DIRECTION PRODUCTION INGÉNIERIE

CENTRE D'INGÉNIERIE THERMIQUE

Date : (date d'approbation)

Département : EME - Exploitation Maintenance et Environnement
Mission ou Groupe : Environnement

Rédacteur : NEODYME (J. DEQUIPPE)

Nbre de pages : 32
Nbre d'annexes : 3

Titre : Etude comparative entre le FO2 et le FOD, d'un point de vue risques industriels, dans le cadre de la construction de la nouvelle centrale thermique à Lucciana (Haute Corse)

Identifiant projet : TCSE0805

Référence :

Filière	Site	Tranche	Zone/Syst.	Emetteur	Type Domaine	N° Ordre
D	HC	0	000	PPPP	NE	E 0555

Ind : C

Classement : 6.11.0

Statut : FUS

Type de document : Note d'étude

Résumé : Cette note présente une étude comparative entre le FO2 (TTBTS) et le FOD, d'un point de vue risques industriels, dans le cadre de la construction de la nouvelle centrale thermique à Lucciana (Haute Corse)

Documents associés : Etude de dangers pour le projet d'une nouvelle centrale thermique diesel à Lucciana (Haute-Corse) ➔ réf. DHC0000PPPPNEE0107 ind.C – Mai 2010

Indice	Rédacteur		Vérificateur		Approbateur	
	Nom/Visa	*Date*	*Nom/Visa*	*Date*	*Nom/Visa*	*Date*
Indice en cours	NEODYME (J. DEQUIPPE) p.o. A. MARQUIS 03/10/11		M. MAZALAIGUE	03/10/11	S. NOTE	04.10.11
Indice précédent	NEODYME (J. DEQUIPPE)	25/07/11	M. MAZALAIGUE	25/07/11	S. NOTE	26/07/11

Vérification indépendante OUI ☐ NON ■
Auprès de :

Prédiffusion formalisée OUI ☐ NON ■
Auprès de :

☐ Confidentiel : L'initiateur établit une liste nominative des destinataires. Chacun d'eux reçoit un exemplaire numéroté et ne peut étendre la diffusion sans l'accord de l'initiateur

☐ Dif. Restreinte : L'initiateur établit une liste explicite des destinataires. Chacun d'eux peut étendre la diffusion sous sa responsabilité et dans sa Direction (sur la base d'une liste explicite).

☐ Accès E.D.F. : Ne peut être transmis à l'extérieur d'EDF que par un chef de Département

☐ Accès libre : Document public

© EDF 2011

Protection patrimoine : Sous famille :

BORDEREAU DE DIFFUSION

Indiquer le nombre de documents diffusés

CIT/DIR				CIT/FOE		CIT/OPR		CIT/EPM		CIT/EGI		CIT/TVX		CIT/EME	
DR :		DT :		FEM :		OEM :		PEM :		IEM :		TEM :		MEM :	
DR1 :		COM :		FCS :		OCP :		PIU :		IRT :		TPM :		MPA :	
DR2 :		GVA :		FOF :		OMM :		PFS :		IIN :		TES :		MEN :	1
DR3 :		MQE :		FER :		OCO :		PCC :		IME :		TEC :		MPE :	
CG :		MSC :				ODD :		PEC :		IEI :				MME :	
DRH :		MGC :				OPC :		PMT :		IGC :					
AT1 :		MSI :						PES :		IBE :					
AT2 :		DCC :													
		PRI :													

DIFFUSION COMPLEMENTAIRE EDF

PEI : A. DELORME, J.M. CHABERT	4	EGI : A. KRINGS	1
		EME : L. VIORA, C. CAVAGNAC, N. LE-ROUX, M. MAZALAIGUE, L. GHADDAR, C. SILVESTRE	7
		EPM : S. NOTE	1
		OPR : L. BOUILLERE	1

DIFFUSION HORS EDF

Nombre total de documents	Contenu et commentaires
14	

Indice	Motif d'évolution et modifications apportées
C	**Mise à jour suite aux remarques de la DREAL Corse**
B	**Mise à jour suite aux modifications envisagées du parc à fioul pour passage au gaz/FOD : suppression des bâches de FOD de 1630m^3 et 540 m^3**
A	**Sans objet**

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION 5

2. DANGERS LIES AUX FIOULS 5

2.1 DANGERS LIES AU FIOUL LOURD (FO2) (CF. FDS EN ANNEXE 1) 5
2.2 DANGERS LIES AU FIOUL DOMESTIQUE (FOD) (CF. FDS EN ANNEXE 2) 6
2.3 SYNTHESE DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS 9

3. PRESENTATION DU PARC A FIOUL 10

4. IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES PHENOMENES DANGEREUX ENVISAGEABLES SUR LE PARC A FIOUL EN FONCTION DU COMBUSTIBLE (FO2/FOD) 12

4.1 IDENTIFICATION DES PHENOMENES DANGEREUX ENVISAGEABLES SUR LE PARC A FIOUL EN FONCTION DU COMBUSTIBLE (FO2/FOD) 12
4.2 FEU DE CUVETTE OU DE RESERVOIR 12
4.2.1 Typologie du phénomène 12
4.2.2 Représentation nœud papillon 13
4.2.3 Type de conséquences 13
4.2.4 Représentation schématique du phénomène 14
4.2.5 Modèle retenu pour quantifier le feu de cuvette ou de réservoir 15
4.2.6 Interprétation du modèle 16
4.2.1 Rappel des résultats (pénalisants) feu de cuvette 16
4.2.2 Rappel des résultats (pénalisants) incendie de réservoir 16
4.3 EXPLOSION DE RESERVOIR 17
4.3.1 Typologie du phénomène 17
4.3.2 Représentation nœud papillon 17
4.3.3 Type de conséquences 17
4.3.4 Modèle retenu pour quantifier l'explosion de réservoir 18
4.3.5 Interprétation du modèle 18
4.3.6 Rappel des résultats (pénalisants) explosion de réservoirs 19
4.4 BOIL OVER CLASSIQUE 19
4.4.1 Typologie du phénomène 19
4.4.2 Représentation nœud papillon 20
4.4.3 Type de conséquences 20
4.4.4 Représentation schématique du phénomène 21
4.4.5 Modèle retenu pour quantifier le Boil Over classique 22
4.4.6 Calculs 22
4.5 BOIL OVER EN COUCHE MINCE (BOCM) 23
4.5.1 Typologie du phénomène 23

4.5.2 Représentation nœud papillon 23
4.5.3 Type de conséquences 23
4.5.4 Représentation schématique du phénomène 24
4.5.5 Modèle retenu pour quantifier le Boil Over couche mince 24
4.5.6 Calculs 25

5. CONCLUSION 26

6. CONSEQUENCE REGLEMENTAIRE D'UN POINT DE VUE RISQUES INDUSTRIELS (RUBRIQUE ICPE / CLASSEMENT SEVESO) 28

6.1 RUBRIQUES ICPE CONCERNANT LE STOCKAGE DE FIOUL : 28
6.2 CLASSEMENT ICPE /SEVESO EN FONCTION DU FIOUL UTILISE : 31
6.3 CONSEQUENCES REGLEMENTAIRES ASSOCIEES 32

Annexes

Annexe 1 : Fiche de Données de Sécurité – FO2
Annexe 2 : Fiche de Données de Sécurité – FOD
Annexe 3 : Cartographies des phénomènes dangereux boil-over « classique » et « couche mince »

Tableaux

TABLEAU 1 : SYNTHESE DES POTENTIELS DE DANGERS LIES AUX PRODUITS 9
TABLEAU 2 : DESCRIPTION DES RESERVOIRS 11
TABLEAU 3 : IDENTIFICATION DES PHENOMENES DANGEREUX ENVISAGEABLES EN FONCTION DU COMBUSTIBLE 12
TABLEAU 4 : INTENSITE DU BOIL OVER « CLASSIQUE » 22
TABLEAU 5 : INTENSITE DU BOIL OVER « COUCHE MINCE » 25
TABLEAU 6 : SYNTHESE DE LA COMPARAISON ENTRE L'UTILISATION DE FO2 ET FOD D'UN POINT DU VUE RISQUES INDUSTRIELS 26

Figures

FIGURE 1 : SCHEMAS DU PARC A FIOUL 10
FIGURE 2 : REPRESENTATION NŒUD PAPILLON DU FEU DE NAPPE 13
FIGURE 3 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU FEU DE NAPPE 15
FIGURE 5 : REPRESENTATION NŒUD PAPILLON BOIL OVER CLASSIQUE 20
FIGURE 6 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE BOIL OVER CLASSIQUE 21
FIGURE 7 : REPRESENTATION PAPILLON BOIL OVER EN COUCHE MINCE 23
FIGURE 8 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE BOIL OVER EN COUCHE MINCE 24

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de la Demande d'Autorisation d'Exploiter une centrale thermique diesel de production d'électricité comportant 7 moteurs pour une puissance totale d'environ 120 MWe sur le site de Lucciana (Haute Corse). La préfecture nous demande de réaliser une étude comparative entre le fioul lourd (FO2) et le fioul domestique (FOD) (utilisé en tant que combustible), d'un point de vue des risques industriels.

