

RAPPORT D'ÉTUDE

14 / 03 / 2014

Réf. : DRA-14-141478-03176A

**Feux industriels de liquides**

**Partie A**



## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
1.1 Définition.....	3
1.2 Démarche observée .....	3
<b>2. ACCIDENTOLOGIE : DESCRIPTIF D'ACCIDENTS CARACTERISTIQUES..</b>	<b>5</b>
2.1 Démarche .....	5
2.2 Analyse de l'accidentologie.....	5
2.2.1 Feux de nappe, incendies consécutifs à un débordement .....	6
2.2.2 Stockages de solvants .....	8
<b>3. ESTIMATION DES CONSEQUENCES D'UN INCENDIE DE FEU DE LIQUIDE</b> <b>.....</b>	<b>9</b>
3.1 Caractérisation de la géométrie de la flamme.....	9
3.1.1 Surface de la base de flamme : notion de diamètre équivalent.....	9
3.1.2 Cas d'un rejet dans une cuvette de rétention circulaire.....	9
3.1.3 Cas d'un rejet dans une cuvette de rétention non circulaire.....	10
3.1.4 Cas d'un rejet en champ libre.....	10
3.1.5 Remarques relatives au diamètre équivalent .....	11
3.2 Hauteur de la flamme .....	11
3.2.1 Débit massique surfacique de combustion.....	11
3.2.2 Remarques relatives à la détermination du débit massique surfacique de combustion.....	15
3.3 Corrélations pour le calcul de la hauteur de flammes ( <i>H</i> ) .....	16
3.3.1 Corrélation de Thomas [8].....	16
3.3.2 Corrélation de Moorhouse [12].....	17
3.3.3 Corrélation de Stewart [26].....	17
3.3.4 Corrélation de Zukoski [27] .....	18
3.3.5 Corrélation de Cox et Chitty [28] .....	18
3.3.6 Corrélation de Heskestad [9].....	19
3.3.7 Grands feux de nappe.....	19
3.3.8 Conclusions sur le calcul de la hauteur de flammes .....	19
3.4 Effets dus au vent.....	20
3.4.1 Inclinaison de la flamme.....	21

3.4.2	Diminution de la hauteur moyenne de flamme .....	22
3.4.3	Elargissement de la base de la flamme.....	23
3.4.4	Conclusions relatives aux effets dus au vent .....	24
3.5	Pouvoir émissif de la flamme .....	25
3.5.1	Importance de la fraction radiative .....	25
3.5.2	Estimation du pouvoir émissif.....	27
3.5.3	Conclusions relatives à la détermination du pouvoir émissif de la flamme.....	29
<b>4.</b>	<b>OUTILS DE CALCUL DEVELOPPES PAR L'INERIS.....</b>	<b>31</b>
4.1	Outil FNAP.....	31
4.1.1	Champ d'application de FNAP .....	31
4.1.2	Modèles utilisés par FNAP .....	32
4.1.2.1	Diamètre équivalent.....	32
4.1.2.2	Débit masse surfacique de combustion .....	32
4.1.2.3	Hauteur des flammes.....	32
4.1.2.4	Pouvoir émissif des flammes .....	32
4.1.2.5	Transmissivité atmosphérique .....	33
4.1.2.6	Positionnement de la cible .....	33
4.1.3	Mise en œuvre de l'outil : comparaison avec des valeurs issues de l'expérimentation .....	34
4.2	Outil de calcul de la Circulaire DPPR/SEI2/AL- 06- 357 du 31/01/07 .....	37
4.2.1	Hypothèses et corrélations du modèle de la Circulaire .....	37
4.2.2	Comparaison avec les autres modèles .....	40
4.2.3	« Validation » expérimentale.....	42
<b>5.</b>	<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES D'AMELIORATION DES OUTILS DE CALCUL.....</b>	<b>45</b>
<b>6.</b>	<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>47</b>
<b>7.</b>	<b>REFERENCES.....</b>	<b>49</b>
<b>8.</b>	<b>LISTE DES ANNEXES.....</b>	<b>53</b>

## **1. INTRODUCTION**

### **1.1 DEFINITION**

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

Les dimensions et la géométrie de la nappe peuvent être tout à fait variables. Il convient ainsi de distinguer :

- Les feux de réservoir : le feu est alors contenu dans une enceinte dont la surface est déterminée par les dimensions du réservoir ;
- Les feux de cuvette (de rétention) : l'extension de la nappe peut alors 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 alors 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 susceptibles de se liquéfier sous l'effet de la chaleur (ex. certains plastiques, bitumes..).

De plus, le domaine d'application défini ci-dessus peut être étendu, dans une certaine mesure, aux liquides ou aux solides fusibles stockés à l'intérieur de bâtiments, tels que des entrepôts par exemple. Dans une telle configuration, le comportement de la flamme peut être significativement modifié par la présence de structures matérielles. Par ailleurs, l'apport d'oxygène, indispensable à la combustion, peut être limité en milieu confiné.

### **1.2 DEMARCHE OBSERVEE**

La démarche adoptée pour ce présent rapport consacré à l'étude du phénomène de « feu de nappe » est décrite ci-après :

- chapitre 2 : Accidentologie : descriptif d'accidents caractéristiques,
- chapitre 3 : Estimation des conséquences d'un incendie de feu de liquide,
- chapitre 4 : Modèles développés par l'INERIS et comparaison avec d'autres modèles ainsi qu'avec des résultats expérimentaux



## **2. ACCIDENTOLOGIE : DESCRIPTIF D'ACCIDENTS CARACTERISTIQUES**

### **2.1 DEMARCHE**

D'une manière générale, l'analyse des accidents passés est souvent riche d'enseignements. Elle permet de mettre en évidence les éléments caractéristiques d'un phénomène accidentel et particulièrement :

- les conditions d'occurrence,
- le type de produits impliqués,
- l'installation en question et son environnement.

L'objet de ce chapitre est de présenter une synthèse de l'analyse d'accidents de type « feu de nappe » effectuée à partir des données disponibles.

La base de données utilisée a été constituée au fur et à mesure des travaux réalisés par l'INERIS dans le domaine des feux de nappe.

Elle provient essentiellement :

- d'articles et de photos parus dans les revues spécialisées tels que Fire Prevention, Face au risque, Le Sapeur-Pompier, etc...
- de listes d'accidents extraites de la base de données ARIA du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles du MEDDE). Les listes de la base ARIA sont disponibles dans les annexes 1 à 3. Les numéros figurant dans les synthèses à suivre font référence aux accidents répertoriés dans ces annexes.

Dans le cadre du présent rapport, seuls les documents les plus pertinents ont été exploités.

### **2.2 ANALYSE DE L'ACCIDENTOLOGIE**

Les deux thèmes suivants ont fait l'objet d'une interrogation de la base de données ARIA du BARPI :

- les feux de nappes ou incendies résultant d'un débordement : principalement feux de bacs ou de cuvettes concernant des hydrocarbures,
- les incendies concernant les stockages de solvants.

Ce paragraphe a pour objectif de décliner les éléments généraux de l'accidentologie relevés à partir de l'analyse des accidents passés.

### 2.2.1 FEUX DE NAPPE, INCENDIES CONSECUTIFS A UN DEBORDEMENT

L'interrogation de la base ARIA sur le sujet très général des feux de nappe a donné lieu à l'émission d'un recueil d'accidents concernant essentiellement des raffineries ou dépôts d'hydrocarbures (carburants, solvants, pétrole, fuel, gasoil, etc.). Les dépôts d'hydrocarbures sont naturellement identifiés comme des installations particulièrement concernées par le phénomène de feu de nappe.

Les principales conséquences observées de manière récurrente sont :

- la pollution des eaux de surface ainsi que la contamination des sols, voire des eaux souterraines,
- plus rarement, des blessés ou des morts.

Les 17 accidents répertoriés par la base ARIA , sur une période de 1955 à aujourd'hui (liste disponible en Annexe 1) concernent des feux de grande ampleur survenus sur le territoire français ou européen. Les enseignements directement exploitables sont reportés ci-après :

1. Concernant les causes identifiées, il convient de noter que:

- la malveillance a été à l'origine du sinistre de manière récurrente,
- l'épandage accidentel de combustible est survenu de manière récurrente suite à une fuite sur des équipements de transferts :
  - pompe (n°4998),
  - raccord de ligne de vidange (n°2914),
  - vanne (n°10120),
  - canalisation (n°8623),
  - regard de purge (n°3396).
- le surremplissage d'une capacité a été à l'origine d'un accident (n°16828),
- les sources d'inflammation du combustible peuvent être de nature diverse :
  - moteur électrique (n°7500),
  - travaux de soudage (n°3396, 9598),
  - étincelle (n°16828),
  - foudre et mauvaise équipotentialité (n°8183, 5959).



2. D'un point de vue factuel, les éléments suivants ont été relevés :

- des feux de bac ont été à l'origine de Boil Over (cas n°6051 et 6077), conduisant à un feu généralisé à l'ensemble de la cuvette ainsi qu'à la ruine par effet domino des autres réservoirs,
- dans certains cas, la ruine d'un réservoir suite à une explosion aérienne a conduit à la création d'une « vague » de combustible enflammé qui a submergé le merlon et propagé l'incendie au-delà de la cuvette,
- d'une manière générale, seuls quelques éléments descriptifs pertinents sont disponibles, et parmi eux :
  - « des flammes de 10 m de haut » relativement à l'épandage du contenu d'un camion citerne (n°4763),
  - « un incendie de taille gigantesque » (n°9598),
  - « des vagues de feu de 10 m » (n°12507),
  - « un rayonnement très fort » (n°16828),
  - « des fumées noires » (n°16828) et « une colonne de fumées qui s'élève à 1200 m » (n°10120).

3. Les facteurs pouvant être qualifiés d'« aggravants » sont :

- l'absence de capacités de rétention (n°6051),
- une cuvette commune à plusieurs bacs, voire à tout un dépôt (n°3610, 10120, 8183),
- l'alimentation continue du feu en combustible par la non fermeture des vannes, résultant d'un dysfonctionnement (n°7500) ou d'une erreur humaine associée à un défaut de conception du système de sécurité (n°3396),
- l'entraînement des hydrocarbures enflammés par les eaux d'extinction, facilitant la propagation de l'incendie (n°5959).

4. En ce qui concerne la gravité de tels événements, les comptes-rendus des accidents passés font part de victimes chez les pompiers ou le personnel de l'installation et d'importants dommages matériels sur l'installation ou sur l'environnement proche (habitations voisines, végétation, points d'eau, cours d'eau ou station d'épuration pollués, sols souillés par les hydrocarbures, pollution atmosphérique...).

Enfin, dans la plupart des cas relevés dans cette liste, la durée des accidents est relativement longue. La lutte et l'extinction des feux de cuvette ou de bac sont des opérations souvent difficiles qui se chiffrent en plusieurs dizaines d'heures (n°2838, 3610, 6077, 7500 par exemple) voire quelques jours (n°8183, 9598, 16828).

### 2.2.2 STOCKAGES DE SOLVANTS

La liste des accidents dont une synthèse est présentée ci-dessous est disponible en Annexe 2. Les numéros figurant entre parenthèses se réfèrent directement à cette liste.

1. Les causes des accidents listés concernent principalement :
  - des étincelles produites par des travaux de soudure (n°476), par une ébarbeuse (n°6108), par une disqueuse (n°6985),
  - des erreurs de manutention provoquant la chute d'un bidon (n°4219) ou d'un fût (n°9040) suivie d'une inflammation au contact de matériel électrique, un chariot élévateur allumant des vapeurs inflammables (n°10168, 5793) ou perçant un fût (n°8702),
  - la malveillance (n°2659, 5518, 8983),
  - la foudre (n°9996),
  - une mauvaise maîtrise du procédé (n°2404), notamment lors des opérations de transfert de produits (pompage, remplissage de bidons),
  - une inflammation spontanée (n°14555) ou l'explosion d'un bidon à l'ouverture (n°3337).
2. En ce qui concerne les effets de ce type de sinistre, il convient de retenir que :
  - la propagation des incendies listés est souvent rapide, et ce d'autant plus qu'elle est attisée par un vent violent,
  - certains accidents relatés ont provoqué des dommages significatifs sur les bâtiments voisins de l'usine (n°765). En particulier, l'incendie a pu se propager à l'usine adjacente (n°14421), ou tout au moins à l'ensemble des ateliers d'une installation,
  - les systèmes de sécurité en place n'ont pas toujours eu l'efficacité prévue : « la présence d'un système de sécurité de type déluge n'a pu stopper le début d'incendie » (n°7485).
3. Enfin, deux événements apparaissent particulièrement instructifs pour la description du phénomène de feux de nappe.

Ainsi, pour ce qui concerne l'incendie ayant affecté un entrepôt de solvants à GRAULHET (81) le 25/08/92, des flammes de 50 mètres de haut ont été observées. Les fumées dégagées par l'incendie étaient visibles à plus de 10 km. Enfin, un périmètre de sécurité de 500 m autour de l'établissement a dû être installé.

Un incendie sur ce type stockage, survenu en Belgique le 6/04/1993, s'est caractérisé par des boules de feu de 100 mètres de diamètre, une colonne de fumée de 100 m de haut ont pu être observées et des projections de fûts à 50 m.

### **3. ESTIMATION DES CONSEQUENCES D'UN INCENDIE DE FEU DE LIQUIDE**

Ce paragraphe présente une synthèse de corrélations et de lois empiriques usuelles permettant d'évaluer simplement les différents paramètres à prendre en compte pour l'application du modèle de la flamme solide. Il convient de rappeler d'une part, qu'il ne s'agit aucunement d'une liste exhaustive et d'autre part, que le parti a été pris de proposer diverses approches possédant chacune des domaines d'application spécifiques.

#### **3.1 CARACTERISATION DE LA GEOMETRIE DE LA FLAMME**

Dans le modèle de la flamme solide, la flamme est assimilée à un volume de géométrie simple (cylindre vertical, parallélépipède rectangle, cône) aux propriétés variables ou homogènes (notamment au niveau des paramètres tels que la géométrie et le pouvoir émissif de la flamme).

Pour caractériser la géométrie de la flamme, il est indispensable de déterminer entre autres :

- la surface de la base de la flamme,
- sa hauteur  $H$ ,
- si nécessaire, les effets dus à l'action du vent.

##### **3.1.1 SURFACE DE LA BASE DE FLAMME : NOTION DE DIAMETRE EQUIVALENT**

En fonction des conditions de rejet du combustible, des caractéristiques du terrain et de la présence éventuelle de cuvettes de rétention, la surface occupée par la nappe peut prendre des géométries diverses. Pour l'application des corrélations visant à déterminer notamment la hauteur de flamme, il est d'usage de se ramener à une surface circulaire dont le diamètre est défini comme le *diamètre équivalent*, représentatif du comportement de la flamme. Ce paramètre n'est a priori utile que pour l'emploi de ces corrélations. Une définition sera fournie en fonction des différents cas étudiés.

##### **3.1.2 CAS D'UN REJET DANS UNE CUVETTE DE RETENTION CIRCULAIRE**

Dans le cas d'une nappe se développant dans une cuvette de rétention circulaire, le diamètre équivalent peut être assimilé au diamètre de la cuvette pour peu que les conditions suivantes soient respectées :

- la quantité de liquide rejetée est suffisante pour occuper toute la surface de la cuvette,
- la cuvette de rétention est capable de retenir la majeure partie du liquide et ainsi limiter les risques de débordements, par effets de vague par exemple,
- la tenue mécanique de la cuvette de rétention est assurée durant toute la durée du rejet et de l'incendie.

### 3.1.3 CAS D'UN REJET DANS UNE CUVETTE DE RETENTION NON CIRCULAIRE

Pour un feu de cuvette non circulaire, le diamètre équivalent,  $D_{eq}$ , peut être estimé par la formule suivante :

$$D_{eq} = 4 \times \frac{\text{Surface de la cuvette}}{\text{Périmètre de la cuvette}} \quad (1)$$

Cependant, ce diamètre équivalent peut ne pas être représentatif des caractéristiques du feu, en particulier dans le cas d'une cuvette rectangulaire de forme allongée, dont le rapport entre la longueur et la largeur est supérieur à 2 [26]. Pour une telle configuration, il est souvent plus pertinent de retenir la plus petite des dimensions caractéristiques de la cuvette afin d'estimer le diamètre équivalent du feu.

### 3.1.4 CAS D'UN REJET EN CHAMP LIBRE

Lorsque la quantité de combustible rejetée est insuffisante pour occuper toute la surface de la cuvette de rétention ou si le rejet n'a pas lieu dans une cuvette, la nappe tend à occuper la surface maximale pouvant être couverte en fonction des conditions de rejet, des caractéristiques topographiques et météorologiques et des conditions d'inflammation. Il convient ainsi de distinguer le cas d'un épanchement continu ou instantané.

Dans le cas de la ruine totale d'un réservoir (épanchement instantané), la taille de la flaque augmente régulièrement jusqu'à atteindre un diamètre maximal, fonction notamment des caractéristiques de la substance, du terrain et des conditions ambiantes. Le diamètre de la flaque décroît ensuite au fur et à mesure de la combustion. Ce type d'accident survient lors de la rupture rapide d'un réservoir, laissant échapper la totalité de son contenu liquide en un temps très court. Dans une approche prudente, il peut être jugé pertinent de prendre le diamètre maximal d'étalement comme diamètre équivalent du feu.

Dans le cas d'une fuite continue pour laquelle l'inflammation survient dans les premiers instants du rejet, la taille de la flaque augmente jusqu'à l'équilibre entre le débit de combustion et le débit d'alimentation de la flaque en combustible. C'est le type d'accident qui se produit lors de la rupture d'une canalisation véhiculant un combustible liquide ou lors de la fissuration d'un réservoir. Le diamètre équivalent peut alors être défini à partir de la formule suivante :

$$D_{eq} = 2 \sqrt{\frac{Q_{epanch}}{\pi v}} \quad (2)$$

Avec  $Q_{epanch}$  : débit volumique de combustible ( $m^3/s$ )  
 $v$  : vitesse de régression (m/s)

Lorsque l'inflammation ne peut survenir avant la fin du rejet, le diamètre équivalent peut être défini comme le diamètre maximal d'étalement de la nappe, dans une approche prudente.

### 3.1.5 REMARQUES RELATIVES AU DIAMETRE EQUIVALENT

Pour le modèle de la flamme solide, la notion de diamètre équivalent intervient essentiellement dans les corrélations visant à déterminer la hauteur ou le pouvoir émissif de la flamme. Ainsi, il est possible d'assimiler la flamme à un parallépipède rectangle ou à un cylindre pour la suite des calculs faisant intervenir le facteur de forme notamment.

Dans la suite du document, le diamètre équivalent sera noté  $D$  pour des raisons de commodité d'écriture.

## 3.2 HAUTEUR DE LA FLAMME

La hauteur de flamme associée à un feu de nappe peut être estimée grâce à des corrélations établies à partir d'essais ou de données disponibles dans la littérature. En règle générale, ces dernières font intervenir la notion de débit masse surfacique de combustion ( $\text{kg}/(\text{m}^2\text{s})$ ), noté  $m''$ .

### 3.2.1 DEBIT MASSIQUE SURFACIQUE DE COMBUSTION

Le **débit masse de combustion par unité de surface**,  $m''$ , représente la quantité de combustible participant à l'incendie par unité de temps et de surface de combustible au sol.

Il peut ainsi être associé à la vitesse de combustion ou vitesse de régression linéaire de la nappe<sup>1</sup>,  $v$  (m/s), qui est définie comme la vitesse de diminution de l'épaisseur d'une nappe soumise à un incendie. La formule suivante relie ces deux grandeurs physiques :

$$m'' = \rho \times v \quad (3)$$

où  $m''$  : débit masse surfacique de combustion ( $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$ )

$\rho$  : masse volumique du combustible ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$v$  : vitesse de régression de la nappe (m/s)

Le débit masse surfacique de combustion dépend naturellement des propriétés physico-chimiques de la substance combustible, mais également du diamètre de la flaque et de l'alimentation du feu en oxygène.

De manière générale, le débit masse surfacique de combustion tend vers une valeur constante pour des diamètres de feux importants (Mudan, [5]). Ce constat est d'ailleurs corrélé par les travaux de Blinov et Kyudyakov [32] dont la Figure 1 est extraite. Cette dernière présente l'évolution de la vitesse de combustion en fonction du diamètre pour différents produits.

---

<sup>1</sup> La notion de vitesse de régression linéaire est plus particulièrement utilisée dans l'industrie pétrolière.

