الأيـام العــلمـية و التـقـــنيه التـــاســعـــة لـــــسونــاطــراك

NINTH SCIENTIFIC AND TECHNICAL DAYS OF SONATRACH

9ÈMES JOURNÉES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES DE SONATRACH

Analyse QRA des risques associés au phénomène de Boil-Over dans les parcs de stockage de pétrole brut

SMATI A./ NEDJAR M./ YOUNSI K.

PEGAZ ENGINEERING

Sommaire

Introduction

Qu'est-ce que le Boil-Over ?

Qu'est-ce que le QRA ?

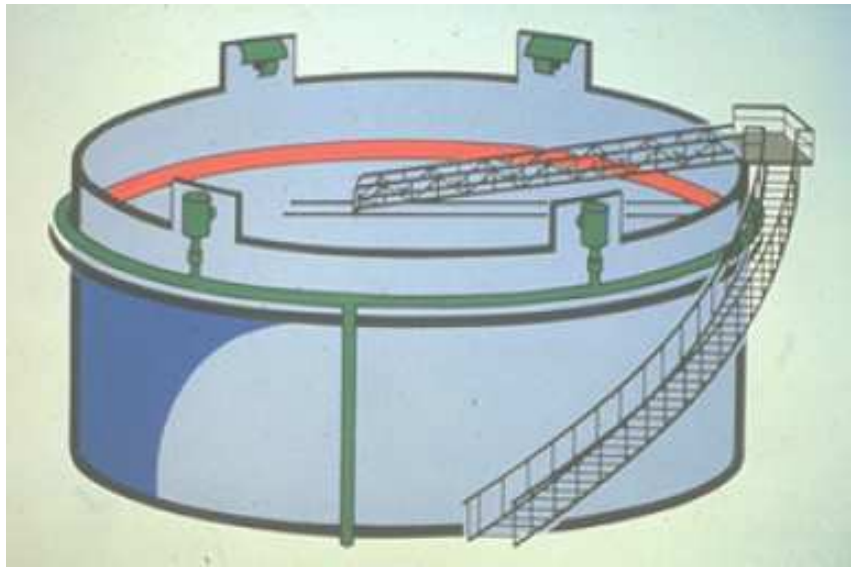
Analyse QRA du Boil-Over

Etude de cas

Conclusion

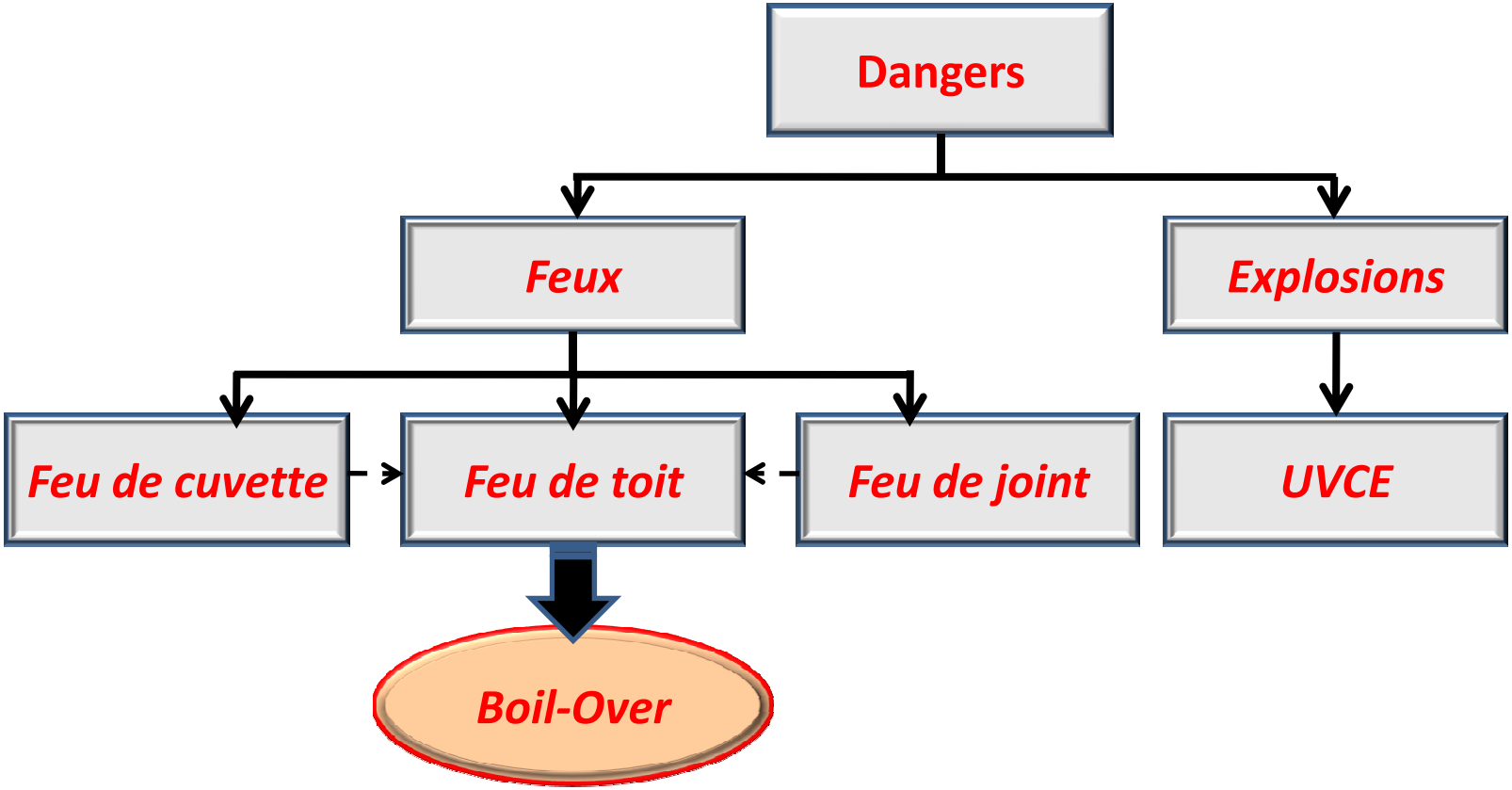
Introduction

- ***Algérie: important producteur de pétrole -> Important réseau d'oléoducs***
- ***Parcs de stockage: Terminaux «départ» et «arrivée»; CPF, raffinerie, etc.***
- ***Parcs de stockage: Constitués de Réservoirs à toit flottant de grande capacité.***



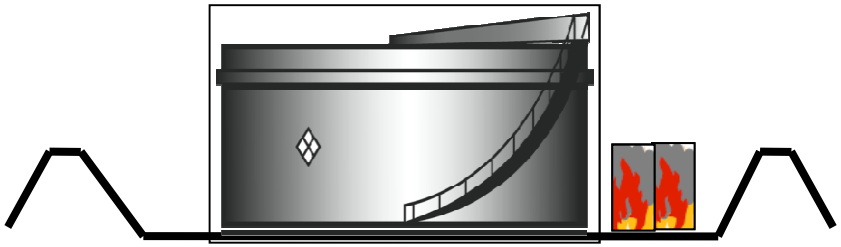
Dangers associés au stockage du pétrole brut

- ***Parcs de stockage: installations classées,***
- ***susceptibles de générer de nombreuses situations de danger***

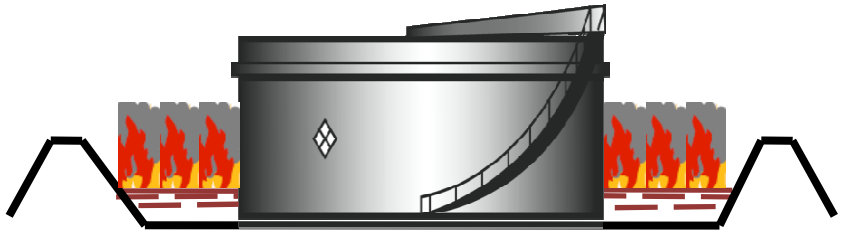


Feux sur les réservoirs à toit flottant

Petit Feu sur la cuvette



Feu sur la totalité de la cuvette



Feu sur le joint annulaire

Feu sur la totalité du toit

Fréquences génériques par type de feu

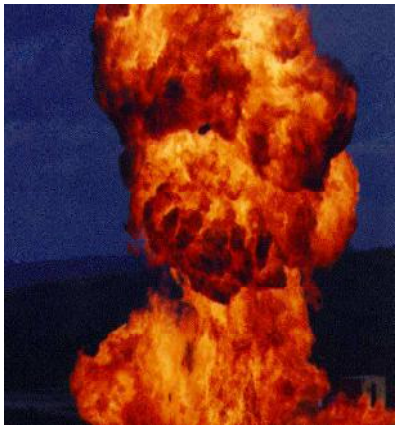
sources :