A cet égard, cette étude s'attachera à comparer les principaux phénomènes dangereux liés au stockage de fioul présentés dans l'Etude De Dangers de mai 2010[1] en fonction du type de fioul (FO2/FOD) utilisé pour l'alimentation des moteurs. Elle permettra donc, sans aller dans le détail de la réalisation d'une étude de dangers complète, de donner les éléments significatifs de différence entre les deux types de fioul d'un point de vue risque industriel.

2. DANGERS LIES AUX FIOULS

2.1 Dangers liés au fioul lourd (FO2) (cf. FDS en annexe 1)

Le fioul lourd utilisé, est du **fioul lourd n°2** (FO2) à **Très Très Basse Teneur en Soufre** (TTBTS). A température ambiante, le fioul est trop visqueux pour être pompé, il est donc prévu des réchauffages successifs pour son maintien en température et son pompage.

Caractéristiques physico-chimique générales :

- masse volumique de 920 à 1060 kg/m^3 à 15°C ;
- tension de vapeur négligeable aux températures usuelles ;
- point éclair supérieur à 70°C ;
- limites inférieures et supérieures d'explosivité (LIE et LSE) respectivement de 0,5 et 5% du volume dans l'air ;
- teneur en soufre inférieure à 0,5% en masse.

Mentions de dangers :

- H350 : Peut provoquer le cancer ;
- H332 : Nocif par inhalation ;
- H361d : Susceptible de nuire au fœtus ;
- H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée par contact cutané ;
- H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

[1] Dossier qui a servi à l'élaboration de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter.

› **TOXICITE - ECOTOXICITE**

Le fioul lourd, en termes d'effet sur l'environnement, est nocif pour les organismes aquatiques, il peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. En termes de stockage, la fiche de sécurité produit recommande de concevoir les installations pour éviter la pollution des eaux et du sol.

Le fioul lourd est toxique pour l'homme par ingestion, par ailleurs de fortes concentrations de vapeurs et aérosols sont irritantes pour les yeux et les voies respiratoires.

› **INFLAMMABILITE - EXPLOSIVITE**

Le fioul lourd est susceptible de former des vapeurs par contact avec des surfaces chaudes. Les vapeurs formant des mélanges explosifs avec l'air, les conditions à éviter sont : le réchauffage excessif, les étincelles, les points chauds, les flammes et l'électricité statique.

En termes de manipulation, il est recommandé, entre autres, dans la fiche de sécurité produit pour prévenir les incendies et explosions :

- de concevoir les installations de façon à éviter toute progression de nappe enflammée (fosses, cuvettes de rétention, siphons dans les réseaux d'eau d'écoulement) ;
- de manipuler à l'abri de toute source d'inflammation (flamme nue, étincelles, ...) et de chaleur (collecteurs ou parois chaudes ...) ;
- de n'intervenir que sur des réservoirs froids, dégazés, et aérés.

› **STABILITE - INCOMPATIBILITES**

Le FO2 est stable aux températures de stockage, de manipulation et d'emploi.

Il est le siège de réactions dangereuses avec les agents oxydants forts (nitrates, chlorates, chromates...).

› **CANCEROGENICITE**

Des résultats positifs obtenus à partir du test d'Ames modifié, d'études de cancérogénèse par badigeonnage de la peau de souris et d'études de type initiation/promotion, indiquent que ces composants sont cancérogènes.

2.2 Dangers liés au fioul domestique (FOD) (cf. FDS en annexe 2)

Contrairement au fioul lourd, le fioul domestique, appelé aussi FOD, ne nécessite pas de réchauffage pour être pompé.

Caractéristiques physico-chimique générales :

- masse volumique de 830-880 kg/m^3 à 15°C ;

- viscosité est de 7 cSt à 20°C ;
- tension de vapeur inférieure à100 hPa pour 100°C et inférieure à10 hPa pour 40°C ;
- point éclair supérieur à 55°C ;
- limites inférieures et supérieures d'explosivité (LIE et LSE) respectivement de 0,5 et 5% du volume dans l'air.

Mentions de dangers :

- H226 : Liquide et vapeurs inflammables ;
- H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires ;
- H315 : Provoque une irritation cutanée ;
- H332 : Nocif par inhalation ;
- H351 : Susceptible de provoquer le cancer ;
- H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée ;
- H411 : Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.

› **TOXICITE - ECOTOXICITE**

Le fioul domestique, en termes d'effet sur l'environnement, est toxique pour les organismes aquatiques, il peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique. En termes de stockage, la fiche de sécurité produit recommande de concevoir les installations pour éviter la pollution des eaux et du sol.

Le fioul domestique est nocif pour l'homme en cas d'ingestion, par ailleurs de fortes concentrations de vapeurs et aérosols sont irritantes pour les voies respiratoires et les muqueuses.

› **INFLAMMABILITE - EXPLOSIVITE**

Le fioul domestique étant un produit inflammable, les conditions à éviter sont : le réchauffage excessif, les étincelles, les points chauds, les flammes et l'électricité statique.

En termes de manipulation, il est recommandé, entre autres, dans la fiche de sécurité produit pour prévenir les incendies et explosions :

- de concevoir les installations de façon à éviter toute progression de nappe enflammée (fosses, cuvettes de rétention, siphons dans les réseaux d'eau d'écoulement) ;
- de manipuler à l'abri de toute source d'inflammation (flamme nue, étincelles, électricité statique...) et de chaleur (collecteurs ou parois chaudes ...) ;
- de n'intervenir que sur des réservoirs froids, dégazés, et aérés ;
- d'éviter la formation da vapeurs, brouillards ou aérosols.

› **STABILITE - INCOMPATIBILITES**

Le fioul domestique est stable aux températures de stockage, de manipulation et d'emploi.

Il est le siège de réactions dangereuses avec les agents oxydants forts (nitrates, chlorates, chromates...).

› **CANCEROGENICITE**

Une activité cancérogène est rapportée en présence d'irritation cutanée répétée. Sur la base de cette information et de l'analyse des HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques), ce type de gazole peut montrer un faible potentiel cancérogène.

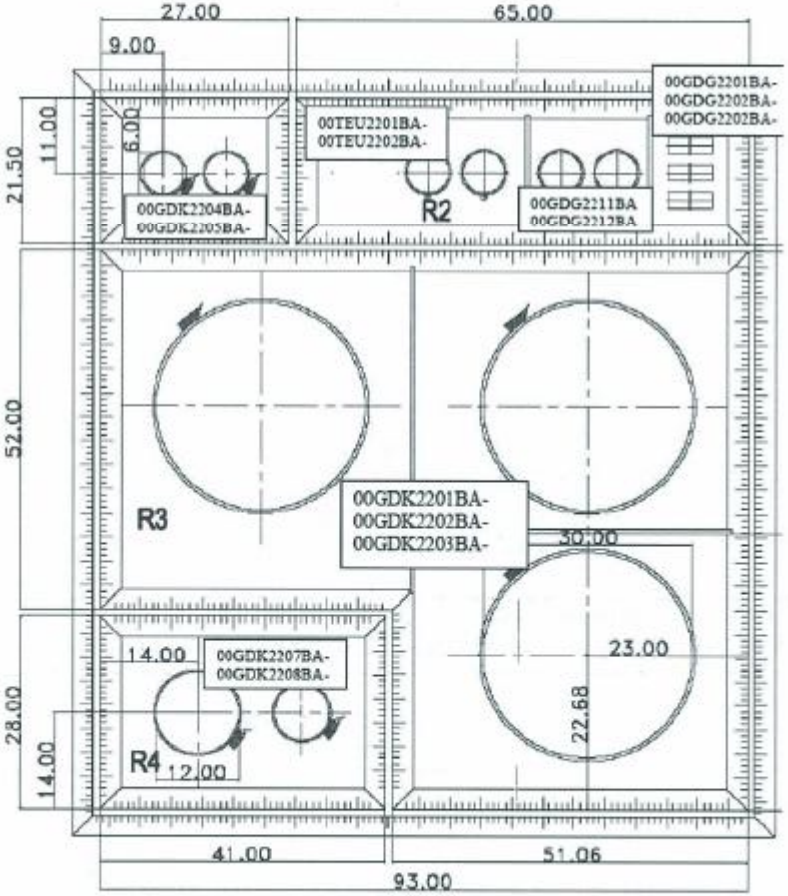
2.3 Synthèse des potentiels de dangers liés aux produits

