est plus probable que dans les réservoirs contenant des carburants sans plomb ordinaires. Il est admis, d'une manière générale :

- que les vapeurs de Superéthanol sont inflammables jusqu'à des températures plus élevées que celles de carburants conventionnels,
- et que le domaine d'explosivité de ces vapeurs est plus étendu.

La fréquence réelle de présence d'ATEX dans les réservoirs dépendra de nombreux facteurs d'influence :

- la composition du carburant ;
- le type de réservoirs (aériens ou enterrés)
- le taux de remplissage des réservoirs ;
- le secteur géographique ;
- l'année ;
- la période de l'année ;
- la consommation de carburants (laquelle commande la livraison) ;

L'état de remplissage des réservoirs est un paramètre déterminant de la sécurité puisqu'en dépendent fortement les valeurs de TLSE et donc les conditions d'explosivité. Le maintien d'un taux de remplissage minimal le plus élevé possible doit constituer la première des mesures de protection contre le risque d'explosion dans les stations-service distribuant du Superéthanol. Idéalement, il conviendrait de maintenir un taux de remplissage des réservoirs supérieur à 10 % afin de s'écarter au maximum de ces conditions. En pratique, la garantie de niveau est nécessaire mais difficile et insuffisante, c'est pourquoi les réservoirs doivent être protégés contre la propagation de flammes susceptibles de prendre naissance aux extrémités des lignes vapeurs débouchant en partie aérienne, à savoir :

- la ligne de dépotage ;
- la ligne de récupération de vapeurs RV1 ;
- la ligne de récupération de vapeurs RV2.

Pour protéger la ligne de dépotage, nous recommandons de garantir la présence d'une garde hydraulique susceptible de s'opposer au passage de flamme. L'extrémité de la ligne devra déboucher à une profondeur de plus de 20 mm de celle de la ligne de distribution. De plus, les limiteurs de remplissage ne devront pas permettre la propagation de flamme vers le ciel du réservoir au travers de leurs interstices de construction. A défaut du respect de ces conditions, une protection par AF (groupe IIA) est recommandée. En alternative, une vanne de sécurité à verrouillage mécanique montée sur la tuyauterie de dépotage pourrait être utilisée. Cette vanne devra être bloquée en position fermée en l'absence de flexible et devra interdire la connexion ou la déconnexion en position ouverte.

Pour protéger la ligne de récupération de vapeurs RV1, nous recommandons d'installer en ligne un AF du groupe IIA de type « antidéflagration », de préférence au plus près du point de raccordement « camion ». En cas d'impossibilité, l'AF pourrait être installé sur le collecteur de retour vapeurs en partie aérienne. Les modalités de choix et de mise en place devront être étudiées avec le fournisseur de l'AF dans le respect des limites d'utilisation fixées par la norme EN 12874.

Enfin, pour protéger la ligne de récupération de vapeurs RV2, nous recommandons d'installer en ligne un AF du groupe IIA de type « antidéflagration ».