(1) "Large atmospheric storage tank fires" LASTFIRE 2001

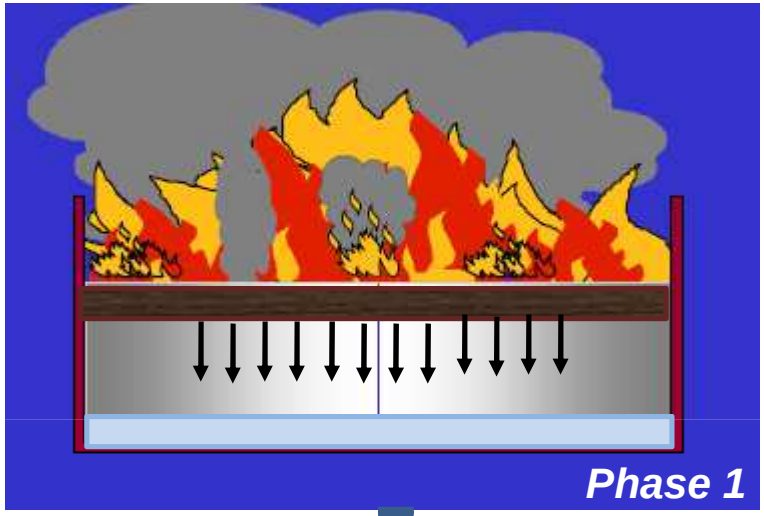
(2) « Risk assessment data directory » OGP 2010

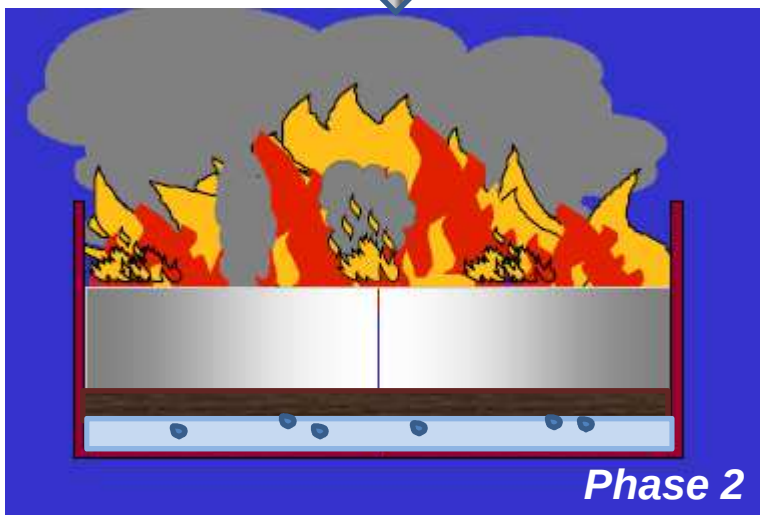
Type de feu	*Fréquence [1/bac.an]*	
	Last Fire 2001	**OGP 2010**
Feu de joint du toit	$2{,}0.10^{-3}$	$1{,}6.10^{-3}$
Petit incendie de cuvette	$9{,}0.10^{-5}$	$9{,}0.10^{-3}$
Feu sur toute la cuvette	$6{,}0.10^{-5}$	$6{,}0.10^{-5}$
Feu sur la totalité du toit	$3{,}0.10^{-5}$	$1{,}2.10^{-4}$