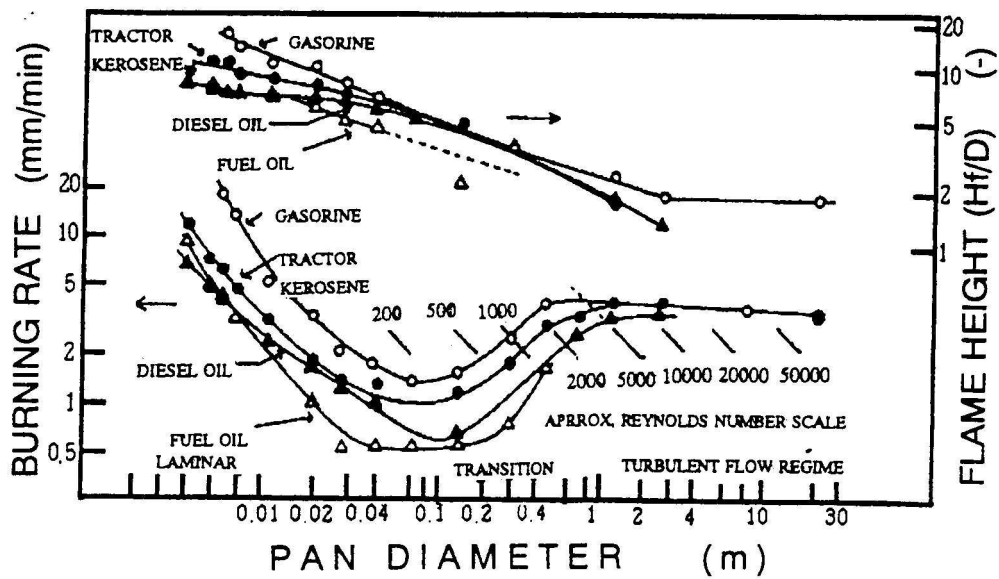


Figure 1 : Evolution de la vitesse de combustion en fonction du diamètre pour différents produits [32]

Afin d'estimer la valeur du débit masse surfacique de combustion, Babrauskas [1] propose la corrélation suivante :

$$m'' = m''_{\infty} (1 - \exp^{-k \cdot \beta \cdot D}) \quad (4)$$

avec  $m''_{\infty}$  : débit masse surfacique pour une nappe de taille infinie ( $\text{kg/m}^2\text{s}$ )

$k\beta$  : coefficient d'extinction de la nappe ( $\text{m}^{-1}$ )

$D$  : diamètre équivalent de la nappe (m)

Cette formule est cohérente avec les observations expérimentales citées ci-dessus dans la mesure où pour de grands diamètres, le débit masse surfacique de combustion tend vers une valeur fixe,  $m''_{\infty}$ .

**Pour les alcools de faible masse moléculaire**, Babrauskas propose d'utiliser la formule suivante :

$$m'' = m''_{\infty} \quad \text{pour } D \geq 0,2 \text{ m} \quad (5)$$

Cette relation a été obtenue à partir de feux de petite taille (inférieure à  $1 \text{ m}^2$ ).

Son domaine de validité ainsi que celui des valeurs numériques proposées est donc relativement limité.

Les essais menés par le GESIP [31] tendent à montrer que, dans le cas de l'éthanol, l'approche de Babrauskas revient à sous-estimer fortement le débit masse surfacique de combustion. Les valeurs relevées lors de ces essais seraient de l'ordre de  $60 \text{ g/m}^2\text{s}$  pour des feux de diamètre supérieur ou égal à  $10 \text{ m}$ .

En ce qui concerne les autres types de produits, la corrélation de Babrauskas donne un ordre de grandeur globalement correct pour le débit masse surfacique de combustion.

Elle nécessite toutefois de connaître les valeurs de  $m_{\infty}''$  et  $(k\beta)$ , déterminées à partir d'essais sur des bacs de différents diamètres et de techniques mathématiques d'ajustement de courbes.

Le Tableau 1, proposé par Babrauskas [1], présente une série de valeurs pour divers produits.

Ce tableau présente notamment des valeurs relatives aux gaz liquéfiables. Il peut paraître a priori surprenant de retrouver cette catégorie de combustibles dans le cadre de l'étude de feux de nappe, compte tenu de leur point d'ébullition particulièrement bas. Il convient cependant de souligner que les nappes de gaz liquéfiables correspondent bien à une réalité physique. Ainsi, Minzer et Eyre [4], entre autres, ont réalisé des essais sur des feux de nappe impliquant des GPL ou des GNL. En condition accidentelle, la formation de nappe de gaz liquéfiables peut être observée pour des rejets associés à des stockages cryogéniques ou dans des conditions de rejet particulières pour ce qui concerne des stockages sous pression.

Nature combustible	du	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	Δh <sub>v</sub> (kJ/kg)	Δh <sub>c</sub> (MJ/kg)	m <sub>∞</sub> '' (kg/m <sup>2</sup> .s)	kβ (m <sup>-1</sup> )	k (m <sup>-1</sup> )	T <sub>f</sub> (K)	X <sub>f</sub> <sup>(c)</sup> (-)
<b>Gaz liquéfiables</b>									
H <sub>2</sub> liquide		70	442	120,0	0,017 (±0,001)	6,1 (±0,4)	-	1600	0,25
Gaz naturel liquéfié (fréquemment CH <sub>4</sub> )		415	619	50,0	0,078 (±0,018)	1,1 (±0,8)	0,5	1500	0,16-0,23
Gaz de pétrole liquéfié (fréquemment C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )		585	426	46,0	0,099 (±0,009)	1,4 (±0,5)	0,4	-	0,26
<b>Alcools</b>									
Méthanol (CH <sub>3</sub> OH)		796	1195	20,0	0,017 ???	a	-	1500	0,17-0,20
Ethanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)		794	891	26,8	0,015 ???	a	0,4	1490	0,20
<b>Combustibles organiques classiques</b>									
Butane (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )		573	362	45,7	0,078 (±0,003)	2,7 (±0,3)	-	-	0,27-0,30
Benzène (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )		874	484	40,1	0,085 (±0,002)	2,7 (±0,3)	4,0	1460	0,14-0,38
Hexane (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )		650	433	44,7	0,074 (±0,005)	1,9 (±0,4)	-	1300	0,20-0,40
Heptane (C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> )		675	448	44,6	0,101 (±0,009)	1,1 (±0,3)	-	-	
Xylènes (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )		870	543	40,8	0,090 (±0,007)	1,4 (±0,3)	-	-	
Acétone (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O)		791	668	25,8	0,041 (±0,003)	1,9 (±0,3)	0,8	-	
Dioxane (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> )		1035	552	26,2	0,018 <sup>b</sup>	5,4 <sup>b</sup>	-	-	
Diéthyl éther (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O)		714	382	34,2	0,085 (±0,018)	0,7 (±0,3)	-	-	
<b>Hydrocarbures</b>									
Ether de pétrole		740	-	44,7	0,048 (±0,002)	3,6 (±0,4)	-	-	
Essence		740	330	43,7	0,055 (±0,002)	2,1 (±0,3)	2,0	1450	0,18
Kérosène		820	670	43,2	0,039 (±0,003)	3,5 (±0,8)	2,6	1480	0,35
JP-4		760	-	43,5	0,051 (±0,002)	3,6 (±0,1)	-	1250	
JP-5		810	700	43,0	0,054 (±0,002)	1,6 (±0,3)	0,5	1250	
Huile pour transformateur		760	-	46,4	0,039 <sup>b</sup>	0,7 <sup>b</sup>	-	1500	
Fioul lourd		940-1000	-	39,7	0,035 (±0,003)	1,7 (±0,6)	-	-	
Brut		830-880	-	42,5-42,7	0,022-0,045	2,8 (±0,4)	-	-	0,18

(a) – Valeur indépendante du diamètre pour un régime turbulent. Attention, Formule non adaptée aux alcools

(b) – Seulement deux données disponibles.

(c) – Pour des diamètres d'environ 1 m. Valeurs à minorer dans les cas de petits ou très grands diamètres.

Tableau 1 : Paramètres permettant d'estimer le débit masse surfacique de combustion (Données de Babrauskas [1]).



Il est clair que les valeurs de  $m_{\infty}''$  et  $(k\beta)$  ne sont pas toujours disponibles pour un produit donné.

Cependant, conformément aux observations expérimentales relayées par la formule proposée par Babrauskas, il est raisonnable d'assimiler le débit masse surfacique de combustion au débit obtenu pour une nappe de taille infinie, pour des diamètres de nappe importants (supérieur à une vingtaine de mètres).

Ce dernier, noté  $m_{\infty}''$ , peut être estimé grâce à la corrélation proposée par Bürgess et al [3]

$$m_{\infty}'' = 10^{-3} \cdot \frac{\Delta H_c}{\Delta H_v^*} \quad (6)$$

avec  $\Delta H_c$  : chaleur de combustion par unité de masse (kJ/kg)

$$\Delta H_v^* = \Delta H_v + \int_{T_0}^{T_b} Cp dT \quad (\text{kJ/kg})$$

$\Delta H_v$  : chaleur de vaporisation au point d'ébullition (kJ/kg)

$T_b$  : température d'ébullition (°K)

$T_0$  : température ambiante (°K)

$Cp$  : chaleur spécifique (kJ/kg.K)

L'application de cette formule n'est pas toujours chose aisée compte tenu des paramètres d'entrée qu'elle nécessite. Les corrélations présentées ci-dessous sont essentiellement adaptées à des **corps liquides**.

### 3.2.2 REMARQUES RELATIVES A LA DETERMINATION DU DEBIT MASSIQUE SURFACIQUE DE COMBUSTION

Le débit masse surfacique de combustion est un paramètre fondamental pour la caractérisation de la flamme associée à un feu de nappe.

La corrélation de Babrauskas permet de donner un ordre de grandeur vraisemblable du débit masse surfacique de combustion pour la plupart des substances courantes. Elle nécessite cependant de connaître deux paramètres,  $m_{\infty}''$  et  $(k\beta)$ , déterminés expérimentalement. En ce sens, l'approche de Bürgess et al apparaît comme complémentaire puisqu'elle permet de déterminer le débit masse surfacique de combustion pour une nappe infinie.

Par ailleurs, les essais menés par le GESIP ont montré que la corrélation de Babrauskas n'était pas applicable aux cas de feux d'alcools de diamètre important, le débit massique surfacique de combustion étant alors fortement sous-estimé. Ce point pose clairement le problème de l'échelle à partir de laquelle les corrélations ont été établies. Aussi, il conviendra de rester prudent quant à l'exploitation directe de résultats expérimentaux obtenues à l'échelle du laboratoire et le cas échéant, de faire intervenir un facteur d'échelle afin d'ajuster les débits mesurés au cas à modéliser. Par ailleurs, des travaux menés par Chivas & al. [35] ont montré qu'une approche avec le calorimètre de Tewarson serait capable de prendre en compte ce facteur d'échelle entre l'échelle du laboratoire et la moyenne échelle en modulant soit la concentration d'oxygène soit le flux incident sur l'échantillon.

Le débit masse surfacique de combustion tel que défini au paragraphe 3.2.1, représente la quantité de combustible participant à l'incendie par unité de temps et de surface de combustible au sol. Ainsi, ce paramètre permet, dans une certaine mesure, d'estimer l'ordre de grandeur de la durée de l'incendie de manière simple :

$$T = \frac{M}{m'' \times S} \quad (7)$$

avec  $T$  : temps estimé de l'incendie,

$M$  : masse totale de combustible participant à l'incendie (kg),

$m''$  : débit masse surfacique de combustion (kg/(m<sup>2</sup>s))

$S$  : surface au sol de combustible (m<sup>2</sup>)

Bien entendu, il s'agit ici d'un calcul purement théorique, qui suppose le régime maximal de combustion rapidement établi. Cette approximation peut être raisonnable dans le cas d'un feu de nappe impliquant un combustible liquide.

### 3.3 CORRELATIONS POUR LE CALCUL DE LA HAUTEUR DE FLAMMES ( $H$ )

Les principales corrélations, développées à partir d'essais et décrites dans la littérature, sont présentées ci-dessous.

#### 3.3.1 CORRELATION DE THOMAS [8]

Dans des situations sans vent, la hauteur de flammes d'un feu de nappe peut être calculée à partir de la corrélation de Thomas, obtenue à partir de feux de bûchers de bois. Elle reste valide pour les feux dont le rapport  $H/D$  reste compris entre 3 et 10. Cette corrélation est d'un usage répandu et est souvent extrapolée faute de mieux à des incendies d'hydrocarbures par exemple.

$$H = 42 \times D \cdot \left( \frac{m''}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot D}} \right)^{0,61} \quad (8)$$

avec  $m''$  : débit massique surfacique de combustion (kg/m<sup>2</sup>.s)

$\rho_a$  : masse volumique de l'air à température ambiante (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : accélération gravitationnelle (= 9,81 m/s<sup>2</sup>)

Notons ici que le terme  $\left(\frac{m''}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot D}}\right)$  peut également s'écrire comme suit :

$$\left(\frac{\rho_v \times v}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot D}}\right) = \frac{\rho_v}{\rho_a} \times \sqrt{Fr}$$

avec :  $Fr = \frac{v^2}{g \cdot D}$ , le nombre de Froude

$v$  : vitesse moyenne de combustion du liquide (m/s),

$\rho_v$  : masse volumique du combustible en phase liquide (kg/m<sup>3</sup>)

### 3.3.2 CORRELATION DE MOORHOUSE [12]

Cette corrélation a été établie, à partir d'essais réalisés, en l'absence de vent, sur des grands feux de gaz naturel liquéfié, dont le rapport H/D reste compris entre 1 et 3 :

$$H = 6,2 \times D \times \left(\frac{m''}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot D}}\right)^{0,254} \quad (9)$$

La remarque effectuée relativement à la corrélation de Thomas quant au nombre de Froude, reste ici encore valable.

### 3.3.3 CORRELATION DE STEWART [26]

Stewart propose la corrélation suivante tirée de données disponibles dans la littérature et d'essais sur des jets de gaz enflammés.

$$H = 14,73 \times D \times \left[ \frac{\omega \cdot (r + \frac{\omega}{\rho_0})}{(1 - \omega)^5} \right] \cdot \left[ \frac{m''}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot D}} \right]^{0,4} \quad (10)$$

avec  $\omega$  : expansion volumique inverse

$r$  : rapport stœchiométrique air/combustible

$\rho_0$  : masse volumique du combustible (kg/m<sup>3</sup>)

Pour le méthane, pour une hauteur H comprise entre 1 et 3 m, Stewart obtient l'expression simplifiée suivante :

$$H = 31,4 \times D \times \left[ \frac{m''}{\rho_a \cdot \sqrt{g \cdot D}} \right]^{0,4} \quad (11)$$

De la même manière que pour la corrélation de Thomas, le rapport H/D peut être directement relié au nombre de Froude,  $Fr$ .

### 3.3.4 CORRELATION DE ZUKOSKI [27]

Cette corrélation a été établie à partir de feux de gaz naturel de diamètre compris entre 10 et 50 cm. Afin d'estimer la hauteur de flamme associée à un feu de nappe, Zukoski introduit le paramètre  $Q^*$ , nombre sans dimension caractéristique de la flamme et défini comme suit :

$$Q^* = \frac{Q}{\rho_{\infty} C_p T_{\infty} \sqrt{g} D D^2} \quad (12)$$

avec :  $Q$  : puissance théorique libérée par la combustion (kW),

$\rho_{\infty}$  : masse volumique du gaz de référence, généralement l'air ambiant ( $\text{kg/m}^3$ ),

$C_p$  : chaleur spécifique du gaz de référence, généralement l'air ambiant ( $\text{kJ}/(\text{kg.K})$ ),

$T_{\infty}$  : température absolue du gaz de référence, généralement l'air ambiant (K),

$D$  : diamètre de la nappe (m),

$g$  : accélération de la pesanteur ( $\text{m/s}^2$ ).

La puissance théorique libérée par la combustion  $Q$  peut être estimée comme suit :

$$Q = \eta_{comb} \times m'' \times A \times \Delta H_c \quad (13)$$

avec :  $\eta_{comb}$  : rendement de la combustion

$A$  : aire de la base de la flamme ( $\text{m}^2$ ),

$\Delta H_c$  : chaleur de combustion ( $\text{kJ/kg}$ ).

Notons ici que le paramètre  $Q^*$  peut être relié au nombre de Foudre,  $Fr$ .

Zukoski propose alors les formules suivantes pour l'estimation de la hauteur de flamme

$$H/D = 40 (Q^*)^2 \text{ pour } Q^* < 0,15$$

$$H/D = 3.3 (Q^*)^{2/3} \text{ pour } 0,15 < Q^* < 1$$

$$H/D = 3.3 (Q^*)^{2/5} \text{ pour } 1 < Q^* < 40$$

### 3.3.5 CORRELATION DE COX ET CHITTY [28]

Cette corrélation a été établie à partir d'essais sur des feux de gaz naturel de base carrée de 45 et 60 cm de diamètre. Les formules proposées par Cox et Chitty font intervenir le paramètre  $Q^*$  défini ci-dessus.

$$H/D = 15.1 (Q^*)^2 \text{ pour } 0,13 < Q^* < 0,28$$

$$H/D = 3.2 (Q^*)^2 \text{ pour } 0,28 < Q^* < 0,55$$

Notons ici que, comme pour la corrélation de Zukoski, le rapport  $H/D$  peut être relié au nombre de Froude,  $Fr$ .

### 3.3.6 CORRELATION DE HESKESTAD [9]

C'est une corrélation relativement récente (1984). Elle possède le domaine de validité le plus important que ce soit en terme de produit ou de type de feu.

$$H = \left( -1,02 + 15,6 N^{\frac{1}{5}} \right) \times D \quad (14)$$
$$N = \frac{Cp_0 T_0}{g \Delta H_c} \left( \frac{\eta_{comb} m'}{\rho_a} \right)^2 \frac{r_s^3}{D^5}$$
$$r_s = 137,87 \frac{x + y/4 + z/2}{12x + y + 16z}$$

avec  $Cp_0$ : capacité calorifique du gaz de référence (air) (J/kg.K)

$T_0$ : température de l'air (K)

$r_s$ : rapport stœchiométrique air/combustible

$m'$ : débit de combustion (kg/s) ( $m' = m'' \times$  Surface de combustible au sol)

Cette relation est valable pour des valeurs de  $N$  comprises entre  $10^{-5}$  et  $10^{+5}$ , pour un hydrocarbure liquide de formule brute  $C_xH_yO_z$ . Le rendement  $\eta_{comb}$  tient compte du fait qu'une partie du produit ne participe pas à la combustion. D'après des mesures réalisées par Tewarson, cité par Drysdale [10], ce rendement peut varier entre 0,35 et 0,99, avec une valeur moyenne de 0,7.

En revanche, Bagster et Pitblado [11] donnent une valeur plus élevée comprise entre 0,90 et 0,95. Il semble donc que le rendement ne peut pas être connu de façon précise, et que seul un ordre de grandeur est utilisable.

Heskestad propose une formule simplifiée qui constitue une approximation raisonnable de cette corrélation pour les combustibles les plus courants dans des conditions atmosphériques classiques.

$$H / D = -1,02 + 0,235 Q^{\frac{2}{5}} / D \quad (15)$$

avec  $Q$ : puissance dégagée par la combustion (kW) (voir Equation (13))

La corrélation d'Heskestad peut également être reliée au nombre de Froude,  $Fr$ .

### 3.3.7 GRANDS FEUX DE NAPPE

Des expériences réalisées sur des grands feux de nappe de kérosène, d'essence et de gazole (Hofmann [6]) ont montré que le rapport  $H/D$  tend vers la valeur constante égale à 1,7.

### 3.3.8 CONCLUSIONS SUR LE CALCUL DE LA HAUTEUR DE FLAMMES

En guise de premier constat, il convient de souligner qu'il existe de nombreuses corrélation visant à estimer la hauteur de flamme à partir des propriétés physico-

chimiques du combustible et du diamètre de nappe ; à ce titre, la liste présentée au paragraphe précédent ne se veut en aucun cas exhaustive.

Les corrélations relevées ci-avant nécessitent de connaître différents paramètres d'entrée tels que le débit masse surfacique de combustion, la puissance dégagée par l'incendie... Cependant, il a été relevé que l'ensemble de ces formules fait intervenir de manière plus ou moins directe le même paramètre, à savoir le nombre de Froude, noté *Fr*.

En définitive, ces corrélations se basent donc sur les mêmes hypothèses physiques et diffèrent principalement par :

- le degré d'information nécessaire à l'introduction des différents coefficients de la corrélation. A titre d'exemple, la corrélation d'Heskestad demande l'introduction de paramètres liés aux propriétés physico-chimiques du combustible tel que la chaleur de combustion, le rapport stœchiométrique de la réaction...
- la nature des produits combustibles pour lesquels les corrélations ont été établies,
- la plage de diamètre de nappe pour laquelle les corrélations ont été établies.