Produits	Etat physique en conditions d'utilisation	Lieu de stockage / utilisation	Conditions opératoires d'utilisation ou de stockage	Mention de danger	Incompatibilité, stabilité et réactivité	Inflammabilité - Explosivité	Toxicité	Ecotoxicité	Cancérogénicité
FO2	Liquide	Parc de stockage combustible	FO2 stocké dans des réservoirs maintenus à 40°C	H350 H332 H361d H373 H410	Réactions dangereuses avec les agents oxydants forts. Produits stables aux températures usuelles de stockage.	Peu inflammable. Risques d'inflammations ou d'explosions au-delà du point éclair.	Toxique par ingestion. Vapeurs irritantes pour les voies respiratoires.	Nocif pour les organismes aquatiques.	Cancérogène
FOD	Liquide	Parc de stockage combustible	FOD stocké dans des réservoirs à température ambiante	H226 H304 H315 H332 H351 H373 H411	Réactions dangereuses avec les agents oxydants forts. Produits stables aux températures usuelles de stockage.	Inflammable. Risques d'explosions de vapeurs.	Vapeurs irritantes pour les voies respiratoires.	Toxique pour les organismes aquatiques.	Faible potentiel cancérogène

Tableau 1 : Synthèse des potentiels de dangers liés aux produits

3. PRESENTATION DU PARC A FIOUL

Les figures ci-dessous identifient l'emplacement des réservoirs et des cuvettes (R1, R2, R3, R3 bis, R4) et sous-cuvettes (R2.1, R2.2, R2.3) de rétentions.



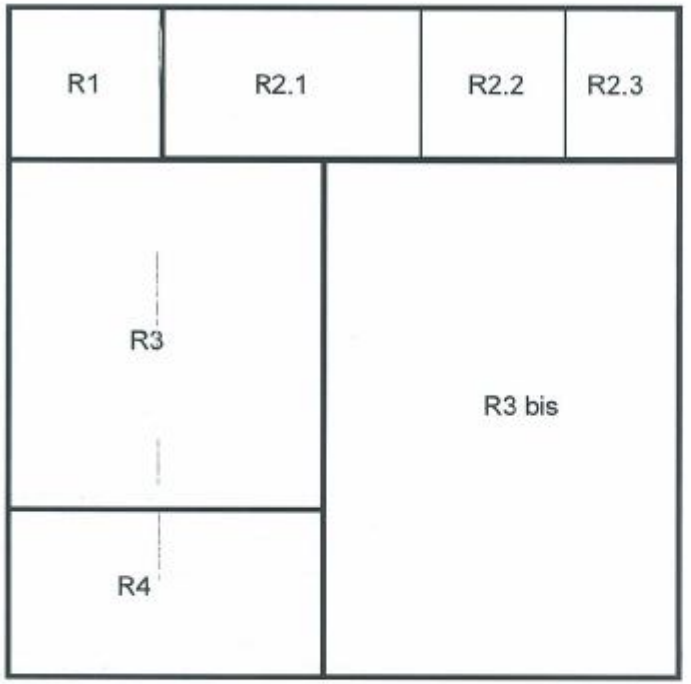


Figure 1 : Schémas du parc à fioul

Réservoir	Cuvette ou sous cuvette de rétention	Type de réservoir		Capacité unitaire
00GDK2201BA	R3	Réservoirs principaux*	Vertical	8480 m^3 bridé à 3960 m^3
00GDK2202BA	R3 bis			
00GDK2203BA				
00GDK2204BA	R1	Bacs journaliers*	Vertical	310 m^3
00GDK2205BA				
00GDK2207BA	R4	Bac de FOD**	Vertical	1630 m^3
00GDK2208BA				540 m^3
00TEU2201BA	R2.1	Bacs de boue	Vertical	150 m^3
00TEU2202BA				
00GDG2211BA	R2.2	Huile neuve	Vertical	200 m^3
00GDG2212BA				
00GDG2201BA	R2.3	Huile usée	Horizontal	25 m^3
00GDG2202BA		Huile vidange moteur	Horizontal	25 m^3
00GDG2203BA				

* : Réservoirs utilisés pour contenir le fioul d'alimentation des moteurs (FO2 ou FOD)
** : Bacs existants uniquement dans la configuration FO2 (ils servent alors au conditionnement à l'arrêté de l'oléoduc et au démarrage à froid des moteurs). Ces bacs ne sont pas utiles pour un fonctionnement FOD.

Tableau 2 : Description des réservoirs

4. IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES PHENOMENES DANGEREUX ENVISAGEABLES SUR LE PARC A FIOUL EN FONCTION DU COMBUSTIBLE (FO2/FOD)

4.1 Identification des phénomènes dangereux envisageables sur le parc à fioul en fonction du combustible (FO2/FOD)

Phénomène dangereux	Combustible FO2	Combustible FOD
Feu cuvette de rétention	X	X
Feu de réservoir	X	X
Explosion de réservoir	X	X
Boil over classique	X	
Boil over couche mince		X

Tableau 3 : Identification des phénomènes dangereux envisageables en fonction du combustible

Les différents phénomènes dangereux potentiels identifiés dans le tableau ci-dessus sont décrits dans les paragraphes suivants.

4.2 Feu de cuvette ou de réservoir

4.2.1 Typologie du phénomène

Le terme feu de nappe ou feu de flaque décrit un incendie résultant de la combustion d'une nappe de combustible liquide. Ce phénomène implique principalement la surface de la nappe en contact avec l'air.

Il faut distinguer :

- **les feux de réservoir :** le feu est contenu dans une enceinte dont la surface est délimitée par les dimensions du réservoir ;
- **les feux de cuvette (de rétention) :** l'extension de la nappe peut être limitée par une cuvette de rétention dont le dimensionnement est imposé notamment par les exigences réglementaires applicables au stockage ;
- **les feux de flaque libre**, en l'absence de moyens physiques prévus pour limiter l'extension de la nappe, ou lorsque la cuvette de rétention n'est pas complètement envahie ; l'extension de la nappe est principalement fonction des caractéristiques du terrain, des conditions météorologiques et des conditions de rejet du combustible.

La formation d'une nappe au sol peut être observée suite à l'épandage d'une substance liquide ou à la fusion de corps solides.

D'une manière générale, le phénomène de combustion intéresse les vapeurs émises par le produit éventuellement réchauffé. La combustion a lieu en phase gazeuse dans la zone qualifiée de flamme. Une partie de l'énergie libérée par l'exo thermicité de la réaction est cédée au combustible, entretenant ainsi l'émission de vapeurs inflammables. Le feu de nappe est donc un phénomène de combustion auto-entretenue.

4.2.2 Représentation nœud papillon

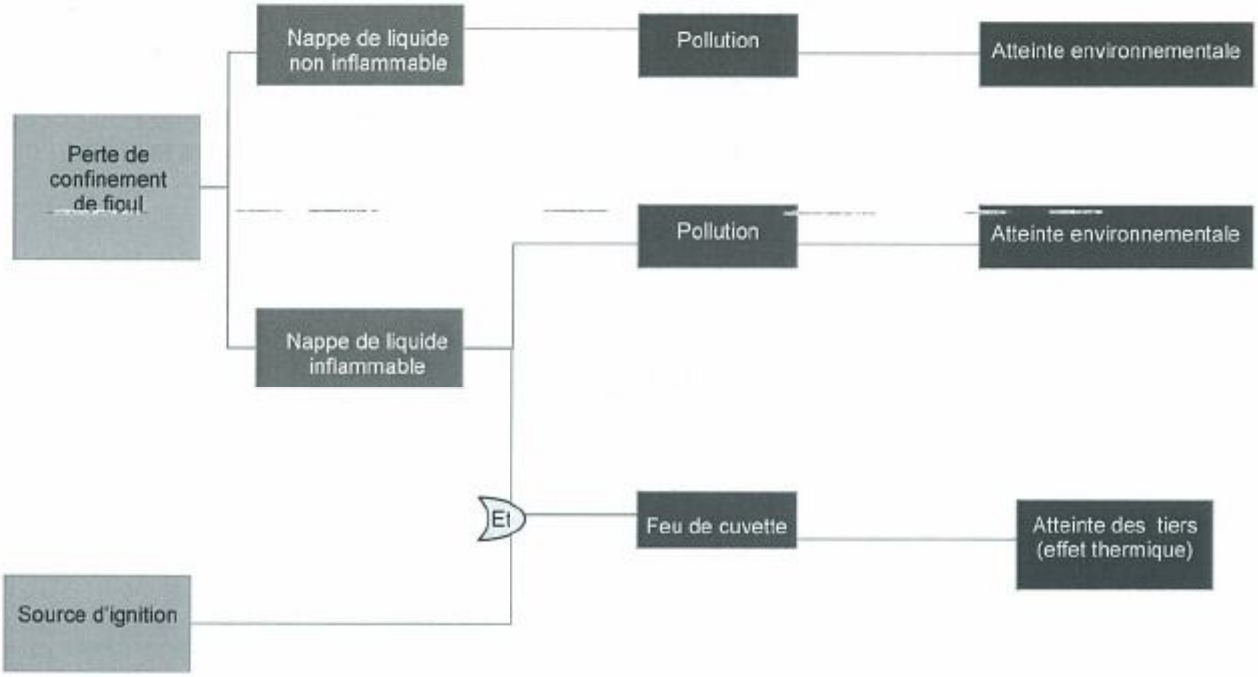


Figure 2 : Représentation nœud papillon du feu de nappe

4.2.3 Type de conséquences

Le feu de nappe se caractérise le plus souvent par l'émission de lumière, de chaleur et de fumées.