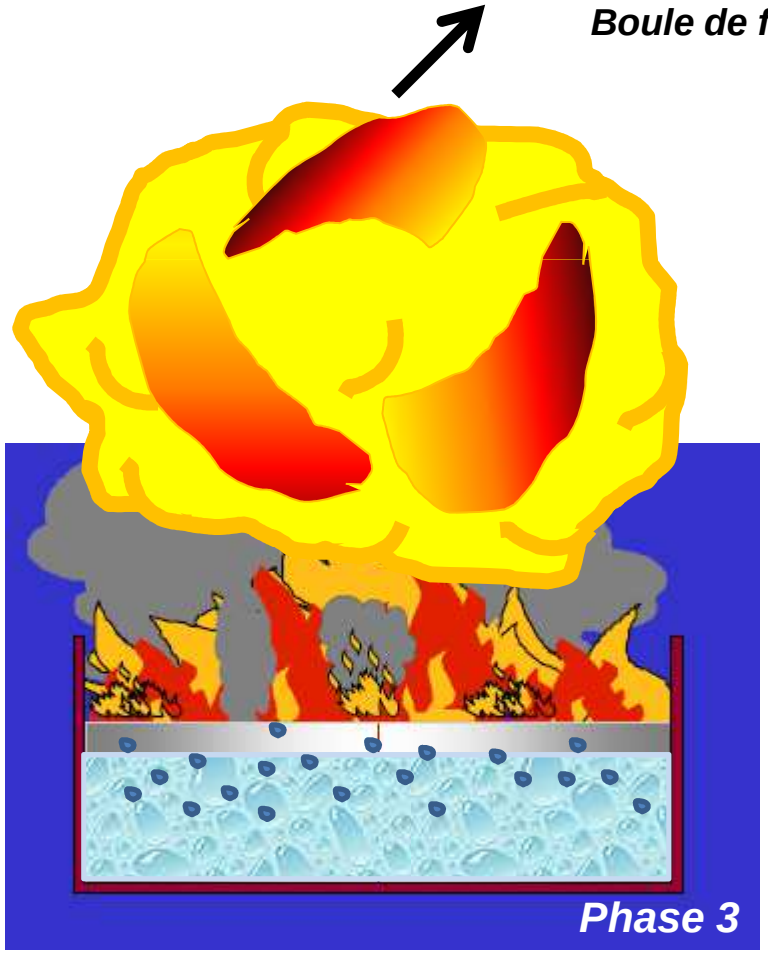
Les 3 phases du Boil-Over



Boule de feu

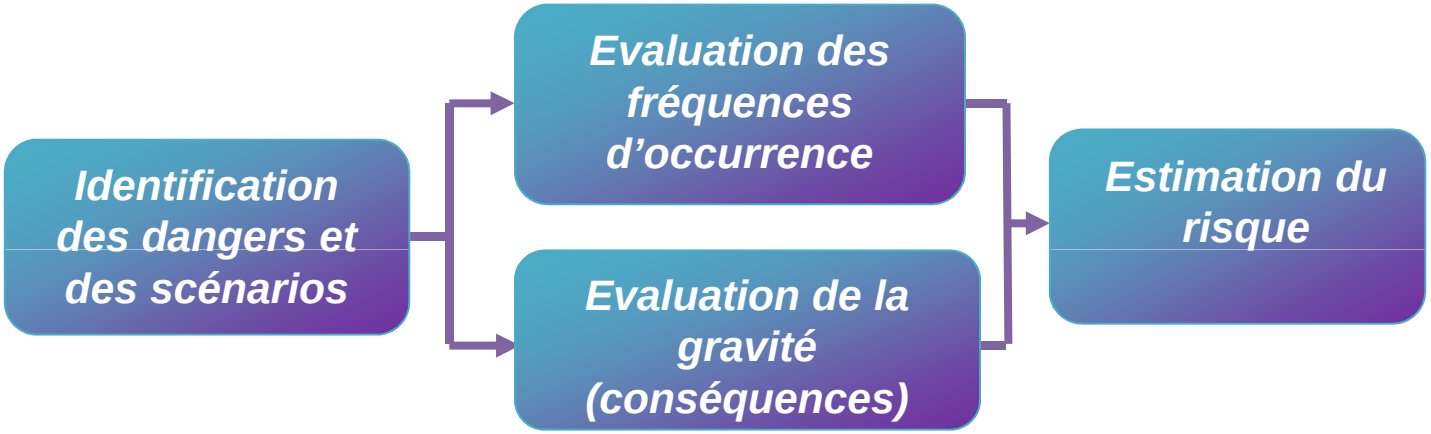






Analyse des risques: le QRA

Risque = Probabilité x Conséquence



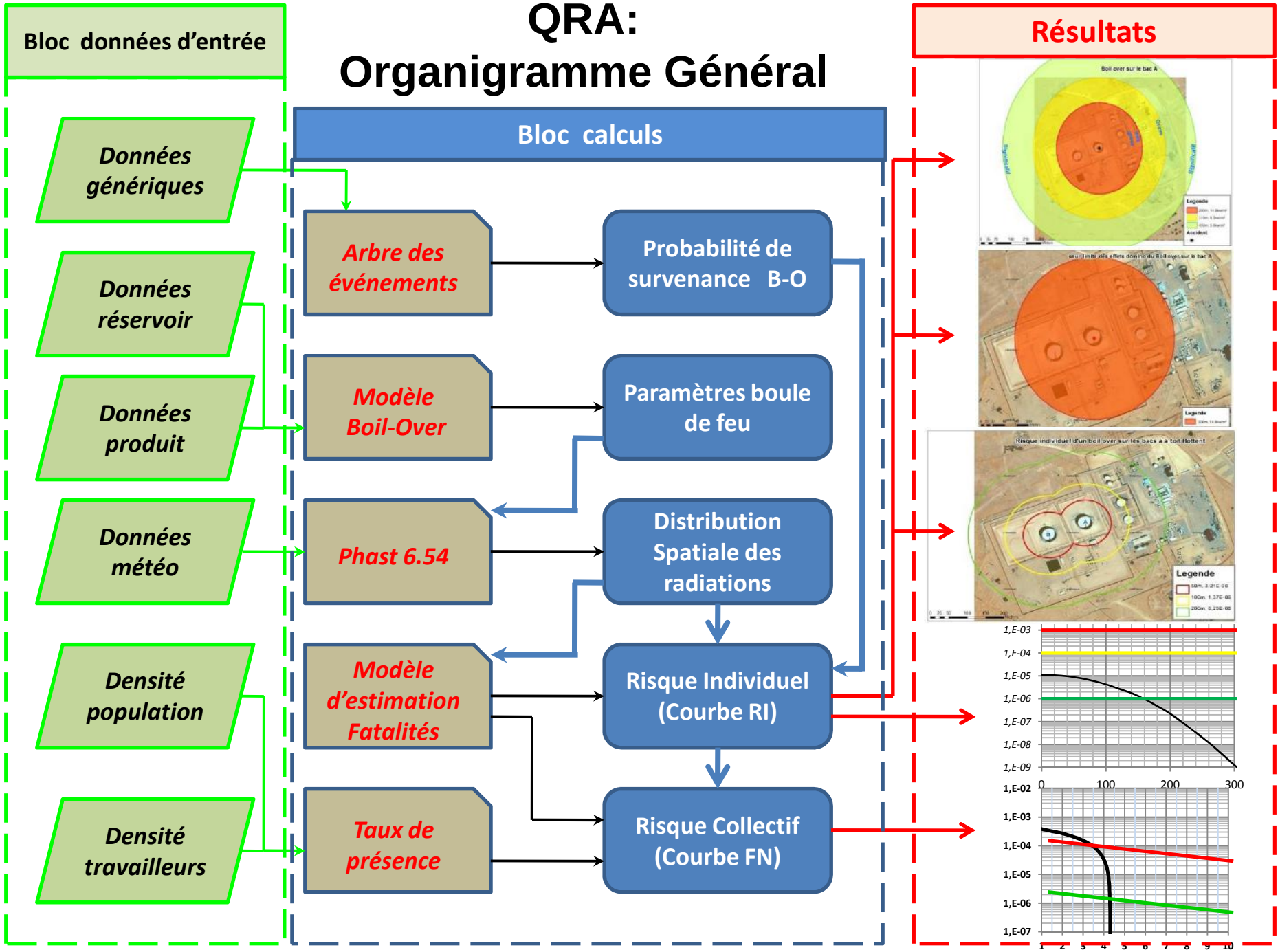
Type d'analyse	*Fréquence*	*Gravité*
Analyse qualitative	qualitative	qualitative
Analyse semi-quantitative	quantitative	qualitative
Analyse quantitative (QRA)	quantitative	quantitative

Analyse qualitative et semi-quantitative

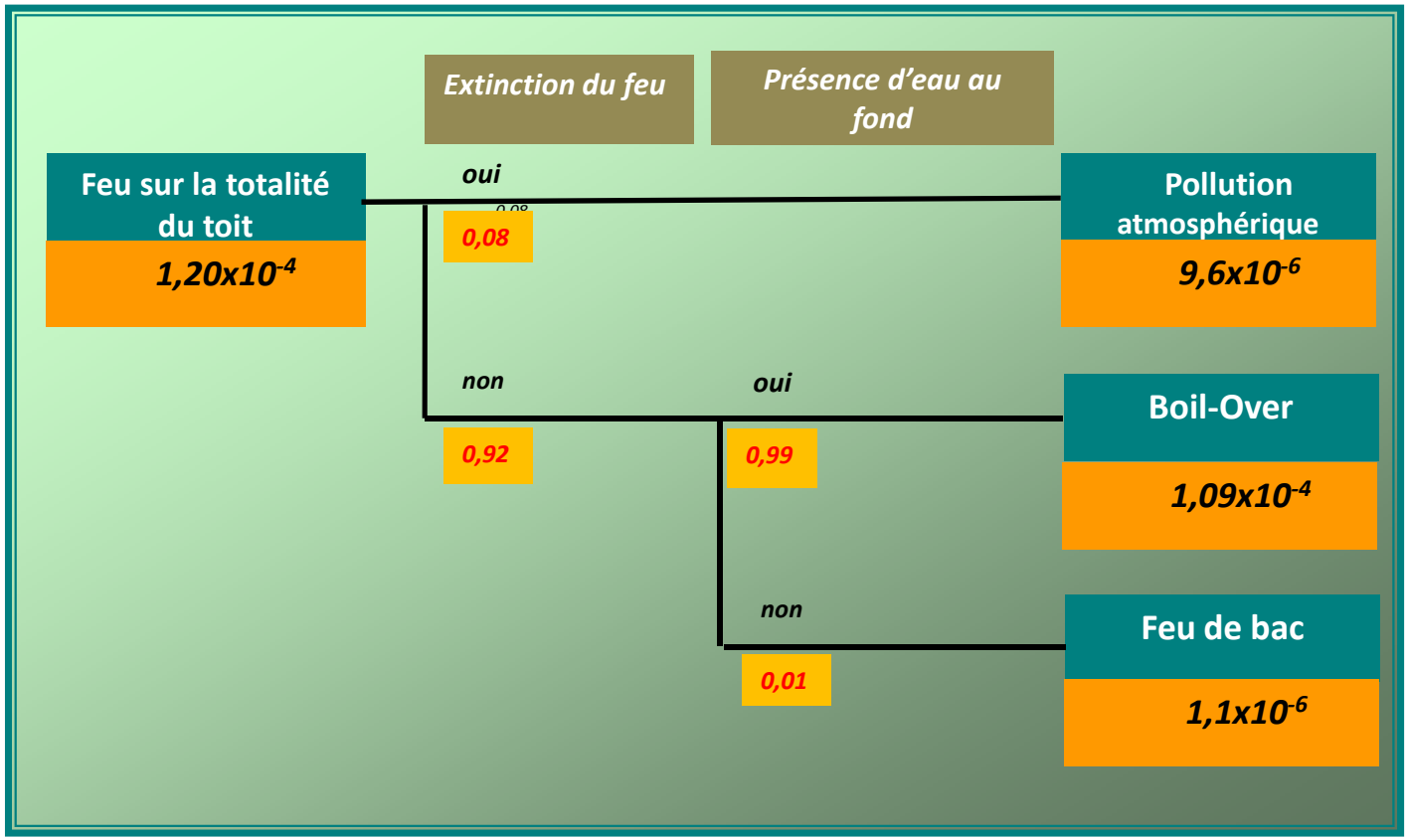
Matrice de criticité

Classe	E	D	C	B	A
Qualitatif	*Extrêmement improbable*	*Très improbable*	*improbable*	*Probable*	*Courant*
Semi-Quantitatif	*$<10^{-5}$*	*10^{-5} à 10^{-4}*	*10^{-4} à 10^{-3}*	*10^{-3} à 10^{-2}*	*$>10^{-2}$*
Gravité	*Fréquence-gravité*				
Elevée					
Moyenne		☆	☆		
Basse			☆		
Très Basse			☆		
Nulle					