Il paraît ainsi difficile de juger de la pertinence relative de ces formules empiriques. Leur utilisation et leur extension à un domaine de validité plus large doivent être considérées de manière prudente et étudiée au cas par cas selon la famille de produit considéré.

En outre, la plupart de ces corrélations ont été établies pour des diamètres de feu restreints, de l'ordre de la dizaine ou de la vingtaine de mètres. En condition accidentelle, les diamètres de feu considérés peuvent être significativement plus importants et il existe en définitive peu de données relatives à des incendies de grande échelle. Dans de tels cas, un avis d'expert et les enseignements tirés du retour d'expérience sont souvent indispensables en vue d'estimer la hauteur de flamme associée à l'incendie considéré.

Rappelons enfin que pour ce qui concerne le modèle de flamme à deux zones décrit dans la partie commune du rapport, il convient naturellement de déterminer :

- la hauteur moyenne de la flamme,
- la hauteur de la zone de flamme dite « persistante ».

### **3.4 EFFETS DUS AU VENT**

De manière schématique, les effets associés à l'action du vent sur le comportement de la flamme sont :

- l'inclinaison de la flamme par rapport à la verticale,
- la modification de la hauteur moyenne de flamme (selon les vitesses de vent),
- l'élargissement de la base des flammes dans la direction du vent.

Il est clair que l'estimation de ces phénomènes est complexe compte tenu notamment du caractère intermittent du vent à l'échelle locale. Dans le cadre de ce document, il a été choisi de présenter quelques corrélations visant à caractériser simplement ces phénomènes.

### 3.4.1 INCLINAISON DE LA FLAMME

L'inclinaison de la flamme sera représentée par l'angle  $\theta$ , repéré par rapport à la verticale, conformément à la Figure 2.

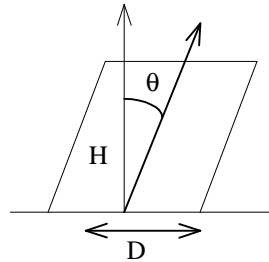


Figure 2 : Inclinaison de la flamme sous l'effet du vent

Cet angle peut être estimé à partir de la vitesse du vent grâce à la formule établie par l'American Gas Association (AGA), à partir de feux de gaz naturel [29]:

$$u^* = \frac{u_w}{\left(\frac{g m'' D}{\rho_a}\right)^{1/3}} \quad (16)$$

Si  $u^* < 1$  alors  $\cos \theta = 1$

Sinon

$$\cos(\theta) = \frac{1}{\sqrt{u^*}} \quad (17)$$

avec :  $u_w$  : vitesse du vent mesurée à une hauteur de 1.6 m

Welker et Sliepcevitch [15] proposent une autre corrélation, établie à partir d'essais sur des feux de combustibles liquides dont le diamètre n'excédait pas 60 cm.

$$\frac{\tan \theta}{\cos \theta} = 3,3 \left[ \frac{D u_w}{\nu} \right]^{0,07} \left[ \frac{u_w^2}{g D} \right]^{0,8} \left[ \frac{\rho_g}{\rho_a} \right]^{-0,6} \quad (18)$$

Avec :  $\nu$  : viscosité cinématique de l'air ( $m^2.s$ )

$\rho_g$ : masse volumique des vapeurs de combustibles à la température d'ébullition (pression atmosphérique) ( $kg/m^3$ )

D'après ses travaux sur des feux de produits celluloseux, Thomas [8] propose la corrélation suivante pour le calcul de l'angle d'inclinaison:

$$\cos \theta = 0,7 \left[ \frac{u_w}{\left( \frac{g m'' D}{\rho_a} \right)^{1/3}} \right]^{-0,49} \quad (19)$$

### 3.4.2 DIMINUTION DE LA HAUTEUR MOYENNE DE FLAMME

Les corrélations disponibles traduisent le fait que la hauteur moyenne de flamme est inversement proportionnelle à la vitesse du vent.

Ainsi, Thomas propose la corrélation suivante [14] :

$$H = 55 \times D \times \left[ \frac{m''}{\rho_a \cdot \sqrt{gD}} \right]^{0,67} \times u^{*-0,21} \quad (20)$$

Avec :  $u^* = u_w / u_c$  : vitesse adimensionnelle du vent

$u_w$  : vitesse du vent (m/s)

$$u_c = \left[ gD \frac{m''}{\rho_a} \right]^{1/3} : \text{vitesse caractéristique}$$

si  $u < u_c$ ,  $u^* = 1$

De même, les résultats expérimentaux sur LNG obtenus par Moorhouse [12] ont montré un comportement physique semblable à celui fourni par la corrélation de Thomas. Il propose ainsi de « corriger » sa corrélation sur la hauteur de flammes en introduisant un facteur supplémentaire dû au vent :

$$H = 6,2 \times D \times [m''_{ad}]^{0,254} \times [u_{10}^*]^{-0,044} \quad (21)$$

$$\text{et } m''_{ad} = \frac{m''}{\rho_a \cdot \sqrt{gD}}$$

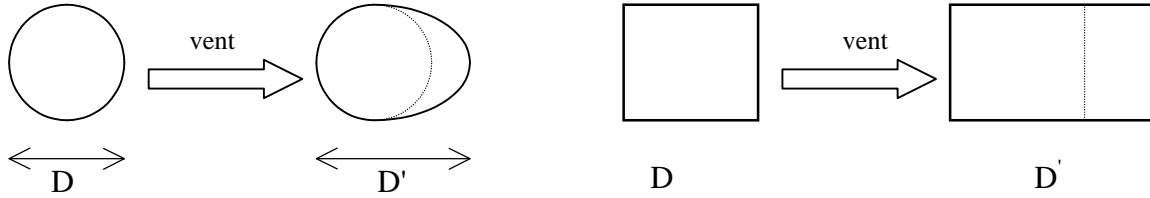
Avec  $u_{10}^*$  : vitesse adimensionnelle du vent à 10 m d'altitude

Suite à des mesures effectuées, il semble qu'en présence de vent la corrélation de Thomas donne des résultats légèrement meilleurs que celle de Moorhouse.



### 3.4.3 ELARGISSEMENT DE LA BASE DE LA FLAMME

Sous l'effet du vent, la base de la flamme a tendance à se déformer dans la direction imposée par le vent. Cet effet est représenté de manière tout à fait schématique dans la Figure 3.



Cas d'une nappe circulaire

Cas d'une nappe rectangulaire

Figure 3 : Elargissement de la base de la flamme sous l'effet du vent

Ce phénomène a été évalué par Welker et Sliepcevich [15]. Ainsi, le diamètre allongé de la base de la flamme,  $D'$ , est donné par :

$$D' = 2,1 \times D \times \left[ \frac{\rho_g}{\rho_a} \right]^{0,48} Fr^{0,21} \quad (22)$$

avec  $Fr$  : nombre de Froude défini en fonction de la vitesse du vent,  $u$  (m/s)

$$Fr = \frac{u^2}{g D}$$

$\rho_g$  : masse volumique des vapeurs de combustibles (kg/m<sup>3</sup>)

Moorhouse a proposé une autre corrélation basée sur des feux de LNG soumis à plusieurs vitesses de vent [12] :

$$D' = 1,5 \times D \times Fr_{10}^{0,069} \quad (23)$$

avec  $Fr_{10} = u_{10}^2 / D.g$  : nombre de Froude indice 10

$u_{10}$  : vitesse du vent à une hauteur de 10 m

Plus récemment, Mudan [5] en a généralisé l'expression à tous les hydrocarbures liquides.

$$D' = 1,25 \times D \times \left[ \frac{\rho_g}{\rho_a} \right]^{0,48} Fr_{10}^{0,069} \quad (24)$$

### **3.4.4 CONCLUSIONS RELATIVES AUX EFFETS DUS AU VENT**

Les effets sur la flamme dus au vent constituent un phénomène souvent difficile à estimer.

D'un point de vue pratique, il convient ainsi de relever les points suivants :

- Lorsque la vitesse du vent est très grande, la flamme a tendance à se fractionner et il y a lieu de faire intervenir un coefficient d'intermittence. Ce phénomène s'ajoute au caractère intermittent de la flamme, observé même en condition de vent faible.
- La convection induite par le vent constitue un facteur de dispersion de la température. Cette dispersion est difficilement appréciable simplement.
- Lorsque la vitesse du vent est faible et à grande distance du feu, l'inclinaison de la flamme a vraisemblablement une incidence très relative sur les flux radiatifs perçus au niveau du sol.
- Le vent perturbe non seulement la géométrie de la flamme mais également son comportement radiatif, en modifiant l'allure du panache des fumées. Le rabattement des fumées peut ainsi augmenter l'effet d'écran au rayonnement de la flamme.
- Le vent en lui-même est la plupart du temps un phénomène intermittent.

En définitive, la détermination des effets dus au vent sur le comportement de la flamme ne s'avère pas nécessaire pour une cible très éloignée de l'incendie, ce qui est généralement le cas lorsqu'il s'agit de déterminer des effets sur l'homme. Cependant, il convient de garder en mémoire entre autres les éléments suivants :

- L'inclinaison et l'élargissement de la base de la flamme peuvent constituer un facteur favorable en terme d'effet domino sur des équipements à proximité du feu.
- Le vent est un vecteur possible de la propagation de l'incendie (ex. transport de brandons incendiaires),
- Il y a lieu de relativiser les résultats obtenus dans le champ proche pour des effets strictement radiatifs.

### 3.5 POUVOIR EMISSIF DE LA FLAMME

Le pouvoir émissif de la flamme correspond à la quantité d'énergie rayonnée, par unité de surface de flamme et de temps. Dans la suite du document, ce paramètre sera noté  $\phi_0$  et exprimé en kW/m<sup>2</sup>.

#### 3.5.1 IMPORTANCE DE LA FRACTION RADIATIVE

Le pouvoir émissif peut être estimé par une approche énergétique simple en considérant la puissance surfacique rayonnée par la flamme comme une fraction de la puissance totale libérée par la combustion.

$$\phi_0 = \frac{\eta_r \cdot \phi_{comb}}{S_f} = \frac{\eta_r \cdot m'' \cdot A_{nappe} \cdot \Delta H_c}{S_f} \quad (25)$$

avec  $\eta_r$ : fraction radiative

$S_f$ : surface de la flamme (m<sup>2</sup>)

$\phi_{comb}$ : puissance thermique libérée par la combustion (kW)

$m''$ : débit masse de combustion (kg/s)

$A_{nappe}$ : Surface de la nappe au sol (m<sup>2</sup>)

$\Delta H_c$ : chaleur massique de combustion (kJ/kg)

La fraction radiative,  $\eta_r$ , traduit la perte d'une partie de la chaleur de la flamme par rayonnement. Il est clair que la fraction radiative est en général difficile à estimer et ce d'autant plus qu'elle varie en fonction du type de combustible et du diamètre de nappe considéré.

La Figure 4 présentée ci-dessous est extraite des travaux réalisés par Koseki [33] et décrit l'évolution de la fraction radiative en fonction du diamètre de nappe pour différents produits.

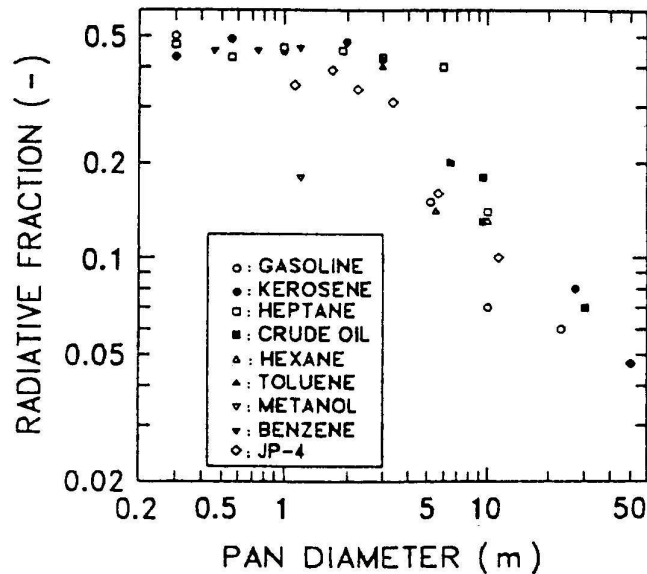


Figure 4 : Fraction radiative en fonction du diamètre de nappe (Koseki, [33])

La décroissance de la fraction radiative pour des hydrocarbures générant beaucoup de suies (kérosène, heptane..) peut s'expliquer par l'effet de masque du rayonnement par les fumées, dont la production augmente avec le diamètre du feu.

Concernant des feux de produits générant au contraire peu de suies comme les alcools, Koseki observe que ces derniers sont moins rayonnants pour de petits diamètres et suppose que la fraction radiative associée est peu influencée par le diamètre de la flamme.

D'une manière générale, ces essais montrent que la fraction radiative associée à des feux de nappe de grande taille est relativement faible (inférieure à 10 %).

Les difficultés à déterminer précisément la fraction radiative peuvent rendre l'application de l'approche énergétique (équation (25)) problématique.

Néanmoins, cette démarche indique que le pouvoir émissif de la flamme et la hauteur de flamme sont liés par la fraction radiative. Surestimer dans le même temps ces deux paramètres peut revenir à considérer une énergie thermique dont l'incendie ne dispose pas physiquement.

Aussi, les efforts lors de la modélisation doivent porter **sur l'estimation du couple ( Pouvoir émissif ; Hauteur de flamme )** et non sur chacun de ces paramètres pris séparément.

Afin d'illustrer l'importance de la fraction radiative dans le modèle de la flamme solide, le graphique suivant présente les distances d'effets à 3 et 5 kW/m<sup>2</sup> obtenues pour des couples (pouvoir émissif ; hauteur de flamme) correspondant à une même fraction radiative<sup>2</sup>.

Ces dernières sont globalement du même ordre de grandeur pour peu que les couples considérés soient réalistes.

---

<sup>2</sup> Les valeurs numériques figurant dans le graphique sont données à titre purement illustratif, le principal résultat étant l'allure générale de la courbe.

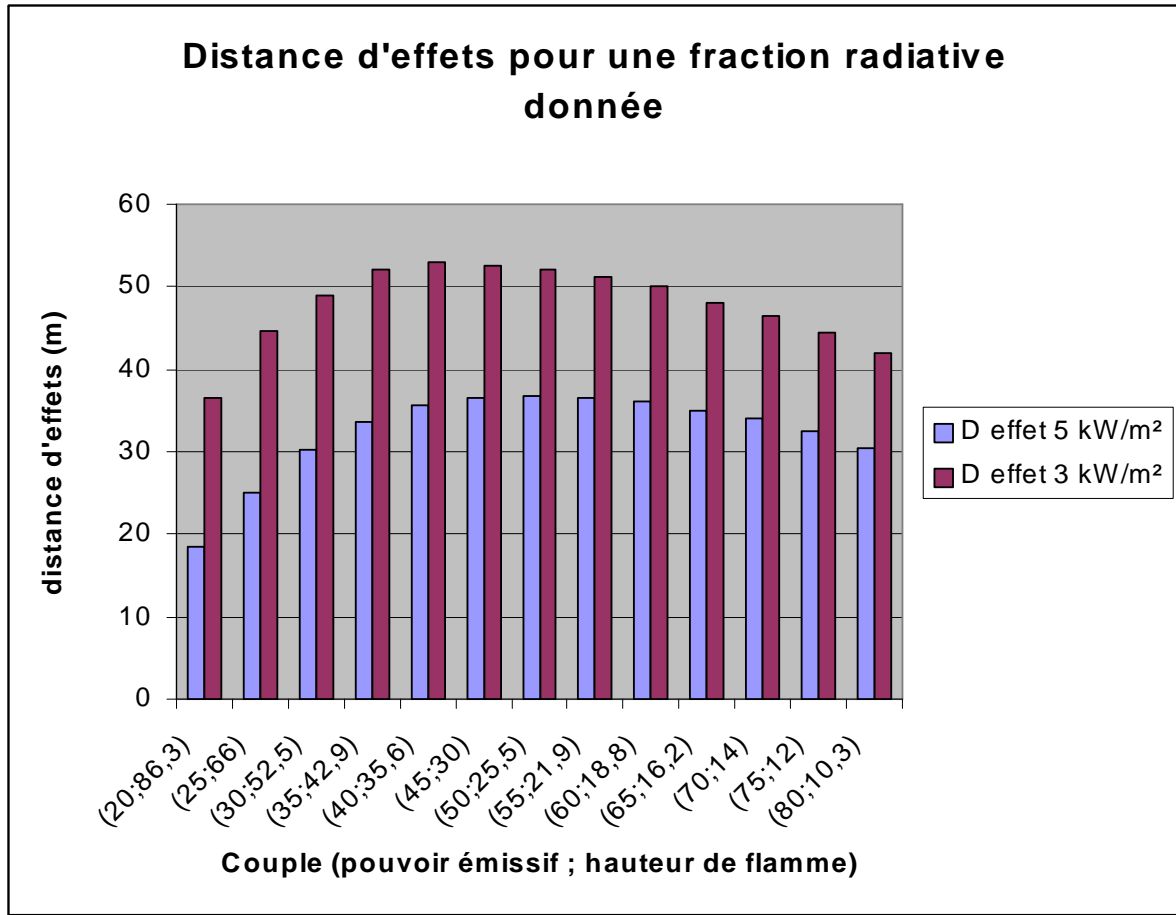


Figure 5 : Distances d'effets pour une fraction radiative donnée

En conclusion, il est généralement pertinent de s'assurer que les valeurs de pouvoir émissif et de hauteur de flamme retenues sont cohérentes avec un ordre de grandeur vraisemblable de la fraction radiative.

### 3.5.2 ESTIMATION DU POUVOIR EMISSIF

Le pouvoir émissif de la flamme peut être déduit de la loi de Stefan-Boltzman grâce à l'équation ci-dessous :

$$\phi_0 = \varepsilon \sigma (T_f^4 - T_a^4) \quad (26)$$

- avec  $\phi_0$  : pouvoir émissif de la flamme (kW/m²)
- $\sigma$  : constante de Stefan-Boltzman ( $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ )
- $T_f$  : température de flamme (K)
- $T_a$  : température de l'ambiance (K)
- $\varepsilon$  : émissivité de la flamme

En pratique, cette formule s'avère souvent difficile à appliquer dans la mesure où :

- la température de la flamme est généralement difficile à déterminer, si ce n'est à l'aide de modèles performants,
- la détermination de l'émissivité suppose de connaître la composition de la flamme (suies, dioxyde de carbone, vapeur d'eau...),
- les fumées issues de la combustion peuvent jouer un rôle d'écran, absorbant une partie du rayonnement de la flamme vers l'extérieur. A noter que ces fumées peuvent dans certains cas recouvrir la quasi-totalité de la flamme.

Il existe cependant des modèles thermochimiques relativement élaborés, permettant d'estimer ces différents paramètres. L'objet du présent rapport étant de présenter de méthodes de calcul simples, ces modèles ne seront pas examinés plus avant.

En règle générale, il peut être plus aisé de déterminer directement la densité de flux rayonné par les flammes (pouvoir émissif) pour effectuer le calcul des radiations reçues, en s'affranchissant de la détermination de l'émissivité et de la température de flamme.

Des résultats expérimentaux relatifs au pouvoir émissif de feux de nappe sont disponibles dans la littérature pour les produits les plus courants.

Le tableau suivant propose une synthèse de quelques résultats provenant de différentes sources.

Produits	Diamètre de nappe (m)	Pouvoir émissif (kW/m <sup>2</sup> )		
		Tewarson [34]	Yumoto [33]	Minzer / Eyre [4]
GNL (sur terre)	1-3	-	76	-
	20	-	-	150-220
GPL (sur terre)	20	-	-	50-60
Propane	1-3	-	74	-
Butane	1-3	-	83	-
Essence	1,5-223	30	-	-
	1-3	-	58	-
Kérosène	30-80	29	-	-
	1-3	-	50	-
	20	-	-	35
Hexane	0,75-10	37	-	-
	1-3	-	85	-
Heptane	1,2-10	32-37	-	-
	1-3	-	90	-
Diesel	1-3	-	42	-
Fuel lourd	2,6-23	29	-	-
Dodécane	0,94	30	-	-
Benzène	0,75-6	44	-	-
	1-3	-	62	-
Toluène	1-3	-	86	-
Methanol	1,2-2,4	22-27	-	-
	1-3	-	10	-
Ethanol	1-3	-	12	-
Acetone	1,52	24	-	-

Figure 6 : Mesures expérimentales du pouvoir émissif

En complément, citons les résultats de l'opération Proserpine [16] menée sur un feu de pétrole brut de Parentis d'une surface de 2000 m<sup>2</sup>. Le CEA/CESTA proposait de retenir à la suite de ces essais, un pouvoir émissif de 30 kW/m<sup>2</sup>.