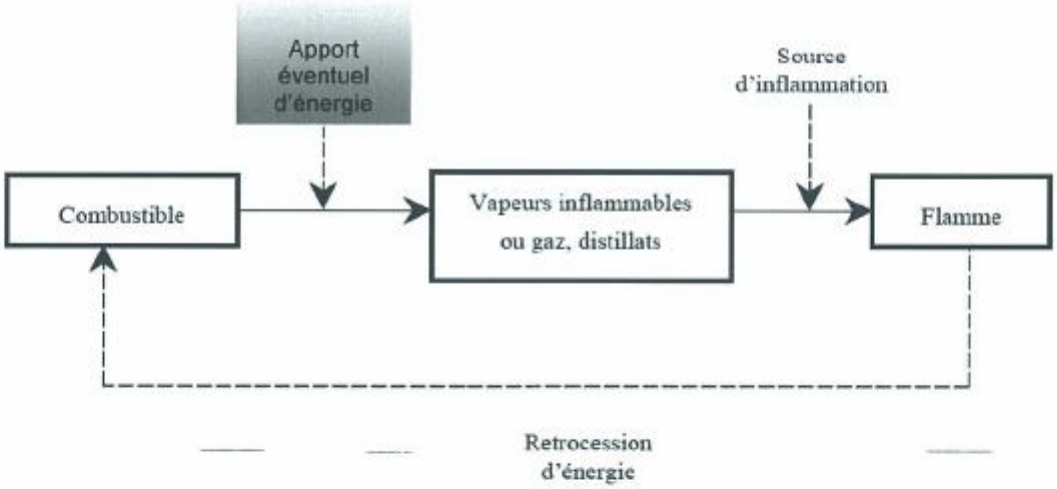
Ce type de sinistre peut représenter une agression pour l'homme, les équipements et l'environnement à plusieurs niveaux :

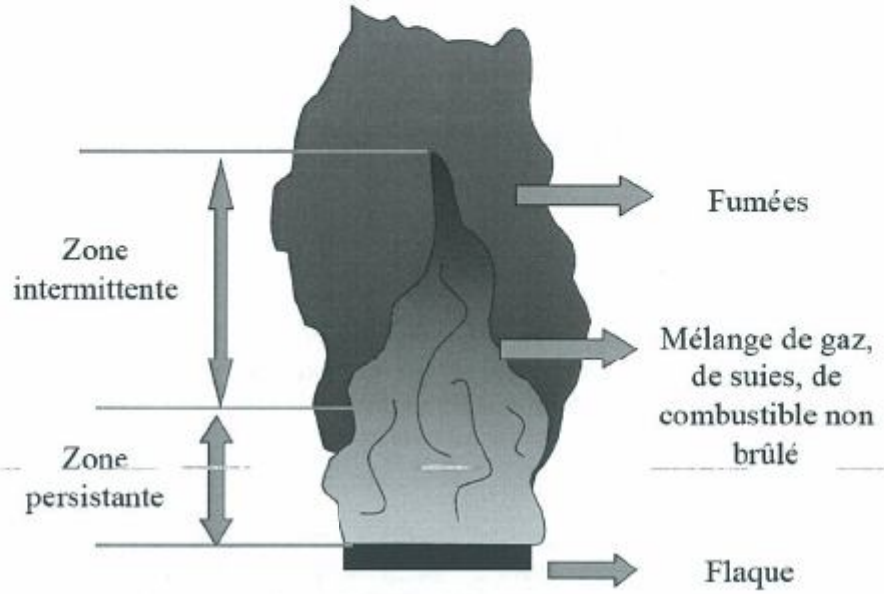
- **Flammes, chaleur :** les flammes, dont la température est variable selon la nature du combustible et les conditions de la combustion, ont été à l'origine de brûlures graves et de rayonnements destructeurs pour les structures ;
- **Fumées, gaz :** les principaux effets identifiés sont :
  - les brûlures par inhalation ;

- l'agression due à la toxicité des produits de combustion ;
- la gêne visuelle occasionnée ;
- en milieu confiné, une raréfaction de l'oxygène, consommé au cours de la combustion.

- **Liquides** combustibles et eaux d'extinction : la perte de confinement sous l'effet de la chaleur affectant des réservoirs de substances polluantes ou l'épandage des eaux d'extinction chargées en produits toxiques pour l'environnement ont été à l'origine de pollutions au niveau local, voire régional. En effet, si ces volumes pollués ne peuvent être confinés sur le site au moyen de bassins dimensionnés en conséquence, ils sont susceptibles de s'infiltrer dans le sol ou de s'écouler vers le réseau hydrographique.

4.2.4 Représentation schématique du phénomène





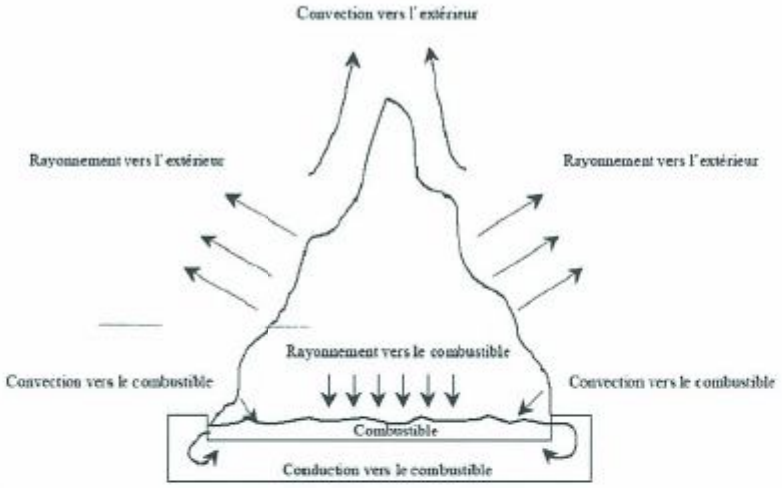


Figure 3 : Représentation schématique du feu de nappe

4.2.5 Modèle retenu pour quantifier le feu de cuvette ou de réservoir

Le calcul a été réalisé au moyen de la feuille de calcul développée par l'INERIS reprenant les travaux du Groupe de Travail sur les Dépôts de Liquides Inflammables (GTDLI). Tous les paramètres sont fixés dans le modèle excepté les dimensions de la surface en feu.

Données météo :

- Humidité relative de l'air : 70 %

- Température 15°C
- Vitesse de vent : 5 m/s
- Masse volumique de l'air : 1,161 kg/m3

Données Produits :

De manière conservative, les distances d'effets pour tous les hydrocarbures liquides (gazole, FOD, FO2...) sont calculées en considérant la combustion d'essence dont le débit de combustion est pris égal à 0,055 kg/m^2.s.

4.2.6 Interprétation du modèle

Au vu du modèle utilisé pour la quantification de l'intensité des feux de cuvette et de réservoir, les résultats chiffrés et les conclusions de l'étude de dangers seront les mêmes quel que soit le fioul utilisé pour l'alimentation des moteurs.

4.2.1 Rappel des résultats (pénalisants) feu de cuvette

Feu de Cuvette R3.bis	Distances d'effet		
	Effets irréversibles 3 kW/m²	Effets létaux 5 kW/m²	Effets létaux significatifs 8 kW/m²
Grand côté = 89 m	80 m	60 m	40 m
Petit côté = 47 m	60 m	45 m	30 m

(Tableau extrait de l'étude de dangers DHC0000PPPPNEE0107-Ind. C, §5.3.7.5)

4.2.2 Rappel des résultats (pénalisants) incendie de réservoir

Feu de réservoir	Distances d'effet		
	Effets irréversibles 3 kW/m²	Effets létaux 5 kW/m²	Effets létaux significatifs 8 kW/m²
réservoir stockage fioul lourd	40 m	30 m	20 m

(Tableau extrait de l'étude de dangers DHC0000PPPPNEE0107-Ind. C, §5.4.2.5)

4.3 Explosion de réservoir

4.3.1 Typologie du phénomène

L'explosion est liée à l'apparition d'une atmosphère explosible à partir des vapeurs d'hydrocarbures à l'intérieur du réservoir ; la concentration doit être comprise entre la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE). Pour les hydrocarbures, ces limites sont respectivement de 0,5 % et 5 % dans l'air.