QRA: Organigramme Général



Arbre des événements d'un boil over



Estimation des caractéristiques du Boil-over

(progiciel développé par Pegaz)

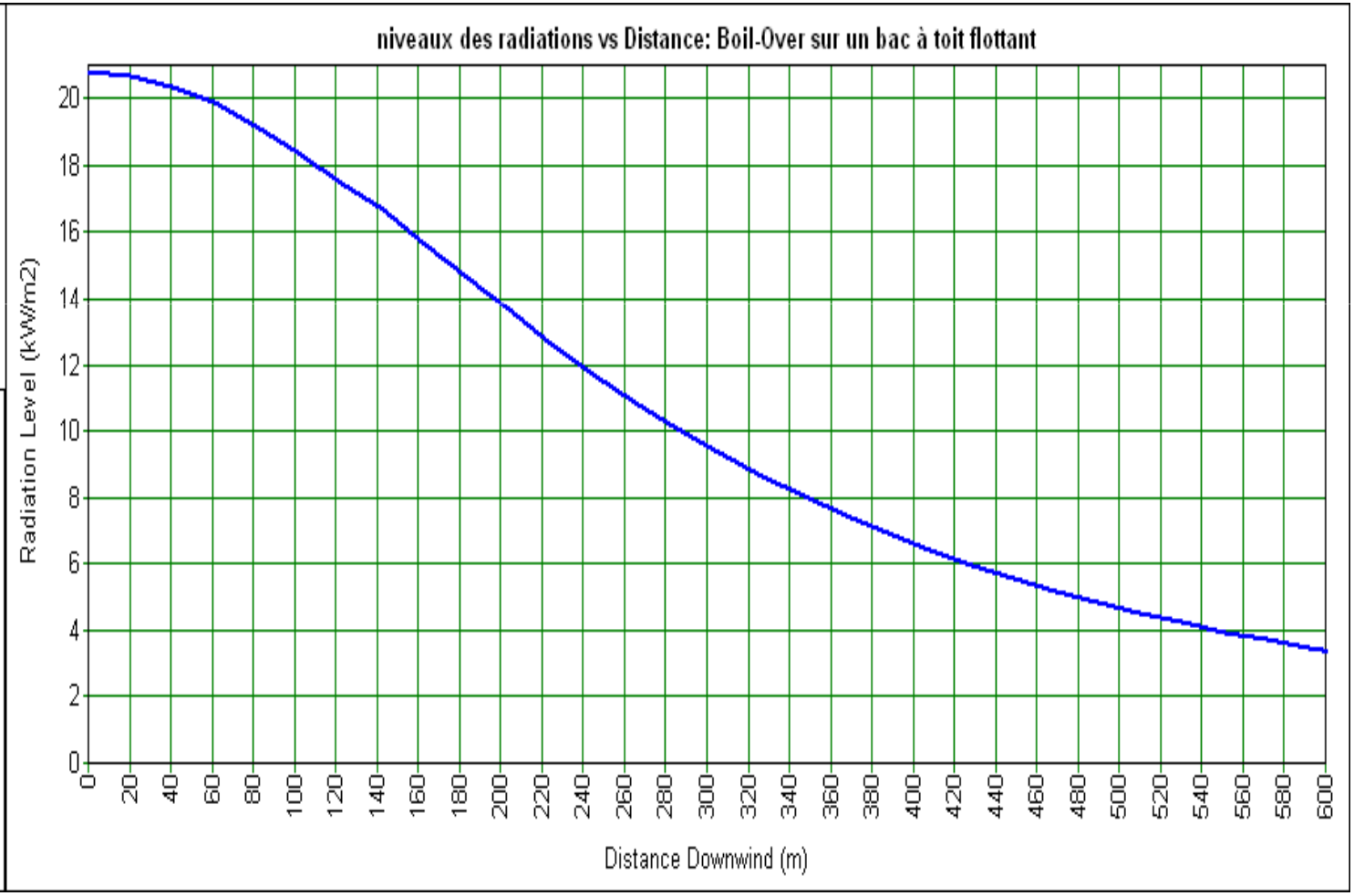
Données d'entrée	
Hauteur du réservoir en m	18,69
Hauteur initiale de brut dans le réservoir en m	13,08
Hauteur de l'eau au fond du réservoir en m	0,10
Diamètre du réservoir	39,20
Température du brut avant incendie en°c	15
Température d'ébullition moyenne du brut léger en °K	535
Température d'ébullition initiale en °K	348
Température d'ébullition finale en °K	823
viscosité du brut léger à 393 K en cSt	2
Densité du brut à 20°c en Kg/m3	800
LSI (limite supérieure d'inflammabilité)	0,0652
Chaleur de combustion du brut léger en J/kg	4,00E+07
Chaleur latente de vaporisation du brut léger en J/kg	2,90E+05

Résultats	
Tm en °K	392,5
Tm en °c	119,5
Facteur de Michaelis (risque B.O si supérieur à 0,6)	3,6
valeur de Ksi	0,8
densité à tser kg/m3	803,9
densité à Tm kg/m3	723,1
Chaleur spécifique à tser j/kg,K	1941,47
Chaleur spécifique à Tbul j/kg,K	2852,78
Valeur de l'intégrale de Cp entre tser et tbul	5,9E+05
vitesse de combustion en m de hauteur de produit par seconde	6,27E-05
vitesse de combustion en m de hauteur de produit par heure	0,23
temps de déclenchement probable du B.Over en s	62 524
temps de déclenchement probable du B.Over en h	**17,37**
Hauteur de brut à l'instant du déclenchement du B.Over en m	9,2
température de la vapeur en °c	141
Fraction d'hydrocarbures vaporisée	0,85
Fraction d'hydrocarbures vaporisée dans la combustion	0,15
Surface du réservoir m2	1 207
Volume de brut projeté en m3	10 936
Masse de brut projetée en kg	7 907 532
Fraction d'hydrocarbures brulée dans la boule	0,00976
diamètre de la boule de feu en m	**120**
Hauteur mini en m par rapport au sol	**79**
Hauteur max en m par rapport au sol	**217**
durée en s	9
Seuils limites (fonction de la durée)	
Dangers significatifs ou effets irréversibles KW/m2	**5,6**
Dangers graves ou premiers effets létaux KW/m2	**9,3**
Dangers très graves et effets létaux significatifs KW/m2	**14,8**