La relative disparité de certains résultats pose clairement le problème de l'exploitation directe de mesures expérimentales pour la modélisation de situations accidentelles.

D'une part, le pouvoir émissif étant, entre autres fonction du diamètre du feu, il convient de s'assurer que la valeur mesurée expérimentalement correspond bien en terme d'échelle au scénario à modéliser. D'autre part, il est souvent indispensable de connaître le protocole mis en place (conditions d'essais, dispositifs de mesures..) afin de juger de la pertinence de ces résultats vis-à-vis d'une situation accidentelle.

En conclusion, ces résultats constituent une source précieuse d'informations, dont l'exploitation doit cependant être faite avec prudence. En ce sens, un avis d'expert est souvent nécessaire en vue d'utiliser ces valeurs expérimentales dans le cadre de modélisation d'accidents.

Afin d'estimer directement le pouvoir émissif associé à des feux produisant des quantités importantes de suies, Mudan et Croce [17] proposent d'utiliser la formule suivante :

$$\phi_0 = \phi_{\max} \times e^{(-SD)} + \phi_{\text{fumées}} \times (1 - e^{(-SD)}) \quad (27)$$

avec  $\phi_{\max}$  : pouvoir émissif maximum des parties lumineuses de la flamme (140 kW/m<sup>2</sup>),

$\phi_{\text{fumées}}$  : pouvoir émissif des fumées (20 kW/m<sup>2</sup>),

S : coefficient expérimental égal à 0,12 m<sup>-1</sup>.

Une telle corrélation présente l'avantage de prendre en compte l'influence du diamètre du feu sur le comportement thermique de la flamme. En effet, pour les feux d'hydrocarbures générant beaucoup de suies, le pouvoir émissif peut être réduit par l'effet d'écran joué par les fumées. Un observateur est ainsi soumis de manière intermittente au rayonnement des parties lumineuses visibles de la flamme et au rayonnement des fumées. Ainsi, le terme  $e^{-SD}$  est représentatif de la fraction surfacique de la flamme non recouverte de fumées. Cette corrélation établie notamment à partir de feux de kérosène, GPL... n'est adaptée qu'à des feux produisant des suies en quantité significative.

### 3.5.3 CONCLUSIONS RELATIVES A LA DETERMINATION DU POUVOIR EMISSIF DE LA FLAMME

La détermination du pouvoir émissif est bien entendu une étape primordiale pour l'estimation de distances d'effets, dans la mesure où le flux reçu par une cible est supposé directement proportionnel à la puissance rayonnée par la surface de flamme, dans le modèle de la flamme solide.

En pratique, ce paramètre est généralement difficile à estimer finement. Il dépend en outre du type de combustible et de la surface de la nappe au sol. Cette remarque met en lumière les précautions à prendre pour ce qui concerne l'exploitation de résultats expérimentaux. Il est ainsi généralement indispensable de s'assurer que ces valeurs ont été obtenues pour des conditions similaires aux

conditions accidentelles à modéliser. Dans le cas contraire, un avis d'expert s'avère souvent nécessaire.

La corrélation proposée par Mudan et Croce, permet, dans une certaine mesure, de prendre en compte l'influence du diamètre de la nappe, sur le pouvoir émissif, pour des feux produisant des quantités significatives de suies ( hydrocarbures lourds, GPL...). Pour ces composés, elle donne généralement un ordre de grandeur plausible de la puissance rayonnée par la flamme.

Par ailleurs, il est généralement pertinent de s'assurer que les valeurs retenues pour le pouvoir émissif de la flamme et la hauteur de flamme sont compatibles avec une fraction radiative « vraisemblable »<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Pour des produits classiques et des nappes de diamètre supérieur à la dizaine de mètres, les mesures expérimentales donnent des valeurs maximales autour de 10 %.



## **4. OUTILS DE CALCUL DEVELOPPES PAR L'INERIS**

Dans le présent paragraphe, il est proposé de présenter dans ses grandes lignes l'outil de modélisation FNAP conçu et utilisé par l'INERIS pour ses propres modélisations. Dans la suite, sont présentés son champ d'application ainsi que les modèles théoriques auxquels il fait appel. Un second outil proposé par le GTDLI et développé par l'INERIS est présenté également dans ces grandes lignes.

### **4.1 OUTIL FNAP**

#### **4.1.1 CHAMP D'APPLICATION DE FNAP**

L'INERIS a développé en 1994 le logiciel FNAP pour un usage interne. Cet outil de modélisation a été conçu afin de déterminer la densité de flux thermique radiatif reçue par une cible, exposée au rayonnement d'un feu de nappe. La cible considérée est plane et de surface élémentaire. Le feu de nappe peut quant à lui avoir une base circulaire ou rectangulaire, les flammes étant toujours supposées verticales.

Le logiciel FNAP met en œuvre le modèle de la flamme solide à une zone décrit au § 5.2.1.1 de la partie commune. Ainsi, de manière très schématique, le logiciel FNAP comporte deux parties successives :

- *Modèle de flamme* : détermination des caractéristiques géométriques et énergétiques de la flamme,
- *Modèle de transfert thermique* : calcul du transfert de la chaleur par rayonnement à partir de la flamme caractérisée à l'étape précédente.

Afin de déterminer la hauteur et le pouvoir émissif de la flamme, le modèle de flamme s'appuie sur des corrélations établies essentiellement à partir de feux d'hydrocarbures et de produits cellulosiques, de diamètre restreint. Son utilisation dans le cas de combustibles de nature différente ou pour des surfaces de flamme au sol importantes doit donc être faite de manière prudente.

A l'inverse, l'utilisation du modèle de transfert thermique est justifiée dès lors qu'il s'agit d'estimer l'impact radiatif d'une flamme pérenne, de géométrie constante dans l'espace et dans le temps.

Ainsi, pour peu que les caractéristiques de la flamme puissent être déterminées directement par l'utilisateur (i.e en se passant du modèle de flamme), le logiciel FNAP peut être utilisé pour évaluer uniquement la décroissance du flux rayonné par la flamme en fonction de l'éloignement de la cible.

La principale difficulté associée à la modélisation des effets thermiques radiatifs d'un feu de nappe est donc bel et bien la description des paramètres de la flamme.

### 4.1.2 MODELES UTILISES PAR FNAP

L'objet de ce paragraphe n'est pas de décrire les diverses corrélations utilisées dans FNAP, présentées ci-avant dans le rapport. Les numéros des paragraphes se rapportant à ces formules seront toutefois rappelés pour plus de clarté.

#### 4.1.2.1 DIAMETRE EQUIVALENT

Dans le cas d'un feu de nappe dans une cuvette circulaire, il convient simplement de s'assurer que la cuvette de rétention est effectivement dimensionnée afin de recueillir la quantité rejetée et d'assurer cette fonction pendant toute la durée de l'incendie. Le diamètre équivalent peut alors être assimilé au diamètre de la cuvette.

Dans le cas d'une cuvette rectangulaire, le calcul d'un diamètre équivalent peut être effectué selon la formule présentée au paragraphe 3.1.1 équation n°(1) page10.

#### 4.1.2.2 DEBIT MASSE SURFACIQUE DE COMBUSTION

FNAP propose deux approches pour la détermination du débit masse surfacique :

- lorsque la vitesse de régression linéaire est connue, il suffit d'entrer la valeur en question ainsi que la masse volumique du combustible afin d'estimer le débit masse surfacique de combustion.
- dans le cas contraire, FNAP permet de calculer le débit massique de combustion à partir de la formule de BABRAUSKAS.

Ces approches sont présentées au paragraphe 3.2.1. Par ailleurs, l'approche de Bürgess et al. peut le cas échéant être mise en œuvre en complément de ces méthodes. Elle n'a cependant pas été introduite dans le logiciel FNAP.

#### 4.1.2.3 HAUTEUR DES FLAMMES

Parmi les corrélations disponibles dans la littérature pour le calcul de la hauteur de flammes, FNAP permet à l'utilisateur de retenir au choix celles de THOMAS, MOORHOUSE ou HESKESTAD (voir paragraphe 3.2). La valeur calculée pour les grands feux (soit 1,7 fois le diamètre équivalent de la nappe) est également systématiquement proposée.

Le logiciel affiche les valeurs des hauteurs de flammes correspondant aux corrélations demandées. L'utilisateur possède alors l'opportunité de retenir la hauteur jugée la plus pertinente selon le cas étudié et vérifie que les valeurs déterminées sont cohérentes avec le domaine de validité de ces corrélations.

#### 4.1.2.4 POUVOIR EMISSIF DES FLAMMES

Dans le logiciel FNAP, le pouvoir émissif peut être calculé selon la formule de MUDAN et CROCE. Par ailleurs, les résultats des essais PROSERPINE ( $\varphi_0=30 \text{ kW/m}^2$ ) sont systématiquement rappelés (voir paragraphe 3.5.2).

L'utilisateur a également l'opportunité de retenir les valeurs proposées par le logiciel ou de définir lui-même la valeur d'entrée sur la base de calculs différents ou de valeurs tirées de l'expérimentation.

#### 4.1.2.5 TRANSMISSIVITE ATMOSPHERIQUE

Il est possible avec le logiciel FNAP :

- de négliger l'atténuation atmosphérique ;
- d'utiliser la formule de LANNOY, à partir de l'humidité absolue de l'air ambiant en g/kg d'air sec ;
- d'utiliser la formule de BRZUSTOWSKI et SOMMER, si le taux d'humidité relative de l'air ambiant est connu.

Il convient de noter à ce stade que cette dernière formule est plus simple d'utilisation. Par ailleurs, compte tenu des flux thermiques radiatifs effectivement observés lors d'accidents ou d'essais (souvent inférieurs à ceux prédits par les calculs), il ne semble pas déraisonnable de considérer un coefficient d'absorption atmosphérique.

#### 4.1.2.6 POSITIONNEMENT DE LA CIBLE

Ce paragraphe ne traite plus de corrélations ou d'outils théoriques disponibles lors de l'utilisation de FNAP, mais des possibilités d'exposition aux rayonnements thermiques pouvant être étudiées.

Selon la configuration géométrique du feu (rectangulaire ou circulaire), la cible peut être exposée :

- à au plus deux murs d'une même flamme dans le cas d'une nappe rectangulaire,
- à un demi-cylindre droit de flamme dans le cas d'une nappe circulaire.

Les autres cas ne sont pas considérés par FNAP ; par exemple, il est impossible de calculer le flux reçu à la verticale du feu, où il est bien évident que la part prise par la convection dans les échanges de chaleur rend le calcul purement radiatif incomplet.

Pour un feu rectangulaire, FNAP permet de calculer le flux reçu en des points situés sur un plan horizontal. Pour un feu circulaire, et compte tenu de la symétrie du problème, FNAP permet le calcul de la densité de flux reçue en différents points situés dans le même plan vertical contenant l'axe du feu.

Cas particulier : FNAP peut prendre en compte la présence d'un obstacle opaque situé entre le feu et la cible et masquant partiellement les flammes. Le masque ainsi pris en compte par FNAP est considéré comme un corps noir, absorbant tout le rayonnement qu'il reçoit sans rien réémettre. FNAP calcule alors l'ombre portée sur les flammes par l'obstacle vu depuis la cible, les facteurs de forme partiels correspondants, et le facteur de forme global par sommation, avant de définir le flux thermique reçu par rayonnement par la cible.

### 4.1.3 MISE EN ŒUVRE DE L'OUTIL : COMPARAISON AVEC DES VALEURS ISSUES DE L'EXPERIMENTATION

Les valeurs expérimentales considérées ici sont issues d'un essai concernant un feu d'éthanol réalisé par l'INERIS en 1994. L'objectif de l'essai en question était de tester l'efficacité d'une extinction mise en œuvre par déversoir en application douce d'une part et en application indirecte (lance + obstacle) d'autre part. Ces essais d'extinction ont été accompagnés de campagnes de mesures thermiques (thermocouples, fluxmètres, thermomètres, etc) grâce à l'installation de capteurs (cf. figure ci-après). Le dispositif expérimental en place était une fosse carrée de 50 m<sup>2</sup> équipée en son centre d'un bidon de deux mètres de diamètre. La quantité d'éthanol déversée était de 5 000 litres.

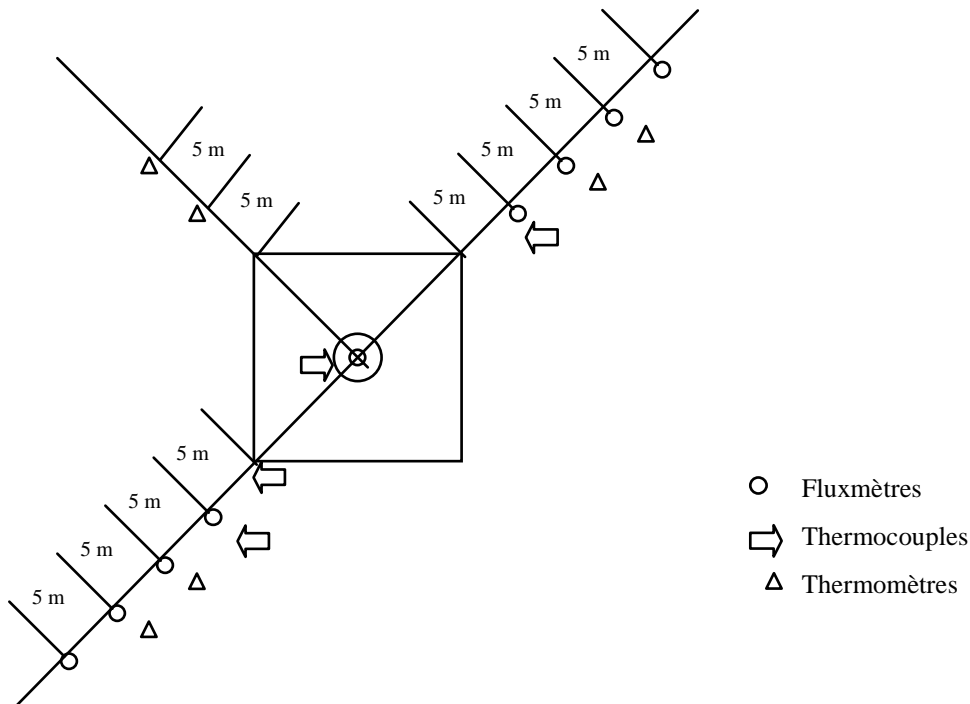


Figure 7 : Schéma de la zone d'essai et implantation des points de mesure

Les mesures de flux, ont été effectuées à 1,5 – 2 mètres de hauteur. Le tableau répertorie les valeurs mesurées au cours de trois essais menés successivement :

Fluxmètre Placé à	Flux mesurés lors de l'essai (kW/m <sup>2</sup> )		
	Essai 1	Essai 2	Essai 3
20 m	1,47	1,03	0,52
15 m	2,06	1,55	0,84
10 m	3,94	2,92	1,74
5 m	8,93	6,67	3,95
5 m	5,28	11,19	10,54
10 m	2,19	4,13	3,46

Fluxmètre Placé à	Flux mesurés lors de l'essai (kW/m <sup>2</sup> )		
	Essai 1	Essai 2	Essai 3
15 m	1,21	2,10	1,60
20 m	0,73	1,24	0,86
Temps de combustion	1 min 15 s	2 min 50 s	3 min 10 s

A noter que, du fait des conditions météorologiques dont l'influence est difficile à quantifier, la dispersion des mesures est relativement importante.

En définitive, les flux moyens suivants ont été déduits des mesures effectuées à différentes distances des coins de la cuvette :

- à 20 m, 1 kW/m<sup>2</sup>,
- à 15 m, 1,6 kW/m<sup>2</sup>,
- à 10 m, 3,1 kW/m<sup>2</sup>,
- à 5 m, 7,8 kW/m<sup>2</sup>.

Pour les calculs, le débit masse surfacique de combustion a été fixé à 50 g/m<sup>2</sup>s conformément aux résultats obtenues par le GESIP [31].

La hauteur de flamme a été estimée grâce à la corrélation d'Heskestad et ainsi fixée à 12 m. Le rapport hauteur de flamme / diamètre est alors bien dans le domaine de validité de la corrélation ( $0.5 < H/D < 100$ ). De plus, les corrélations de Thomas et Moorhouse donnent des ordres de grandeur similaires pour la hauteur de flamme.

Il existe peu de données pertinentes permettant d'estimer le flux rayonné par un feu d'éthanol de 50 m<sup>2</sup>. Le GESIP [31] note cependant que le pouvoir émissif d'un tel feu est environ moitié moindre que celui d'un feu d'essence pour des nappes de petit diamètre et tend vers le pouvoir émissif de l'essence, le diamètre de nappe allant croissant. Parallèlement, Koseki [33] observe que la fraction radiative d'un feu d'alcool, comprise entre 10 et 20 % semble peu influencée par le diamètre de la nappe, bien qu'il n'existe pas assez de données expérimentales pour estimer la part rayonnée par des feux d'alcool de grand diamètre.

A partir de ces considérations, le pouvoir émissif du feu d'éthanol considéré pour cette application a été estimé à 25 kW/m<sup>2</sup>. Cette valeur correspond à une fraction radiative de l'ordre de 16 %, compatible en ordre de grandeur avec les observations de Koseki [33] et Babrauskas [1].

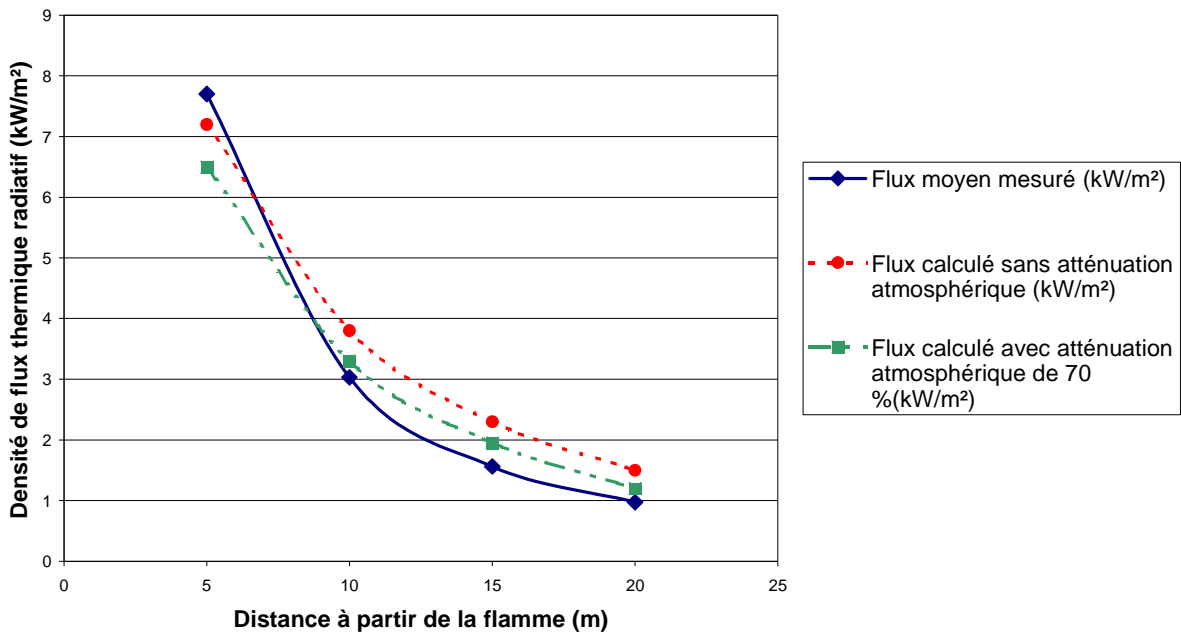
Les résultats de calcul obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous pour les deux cas de figure suivants :

- en négligeant l'atténuation atmosphérique (calcul majorant),
- en considérant une humidité relative moyenne de l'air ambiant de 70% (corrélation de Brzustowski et Sommer).

Distance de la cible	Flux moyen mesuré (kW/m <sup>2</sup> )	Flux calculé sans atténuation atmosphérique (kW/m <sup>2</sup> )	Flux calculé pour 70% d'humidité relative (kW/m <sup>2</sup> )
20 m	1	1,5	1,2
15 m	1,6	2,3	1,95
10 m	3,1	3,8	3,3
5 m	7,8	7,2	6,5

Le graphique qui suit permet de visualiser et de comparer d'une part la valeur moyenne correspondant à l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus, et d'autre part les résultats obtenus par le calcul avec FNAP, selon les deux conditions atmosphériques étudiées.