Le phénomène étudié en cas d'explosion de réservoir est le suivant :

- à pression atmosphérique, la totalité du volume du réservoir est rempli d'un mélange inflammable d'air et de vapeurs d'hydrocarbures à la stœchiométrie, (configuration majorante),
- ce nuage s'enflamme en présence d'une source d'ignition.

La combustion rapide du mélange gazeux comburant/carburant et l'expansion des produits de combustion qui en résulte sont à l'origine d'une montée en pression dans le réservoir.

Au-delà d'une certaine limite de pression, (appelée pression de rupture PRUP), l'élément de résistance le plus faible du réservoir va céder et le réservoir va commencer à s'ouvrir, entraînant une ouverture, principalement à la liaison robe/toit et/ou à la liaison robe/fond.

4.3.2 Représentation nœud papillon

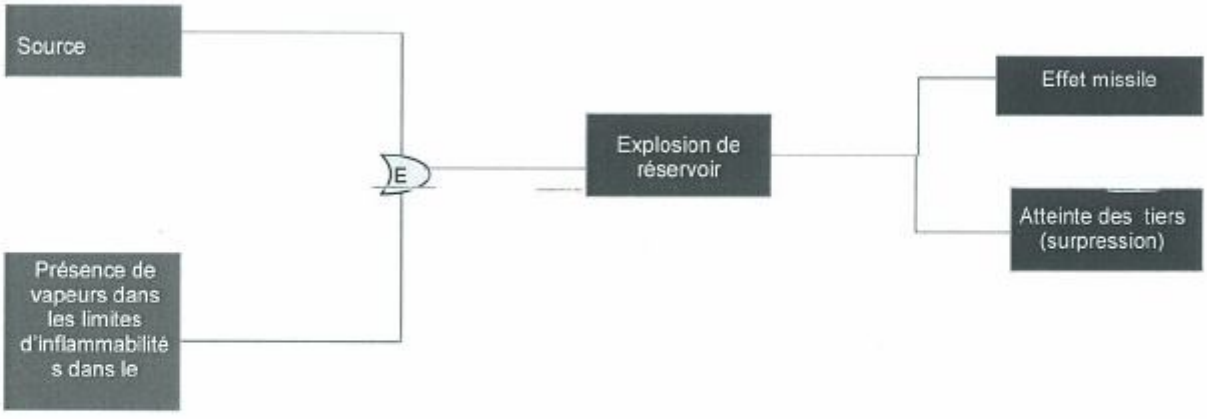


Figure 4 : Représentation nœud papillon explosion de réservoir

4.3.3 Type de conséquences

L'énergie interne accumulée va se libérer sous 2 formes :

- énergie perdue dans la détente adiabatique du gaz, qui génère les ondes de pression à l'extérieur,

- énergie dispersée pour les projections de missiles.

4.3.4 Modèle retenu pour quantifier l'explosion de réservoir

La modélisation des explosions de réservoirs a été réalisée selon la méthodologie proposée par le GTDLI (sur la base d'abaques).

Pour les réservoirs dont le rapport hauteur / diamètre est inférieur ou égal à 1 :

Surpression (mbar)	Distance réduite λ (Abaque TM5-1300) (m)				
50	22	d_{50}	=	0,104	$\cdot [(PATM \cdot DEQU^2 \cdot HEQU]^{(1/3)}$
140	10,1	d_{140}	=	0,048	
170	8,9	d_{170}	=	0,042	
200	7,6	d_{200}	=	0,036	

Pour les réservoirs dont le rapport hauteur / diamètre est supérieur à 1 :

Surpression (mbar)	Distance réduite λ (Abaque TM5-1300) (m)				
50	22	d_{50}	=	0,131	$\cdot [(PATM \cdot DEQU^2 \cdot HEQU]^{(1/3)}$
140	10,1	d_{140}	=	0,060	
170	8,9	d_{170}	=	0,053	
200	7,6	d_{200}	=	0.045	

NB : les distances sont déterminées à partir du centre du réservoir.

Avec :

PATM = Pression atmosphérique (101325 Pa)

DEQU = Diamètre du réservoir

HEQU = Hauteur du réservoir

4.3.5 Interprétation du modèle

Au vu du modèle utilisé pour la quantification de l'intensité des effets de l'explosion de réservoirs, les résultats chiffrés et les conclusions de l'étude de dangers seront les mêmes quel que soit le fioul utilisé pour l'alimentation des moteurs.

4.3.6 Rappel des résultats (pénalisants) explosion de réservoirs

Explosion de réservoir	Distances d'effet depuis le centre du réservoir			
	Bris de vitre 20 mbars	**Effets irréversibles 50 mbars**	**Effets létaux 140 mbars**	**Effets létaux significatifs 200 mbars**
Effets de surpression	*220 m*	*110 m*	*40 m*	*30 m*

4.4 Boil over classique

4.4.1 Typologie du phénomène

Le phénomène de boil-over classique a lieu lorsque l'eau contenue en fond d'un réservoir d'hydrocarbures est brutalement transformée en vapeur par propagation d'une onde de chaleur depuis la partie supérieure du réservoir, en feu. Le boil-over classique n'est possible que lorsque les hydrocarbures ont une viscosité empêchant la vaporisation progressive de l'eau de fond de réservoir. Le risque associé au boil-over classique est celui de l'apparition d'une boule de feu, cette conséquence n'étant pas systématique. En effet, l'occurrence d'une boule de feu n'est possible que si la masse gazeuse totale (vapeurs de fioul et air) se trouve dans les limites d'inflammabilité du fioul.

Le boil-over classique n'est en effet possible qu'à 3 conditions cumulatives :

- un feu de réservoir non maîtrisé ayant conduit à la ruine du toit, l'absence de l'oxygène de l'air étant un facteur limitant la combustion ;

et

- le développement dans la masse d'hydrocarbures d'une onde de chaleur migrant de haut en bas, à une vitesse supérieure à celle de la combustion ;

et

- la présence d'eau en fond de réservoir en quantité suffisante. Cette eau se vaporise violemment en vapeur occupant 1700 à 2000 fois le volume initial et projette une partie de la masse de combustible hors du réservoir.

Le phénomène de boil-over classique ne concerne que les bacs de stockage de fioul lourd, il ne concerne donc pas une centrale fonctionnant au fioul domestique.