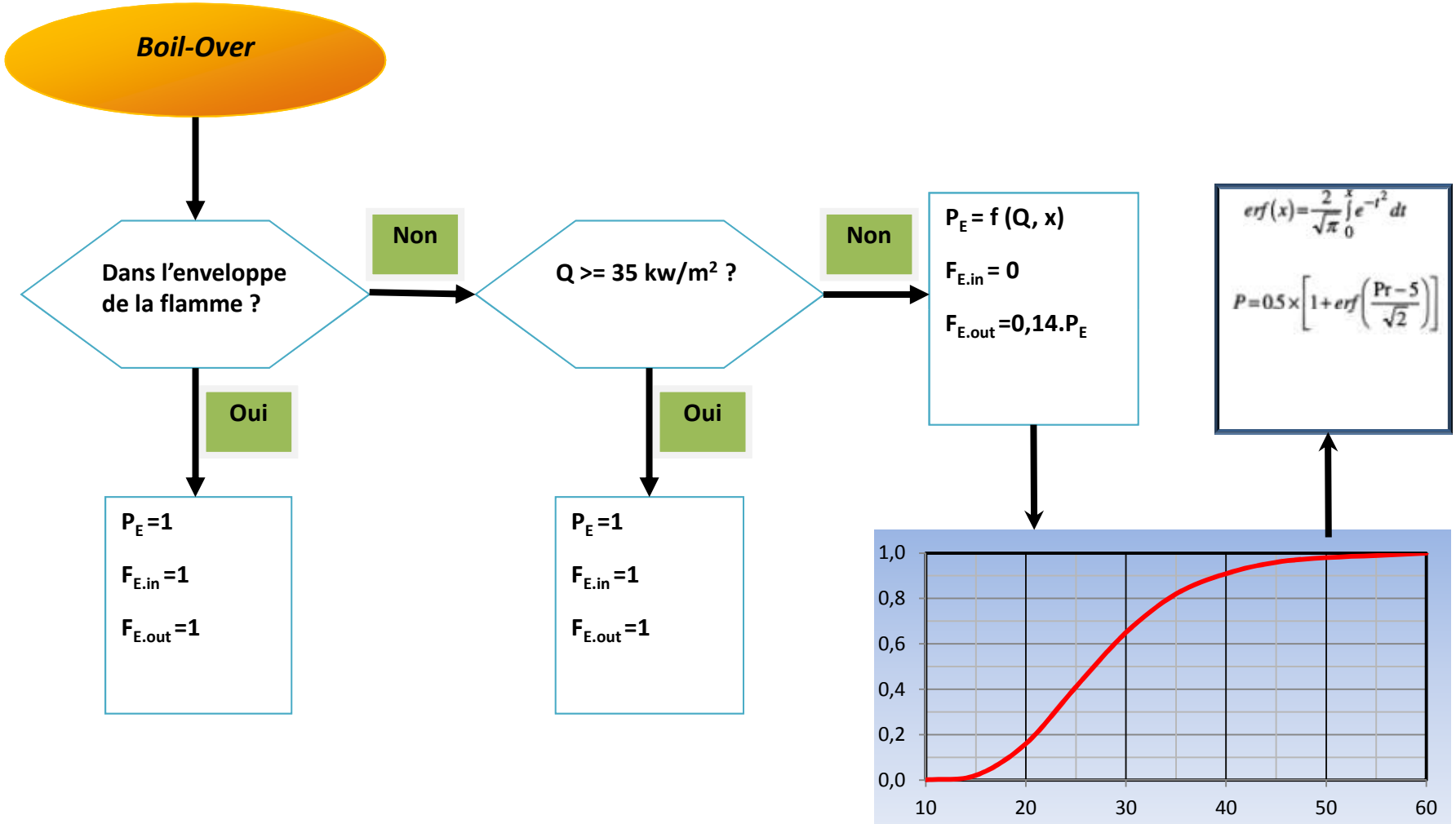
Simulation des niveaux de radiations d'une boule de feu générée par le boil-over

(Phast 6.54)

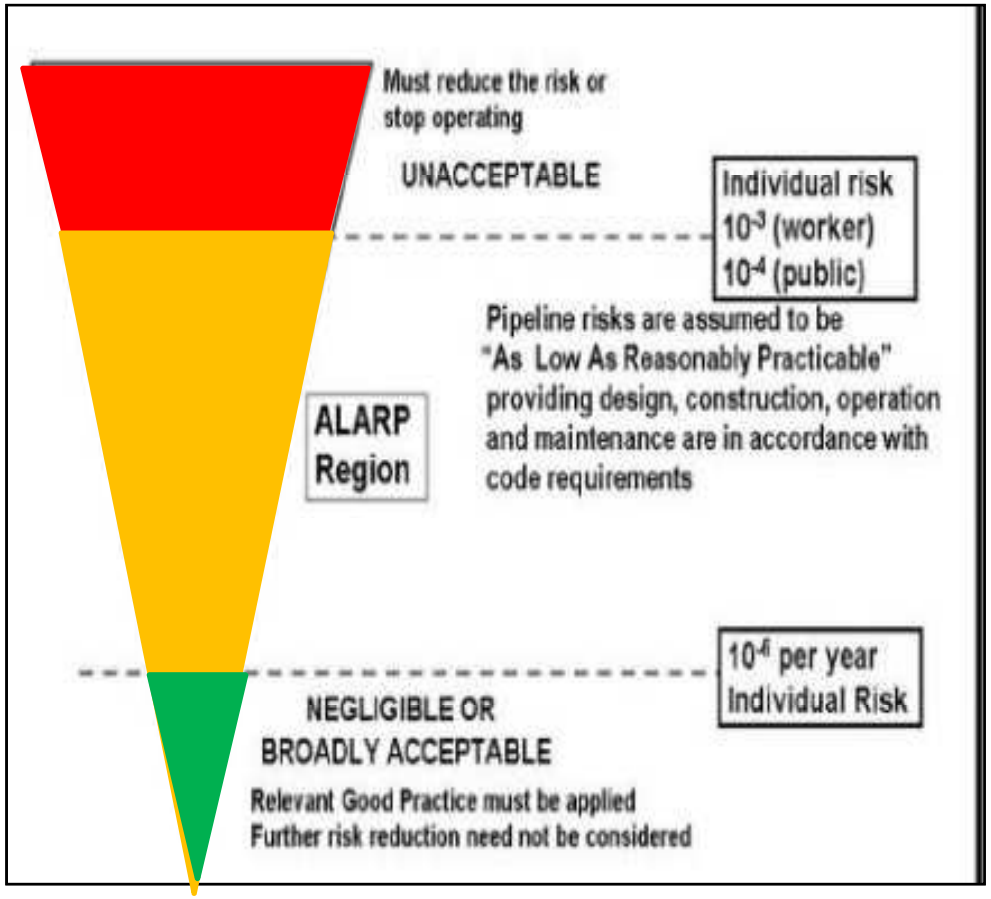
Study Folder:EL BORMA
Audit No: 115530
Model:
1-BOILOVER bac brut toit flottant A
Weather: Category 1.5/F
Material: brut Weathers