Comparaison des résultats expérimentaux et des calculs FNAP



Les valeurs calculées sont, à l'exception d'un point en champ proche, supérieures à la moyenne des valeurs expérimentales. Ceci traduit la démarche a priori majorante mise en œuvre par FNAP par rapport à la réalité du feu de nappe. Les résultats obtenus par le calcul restent toutefois d'un ordre de grandeur tout à fait comparable aux valeurs expérimentales.

## 4.2 OUTIL DE CALCUL DE LA CIRCULAIRE DPPR/SEI2/AL- 06- 357 DU 31/01/07

Dans le cadre des travaux menés par le GTDLI<sup>4</sup>, les parties prenantes se sont entendues sur la caractérisation des effets thermiques dus à un feu de nappe d'hydrocarbures liquides de catégorie B et C ainsi que d'alcool.

L'ensemble de ces travaux fait l'objet d'une note technique explicitant en détail les modalités ayant permis d'aboutir à ce consensus et qui est annexée à la Circulaire DPPR/SEI2/AL- 06- 357 du 31/01/07 relative aux études de dangers des dépôts de liquides inflammables (Texte abrogé par la circulaire du 10 mai 2010).

Sur la base du travail de comparaison effectué dans cette note technique et des réunions organisées entre l'administration, les experts (INERIS et Technip) et la profession, les hypothèses et corrélations suivantes ont été proposées pour évaluer les distances d'effets associées à un flux thermique.

Ces propositions et synthèses des travaux du GTDLI ont donné lieu à une feuille de calcul développée par l'INERIS et annexée à la Circulaire DPPR/SEI2/AL- 06- 357 du 31/01/07 relative aux études de dangers des dépôts de liquides inflammables.

### 4.2.1 HYPOTHESES ET CORRELATIONS DU MODELE DE LA CIRCULAIRE

Tous les paramètres sont fixés dans le modèle excepté les dimensions de la nappe en feu. Ce paragraphe présente le squelette de l'outil de calcul.

– **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/m<sup>3</sup>

– **Données Produits :**

De manière conservatrice, les distances d'effets pour tous les hydrocarbures liquides (gazole, FOD,...) sont calculées en considérant la combustion d'essence dont le débit de combustion est pris égal à 0,055 kg/m<sup>2</sup> s. Pour l'éthanol, le débit de combustion est pris égal à 0,025 kg/m<sup>2</sup> s.

– **Corrélations du modèle :**

- **Diamètre équivalent :**

Pour un feu de nappe circulaire :

- $Deq = \text{Diamètre de la nappe en feu}$

---

<sup>4</sup> Le GTDLI est le groupe de travail sectoriel « dépôts de liquides inflammables », piloté par la DRIRE Ile de France dont la 1<sup>ère</sup> réunion s'est tenue le 25 juin 2003. Ce groupe a vocation à être un lieu privilégié pour faciliter les échanges entre la profession (UFIP, GESIP, USI, UNGDA), les experts (INERIS, TECHNIP), l'inspection des Installations classées (DRIRE Ile de France, DRIRE Nord Pas de Calais, et STIIC) et les ministères concernés (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable DPPR, Ministère de l'Intérieur DDSC)

Pour un feu de forme rectangulaire :

- $Deq = 4 S / P$  si la Longueur  $< 2,5 \times$  largeur
- $Deq =$  largeur si la Longueur  $> 2,5 \times$  largeur

Pour un feu de nappe de forme quelconque :

- $Deq = 4 S / P$

avec :

S et P correspondant respectivement à la **surface brute** (surface avec bacs) et au périmètre de la cuvette en feu,

Longueur et largeur correspondant respectivement à la Longueur et largeur de la surface en feu

• Hauteur de flamme :

**Formule de Thomas avec un vent de 5 m/s :**

$$L = 19,18 \times m^{0,74} Deq^{0,735}$$

avec  $m'' = 0,055 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$  (valeur retenue pour les hydrocarbures liquides)

• Angle d'inclinaison de la flamme

**Corrélation de Welker and Sliepcevich :**

$$\frac{\tan \xi}{\cos \xi} = 3,3 \times (Fr)^{0,8} \times (Re)^{0,07} \times \left( \frac{\rho_v}{\rho_{air}} \right)^{-0,6}$$

avec :

Fr: Nombre de Froude

$$Fr = \frac{u_w^2}{Deq \times g}$$

Re: Nombre de Reynolds

$$Re = \frac{Deq \times u_w \times \rho_{air}}{\mu_{air}}$$

$\rho_v$ : Masse spécifique du produit en phase vapeur, à sa température d'ébullition (2.56 kg/m<sup>3</sup> pour essence)

$\rho_{air}$ : Masse volumique de l'air : 1,161 kg/m<sup>3</sup>

$\mu_{air}$ : viscosité dynamique de l'air ambiant (1.9 x 10<sup>-5</sup> (kg.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>))



- Pouvoir émissif :

**Corrélation de Mudan and Croce :**

$$\Phi_o = 20000 + 120000e^{-0,12Deg}$$

- Facteur de vue :

- Facteur de vue **cylindrique avec vent** pour les feux de **nappe circulaire** ou ayant une forme s'inscrivant dans un cercle : **corrélation de Mudan**
- Facteur de vue **plan avec vent** pour les autres feux de nappe : **Outil développé par l'INERIS**

- Coefficient d'atténuation atmosphérique :

**Corrélation de Bagster :**

$$\Gamma(r) = 2,02 \times (HR \times TVAP(H_2O) \times d)^{-0,09}$$

TVAP(H<sub>2</sub>O)=1665 Pa à 15°C

HR= 70 %

Remarque 1 :

De manière conservative, la distance d'effet calculée pour chacun des seuils 3, 5 et 8 kW/m<sup>2</sup> est arrondie à la **demi-décade supérieure**.

Remarque 2 :

Dans le cas des cuvettes de forme quelconque, dès qu'un des angles intérieurs de la cuvette est largement supérieur à 90° et suivant où est située la cible, la feuille de calcul ne peut plus s'appliquer. En effet, dans les cas présentés sur le schéma de la Figure 8, la cible ne perçoit pas seulement le rayonnement du front de flamme situé en face d'elle mais également celui du ou des fronts de flamme qui se trouvent à côté. Or, le modèle de cette feuille de calcul ne permet de considérer qu'un seul front de flamme à la fois. Dans ces conditions, il s'avère nécessaire d'utiliser un autre outil de calcul pour déterminer les distances d'effets.

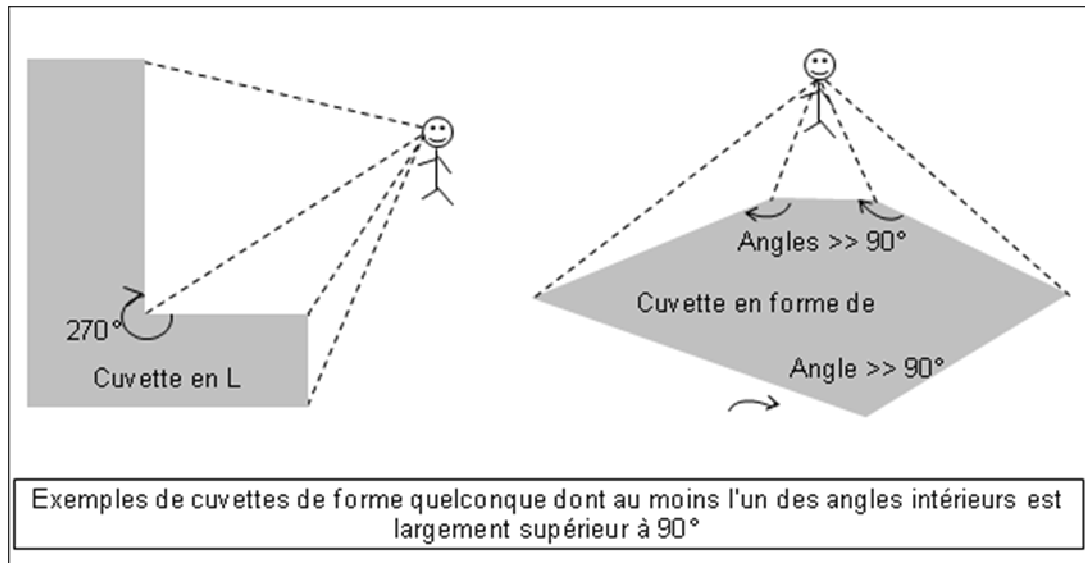


Figure 8 : Cas des cuvettes à géométrie complexe.

#### 4.2.2 COMPARAISON AVEC LES AUTRES MODELES

Les résultats obtenus avec le modèle de la Circulaire pour un scénario de feu de cuvette ont été comparés à ceux donnés par des modèles de calcul d'effets thermiques couramment utilisés.

Les modèles (ou codes de calculs) présentés dans ce comparatif sont les suivants:

- le logiciel PHAST (version 6.4.2) de DNV,
- le logiciel FNAP de l'INERIS,
- le logiciel FRED de Shell,
- l'outil développé par Technip,
- le code exposé dans le "Guide bleu" de l'UFIP,
- le code exposé dans le Yellow Book du TNO,
- le modèle 3D, FDS proposé par Technip,
- et les formules de l'Instruction Technique de 1989 (IT-89).

Le scénario qui a servi de base à ce comparatif est un feu de cuvette d'essence, de 2400 m<sup>2</sup> de forme rectangulaire (37 x 65 mètres), dans laquelle se trouvent 2 bacs de 16 m de diamètre. Les distances d'effets figurant sur le graphique de la Figure 9 correspondent à une exposition au flux du grand côté de la cuvette.

Les modélisations ont été réalisées avec les hypothèses propres à chaque logiciel.

Pour les logiciels FRED et PHAST, aucune recommandation concernant la prise en compte ou non des surfaces des bacs pour définir la surface en feu de la cuvette n'est précisée. De ce fait, pour ces logiciels, deux modélisations ont été réalisées.

	Hypothèses					Distance d'effet		
	Diamètre équivalent	Surface	Pouvoir émissif	Facteur de vue	Transmissivité atmosphérique	d (8kW/m²)	d (5kW/m²)	(3kW/m²)
IT 89	Cf annexe	Brute	30 kW/m²	Cf annexe	Lannoy	57	72	93
UFIP	4S/P	Nette	Mudan and Croce	cylindrique 5m/s	Bagster	20	37	57
Technip	4S/P	Nette	30 kW/m²	plan sans vent	Non prise en compte	41	60	84
TNO	4S/P	???	Mudan and Croce	cylindrique sans vent	Bagster	25	40	59
FNAP (INERIS)	4S/P	Brute	Mudan and Croce	plan sans vent	Brzustowski and Sommer	17	35	56
Phast 1	4S/P	Brute	Mudan and Croce	cylindrique 5m/s	Bagster	29	49	66
Phast 2	4S/P	Nette	Mudan and Croce	cylindrique 5m/s	Bagster	24	41	55
FRED 1	4S/P	Brute	Mudan and Croce	cylindrique 5m/s	Wayne	33	53	73
FRED 2	4S/P	Nette	Mudan and Croce	cylindrique 5m/s	Wayne	27	45	62
Flamme claire	-	-	-	-	-	25	40	59
FDS avec bac	-	Brute	-	-	-	38	50	63
FDS sans bac	-	Nette	-	-	-	31	41	51
Modèle de la circulaire	-	Brute	Mudan and Croce	Calcul intégral 5m/s	Bagster	30	45	61

Remarque :

- la surface brute correspond à la surface de la cuvette sans soustraire la surface des bacs.
- la surface nette correspond à la surface de la cuvette à laquelle on soustrait la surface des bacs.

Comme le montre la figure ci-dessous, le modèle de la Circulaire se situe dans la moyenne pour les distances associées aux flux de 3, 5 et 8 kW/m<sup>2</sup>.

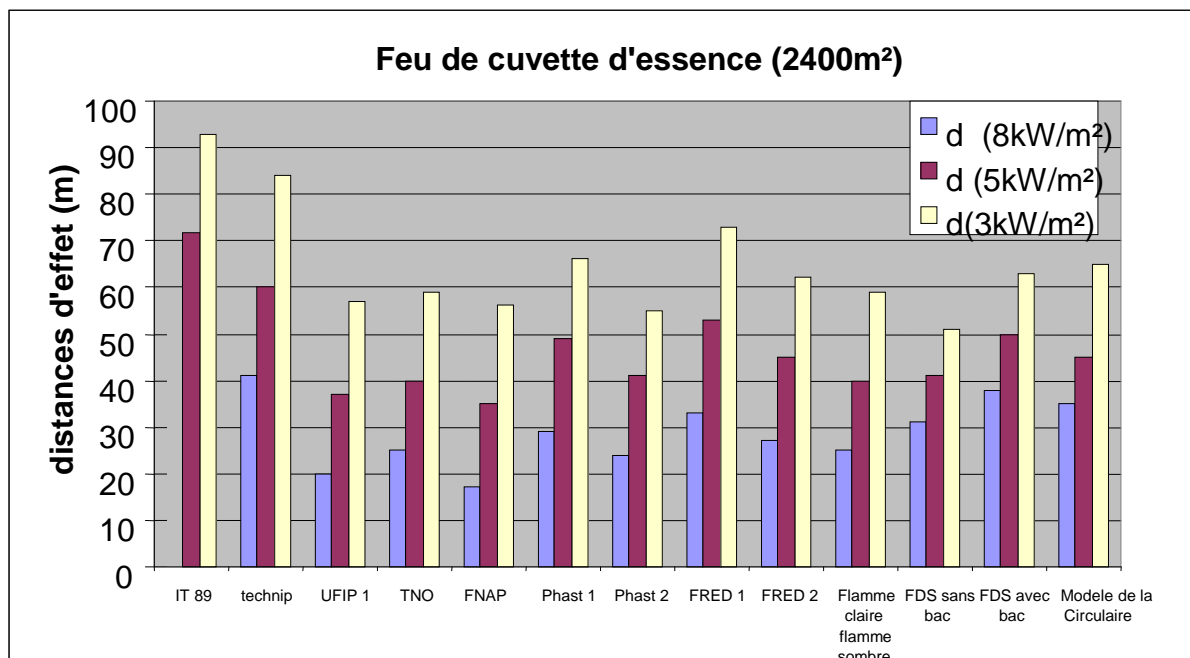


Figure 9 : Comparatif des différents modèles.

#### 4.2.3 « VALIDATION » EXPERIMENTALE

L'objectif de ce paragraphe est de vérifier que le modèle de la Circulaire est en adéquation avec les flux mesurés expérimentalement à différentes distances (D).

Il est particulièrement difficile dans la littérature de trouver l'ensemble des données nécessaires, à savoir :

- la surface en feu,
- le flux mesuré,
- la distance (D) de la mesure.

Le rapport relatif aux essais Proserpine (1977) donne ces différentes informations.

Le tableau suivant résume l'intensité des radiations mesurées par les fluxmètres disposés autour de la cuvette à l'occasion de l'essai Proserpine.

	D	I (kW/m <sup>2</sup> )
G Placé à D face à la largeur de la cuvette (40 m)	150m	0,50
	80m	0,95
	50m	2,3
E Placé à D face à la longueur de la cuvette (50 m)	150m	0,50
	80m	1,40

Le modèle de la Circulaire a déterminé quel flux thermique recevrait une cible positionnée à D mètres du front de flamme.

Les résultats de l'ensemble de ces simulations sont présentés dans le tableau ci-après. Pour information, les distances d'effets aux seuils critiques sont également déterminées.

Face à la longueur de la cuvette 50 m		Face à la largeur de la cuvette 40 m	
D (m)	I (kW/m <sup>2</sup> ) obtenu avec modèle de la Circulaire	D (m)	I (kW/m <sup>2</sup> ) obtenu avec modèle de la Circulaire
150	0,3	150	0,3
80	1,4	80	1,1
		50	2,9
55	3	50	3
40	5	40	5
30	8	25	8

Le comparatif réalisé avec les essais Proserpine montre que l'outil de calcul annexé à la Circulaire du 31/01/07 (texte abrogé par la Circulaire du 10 mai 2010) modélise de façon correcte les effets radiatifs engendrés par un feu de nappe.



## **5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES D'AMELIORATION DES OUTILS DE CALCUL**

Cette partie A sur les feux de nappe s'est attachée après l'analyse d'accidents, à passer en revue les différentes corrélations permettant de caractériser la flamme d'un incendie de produits liquides.

Ces formules permettent de définir la géométrie de flamme soumise ou non au vent et de déterminer le pouvoir émissif de flamme, étape importante pour l'estimation des distances d'effets.

Les grands principes de deux outils de calcul développés par l'INERIS ont été ensuite déclinés : l'outil de calcul FNAP et celui de la circulaire du 31/01/07 (Texte abrogé par la circulaire du 10 mai 2010) relative aux études de dangers des dépôts de liquides inflammables.

Même si ces outils montrent un bon accord avec les données expérimentales, ils pourraient faire l'objet d'améliorations dans le cadre de développements ultérieurs telles que :

- tracé automatique des courbes isoflux,
- possibilité de considérer simultanément plusieurs feux de cuvette ou de bac en sommant toutes les contributions radiatives,
- prise en compte des géométries complexes de cuvettes (forme en L par exemple) et pas seulement les formes cylindriques ou rectangulaires,
- prise en compte de la partie convective de la chaleur produite par le feu afin d'obtenir des résultats plus réalistes en champ proche,
- calcul du pouvoir émissif de la flamme à partir de la puissance totale dissipée et de la fraction radiative estimée ou inversement, dans un souci de cohérence, estimation de la fraction radiative à partir des données fournies par l'utilisateur.





## 6. **GLOSSAIRE**

ARIA :Analyse, Recherche et Information sur les Accidents

BARPI : Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles

FNAP : Feu de NAPpe, nom donné au code de calcul permettant de modéliser les feux de nappe à l'INERIS

LNG : Gaz Naturel Liquéfié

LPG : Gaz de Pétrole Liquéfié

MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et l'Energie

NIST : National Institute of Standards and Technology

TNO : The Netherlands Organization of Applied Scientific Research



## 7. RÉFÉRENCES

- [1] BABRAUSKAS  
Estimating large pool fire burning rates ;  
*Fire technology*, 19, p.251-261, 1983
- [2] BABRAUSKAS  
Pool fires : burning rates and heat fluxes ;  
*NFPA, Tome 1, Chap.6 p. 36-42, 1990*
- [3] BÜRGESS, HERTZBERG  
Radiation from pool flames ;  
*Heat transfer in flames, ch.27, ed. Afgan and Beer, 1978*
- [4] MINZER, EYRE  
Large scale LNG and LPG pool fire ;  
*Inst.Chem.Eng.Symp.Series 71, p.147-163, 1982*
- [5] MUDAN  
Thermal radiation hazards from hydrocarbon pool fires ;  
*Prog Energy comb. Sci., Vol.10, p.59-80, 1984*
- [6] HOFMANN  
Modeling of fire for risk assessment in petrochemical industries ;  
*Heavy gas and risk assessment Symposium, Francfort, 1982*
- [7] BURGESS, ZABETAKIS  
Fire and explosion hazards associated with LNG ;  
*US Bureau of Mines, RI 6099, 1962*
- [8] THOMAS  
The size of flames from natural fires ;  
*9<sup>th</sup> international symposium on combustion, p 844-859, 1963*
- [9] HESKESTAD  
Engineering relations for fire plumes ;  
*Fire safety journal 7, 1984*
- [10] DRYSDALE  
An introduction to fire dynamics ;  
*John Wiley & sons, New York, 1985*
- [11] BAGSTER, PITBALDO  
Thermal hazards in the process industry ;  
*Chemical Engineering Progress, 1989*
- [12] MOORHOUSE  
Scaling criteria for pool fires derived from large-scale experiments ;  
*Int. Chem. Ing. Sym. Series 71, 1982*