4.4.2 Représentation nœud papillon

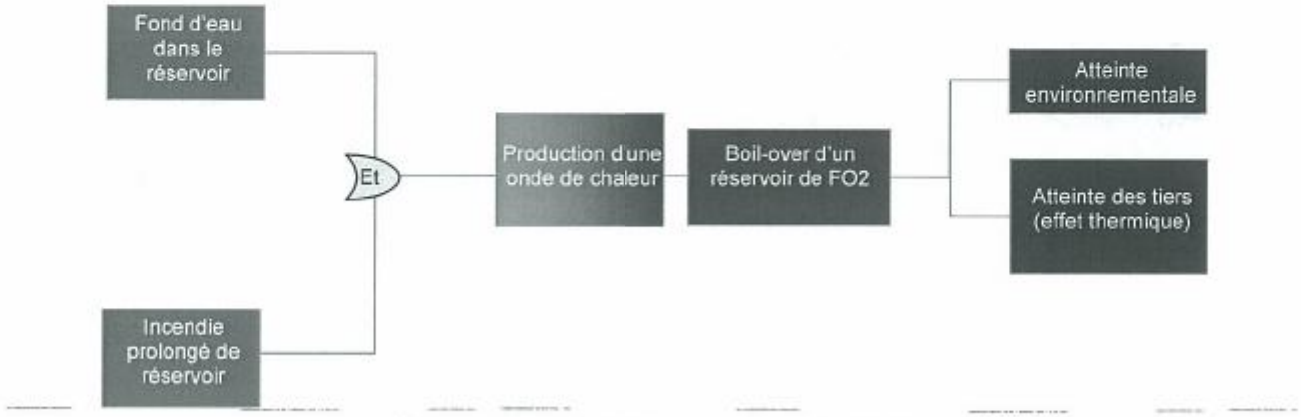


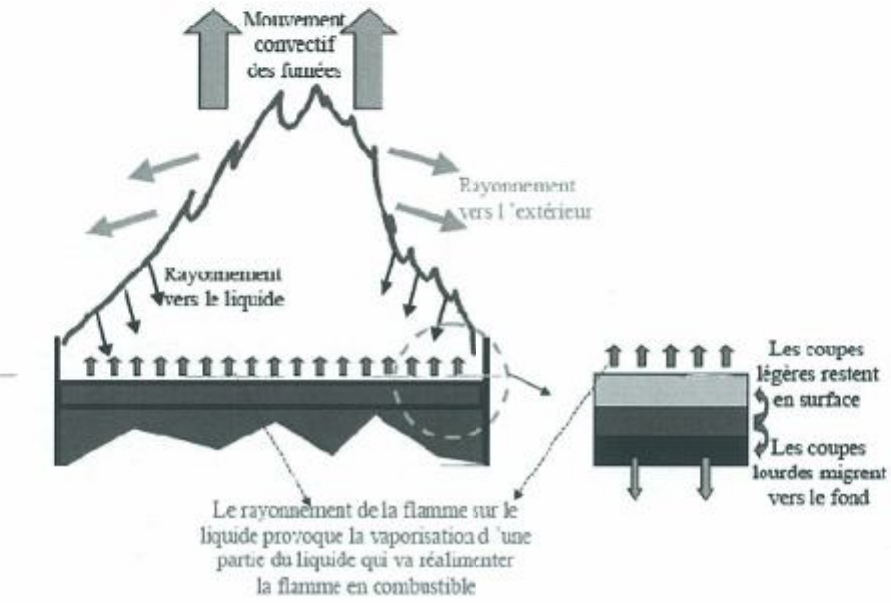
Figure 5 : Représentation nœud papillon boil over classique

4.4.3 Type de conséquences

Les conséquences principales du boil over classique sont liées au rayonnement thermique produit par la boule de feu.

Le moussage et la projection de liquide enflammé peuvent également être facteurs de propagation de l'incendie.

4.4.4 Représentation schématique du phénomène



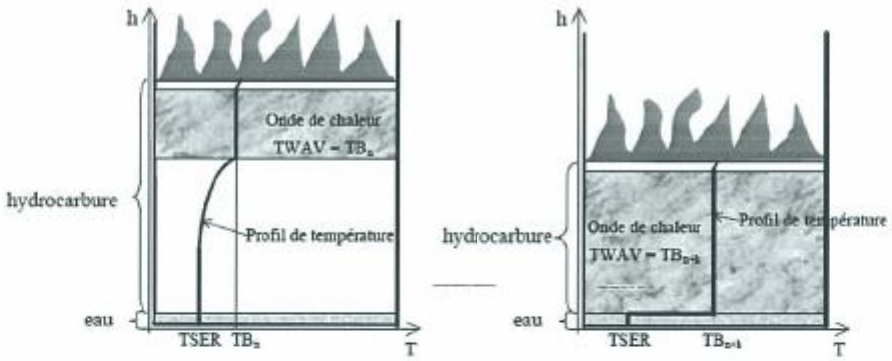


Figure 3-a (temps t)

Figure 3-b (temps t_{BO})

Figure 6 : Représentation schématique boil over classique

4.4.5 Modèle retenu pour quantifier le Boil Over classique

Le boil over classique a été modélisé selon la méthode proposée par l'INERIS dans son document Oméga 13 - DRA-2003-46055 de mars 2003 et DRA-08-94763-12858A du 07 octobre 2008.

4.4.6 Calculs

Intensité du boil over « classique »

Les distances maximales (taux de remplissage 100% correspondant au niveau haut d'exploitation 3960 m^3) d'effet sont :

réservoir	Distances d'effet depuis le centre du réservoir		
	Effets irréversibles 3 kW/m²	Effets létaux 5 kW/m²	Effets létaux significatifs 8 kW/m²
Réservoir stockage FO2	300 m	227 m	147 m

Tableau 4 : Intensité du boil over « classique »

Temps de déclenchement

Le temps de déclenchement du phénomène dangereux est estimé à 26,5 h.

Cartographie des phénomènes dangereux

La cartographie du phénomène dangereux figure en annexe 3.

Gravité vis-à-vis des tiers

Les effets thermiques liés au boil over « classique » des réservoirs sortent des limites de la centrale.

4.5 Boil Over en Couche Mince (BOCM)

4.5.1 Typologie du phénomène

La combustion de certains carburants (dont le FOD) ne s'accompagne pas de la création d'une onde de chaleur contrairement au boil over classique. Néanmoins, l'incendie provoque un échauffement de la couche superficielle de liquide inflammable. Lorsque la plus grande partie du combustible a été consommée par l'incendie, la couche de produit, portée à une température supérieure à 100°C, arrive au contact de la couche d'eau en fond de réservoir. Ce phénomène et qualifié de boil over en couche mince.

Le phénomène de boil-over « couche mince » ne concerne que les bacs de stockage de fioul domestique, il concerne donc d'une part la centrale fonctionnant au fioul domestique et, dans une moindre mesure, la centrale fonctionnant au fioul lourd pour les bâches de stockage FOD (quantité de FOD stockée inférieure).

4.5.2 Représentation nœud papillon

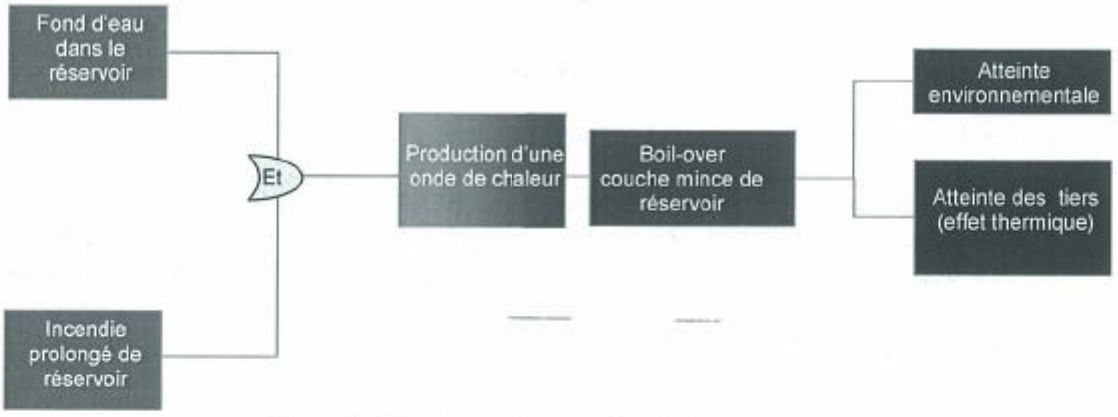


Figure 7 : Représentation papillon boil over en couche mince

4.5.3 Type de conséquences

Les conséquences principales du boil over en couche mince sont liées au rayonnement thermique produit par la boule de feu.

Le moussage et la projection de liquide enflammé peuvent également être facteurs de propagation de l'incendie.

4.5.4 Représentation schématique du phénomène

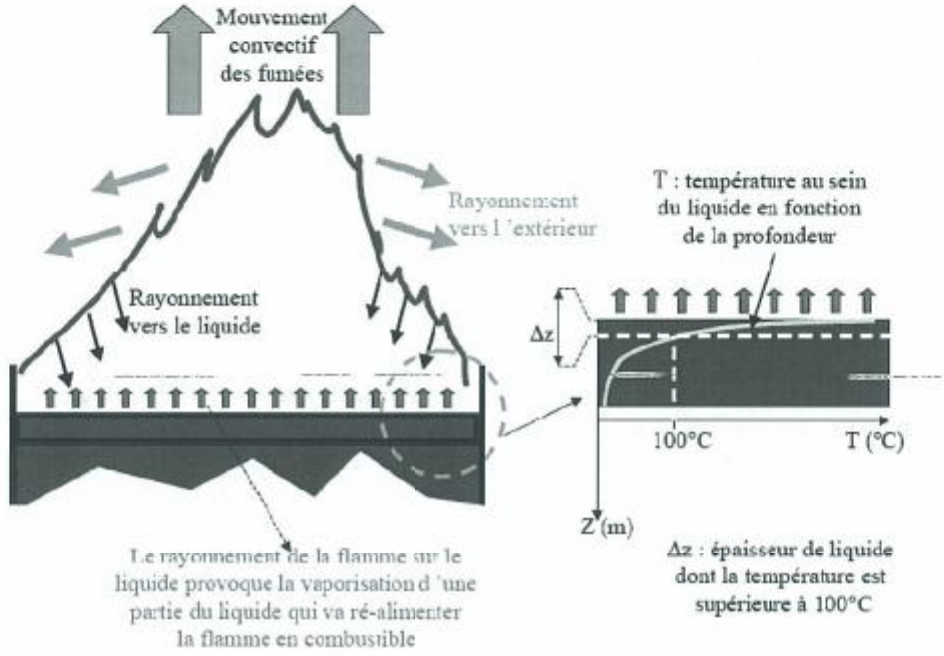


Figure 8 : Représentation schématique boil over en couche mince

4.5.5 Modèle retenu pour quantifier le Boil Over couche mince

Les hypothèses prises pour le calcul du BOVCM sont développées dans l'annexe 5 de la circulaire du 23 juillet 2007 relative à l'évaluation des risques et des distances d'effets autour des dépôts de liquides inflammables et des dépôts de gaz inflammables liquéfiés.