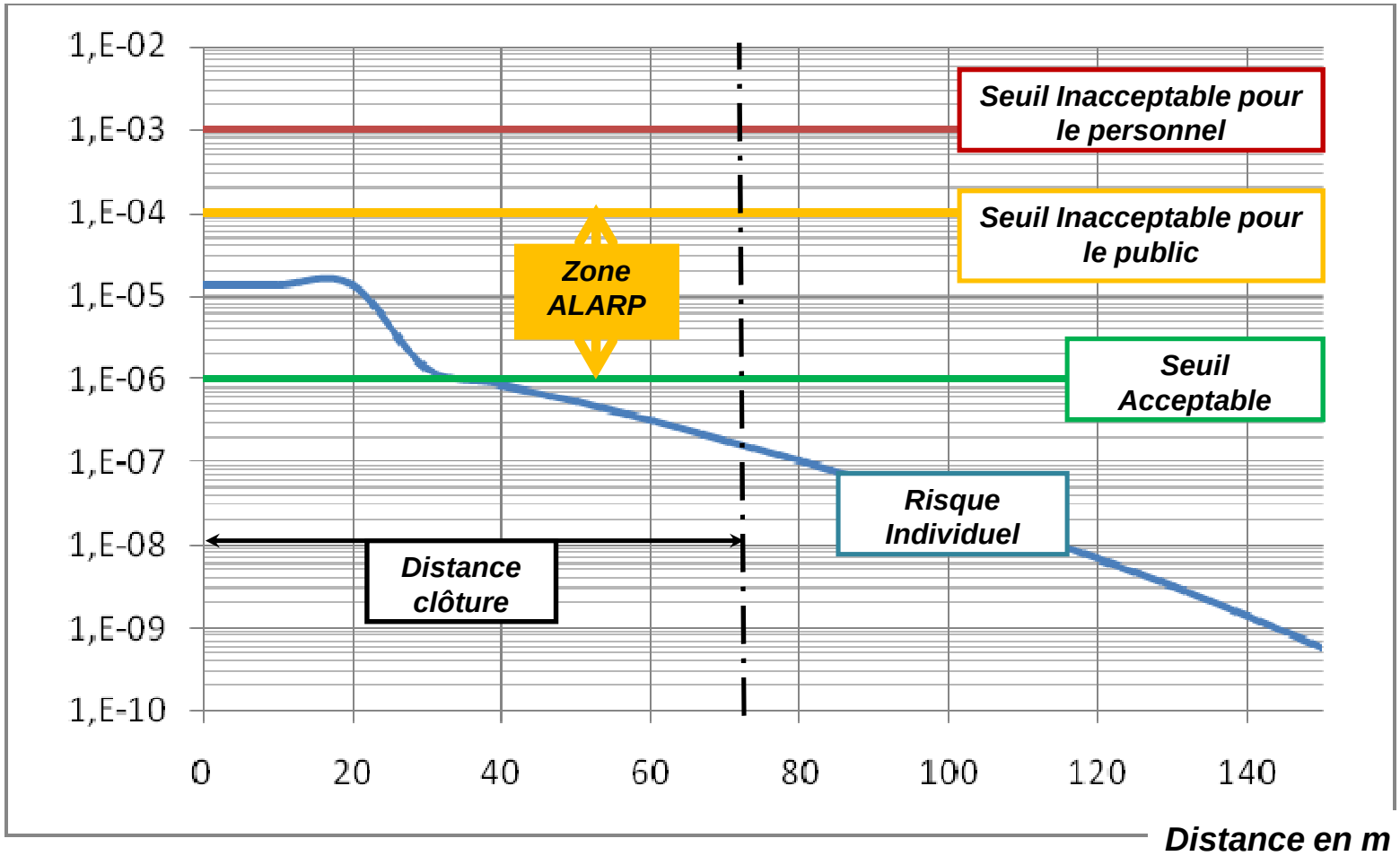
Estimation de Probabilité de décès suite à un Boil-Over



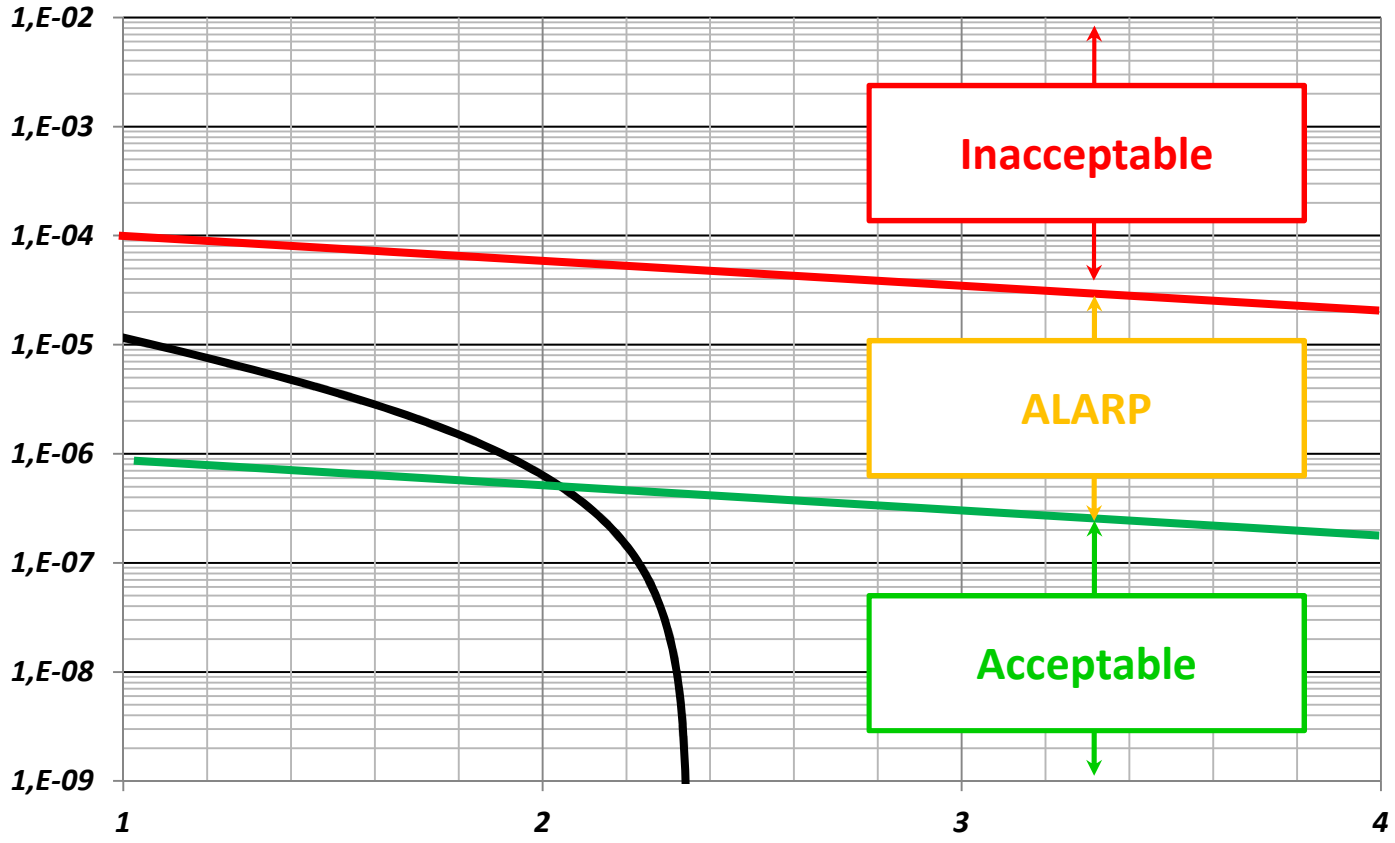
Critères de risque individuel selon UK HSE



Courbe de risque individuel



Courbe des Fatalités (F-N)