- [13] PUTNAM, SPEICH  
A model study of the interacting effects on mass fires ;  
*Battelle Memorial Institute ; Columbus Ohio, research report, 1961*
- [14] THOMAS  
Fire research note 600 ;  
*Fire research station, Borehamwood, England, 1965*
- [15] WELKER, SLIEPCEVICH  
*Fire Technology, 2, 1966*
- [16] COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE  
Opération Proserpine ;  
*GESIP – Centre d'Etudes Scientifiques et Techniques, 1977*
- [17] MUDAN, CROCE  
Fire hazards calculations for large open hydrocarbon fires ;  
*SFPE Handbook of fire protection engineering, 1986*
- [18] LIHOU, MAUND  
Thermal radiation hazard from fireballs ;  
*Int.Chem.Eng.Symp.Series 71, 1982*
- [19] American Petroleum Institute  
Guide for pressure relieving and depressing systems ;  
*API Recommended Practice 521, appendix A, 1973*
- [20] LANNOY  
Analyse des explosions air-hydrocarbure en milieu libre  
Etudes déterministe et probabiliste du scénario d'accident ;  
*Electricité de France – Direction des Etudes et Recherches, 1984*
- [21] HAMILTON, MORGAN  
Radiant interchange configuration factors ;  
*NACA Technical Note 2386, 1952*
- [22] STANNARD  
*Fire Technology, p.35-41, 13, 1977*
- [23] INERIS, C. CWIKLINSKI  
Distilleries et chais de cognac – Sécurité incendie-explosion ;  
*Rapport référencé EXI-CCw/Jle 31AZ15, 05/09/1994*
- [24] Faculté Polytechnique de Mons, MRRRC, C. DELVOSALLE, N.NIEMIROWSKI  
Logiciel EDITH – Effets Domino Initiés Thermiquement – Manuel  
théorique (2000)
- [25] DELICHATSIOS  
Air Entrainment into Buoyant Jet Flames and Pool Fires  
*Combustion and Flame, 70, pp 33-46, 1987*
- [26] STEWART  
*Comb. Sci. And tech., 2, 203, 1985*

- [27] ZUKOSKI  
Proceedings of the First International Symposium on Fire Safety Science,  
*Fire Safety Science, 1984*
- [28] COX and CHITTY  
*Combustion and Flame, 60, 219, 1985*
- [29] American Gas Association (AGA)  
Report IS 3-1  
*LNG safety research program*
- [30] F. P. LEES  
Tome 2, Fire section 16  
*Loss Prevention in the Process Industries, 2<sup>nd</sup> edition*
- [31] GESIP  
"Taux expérimentaux d'extinction de feux d'alcool éthylique"  
*Rapport n°99/04, Edition 24/07/2000*
- [32] BLINOV & KHUDIANOV  
"Certain laws governing diffusive burning of liquids"  
*Academiiia Nank, SSR Doklady, 1957*
- [33] KOSEKI  
"Scale Dependency of Radiation and Smoke Emission from Large Pool Fires"  
  
*Second Symposium on Scale Modelling (Inter.) pp87-96, 1997*
- [34] TEWARSON  
"Generation of Heat and Fire Products"  
*Long Range Research Program – Flammability and Extinguishability Project FE-B, Factory Mutual Research, May 1995*
- [35] CHIVAS, BERTRAND, DUPLANTIER, AUDOUIN & RIGOLLET  
"Method to obtain large scale burning rate of liquids with lab scale tests"  
*11 th International Symposium, Interflam 2007, September 2007.*



## 8. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise	Nb pages
Annexe 1	Feux de nappes ou incendies suite à débordement	10
Annexe 2	Stockages de solvants	13





**ANNEXE 1 :  
FEUX DE NAPPES OU INCENDIES SUITE A DEBORDEMENT**



**Ministère de l'Aménagement du territoire et de  
l'environnement**  
**Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques**

**Base de données ARIA**

Feux de nappes ou incendies suite à  
débordement  
(17 cas)

**N° 6051 15/10/55 – Japon – YOKKAICHI**

**23.2 – Raffinage de pétrole**

Dans une raffinerie, un bac à toit fixe de 8 000 m<sup>3</sup> rempli à près de 90 % de FO s'enflamme (l'origine de l'incendie reste inconnue). Après 6 h 30 de feu de surface de bac, un Boilover se produit. Environ 2 000 à 2 500 m<sup>3</sup> d'HC débordent du réservoir. En l'absence d'éléments de rétention, la vague de FO en feu se répand – dans un premier temps – jusqu'à plus de 120 m, et fait des victimes parmi les pompiers. Le sinistre se propage ensuite rapidement sur plus de 10 000 m<sup>2</sup> de surface. 4 autres bacs de Brut/FO/GO/Essence ainsi que l'immeuble des bureaux sont incendiés et détruits. L'extinction finale est réalisée 28 h après le début de l'accident. Le coût global de celui-ci est estimé à près de 420 Millions de Yens (1955).

**N° 2838 - 05/08/75 – 57 – FLORANGE**

**51.5 – Commerce de gros de produits intermédiaires non agricoles**

Suite à un acte de malveillance, un incendie se déclare vers 1 h 00 dans un dépôt d'hydrocarbures et de solvants divers. L'alerte est donnée après ½ heure. Le feu intéresse rapidement la totalité de la cuvette de rétention (4 160 m<sup>2</sup>) d'un bac de capacité 7 330 m<sup>3</sup> (hauteur 16,20 m, diamètre 24 m) contenant 7 000 m<sup>3</sup> de FOD. L'extinction est obtenue après une intervention de 30 h. Au moins 330 pompiers sont mobilisés, dont 85 % de volontaires. 11,6 km de tuyaux de 110 mm et 5,4 km de tuyaux de 70 mm sont mis en batterie pour alimenter 5 canons à mousse de 2x1 200, 2x3 000 et 5 500 l/min (débit maxi instantané d'eau supérieur à 600 m<sup>3</sup>/h). 100 m<sup>3</sup> d'émulseurs sont amenés et consommés. La quantité de FOD brûlée pendant le sinistre a été estimée à 3 700 m<sup>3</sup>.

**N° 3420 – 07/08/75 – 57 – WOIPPY**

**51.5 – Commerce de gros de produits intermédiaires non agricoles**

Vers 1 h 40 du matin, plusieurs explosions d'origine malveillante incendient un dépôt de 10 410 m<sup>3</sup> contenant 6 617 m<sup>3</sup> d'hydrocarbures. La cuvette de rétention de 4 000 m<sup>2</sup> est rapidement embrasée. L'incendie est éteint en 13 h avec 4 canons-mousses (1 200, 3 000, 5 600 et 24 000 l/min). 15,8 km de tuyaux de diamètre 110 mm et 8,9 km de tuyaux de diamètre 70 mm sont installés (débit instantané maxi supérieur à 600 m<sup>3</sup>/h). Sur les 238 m<sup>3</sup> d'émulseurs approvisionnés (7,6 m<sup>3</sup> en réserve sur le site), 105 m<sup>3</sup> sont consommés. La réserve en eau de l'établissement de 500 m<sup>3</sup> est rapidement épuisée.

**N° 3610 – 14/03/81 – 36 – CHATEAUROUX**

**51.5 – Commerce de gros de produits intermédiaires non agricoles**

Dans un dépôt de 9 000 m<sup>3</sup> (capacité 18 000 m<sup>3</sup>) de FOD/GO/Essence répartis sur 9 bacs (8 toits fixes et 1 écran interne), un feu de cuvette d'origine malveillante est allumé. Par l'intermédiaire de la cuvette, l'incendie se généralise à tout le dépôt (bacs + 3 500/4 500 m<sup>2</sup> de cuvette). La phase gazeuse d'un bac de GO explose (⇒ ouverture du toit). L'atmosphère libre de l'écran interne explose, la soudure robe/fond se déchire, le bac se soulève et retombe sur le merlon ; les 900 m<sup>3</sup> de super créent une vague qui submerge les merlons et infiltre le réseau pluvial (combustion/explosions ⇒ pollution évitée). La lutte (> 21 h) nécessite l'intervention de 144 pompiers et l'utilisation de 200 m<sup>3</sup> d'émulseurs. 7 000 m<sup>3</sup> d'HC sont détruits. Le coût global est estimé à 35 MF.

**N° 6077 – 30/08/83 – Royaume Uni – MILFORD HAVEN**

**23.2 – Raffinage de pétrole**

Dans une raffinerie, la surface d'un toit flottant (fissuration chronique par contraintes mécaniques du vent) d'un bac de 94 000 m<sup>3</sup> rempli à ½ de Brut léger (PE=38°C) s'enflamme (ignition probable par des escarbilles issues d'une torche). En 2 h, les 4 800 m<sup>2</sup> de surface de bac sont embrasés. Le toit flottant s'enfonce. 12 h après, un Boilover survient et génère une boule de feu ainsi qu'un débordement d'HC (feu des 16 800 m<sup>2</sup> de cuvette). 2 h après, un second Boilover engendre la rupture partielle de la liaison robe/fond. De l'HC est libéré mais les merlons (H = 5 m) de la cuvette résistent. Le feu de bac persiste et ne sera éteint que 15 h plus tard. Au total, 150 pompiers interviennent durant 60 h. Plus de 700 m<sup>3</sup> d'émulseurs sont utilisés. 6 pompiers sont blessés.

**N° 4998 – 02/06/87 - 69 – LYON**

**51.5 – Commerce de gros de produits intermédiaires non agricoles**

Dans une cuvette d'un dépôt pétrolier, une fuite d'additif (PE=12°C) se produit sur une pompe. Un aérosol se forme et flashe rapidement. Une seconde après, une explosion se produit et un feu alimenté est allumé. 10 s après, la phase gazeuse d'un bac non frangible de 630 m<sup>3</sup> rempli au tiers du même additif explose. La liaison robe/fond se rompt, le bac décolle jusqu'à 200 m de haut et retombe à 60 m. 4 000 m<sup>2</sup> de cuvette sont embrasés. Un Boilover survient sur un bac en feu de 2 900 m<sup>3</sup> rempli au tiers de GO. Une boule de feu de 200 m de diamètre s'élève jusqu'à 450 m de haut. Le bac se rompt et libère une vague de 1 m qui submerge le merlon. 200 pompiers interviennent durant 22 h ; 200 m<sup>3</sup> d'émulseurs sont utilisés. L'accident s'est produit alors que plusieurs entreprises sous-traitantes effectuaient les travaux ; 2 de leurs employés sont tués et 15 autres personnes sont blessées. Au civil, le chef d'établissement a été condamné à 10 mois de prison et la Shell est reconnue responsable.

**N° 7500 – 25/11/90 – Etats Unis - DENVER**

**62.1 – Transports aériens réguliers**

Suite à une fuite dans une fosse à vannes et à son allumage par le moteur électrique, un incendie survient dans le dépôt de carburant de l'aéroport international d'une superficie de 6,5 ha. La canalisation génère 2 jets de 7 à 9 m de haut qui emplissent la fosse et alimentent l'incendie. La canalisation aval (vers l'aéroport) se vidange dans la fosse à cause du dysfonctionnement d'une vanne de régulation de débit. La vanne de coupure est située à plus de 3 km. Environ 6 000 m<sup>3</sup> de kérosène brûlent pendant plus de 55 heures et 7 des 12 réservoirs sont endommagés. La ville met ses équipes d'intervention à disposition et les aéroports d'autres états ainsi qu'un fabricant fournissent des émulsifiants. Les dommages sont estimés à 150 MF (30 M\$).

**N° 3396 – 14/06/91 – 93 – SAINT-OUEN**

**51.5 – Commerce de gros de produits intermédiaires non agricoles**

Dans un dépôt de carburant, des travaux de soudage sont en cours dans l'aire d'accès aux cuvettes de rétention. Sur cette zone – réputée hors risque – une fuite se produit au niveau d'un regard de purge du collecteur entrée (opercule du piquage 3'' mal remonté). Un flash survient suivi d'un feu de nappe (100 m<sup>2</sup>) puis d'un feu alimenté (150 m<sup>3</sup>/h) contre lequel 500 pompiers luttent en vain durant 4-5 h. La maîtrise du sinistre n'est obtenue qu'après la découverte de la source d'alimentation. Il s'agit d'un bac de 9 000 m<sup>3</sup> de super dont la vanne de pied – réputée fermée – initialement ouverte (erreur humaine) l'est restée malgré le déclenchement du système de sécurité (défaut général de conception). 15 pompiers sont blessés dont 4 sérieusement brûlés.

**N° 2914 – 07/10/91 - 44 – SAINT-HERBLAIN**

**51.5 – Commerce de gros de produits intermédiaires non agricoles**

Dans un dépôt pétrolier, une fuite se produit au niveau d'un raccord sur la ligne de vidange en aval de la vanne de pied d'un bac de 6 500 m<sup>3</sup> rempli à 70 % de SP98. Un aérosol se forme, déborde le merlon (H = 2 m) de la cuvette et se répand par gravité sur le parking. Au bout de 20 secondes, le nuage (V estimé à posteriori à 25 000 m<sup>3</sup>) s'allume. Le VCE génère d'importants dégâts dans la zone de stationnement des camion-citernes (qui sont retournés), ainsi qu'aux structures jusqu'à 100 m et aux vitres jusqu'à 1 km. Un chauffeur décède (des suites de ses brûlures), 2 autres sont blessés ainsi que 2 employés du dépôt. Après rassemblement des moyens nécessaires (durant environ 7 h), 200 pompiers éteignent le feu des 1 100 m<sup>2</sup> de (2) bacs et des 5 400 m<sup>2</sup> de leur cuvette en un peu plus de 1 h.

**N° 4763 – 15/10/93 - 03 – CUSSET**

**60.2 – Transports urbains et routiers**

Un feu puis une explosion se produisent sur un camion-citerne (32 m<sup>3</sup>) en dépotage dans un dépôt de fuel domestique et gasoil (3 cuves enterrées de 30 m<sup>3</sup> et 3 cuves aériennes de 70 m<sup>3</sup>). Des flammes de 10 m de haut sont observées, avec danger d'extension à un dépôt voisin de 35 000 m<sup>3</sup>. L'incendie est rapidement maîtrisé par 45 pompiers et 18 véhicules d'intervention. Des barrages de sable, l'épandage de produits absorbants et l'obstruction des égouts permettent de limiter la pollution des eaux, mais le sol poreux du dépôt est souillé par les hydrocarbures. Des opérations de nettoyage sont nécessaires. Quelques traces d'hydrocarbure sont aperçues dans la STEP de Vichy-Cusset, dans le Jolan, le Sichon et l'Allier.

**N° 5959 – 02/11/94 – Egypte – DRONKA  
75.2 – Services de prérogative publique**

Des inondations sans précédent depuis 50 ans seraient à l'origine de l'érosion d'une voie ferrée, causant le renversement de 2 wagons de carburant dans un dépôt militaire stratégique de 40 000 t (diesel, kérosène). La foudre aurait allumé la nappe, provoquant l'explosion puis l'embrassement des 8 réservoirs du dépôt. Les 15 000 t d'hydrocarbures enflammés présentes sont entraînées par les eaux hors du site et propagent l'incendie à de nombreuses habitations (entre 80 et 200 selon les sources). La végétation est détruite sur une zone de 100 ha. Officiellement, 427 victimes sont à déplorer, parmi lesquelles plusieurs dizaines seraient directement liées au feu (18 signalées). L'armée est mobilisée pour lutter contre le sinistre et reloger les sans-abris.

**N° 8623 – 14/08/95 – Russie – PERM  
23.2 – Raffinage de pétrole**

Un incendie se produit dans une raffinerie de pétrole. Du pétrole fuit au niveau d'un pipeline et se répand sur 300 m<sup>2</sup>. L'unité de raffinage du pétrole brut est mise hors service. Un bassin de décantation est endommagé. 150 pompiers aidés de 30 camions ont pu réduire la zone incendiée à 100 m<sup>2</sup>. Selon l'ingénieur chef, un surcroît de capacité permettrait à l'installation de fonctionner normalement. La commission d'état enquête sur les origines de l'accident.

**N° 8183 – 24/10/95 Indonésie – CILACAP  
23.2 – Raffinage de pétrole**

La foudre frappe le dispositif de jaugeage automatique d'un réservoir à toit fixe de 38 800 m<sup>3</sup> en cours de remplissage par du kérosène à 43,5°C (température supérieure au point éclair). La mauvaise équipotentialité des diverses parties du dispositif est à l'origine d'étincelles qui initient un incendie. Le ciel gazeux du réservoir explose et le toit est détruit. Le liquide enflammé transmet le sinistre aux 6 autres réservoirs présents dans la cuvette. Les habitants du voisinage et les employés sont évacués. Aucune victime n'est signalée. Près de 600 habitations sont endommagées et des centaines de points d'eau sont pollués. Les navires desservant la raffinerie sont retardés. L'incendie est éteint après 3 jours. Les dommages sont estimés à 560 MF.

**N° 9598 – 24/07/96 – Russie – VOLGOGRAD  
23.2 – Raffinage de pétrole**

Dans une raffinerie, un feu se déclare sur un stockage de résidus pétroliers (étang de décantation) inutilisé depuis 2 ans. L'incendie se propage à toute la zone jusqu'à atteindre une taille gigantesque (840 000 m<sup>2</sup>). Une pollution atmosphérique (fumées) très importante est générée. De nombreux pompiers et militaires interviennent, utilisant notamment 17 véhicules de pompiers ainsi que des bulldozers, pelleteuses, véhicules amphibies, canons à eau automoteurs, pontons, lance-roquettes et hélicoptères porteurs d'eau. Le feu est éteint au bout de 16 jours. L'inflammation a pour origine un non respect des règles de sécurité lors de travaux de soudage effectués par des employés d'une société extérieure expérimentant leur procédé de recyclage de déchets.

**N° 10120 – 12/11/96 – Mexique – SAN JUAN IXHUATEPEC**

**51.5 – Commerce de gros de produits intermédiaires non agricoles**

Dans un dépôt d'hydrocarbures, une fuite sur la vanne d'un bac de 16 000 m<sup>3</sup>, contenant 12 800 m<sup>3</sup> d'essence, s'enflamme lors de l'intervention d'ouvriers. Le bac explose 1 h 40 plus tard et le feu s'étend à la cuvette. Un autre bac de 16 000 m<sup>3</sup> contenant 4 000 m<sup>3</sup> d'hydrocarbures implanté dans la même cuvette explose. Un 3<sup>ème</sup> bac (800 m<sup>3</sup>) est menacé. Une colonne de fumée s'élève à 1 200 m. Au moins 16 personnes sont blessées, dont 5 mortellement (brûlures) et 5 gravement. Les habitations proches et les écoles sont évacuées (5 000 personnes). Des centres d'hébergement sont ouverts. Des consignes sont données à la population (se confiner, boire, etc). La Croix Rouge secourt 950 personnes. Plus de 17 000 m<sup>3</sup> d'essence ont brûlé. Le débit d'eau d'extinction atteint 30 m<sup>3</sup>/s. Le sinistre est éteint 48 h plus tard.

**N° 12507 – 27/02/98 – Equateur – ESMERALDAS**

**60.3 – Transports par conduites**

A la suite de pluies torrentielles liées au phénomène climatique El Nino, un glissement de terrain provoque la rupture d'un oléoduc à une douzaine de km du terminal portuaire de 500 km, acheminant le pétrole de l'Amazonie vers la côte Pacifique. Environ 2 500 m<sup>3</sup> de pétrole se déversent dans les rivières et dans l'océan ; l'explosion et l'incendie qui suivent détruisent quelques 160 habitations. L'incendie se propage jusqu'aux quais du port, mais épargne la raffinerie et un gazoduc. Des vagues de feu de 10 m sont observées. Sept personnes sont tuées, 110 personnes sont blessées dont 40 brûlées à 50 %, 40 ont disparu et 600 personnes sont évacuées. L'intervention qui dure 6 h est contrariée par un manque d'eau à la suite de la rupture des canalisations.

**N° 16828 – 02/12/99 – Thaïlande**

**23.2 – Raffinage de pétrole**

Une explosion suivie d'un incendie détruit 4 des 9 réservoirs de pétrole d'une raffinerie. 7 employés sont tués et 11 autres blessés dont 5 sont restés à l'hôpital plusieurs jours (5 j). Les 5 autres réservoirs ont été protégés avec de la mousse (15 000 l) pour éviter la propagation de l'incendie. Des voitures et vitres de maisons aux alentours sont détruites et l'explosion a été ressentie jusque dans les villes à quelques km. La zone est couverte d'une fumée noire. Les réservoirs restants devraient être transvasés par sécurité. Les dommages sont estimés à 22 millions de dollars US. Sur les 86 000 m<sup>3</sup> stockés, 30 000 ont été détruits. Le rayonnement très fort a empêché les pompiers d'intervenir au plus près. L'incendie a duré 2 jours. Enquête et expertises sont en cours, l'installation étant arrêtée par les autorités pour 3 mois. L'accident serait dû à une imprudence lors du remplissage d'un des bacs (1 500 m<sup>3</sup>) : il y aurait eu surremplissage et débordement puis allumage par une étincelle.