Estimation de l'émittance des flammes

Pour estimer les effets sur l'environnement, il faut connaître l'émittance des flammes. Celle-ci est prise égale à 150 kW/m² ce qui correspond à une température de 1000°C en utilisant l'équation de Stefan-Boltzmann.

$$SEP = \sigma\ Tf4$$

Cette hypothèse est conservatrice car cette valeur importante est considérée sur toute la hauteur du cylindre alors que les essais ont montré que cette valeur semble plus faible dès que l'altitude augmente.

Calcul des distances d'effets du boil over en couche mince

Les distances d'effets sont calculées en supposant l'hypothèse courante d'une flamme solide de forme cylindrique qui permet de calculer le flux reçu en un point donné et en considérant une durée d'exposition qui correspond à la durée d'existence du phénomène.

Ensuite, un calcul de dose thermique est effectué qui permet d'estimer les effets sur les personnes en se basant sur les doses référencées dans l'arrêté du 29/09/2005 :

$$\phi^{4/3}t = \text{dose}$$

4.5.6 Calculs

Intensité du boil over « couche mince »

Les distances maximales (taux de remplissage 100% correspondant au niveau haut d'exploitation 3960 m^3) d'effet sont :

réservoir	Distances d'effet depuis le centre du réservoir		
	Effets irréversibles 3 kW/m²	Effets létaux 5 kW/m²	Effets létaux significatifs 8 kW/m²
Réservoir stockage FOD	80 m	65 m	50 m

Tableau 5 : Intensité du boil over « couche mince »

Temps de déclenchement

Selon l'outil du GDLI développé pour les boil over « couche mince » le temps de déclenchement du phénomène dangereux est estimé à 25 h.

Cartographie des phénomènes dangereux

La cartographie du phénomène dangereux figure en annexe 3.

Gravité vis-à-vis des tiers

Les effets thermiques liés au boil over « couche mince » des réservoirs ne sortent pas des limites du site de la centrale.

5. CONCLUSION

	Cinétique		Intensité la plus pénalisante		Gravité		Classe de probabilité		Positionnement dans la grille MMR	
	FO2	FOD	FO2	FOD	FO2	FOD	FO2	FOD	FO2	FOD
Feu de cuvette	Rapide		**Grand côté :** SEI = 80 m SEL = 60 m SELS = 40 m **Petit côté :** SEI = 60 m SEL = 45 m SELS = 30 m		Modéré		D		Risque Moindre	
Feu de réservoir	Rapide		SEI = 40 m SEL = 30 m SELS = 20 m		NC (car intensité ne sort pas des limites du site)		D		NC (car intensité ne sort pas des limites du site)	
Explosion de réservoir	Rapide		SEI = 110 m SEL = 40 m SELS = 30 m		Modérée		D		Risque Moindre	
Boil over « Classique »	26,5 h	NC	SEI = 300 m SEL = 227 m SELS = 147 m	NC	Important	NC	E	NC	Risque intermédiaire	NC
Boil over « couche mince »[2]	NC	25 h	NC	SEI = 80 m SEL = 65 m SELS = 50 m	NC	NC (car intensité ne sort pas des limites du site)	NC	NC	NC	NC (car intensité ne sort pas des limites du site)

NC : Non Concerné

Tableau 6 : synthèse de la comparaison entre l'utilisation de FO2 et FOD d'un point du vue risques industriels

[2] Ce tableau ne considère pas le Boil Over Couche Mince des petits réservoirs de FOD (1630 m^3 + 540 m^3 → les effets ne sortent pas des limites du site)

D'un point de vue étude de dangers, le type de fioul utilisé (FO2 ou FOD) ne modifie pas, la quantification des phénomènes dangereux feu de cuvette, feu de réservoir et explosion de réservoir. En effet, les modèles utilisés ne distinguent pas le FO2 et le FOD.
Par contre concernant les phénomènes de boil-over, la présence de fioul lourd amène à la prise en compte d'un boil-over de type « classique » tandis que la présence de fioul domestique nécessite de prendre en compte un boil-over de type « couche mince », qui ne sort pas limites du site. Dans le cas du fonctionnement au fioul domestique, il y a donc un phénomène de moins dans la grille MMR.

6. CONSEQUENCE REGLEMENTAIRE D'UN POINT DE VUE RISQUES INDUSTRIELS (RUBRIQUE ICPE / CLASSEMENT SEVESO)

6.1 Rubriques ICPE concernant le stockage de fioul :

- **La rubrique ICPE qui concerne le stockage de fioul est la rubrique 1432, détaillée ci-dessous.**

Rubrique 1430 Liquides inflammables (définition), à l'exclusion des alcools de bouche, eaux-de-vie et autres boissons alcoolisées.

Les liquides inflammables, quelle que soit leur nature, sont répartis en quatre catégories conformément aux définitions ci-après. Le point d'éclair est déterminé suivant les modalités techniques définies par l'AFNOR et conformément aux spécifications administratives éventuellement applicables.
Le régime de classement d'une installation est déterminé en fonction de la "capacité totale équivalente" exprimée en capacité équivalente à celle d'un liquide inflammable de la 1ère catégorie, selon la formule :

$$C \text{ équivalente totale} = 10\,A + B + C/5 + D/15$$

où

A. représente la capacité relative aux liquides extrêmement inflammables (coefficient 10) : oxyde d'éthyle, et tout liquide dont le point d'éclair est inférieur à 0°C et dont la pression de vapeur à 35°C est supérieure à 105 pascals.

B. représente la capacité relative aux liquides inflammables de la 1ère catégorie (coefficient 1) : tous liquides dont le point d'éclair est inférieur à 55°C et qui ne répondent pas à la définition des liquides extrêmement inflammables.

C. représente la capacité relative aux liquides inflammables de 2ème catégorie (coefficient 1/5) : tout liquide dont le point d'éclair est supérieur ou égal à 55°C et inférieur à 100°C, sauf les fuels lourds.

D. représente la capacité relative aux liquides peu inflammables (coefficient 1/15): fuels (ou mazout) lourds tels qu'ils sont définis par les spécifications administratives.

Nota *:*
En outre, si des liquides inflammables sont stockés dans la même cuvette de rétention ou manipulés dans le même atelier, ils sont assimilés à des liquides inflammables de la catégorie présente la plus inflammable.
Si des liquides sont contenus dans des réservoirs en fosse ou en double enveloppe avec système de détection de fuite ou assimilés, les coefficients visés à la rubrique 1430 sont divisés par 5.

Hors les produits extrêmement inflammables, les liquides inflammables réchauffés dans leur masse à une température supérieure à leur point d'éclair sont assimilés à des liquides inflammables de 1ère catégorie.

Rubrique 1432 Liquides inflammables (stockage en réservoirs manufacturés de)