Etude de cas

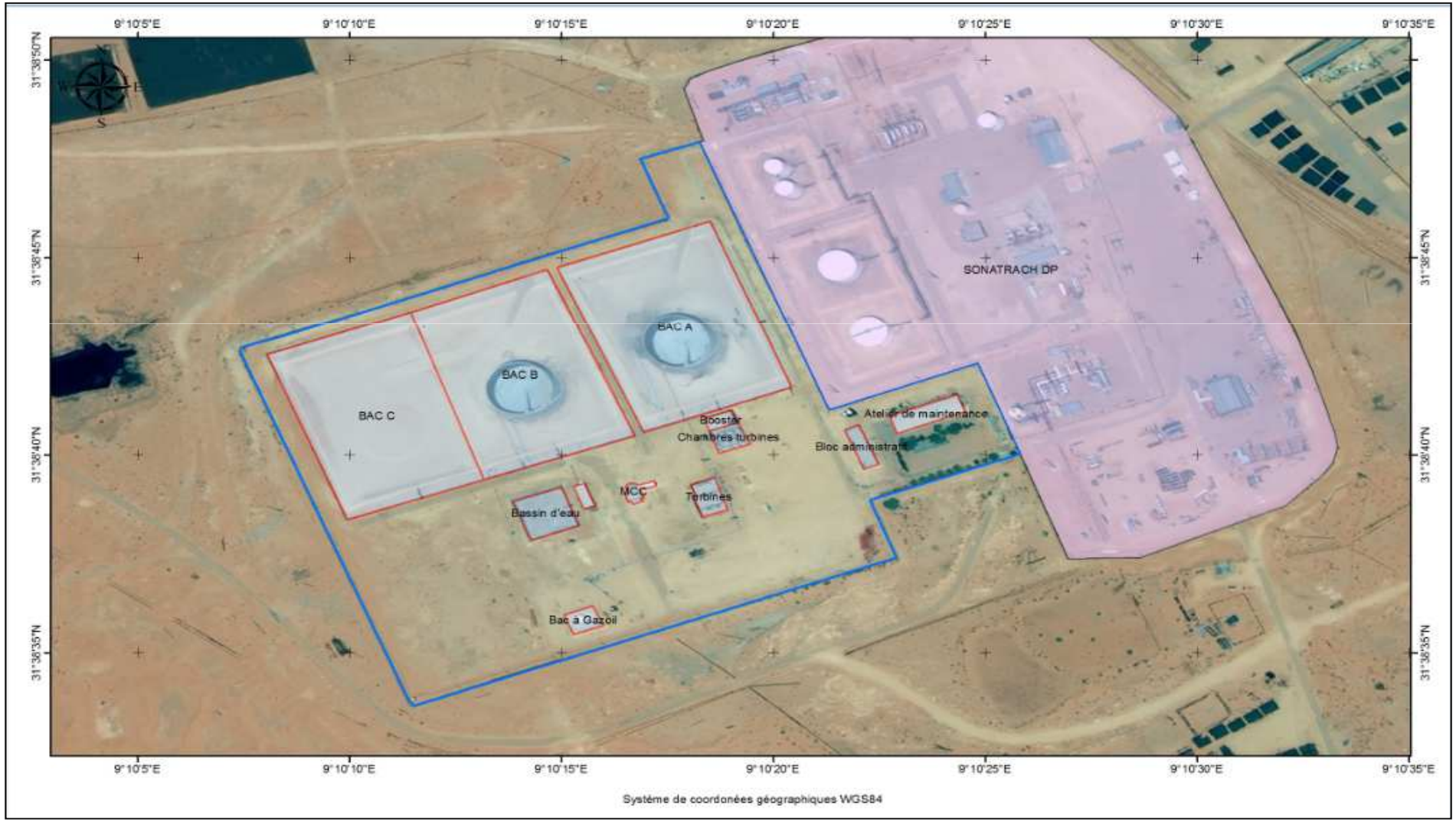
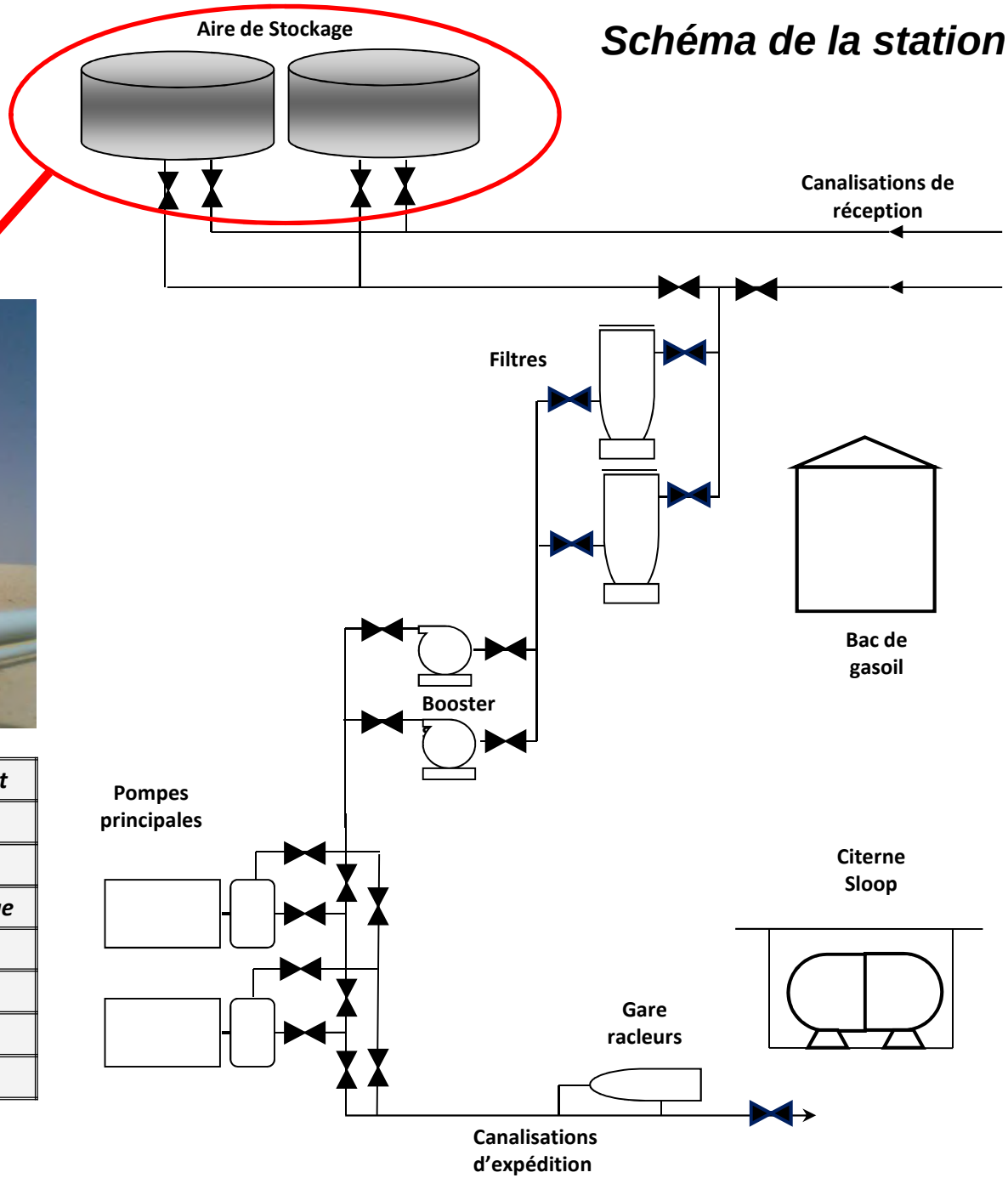
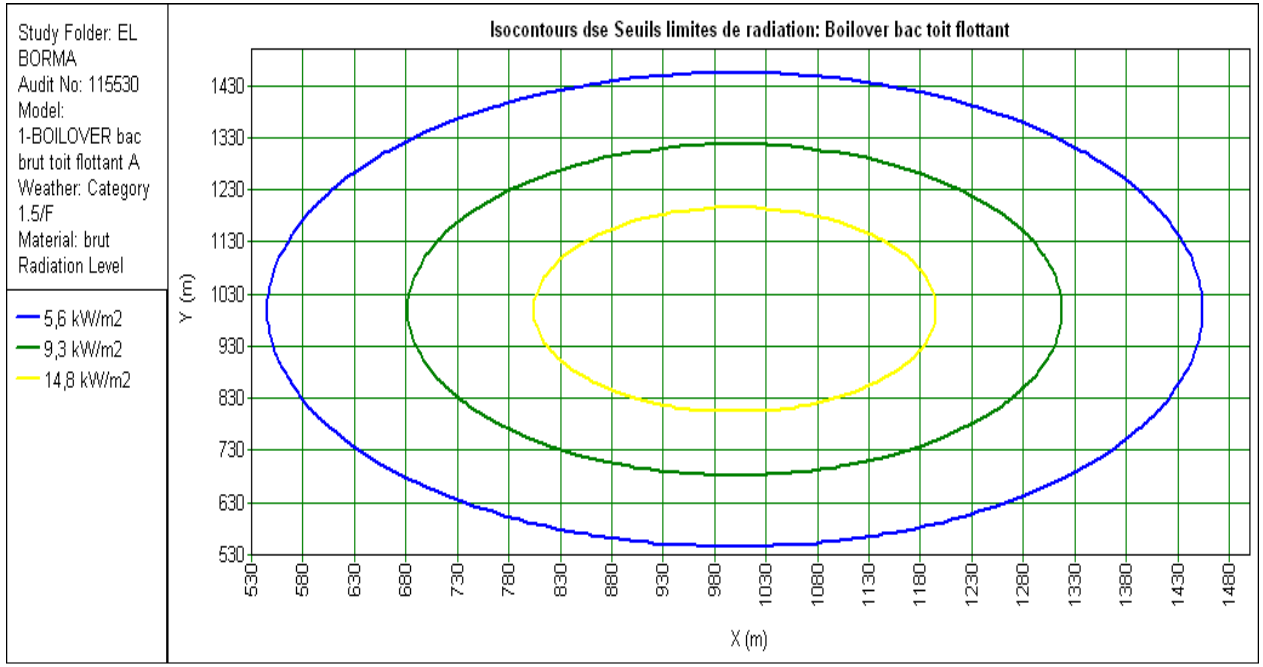