**N° 22939 - 24/07/2002 - ETATS-UNIS - 00 - SOUTHLAWN**

**G46.12 - Intermédiaires du commerce en combustibles, métaux, minéraux et produits chimiques**

Dans un dépôt de carburant et de gaz, un incendie se déclare sur un camion alors que ce dernier était utilisé pour le remplissage d'un réservoir fixe. A l'arrivée des pompiers, un réservoir d'un peu moins de 2 m<sup>3</sup> était en flammes, de même que le camion citerne et une trentaine de bouteilles de propane. Selon les services de secours, en fin de remplissage, le réservoir aurait débordé et les vapeurs d'hydrocarbures auraient été enflammées par une machine en fonctionnement. Le conducteur, ayant détecté le débordement, aurait alors coupé l'arrivée de carburant pendant que les 3 personnes travaillant dans la zone évacuaient cette dernière. Les flammes de l'incendie atteignent une vingtaine de mètres. Des bouteilles de gaz, sous l'action du feu, explosent en formant des boules de feu. Devant la possibilité d'extension du sinistre, les secours interrompent la circulation des véhicules sur les axes voisins. Ils procèdent par ailleurs au refroidissement des capacités du site non touchées et des immeubles voisins. L'incendie est maîtrisé en une quarantaine de minutes. L'estimation des dégâts se situe entre 250 000 et 500 000\$.

**N° 25731 - 10/10/2003 - FRANCE - 69 - GIVORS**

**H52.10 - Entreposage et stockage**

Vers 12h20, dans un dépôt pétrolier, un employé constate le débordement d'un bac de bitume, en cours de remplissage. Le produit hors du bac provoque du fait de sa température une émanation de vapeurs et l'inflammation des matériaux d'isolation recouvrant la capacité. Le site met en oeuvre ses dispositifs de secours et le POI est déclenché à titre préventif. Les secours sont alertés et le dépôt est partiellement évacué. Les pompiers établissent deux canons à mousse et évitent la propagation du feu aux autres bacs situés à proximité. L'exploitant procède au soutirage du bitume du bac concerné. L'incendie est maîtrisé vers 13h20 et le POI levé à 14h00. La fuite de produit est restée confinée dans la cuvette de rétention. Les dégâts matériels sont peu importants. Selon l'analyse de l'exploitant, divers paramètres se sont conjugués pour conduire au débordement du bac : excès de produit, puits de jauge endommagé ayant permis l'écoulement, débordement non détecté. L'excès de produit était dû à une demande ponctuellement plus faible de l'unité chargée de la fabrication du produit fini, le stock étant déjà important. La non détection de la montée du niveau dans le bac puis du débordement est due à : indisponibilité de la réglette de niveau dont la réparation n'avait pas encore été effectuée car elle nécessitait la vidange du bac, mauvais fonctionnement du niveau très haut /dispositif à lames vibrantes (non maintenu, pas de dossier technique, adaptation/produit mesuré?), décalage de 24h dans l'application (informatique ?) de suivi du stock, pas de consultation de l'information donnée par la jauge de niveau en local. L'inflammation du produit quant à elle serait due au fait que le bac était chaud et à la présence de sulfures pyrophoriques. En terme d'action corrective, l'exploitant s'engage à remettre en état la réglette, à étudier et mettre en place un détecteur de niveau très haut. Sur le plan organisationnel, les opérateurs ont été formés pour le calcul des stocks dans l'application, la rédaction et la mise en oeuvre d'une procédure de maintenance avec vérifications périodiques sont prévues pour l'entretien de l'ensemble des niveaux du site. De manière plus générale, l'exploitant s'organise pour suivre la mise en place des actions d'amélioration (dont actions correctives).

**N° 31312 - 11/12/2005 - ROYAUME-UNI - 00 - BUNCEFIELD  
G46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes**

Des explosions et un incendie se produisent dans un dépôt pétrolier stockant 150 000 t de carburant (essence, gasoil, kérosène). La 1ère la plus importante à 6h01 (2,4 sur l'échelle de Richter) est entendue à 160 km ; les effets de surpression auraient atteint 700 à 1 000 mbar. Deux autres explosions suivront à 6h27 et 6h28. Un gigantesque nuage noirâtre contenant des substances irritantes atteint le sud de l'Angleterre, la Bretagne et la Normandie le 12/12, puis le Sud-Ouest de la France et l'Espagne. Les autorités conseillent aux riverains de se confiner ; 2 000 personnes évacuées regagneront leur domicile le soir même. L'autoroute M1 est fermée plusieurs jours. L'explosion détruit la station de pompage et les lagunes de réserve incendie, obligeant les secours à s'approvisionner à 3 km du site. L'incendie est maîtrisé après 60 h d'intervention, mais des vapeurs provenant d'une citerne épargnée par le feu s'enflamment le 14 au matin. Au plus fort de la crise, 180 pompiers seront mobilisés, ainsi que 20 véhicules et 26 pompes ; 786 m<sup>3</sup> d'émulseur et 68 000 m<sup>3</sup> d'eau ont été utilisés. A la suite du sinistre, 43 personnes légèrement blessées, par des éclats de verre essentiellement, sont dénombrées, les 10 employés présents sur le site sont indemnes et 20 bacs ont brûlé. Les murs de rétention ayant été endommagés, l'impact sur la qualité des eaux est surveillé, notamment du fait du PFOS, toxique et persistant, utilisé dans les émulseurs. 16 000 m<sup>3</sup> d'eaux d'extinction ont pu être récupérés et stockés provisoirement : 800 m<sup>3</sup> seront rejetés par erreur dans une station d'épuration, puis dans la River COLNE et 10 000 m<sup>3</sup> seront traités par osmose inverse. Plusieurs jours sont nécessaires pour évaluer toutes les conséquences environnementales. Le coût de l'accident devrait dépasser 750 Meuros, dont 37 Meuros pour la reconstruction des cuves et 52 Meuros pour les produits perdus. Environ 20 établissements (500 personnes) ont été détruits et une soixantaine (3 500 employés) a subi d'importants dommages. L'accident est dû au débordement d'un réservoir à écran flottant en remplissage (11/12, 3 h : jauge de niveau statique alors que le débit est constant / 5h20 : le bac commence à déborder / 5h50 : l'approvisionnement d'un autre bac s'arrête et le débit vers le bac 912 atteint 890 m<sup>3</sup>/h / 6h01 : l'explosion). Plus de 300 t d'essence sans plomb, contenant 10 % de butane non stabilisé, se sont alors écoulées au sol formant un nuage de vapeur inflammable répandu sur 8 ha. Selon l'enquête, le point d'allumage de ce nuage, situé au nord ouest du dépôt, pourrait être au niveau de la station de pompage ou de la cabine du générateur d'urgence. Aucun des 2 systèmes d'alarme liés au niveau de remplissage du bac (jauge de niveau + alarme de niveau haut) n'a fonctionné. L'approvisionnement n'a donc pas été interrompu automatiquement et le dysfonctionnement n'a pas été reporté au système du fournisseur comme il aurait dû l'être par le biais de l'alarme de niveau haut.

**N° 33574 - 05/06/2006 - ETATS-UNIS - 00 - RALEIGH  
G46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes**

Une explosion se produit lors de l'installation d'un raccordement entre 2 réservoirs de stockage d'hydrocarbures dans un dépôt d'un champs de pétrole. Lors de travaux de soudure, des étincelles enflamment des vapeurs d'hydrocarbure s'échappant d'un tuyau ouvert à proximité. Des ouvriers d'une entreprise sous-traitante sont en charge des travaux sur 4 bacs interconnectés : le bac n°4 se déverse dans le n°3 dont le trop plein rejoint le n°2 puis le bac n°1. Ils retirent la trappe à la base du réservoir n°4 pour le vidanger des résidus de pétrole brut qu'il contient. Après l'avoir rincé à l'eau, ils laissent les vapeurs d'hydrocarbures s'évaporer pendant plusieurs jours. Le jour de l'accident, un des ouvriers insère le chalumeau pour la soudure oxyacétylénique dans la trappe puis dans l'évent du côté opposé du réservoir n°4 pour vérifier l'absence de vapeur inflammable. Les 4 ouvriers montent alors sur une échelle disposée sur les bacs 3 et 4 pour réaliser les travaux. Peu après le début de l'intervention, un feu se déclare à l'une des extrémités de la canalisation du bac n°3 puis se propage au 2ème par le tuyau de débordement, les réservoirs explosent générant des flammes de plus de 15 m de haut. Les couvercles des 2 réservoirs sont arrachés, l'un d'eux est retrouvé 180 m plus loin. Les 3 ouvriers montés sur le 3ème réservoir décèdent et le 4ème, attaché par un harnais, est gravement blessé. Un témoin appelle les secours locaux et la police qui se rendent sur place. L'analyse des risques fait état de graves manquements aux procédures de sécurité à respecter lors des travaux par point chaud malgré l'existence de guides techniques. Un détecteur de gaz aurait dû être employé, l'utilisation d'une torche de soudure étant extrêmement dangereuse. Le tuyau ouvert sur le réservoir adjacent aurait dû être couvert ou isolé avant les travaux ou, mieux, les vapeurs inflammables auraient dû être éliminées en nettoyant les bacs n° 2 et 3. De plus, les sous-traitants auraient dû monter un échafaudage plutôt qu'utiliser une échelle qu'il fallait maintenir en place en la bloquant sur le bac n°3. L'entreprise sous-traitante n'avait pas établi de procédures de sécurité pour ses employés et l'exploitant du dépôt ne le lui imposait pas. L'exploitant prévoit de développer et de mettre en place des procédures écrites pour assurer des méthodes de travail sûres pour le nettoyage des réservoirs et le travail en hauteur avec points chauds.

**N° 32800 - 12/02/2007 - FRANCE - 69 - FEYZIN  
C19.20 - Raffinage du pétrole**

A 3h40, un opérateur constate une fuite ou un débordement au sommet du bac de récupération des eaux de dessalage du brut de l'unité de distillation atmosphérique (T14051) contenant des eaux huileuses (mélange eau et gazole). Un incendie se déclare aussitôt et l'opérateur donne l'alerte. Le POI est déclenché à 4h. Le personnel de la raffinerie intervient et maîtrise le sinistre à 4h54. La nappe de liquide qui s'est constituée s'est enflammée au contact d'un point chaud non déterminé conduisant, par effet domino, à un incendie sur l'unité attenante de traitement des kérosènes (MEROX) alimenté par les fuites sur les presse étoupes et brides soumises aux effets thermiques. L'exploitant procède à l'arrêt d'urgence de l'unité de distillation atmosphérique et isole l'unité MEROX. L'arrosage pour refroidissement est stoppé à 6h18 avec mise en place d'un tapis de mousse. Les différents effluents (3 000 m3) sont récupérés et dirigés vers la station de traitement des eaux résiduaires, le bassin d'orage et des bassins tampon. Les hydrocarbures impliqués dans l'incendie sont évalués par l'exploitant à 11t de gasoil et 13 t du kérosène. Les conséquences sont limitées à des dégâts matériels et à

un panache de fumée. L'inspection des installations classées se rend sur les lieux et demande à l'exploitant un rapport sur les causes de la fuite ou du déversement du bac et sur la chronologie des événements. Les premiers éléments d'enquête font état de la rupture de la soudure frangible du toit du bac.

**N° 34410 - 22/01/2008 - FRANCE - 04 - PEYRUIS**  
**C20.53 - Fabrication d'huiles essentielles**

Dans une usine de fabrication d'huiles essentielles, de l'huile chaude estérifiée est rejetée dans une cuvette de rétention après débordement de la cuve de stockage. Au contact de la laine de verre du calorifuge de cette dernière, l'huile s'enflamme et provoque un début d'incendie éteint par le personnel de l'usine avant l'intervention des pompiers. La laine de verre imbibée est enlevée, la cuvette nettoyée et la cuve inertée à l'azote. Vers 14 h, la laine de verre restant sur la cuve s'enflamme à nouveau, en raison d'un vent violent. Les secours sont alertés une seconde fois. Aucune impact à l'extérieur du site n'est constaté. L'exploitant décide de décalorifuger complètement la cuve. Une mauvaise estimation des quantités d'huile à transférer est à l'origine du débordement de 500 l d'huile dans la rétention de la cuve. Au titre du retour d'expérience, une mesure de niveau est mise en place sur la cuve et reportée en salle de contrôle.

**ANNEXE 2 :  
STOCKAGES DE SOLVANTS**



**Ministère de l'Aménagement du territoire et de  
l'environnement**  
**Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques**

**Base de données ARIA**  
Accidents concernant des stockages  
de solvants (44 cas)

**N° 14 753 du 17/07/1979 - SAINT-BENOIT-LA-FORET (37)**

29.7 - Fabrication d'appareils domestiques

Dans une fabrique d'articles ménagers, un incendie se déclare dans le magasin de nickel, se disperse aux solvants et atteint des bouteilles d'acétylène.

**N° 56 du 21/06/1988 - POOLE (Royaume Uni))**

51.5 - Commerce de gros de produits intermédiaires non agricoles

Un incendie se déclare dans un entrepôt à partir de la cellule des matières oxydantes (décomposition exothermique probable). La résistance au feu insuffisante des compartiments entraîne la propagation du feu aux cellules voisines (liquides inflammables, déchets). Les fumées toxiques obligent à évacuer 3 000 personnes pendant 1 journée. 14 personnes sont incommodées. La majorité des eaux incendie sont récupérées dans des réservoirs. Le reste est rejeté après dilution. 5 fûts de solvants sont projetés hors du site.

**N° 476 du 21/07/1988 - ARVAULT (79)**

26.5 - Fabrication de ciment, chaux et plâtre

Dans une cimenterie, une explosion suivie d'un incendie se produit sur un réservoir de 300 m<sup>3</sup> (contenant 50 m<sup>3</sup> de solvants à incinérer) lors de travaux de soudure sur une canalisation. Le toit du réservoir est soufflé et projeté à 25 mètres. Aucun blessé n'est à déplorer. Les dégâts sont évalués à 1 million de francs.

**N° 640 du 26/07/1988 - ARBENT (01)**

24.3 - Fabrication de peintures et vernis

Un incendie détruit un entrepôt de peintures, vernis et solvants. Aucune conséquence n'est observée sur l'environnement. Les eaux d'extinction sont récupérées et traitées.

**N° 765 du 21/05/1989 - MONTATAIRE (60)**

24.3 - Fabrication de peintures et vernis

Un incendie dans un parc de 100 à 200 fûts contenant des résines en phase solvant provoque des dommages sur des bâtiments voisins internes à l'usine.

**N° 845 du 22/07/1989 - LONS-LE-SAUNIER (39)**

63.1 - Manutention et entreposage

Un incendie se déclare dans un entrepôt de peintures et solvants. 7 maisons évacuées sont détruites et 2 pompiers blessés.



**N°1 873 du 18/04/1990 - SAINTES (17)**

26.1 - Fabrication de verre et d'articles en verre

Un incendie se déclare dans un atelier d'une société spécialisée dans la sérigraphie sur bouteilles, au moment où le film plastique recouvrant une palette est rétracté à la chaleur, au moyen d'un pistolet à gaz. Le sinistre se propage à des solvants. Une explosion se produit dans le stockage des solvants. 200 m<sup>2</sup> d'atelier et 180 000 bouteilles sont détruits par les flammes.

**N° 1 912 du 03/05/1990 - LIMAY (78)**

24.3 - Fabrication de peintures et vernis

Un incendie se déclare dans un dépôt de peinture situé dans la zone portuaire de Limay. Il est combattu par 200 pompiers : 2 sont blessés au cours de l'intervention. Le bâtiment de 3 200 m<sup>2</sup> contenant 150 tonnes de produits est entièrement détruit. La SEINE est polluée par un léger film irisant de 100 mètres de longueur et de 1 mètre de largeur sur les deux berges.

**N° 2 215 du 28/09/1990 - AMIENS (80)**

60.2 - Transport urbains et routiers

Dans une entreprise spécialisée dans la collecte et le transport de déchets toxiques , des fûts vides ayant contenu des solvants explosent. Deux blessés sont à déplorer, dont un dans un état grave.

**N° 2459 du 12/12/1990 - SEGONZAC (16)**

28.1 - Fabrication d'éléments en métal pour la construction

Un incendie se déclare dans un étalier de construction métallique. Le stock de solvants explose. Des plaques de polystyrène brûlent et dégagent une forte fumée et des émanations toxiques.

**N° 2979 du 04/01/1991 - CALAIS (62)**

24.1 - Industrie chimique de base

Une explosion suivie d'un incendie se produisent sur une cuve de solvants de 20 m<sup>3</sup>. Trois lances à mousse sont utilisées pour éteindre le feu. Aucun risque de pollution n'est constaté.

**N° 2659 du 18/03/1991 - TALENCE (33)**

74.4 - Publicité

A la suite d'un acte de malveillance, un incendie se déclare dans une entreprise spécialisée dans l'affichage longue conservation. Le dépôt de matériels (peinture, produits inflammables) et les ateliers de fabrication sont détruits par les flammes.

**N° 3200 du 04/04/1991 - VOLVIC (63)**

36.6 - Autres industries diverses

Un incendie détruit une fabrique de fleurs artificielles. Des détonations dues à des peintures et solvants se produisent lors de l'incendie.

**N° 3337 du 28/05/1991 - SAINT-ANDRE-DE-CUBZAC (33)**

36.1 - Fabrication de meubles

Un bidon de solvant explose au moment de son ouverture. Le feu se propage aux vêtements de l'ébéniste, puis dans l'atelier. L'ébéniste est grièvement brûlé au visage et aux mains. L'atelier de vernissage, de réserve de meubles d'acajou sont détruits par les flammes. Une grande partie de la toiture du bâtiment est endommagée par les flammes.

**N° 3361 du 01/06/1991 - SENS (89)**

24.6 - Fabrication d'autres produits chimiques

Un incendie se déclare dans un hangar de stockage de fûts de produits chimiques (dégraissants chimiques). Un épais nuage de fumée toxique se dégage. Les pompiers interviennent rapidement avec des moyens importants permettant de maîtriser l'incendie en 1 heure. La population est confinée à domicile pendant 3 heures. La CMIC Auxerre intervient.

**N° 7767 du 05/07/1992 - SELLES (51)**

24.3 - Fabrication de peintures et vernis

Dans un établissement produisant des peintures et vernis, un camion arrache lors d'une manoeuvre une vanne sur stockage de solvant.

**N° 3809 du 25/08/1992 - GRAULHET (81)**

51.5 - Commerce de gros de produits intermédiaires non agricoles

Un incendie se déclare dans un entrepôt contenant 200 000 litres de solvants utilisés pour le traitement des peaux. Il engendre une série d'explosions et produit des flammes de 50 mètres de haut. De la fumée est visible à plus de 10 km. Des émanations toxiques sont émises dans l'atmosphère et des effluents se déversent dans la rivière LE DADOU. 170 pompiers, dont une CMIC, sont mobilisés. Un périmètre de sécurité de 500 mètres est mis en place et 5 fermes voisines sont évacuées. Des barrages sont installés sur le ruisseau. 5 000 litres de mousse sont répandus sur les cuves. 6 pompiers sont blessés dont 3 grièvement. Les dommages matériels s'élèvent à 1,5 MF.

**N° 4416 - 06/04/1993 - BELGIQUE - 00 – MACHELEN**

C20.30 - Fabrication de peintures, vernis, encres et mastics

Un feu se déclare vers 16 h lors du dépotage d'un camion-citerne de Thinner dans une usine de traitement et recyclage de solvants. L'établissement comporte environ 80 réservoirs d'une capacité variant de 5 à 90 m<sup>3</sup> et des stockages de fûts. Les employés tentent en vain d'éteindre le sinistre avec une dizaine d'extincteurs à poudre dont 3 appareils mobiles de 50 kg. L'incendie se propage provoquant l'explosion de cuves de solvants. Une épaisse fumée noire et irritante, visible à des kilomètres, se dégage ; quelques personnes souffrent de difficultés respiratoires dont 6 sont hospitalisées pour des examens. Une centaine de riverain est évacuée. La circulation ferroviaire et routière ainsi que le trafic aérien sur l'une des pistes de l'aéroport national de ZAVENTEM sont interrompus ; la production d'une usine voisine est arrêtée pendant une demi-heure. D'importants moyens humains et matériels sont déployés pour maîtriser le sinistre. Le plan d'urgence régional est déclenché à 17h30. Malgré un approvisionnement en eau insuffisant jusqu'à 18h30, l'incendie est sous contrôle à 19h30. L'origine de l'accident n'est pas clairement établie ; la presse évoque l'électricité statique ou un échauffement de la pompe de transfert. Les installations sont gravement endommagées ; les dégâts sont évalués à 100 millions de francs belges. Douze employés sont en chômage technique.

**N° 5506 du 23/06/1994 - EVRY (91)**

24.3 - Fabrication de peintures et vernis

Un incendie détruit un entrepôt de 2 300 m<sup>2</sup> appartenant à une entreprise spécialisée dans la fabrication de peintures et solvants. 95 000 litres de liquides inflammables (vernis, peintures, pâtes à bois, etc...) conditionnés en fûts de 0,75 à 5 litres sont détruits. Un hôtel situé à proximité est évacué durant les trois heures d'intervention des pompiers. Les bâtiments administratifs de 600 m<sup>2</sup> sont préservés. Les dommages matériels et les pertes de production s'élèvent à 21 MF.