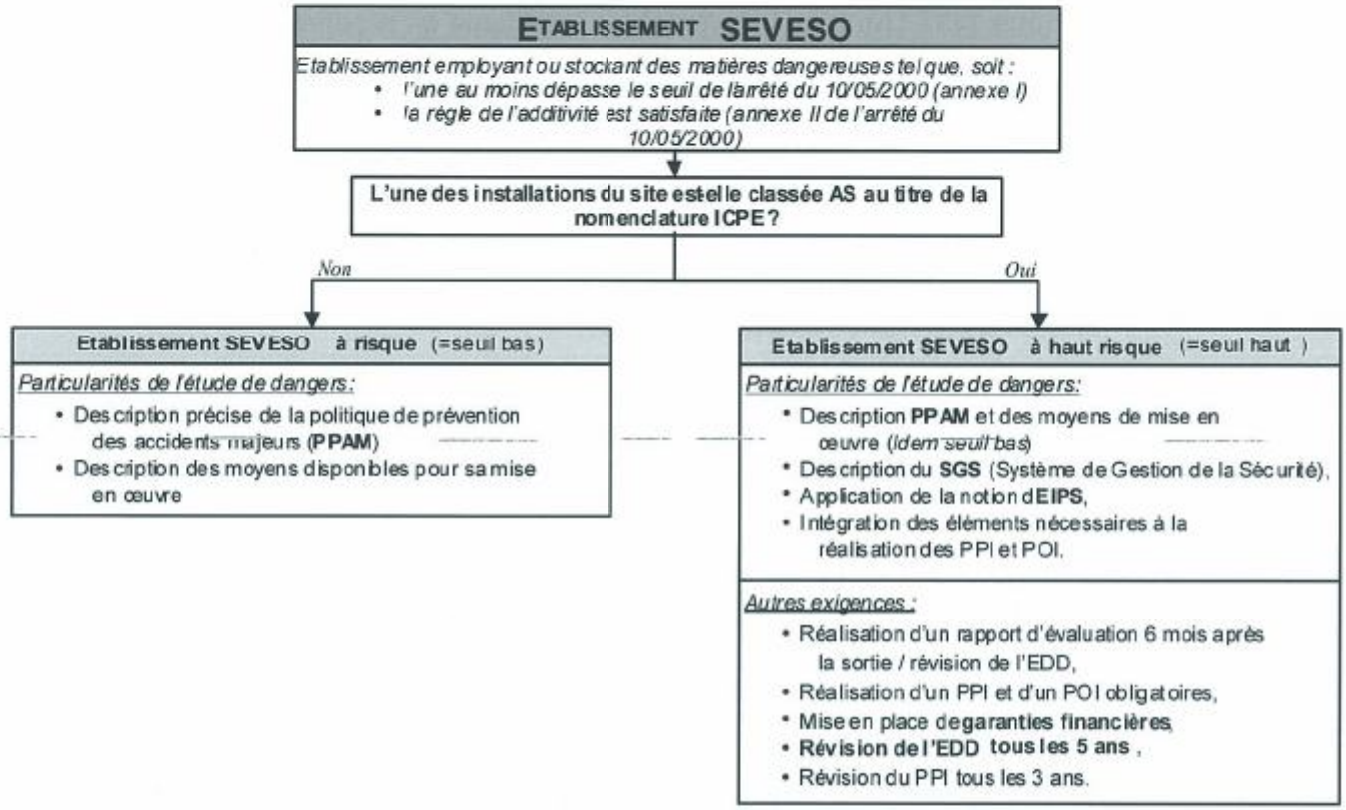
Liquides inflammables (stockage en réservoirs manufacturés de)

1. Lorsque la quantité stockée de liquides inflammables visés à la rubrique 1430 susceptible d'être présente est :	
a) Supérieure ou égale à 50 t pour la catégorie A	**(AS-4)**
b) Supérieure ou égale à 5 000 t pour le méthanol	**(AS-4)**
c) Supérieure ou égale à 10 000 t pour la catégorie B, notamment les essences y compris les naphtes et kérosènes, dont le point éclair est inférieur à 55 °C (carburants d'aviation compris)	**(AS-4)**
d) Supérieure ou égale à 25 000 t pour la catégorie C, y compris les gazoles (gazole diesel, gazole de chauffage domestique et mélanges de gazoles) et les kérosènes, dont le point éclair est supérieur ou égal à 55 °C	**(AS-4)**
2. Stockage de liquides inflammables visés à la rubrique 1430 :	
a) Représentant une capacité équivalente totale supérieure à 100 m^3	**(A-2)**
b) Représentant une capacité équivalente totale supérieure à 10 m^3 mais inférieure ou égale à 100 m^3	**(DC)**

Le fioul lourd est un liquide inflammable de catégorie D, tandis que le fioul domestique est un liquide inflammable de catégorie C. A stockage équivalent, la capacité équivalente est donc différente selon le fioul utilisé.
Par ailleurs, le fioul domestique, liquide inflammable de catégorie C, peut amener à classement Seveso seuil haut (AS) en cas de stockage supérieur à 25 000 tonnes.

- **Classement Seveso**

En fonction de la nature et des quantités des substances stockées, une ICPE peut être classée « Seveso ». Les rubriques ICPE et les valeurs des seuils de classement sont indiqués en annexe 1 de l'arrêté du 10 mai 2000 modifié. Le classement Seveso (seuil bas et seuil haut) d'une installation soumise à autorisation, la soumet aux dispositions de l'arrêté du 10 mai 2000 modifié qui implique des contraintes supplémentaires vis-à-vis de l'étude de dangers mais aussi vis-à-vis de l'organisation du site (tout particulièrement la mise en place et la présentation d'un politique de prévention des accidents majeurs).



Nota : la loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 dite loi Risque ou loi Bachelot, relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages, renforce les actions préventives pour les sites Seveso Seuil Haut, notamment par la réalisation d'un PPRT (Plan de Prévention des Risques Technologiques), qui est prescrit, élaboré et approuvé par le Préfet de la commune considérée.

Extrait du tableau issu de l'annexe 1 de l'arrêté du 10 mai 2000

1431	Liquides inflammables :	
1432	- catégorie A ;	10 t
1433	- catégories B et C ;	2 500 t
	- pour le méthanol.	500 t

Le fioul lourd est un liquide inflammable de catégorie D, il n'est donc pas soumis au classement Seveso.
Le fioul domestique quant à lui est un liquide inflammable de catégorie C, il peut donc être soumis au classement Seveso en fonction des quantités stockées :
- **Non Seveso si la quantité stockée est inférieure à 2 500 t**
- **Seveso seuil bas si la quantité stockée est entre 2 500 t et 25 000t**
- **Seveso seuil haut si la quantité stockée est supérieure à 25 000t.**

6.2 Classement ICPE /Seveso en fonction du fioul utilisé :

- Fonctionnement au fioul lourd (FO2) :

Réservoirs de fioul lourd : 3 de 8480 m^3 bridé à 3960 m^3 et 2 de 310 m^3
Réservoirs de fioul domestique : 1 de 1630 m^3 et 1 de 540 m^3

Soit → $C_{\text{équivalente totale}} = (3*3960 + 2*310) / 15 + (1630+540) / 5 = 1267\ m^3$

La capacité équivalente totale étant supérieure à 100 m^3 **l'établissement est soumis à autorisation ICPE sous la rubrique 1432-2.**

Pour savoir si celui-ci est classée Seveso, il faut vérifier la masse de combustible de catégorie C stocké :
- La partie fioul lourd du parc à fioul n'est pas soumise au 10 mai 2000 (liquide inflammable catégorie D non soumis).
- La quantité de fioul domestique stocké dans cette configuration est de 1630 m^3 + 540 m^3 =2170 m^3, soit 2170m^3 *880kg/m^3 = 1910 t, cette valeur étant inférieure au seuil de 2500t **la centrale en fonctionnement fioul lourd n'est donc pas soumise au classement Seveso**.

- Fonctionnement au fioul domestique (FOD) :

Réservoirs de fioul domestique : 3 de 8480 m^3 bridé à 3960 m^3 et 2 de 310 m^3.

Soit → $C_{\text{équivalente totale}} = (3*3960 + 2*310) / 5 = 2500\ m^3$

La capacité équivalente totale étant supérieure à 100 m^3 **l'établissement est soumis à autorisation ICPE sous la rubrique 1432-2.**

Pour savoir si celui-ci est classée Seveso il faut vérifier la masse de combustible de catégorie C stocké :
Le fioul domestique stocké dans cette configuration est 3*3960 m^3 +2*310 m^3 =12 500m^3, soit 12 500m^3 *880kg/m^3 = 11000 t, cette valeur étant supérieure au seuil de 2500t, mais inférieur au seuil de 25000t, la centrale en fonctionnement fioul domestique est donc **classée Seveso seuil bas.**

6.3 Conséquences réglementaires associées

Le passage d'un régime ICPE d'autorisation dite Seveso « seuil bas » n'entraîne pas de modification particulière d'un point de vue risques industriels. En effet, l'arrêté du 10 mai 2000 « relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation » qui est imposé (dans le cas Seveso seuil bas) est déjà mis en œuvre par EDF lorsque l'installation est seulement à autorisation.
A noter que le fonctionnement au FOD de la centrale fait passer à un classement Seveso dit « seuil bas », pour lequel il n'y a pas de servitudes associées, contrairement à une installation Seveso « seuil haut ».

Note d'étude D.HC.0.000.PPPP.NE.E.0555	Ind. C	Annexes
Etude comparative entre le FO2 et le FOD, d'un point de vue risques industriels, dans le cadre de la construction de la nouvelle centrale thermique à Lucciana (Haute Corse)		

ANNEXE 1 : Fiche de Données de Sécurité - FO2

Note d'étude D.HC.0.000.PPPP.NE.E.0555	Ind. C	Annexes
Etude comparative entre le FO2 et le FOD, d'un point de vue risques industriels, dans le cadre de la construction de la nouvelle centrale thermique à Lucciana (Haute Corse)		

ANNEXE 2 : Fiche de Données de Sécurité - FOD

Note d'étude D.HC.0.000.PPPP.NE.E.0555	Ind. C	Annexes
Etude comparative entre le FO2 et le FOD, d'un point de vue risques industriels, dans le cadre de la construction de la nouvelle centrale thermique à Lucciana (Haute Corse)		

ANNEXE 3 : Cartographies des phénomènes dangereux boil-over « classique » et « couche mince »