**N° 5518 du 29/06/1994 - BAZAS (33)**

20.3 - Fabrication de charpentes et de menuiseries

Un feu d'origine criminelle se déclare dans un local de 36 m<sup>2</sup> d'une fabrique de portes isoplans, abritant 6 tonnes d'apprêt à 22% d'acétate de butyle et d'éthyle. 3,2 tonnes de diluant à 50% de benzène, 15 tonnes d'apprêt à l'alcool et 6 m<sup>3</sup> de diluant à 40% de toluène. Les pompiers et une CMIC interviennent durant 2 heures. Un pompier est légèrement brûlé. Les 45 m<sup>3</sup> d'eaux d'extinction déversés dans les fossés limitrophes sont contenus par des batardeaux avant de rejoindre la BEUVE. Une recherche de toluène et de benzène est effectuée dans les fossés sans succès. Un autre incendie malveillant avec effraction est combattu à quelques heures d'intervalle à Grignols dans la même zone industrielle. Les dommages et pertes d'exploitation sont évalués à 1,2 MF.

**N°6108 du 01/08/1994 - Les HERBIERS (85)**

36.1 - Fabrication de meubles

Un incendie se déclare dans une fabrique de meubles. Lors de l'installation d'une nouvelle machine dans un atelier de vernissage en fermeture annuelle, des étincelles provenant d'une ébarbeuse enflamment des bidons de solvants présents dans l'atelier. Les pompiers parviennent à circonscrire l'incendie à la zone touchée en s'aidant des murs de maçonnerie séparant les différents locaux. Toutefois, 2 000 des 6 000 m<sup>2</sup> de l'usine sont détruits. Le coût de l'accident s'élève à 21 MF.

**N°2404 du 23/08/1994 - La CHAMBRE (73)**

24.1 - Industrie chimique de base

Un feu se déclare dans un bâtiment de stockage de solvants dans une usine chimique. Le POI est déclenché et la voie SNCF voisine est interrompue durant 17 minutes. Les agents de sécurité internes maîtrisent rapidement l'incendie à l'aide de mousse. L'alerte dure 30 minutes ; les secours extérieurs déplacés n'auront pas à intervenir. Cent vingt mètres carrés de toiture et 250 m<sup>3</sup> d'oxyde de méthyle sont détruits. Cet accident a pour origine une mauvaise appréciation de la durée de transvasement et le débordement de quelques dizaines de litres de solvant pour une part dans la cuvette de rétention du stockage et, une autre part, par ruissellement à proximité d'un point chaud (tuyauterie de vapeur). Aucun blessé n'est à déplorer.

**N°5793 du 25/08/1994 - DOMBLANS (39)**

24.3 - Fabrication de peintures et vernis

Dans une société de fabrication de peinture et vernis, un incendie se déclare dans un local de 100 m<sup>2</sup> où sont entreposés des fûts de solvants à retraiter. L'accident se produit alors qu'un cariste convoyait une palette de produits dans l'unité de stockage. L'incendie aurait été initié par le chariot élévateur lui-même. L'employé s'est extrait seul du local et a parcouru environ 120 à 150 mètres avant qu'un de ses collègues ne parvienne à éteindre ses vêtements en feu à l'aide d'une couverture. Grièvement brûlé au dos et au bras, il est hospitalisé dans un service spécialisé. Les pompiers se rendent maîtres du sinistre en 15 minutes et parviennent à récupérer les eaux d'extinction.

**N°5967 du 11/11/1994 - TOMBLAINE (54)**

15.8 - Autres industries alimentaires

Un incendie détruit la rotative de l'atelier d'imprimerie des emballages d'une usine de potages déshydratés. Cinq employés essaient de maîtriser les flammes apparues vers 7 h 15, mais l'incendie se propage rapidement à l'ensemble du bâtiment. Sous l'effet de la chaleur des bidons de solvants explosent et alimentent l'incendie. Les pompiers parviennent à le maîtriser au terme d'une heure de lutte. Cette annexe de la société est détruite et l'ensemble de la production est temporairement interrompue. Les dégâts matériels s'élèvent à 10 MF.

**N°4219 DU 22/11/1994 - LIMAY (78)**

90.0 - Assainissement, voirie et gestion des déchets

Un incendie détruit un entrepôt de 1 000 m<sup>2</sup> dans une usine de traitement de déchets industriels. Le sinistre concerne en particulier un parc à fûts (capacité unitaire inférieur à 1 000 litres) contenant des solvants divers (dégraissant automobiles, durcisseurs, produits phytosanitaires, etc ...). Une CMIC et 80 pompiers interviennent. L'incendie dure 2 heures mais aucune victime n'est à déplorer et les émissions atmosphériques mesurées dans l'environnement en sont pas toxiques. Aucune pollution des eaux n'est constatée, les eaux d'extinction incendie restant confinées dans un bassin prévu à cet effet. La chute d'un bidon de 30 litres, lors d'une opération de manutention, est à l'origine du sinistre.

**N°5123 du 04/12/1994 - SAINTE-MARIE-AUX-MINES (68)**

37.2 - Récupération de matières non métalliques recyclables

Dans une usine de recyclage de solvants, un incendie se déclare sur une cuve de 600 litres de solvant. Les pompiers le maîtrisent en 30 minutes.

**N°6985 du 01/02/1995 - CHASSORS (16)**

YY.0 - Activité indéterminée

Une étincelle produite par une disquette actionnée près d'un fût est à l'origine de l'incendie et de l'explosion d'un stock de solvant. Les secours protègent un entrepôt de pneus et deux ateliers voisins.

**N°5602 du 28/02/1995 - ERSTEIN (67)**

20.3 - Fabrication de charpentes et de menuiseries

Un incendie se déclare en milieu de matinée dans une menuiserie de 500 m<sup>2</sup> située en plein centre ville. Les 40 pompiers engagés, se doivent d'une part de protéger les habitations environnantes, et d'autre part de neutraliser un dépôt de solvants et d'hydrocarbures qui alimente l'incendie. Le feu est maîtrisé en début d'après-midi mais l'entreprise est totalement détruite. Les 22 employés sont en chômage technique.

**N° 7225 - 29/07/1995 - FRANCE - 62 - BRUAY-LA-BUISSIÈRE**

C22.29 - Fabrication d'autres articles en matières plastiques

Un incendie détruit 4 000 pare-chocs de voitures en polypropylène stockés à l'air libre dans des casiers métalliques. 70 pompiers interviennent. Outre l'extinction de l'incendie, ils procèdent à la préservation des ateliers voisins ainsi que des stockages de gaz et de solvants. Au cours de l'intervention, 5 pompiers sont légèrement blessés et hospitalisés. Les dégâts matériels et les pertes de production s'élèvent à 10,6 MF.

**N°7196 du 24/07/95 - BLOTZHEIM (68)**

25.2 - Transformation des matières plastiques

Un incendie détruit 5 000 m<sup>2</sup> de locaux dans une usine spécialisée dans le moulage de pièces en matières plastiques. Un énorme panache de fumée noire est visible à des km à la ronde. Le sinistre est circonscrit en 2 heures par 80 pompiers. Un employé incommodé par les fumées est hospitalisé. Les dommages sont très importants, la toiture de l'établissement, la plus grande partie des stocks et l'essentiel des machines sont détruits. Les dommages matériels s'élèvent à 155 MF et 200 employés sont mis au chômage technique. Les eaux d'extinction évacuées dans des puits perdus sont analysées. L'origine de l'accident est un fût de solvant non étanche, un nuage de vapeur s'est enflammé au contact du matériel électrique.

**N°7485 du 27/09/1995 - LES MUREAUX (78)**

24.3 - Fabrication de peintures et vernis

Dans une usine retraitant des solvants de peinture, un violent incendie se déclare dans la nuit, au niveau d'une fosse enterrée de 15 000 litres, située sous un hangar à claire-voie et utilisée pour recevoir des diluants usagés livrés en petit conditionnement (30 litres). Des réservoirs aériens proches sont menacés. Le POI est déclenché et 100 pompiers (9 casernes) interviennent durant 30 minutes. Les dommages sont limités (fosse détruite). La présence d'un système de sécurité de type déluge n'a pu stopper le début d'incendie. Un pompier est blessé (entorse). Il n'y aura pas de chômage technique. Les eaux d'extinction et les émulseurs sont confinés dans une cuvette de rétention et aucune pollution n'est constatée. Un acte de malveillance n'est pas exclu.

**N°8881 du 10/01/1996 - WASQUEHAL (59)**

YY.0 - Activité indéterminée

Un déversement accidentel d'hydrocarbures et de solvant se produit à cause d'une accumulation d'égoutture due au nettoyage et dépotage des véhicules de l'entreprise. La MARQUE est polluée. Aucun traitement n'est installé sur le réseau d'égout pour la station de lavage, les eaux de voirie et les eaux sanitaires.

**N°9996 du 22/04/1996 - MANTES-la-JOLIE (78)**

24.3 - Fabrication de peintures et vernis

Un violent incendie initié par la foudre se déclare dans une usine spécialisée dans la fabrication de peinture pour l'industrie automobile. Un atelier d'une superficie de 300 m<sup>2</sup> contenant les stocks de peinture, solvants vernis et résines est détruit. Attisé par un vent violent, le feu se propage à une entreprise voisine.

**N°8702 du 30/04/1996 - AUDINCOURT (25)**

34.3 - Fabrication d'équipements automobiles

Un chariot élévateur perce un fût contenant un solvant non halogène utilisé pour nettoyer d matériel de peinture. Le solvant se déverse sur le sol puis dans le GLAND par l'intermédiaire d'un collecteur des eaux pluviales. Un regard du réseau des eaux pluviales est neutralisé. Un barrage est installé sur le cours d'eau et un produit absorbant est utilisé. Un procès-verbal est dressé à l'encontre de l'exploitant.

**N°8908 du 18/05/1996 - VAULX-en-VELIN (69)**

51.6 - Commerce de gros d'équipements industriels

Pour une raison inconnue, une explosion suivie d'un incendie se déclare sur des fûts de 200 litres de solvants stockés à l'extérieur d'un entrepôt. Il s'en suit un imposant panache de fumées et une odeur nauséabonde. L'incendie est attisé par un vent violent. Les flammes menacent 5 grosses cuves de solvant. Un poids lourd appartenant à une société voisine est touché par les flammes. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité et maîtrisent le sinistre en une heure. Des prélèvements sont effectués dans le sol et les égouts.

**N°8983 du 30/05/1996 - AY (51)**

17.5 - Autres industries textiles

Un incendie d'origine criminelle localisé simultanément en deux foyers distincts détruit l'entrepôt d'une usine textile de 1 000 m<sup>2</sup> abritant du tissu et de la moquette. L'alerte est donnée par un employé. La bouteille de gaz d'un chariot élévateur explose et projette un morceau de bardage métallique à 30 mètres. Des solvants et encres d'imprimerie également présents alimentent le feu. Le POI est déclenché au bout d'une heure. Une CMIC intervient. Une deuxième explosion d'origine inconnue se produit quatre heures plus tard. Un pompier et un employé sont légèrement intoxiqués. Les eaux d'extinction sont retenues dans une cuvette de rétention. L'accès au site est interdit devant le risque d'éboulement des murs et de la charpente. Des analyses air-eau sont effectuées.

**N°9040 du 05/06/1996 - SURVILLIERS (95)**

63.1 - Manutention et entreposage

Un incendie détruit un entrepôt de 200 m<sup>2</sup> abritant des fûts d'huile et solvant. Le feu se serait déclenché à la suite de la chute d'un fût de solvant et d'une étincelle. L'opérateur n'est que légèrement choqué.

**N°10513 du 01/02/1997 - SANARY-sur-MER (83)**

35.1 - Construction navale

Un incendie détruit en une demi-heure l'entrepôt de solvant d'un chantier naval. L'absence de prise d'eau à proximité oblige les secours à pomper l'eau dans la mer. Un pompier blessé au cours de l'intervention est hospitalisé. 45 employés sont mis en chômage technique.

**N°10985 du 03/03/1997 - SAINT-LO (50)**

73.1 - Recherche - développement en sciences physiques et naturelles

Dans un laboratoire départemental, un feu se déclare dans un local abritant des solvants et divers produits chimiques. Lors du sinistre, 30 employés sont évacués et 2 d'entre eux gravement brûlés sont hospitalisés.

**N°11304 du 13/05/1997 - SAILLENARD (71)**

24.6 - Fabrication d'autres produits chimiques

Dans une usine d'additifs chimiques pour le béton d'une superficie de 4 800 m<sup>2</sup>, un solvant (mélange white spirit / MEC de point éclair : 0°C) s'enflamme au cours du remplissage de bidons de 30 litres par gravité. La cuve de fabrication et les bidons s'enflamment. Une superficie de 1 500 m<sup>2</sup> est incendiée. Un employé légèrement intoxiqué est hospitalisé. Un périmètre de sécurité de 1,5 km est mis en place. Une dizaine d'habitations sont évacuées. Une CMIC procède à des mesures de toxicité. Une expertise attribue l'accident à une décharge d'électricité statique créée par les vêtements de l'opérateur ; ce dernier avait constaté des décharges sans conséquence avant l'accident. Des mesures correctives sont proposées. Les produits chimiques polluent le TEUIL.

**N°11605 du 01/06/1997 - SAINT-GREGOIRE (Canada)**

36.1 - Fabrication de meubles

Une explosion survient dans une fabrique de meubles, blessant 8 des 30 employés, dont 5 gravement et détruisant 2 maisons voisines. Les vernis et solvants pourraient être à l'origine du sinistre.

**N°10168 du 12/06/1997 - LA ROCHE-DE-DE-GLUN (26)**

51.5 - Commerce de gros de produits intermédiaires non agricoles

Dans un entrepôt abritant des solvants à incinérer dans centre extérieur, un feu se déclare en fin de pompage de fûts dans un camion-citerne. Les fûts étaient habituellement pompés hors du bâtiment mal ventilé. Le sinistre est dû à la chaleur, aux produits déversés sur le sol et aux vapeurs générées en quantités qui ont dû être allumées par un chariot ou l'électricité statique. D'importants moyens interviennent durant 4 heures. Trois personnes, l'une brûlée à 80 %, sont hospitalisées. Le voisinage est évacué et un captage d'eau potable est arrêté. Des prélèvements dans la nappe phréatique sont effectués par crainte d'une pollution due aux eaux d'extinction (250 m<sup>3</sup>). Le dépôt détruit (500 m<sup>2</sup> / 1 MF), dont l'activité est réduite, allait être abandonné.



**N°13505 du 01/09/1998 - PIERRE BENITE (69)**

24.3 - Fabrication de peintures et vernis

Un feu se déclare pour une raison inconnue dans un entrepôt de solvants. Sur 1 tonne de produits impliqués, 3 à 400 kg se déversent dans les égouts. Une cellule antipollution intervient pour limiter les écoulements et nettoyer les secteurs pollués. L'intervention dure 45 minutes. Une entreprise extérieure incinère les déchets liquides récupérés (5,5 tonnes d'un mélange eau et hydrocarbures) Aucune victime n'est à déplorer. Les dommages matériels sont évalués à 1 500 kF.

**N°14555 du 20/10/1998 - La FARLEDE (83)**

24.6 - Fabrication d'autres produits chimiques

Dans une entreprise de conditionnement de bombes aérosols, un fût de 200 litres de solvant s'enflamme spontanément et provoque un incendie qui détruit toute l'entreprise. Une importante fumée noire se dégage au-dessus de la zone industrielle. Les risques d'explosion, la toxicité des substances entreposées (solvants, bouteilles de gaz, cuve de fréon) et les fumées toxiques rendent l'intervention des pompiers difficile. Une cellule des risques technologiques et des risques radiologiques interviennent sur place. Les dommages matériels sont de 3,6 MF.

**N°14421 du 21/11/1998 - BONS-EN-CHABLAIS (74)**

31.2 - Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique

Dans une usine de fabrication de composants électroniques, un incendie survient sur des fûts de déchets d'huile de coupe et de dégraissant stockés à l'extérieur. Plusieurs fûts explosent. La propagation du feu se produit à l'usine adjacente et se limite au stockage de quelques matériaux.

**N° 28084 - 21/09/2004 - FRANCE - 47 - MIRAMONT-DE-GUYENNE**

YYY.YY - Activité indéterminée

Un feu de plastique se déclare vers 19h30 dans un atelier de peinture de 400 m². Les pompiers maîtrisent l'incendie et évitent sa propagation à une cuve de fuel et à des stockages de solvants et peintures avec 7 lances dont 1 à mousse. Une ronde de surveillance est effectuée vers minuit. Les dégâts dus à la fumée sont importants.

**N° 34349 - 15/03/2008 - FRANCE - 77 - MITRY-MORY**

C20.30 - Fabrication de peintures, vernis, encres et mastics

Un feu se déclare vers 18h40 dans une usine de fabrication d'encre au centre du magasin de matières premières et produits semi-finis. Il se développe rapidement. L'une des caméras de surveillance filme les premières fumées vers 18h45, puis des flammes sortent de la toiture 7 min plus tard. A leur arrivée à 18h59, les pompiers observent l'importante colonne de fumées noires et des flammes. L'entrepôt de 10 000 m<sup>2</sup> abritant divers produits chimiques (solvants, cadmium et plomb, acétone, acétate de méthyle, glycol, polymères...) est atteint. L'incendie menace de se propager à un bâtiment abritant une autre société. L'intervention mobilise une centaine de pompiers et 9 lances. Le feu est circonscrit à 21h38 tout en restant très violent. Les secours obturent les égouts et surveillent le bassin de rétention. A 22h33, le foyer principal baisse d'intensité et permet aux pompiers d'éviter toute propagation vers les laboratoires et les stockages de solvants. L'Inspection des Installations Classées se rend sur les lieux et le maire est prévenu. Le feu est éteint le lendemain vers 2h30. Une société spécialisée effectue des prélèvements d'eau et analyses qui révèlent une concentration importante en polluants écotoxiques (cétones, éthers de glycol, pyrrolidinone-éthenyl, phenoxyethyl acrylate).

Les eaux d'extinction ne peuvent en l'état être déversées dans les égouts. L'exploitant les fait pomper par une entreprise afin de les détruire dans un centre d'incinération (bordereaux de suivi d'élimination transmis à l'Inspection), mais ces dernières se sont cependant déjà en partie écoulées dans le milieu naturel. Une vanne motorisée guillotine devait être mise en place en avril 2008. Le jour du sinistre, un système d'extinction automatique de type sprinkleur était en cours d'installation pour être mis en service 2 semaines plus tard. Prévu pour couvrir l'ensemble du site, il aurait permis d'éviter l'incendie ou tout au moins d'en limiter les conséquences.

Aucun blessé n'est à déplorer, mais 5 000 m<sup>2</sup> de bâtiment sont détruits, dont une zone de production de 2 000 m<sup>2</sup> ; le maire doit prendre un arrêté de péril au vu de l'instabilité de certaines structures. Ce sont au total 80 t de matières premières et de produits semi-finis qui ont été détruits, des milliers de m<sup>2</sup> contaminés sont à nettoyer, l'outil de production est partiellement hors d'usage (14 mélangeurs à restaurer dont 3 détruits) et les pertes sont évaluées à 3 millions d'euros. La reconstruction est prévue sur 1 an. Des mesures de chômage technique sont évitées de justesse.

**N° 34780 - 29/06/2008 - FRANCE - 74 - LA ROCHE-SUR-FORON**  
E38.12 - Collecte des déchets dangereux

Un feu se déclare vers 16 h dans un centre de transit de déchets dangereux. Il concerne des fûts de solvants non chlorés et d'huiles usagées en provenance de l'industrie du décolletage. 50 fûts de 200 litres sont détruits mais le reste de l'établissement est préservé. Les stockages en citernes aériennes contenant du perchloréthylène sont préservés par un arrosage important des pompiers. Un important dispositif est déployé : 30 engins et 90 pompiers. Un périmètre de sécurité de 400 m est mis en place et 180 personnes sont évacuées. Le feu est éteint vers 20h. Des mesures de toxicité montrent qu'aucune émanation toxique n'a eu lieu. Aucune victime n'est à déplorer. Une fuite de la rétention dans laquelle sont stockées les eaux d'extinction d'incendie provoque la pollution par des hydrocarbures du ruisseau LE SION sur 4 km. Une forte mortalité piscicole est constatée. Les pompiers mettent en place 3 barrages pour stopper et récupérer les polluants mais l'opération est rendue difficile par un orage violent. L'exploitant pompe les eaux polluées avec des camions citernes. L'Inspection des Installations Classées se rend sur les lieux. Une enquête est en cours pour déterminer les causes de l'accident.