9°10'5"E
9°10'10"E
9°10'15"E
9°10'20"E
9°10'25"E
9°10'30"E
9°10'35"E
31°38'50"N
31°38'45"N
31°38'40"N
31°38'35"N
SONATRACH DP
BAC A
BAC B
BAC C
Booster
Chambres turbines
Atelier de maintenance
Bloc administratif
MCC
Turbines
Bassin d'eau
Bac à Gazoil
Système de coordonées géographiques WGS84

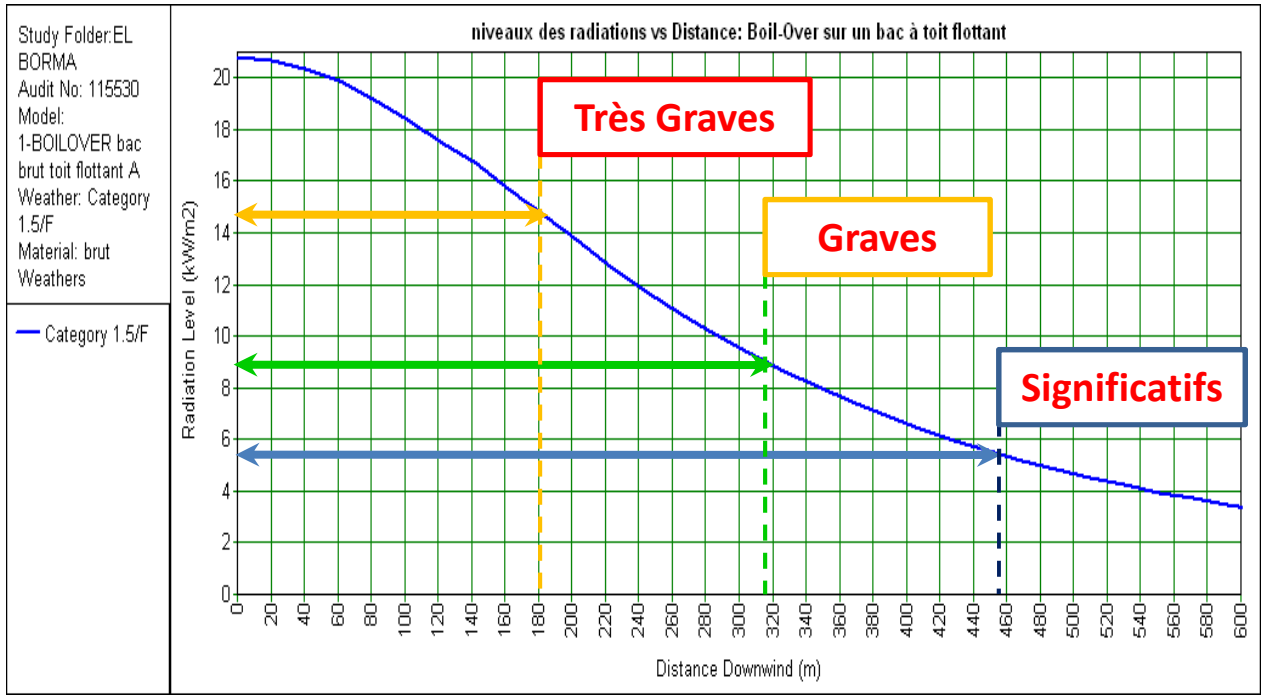
Schéma de la station

Type de bac	*à toit flottant*
Produit	*Pétrole brut*
Température stockage (°C)	*Ambiante*
Pression (bara)	*Atmosphérique*
Diamètre (m)	*39,20*
Hauteur (m)	*18,69*
Volume (m³)	*20 000*
Dimensions des cuvettes	*120x90*



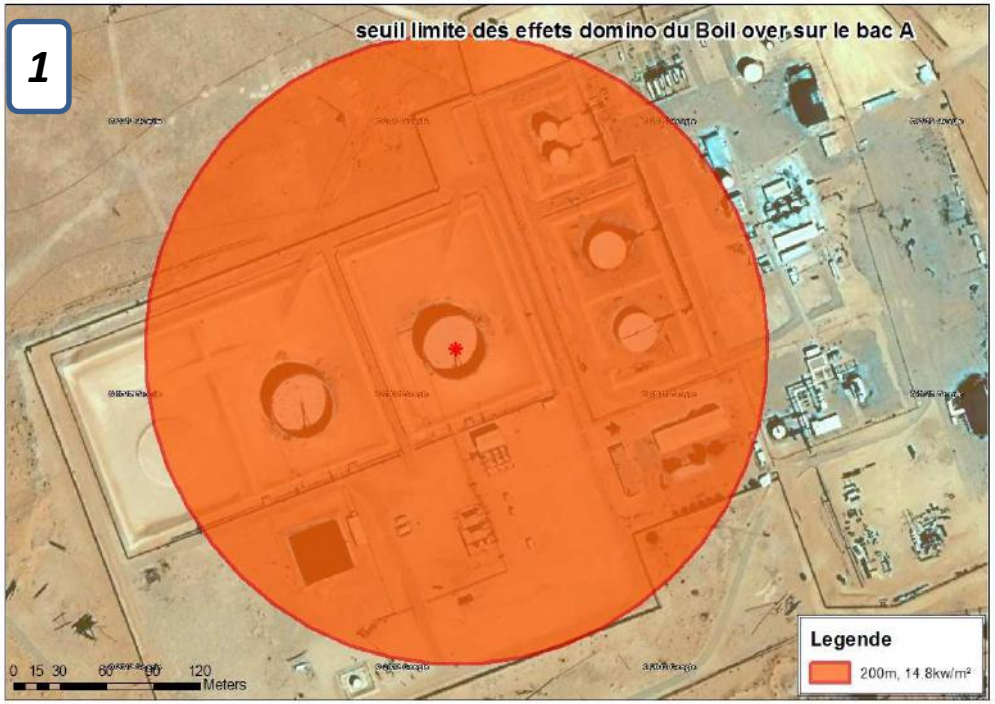
Simulation des niveaux de radiations de la boule de feu générée par le boil-over

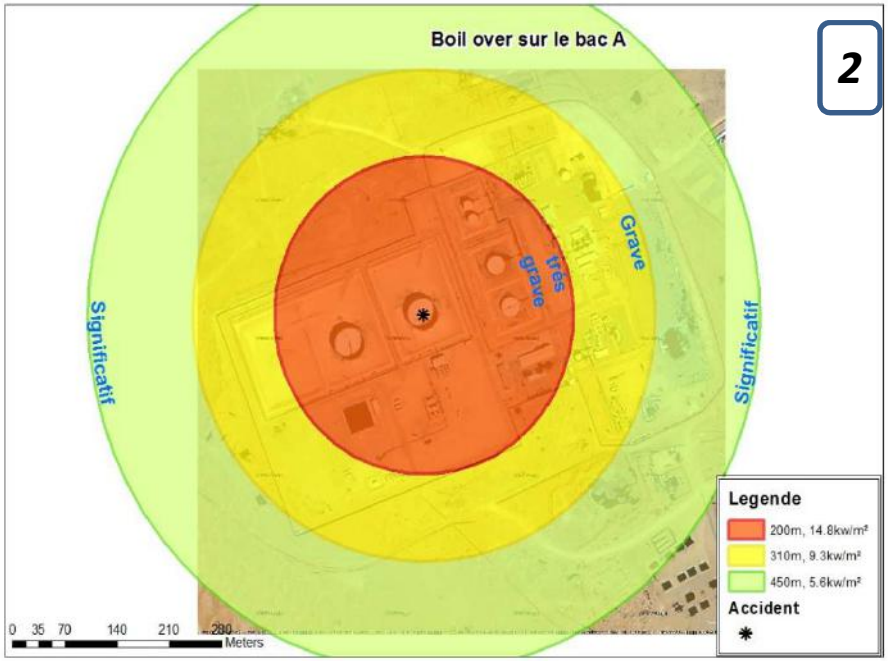


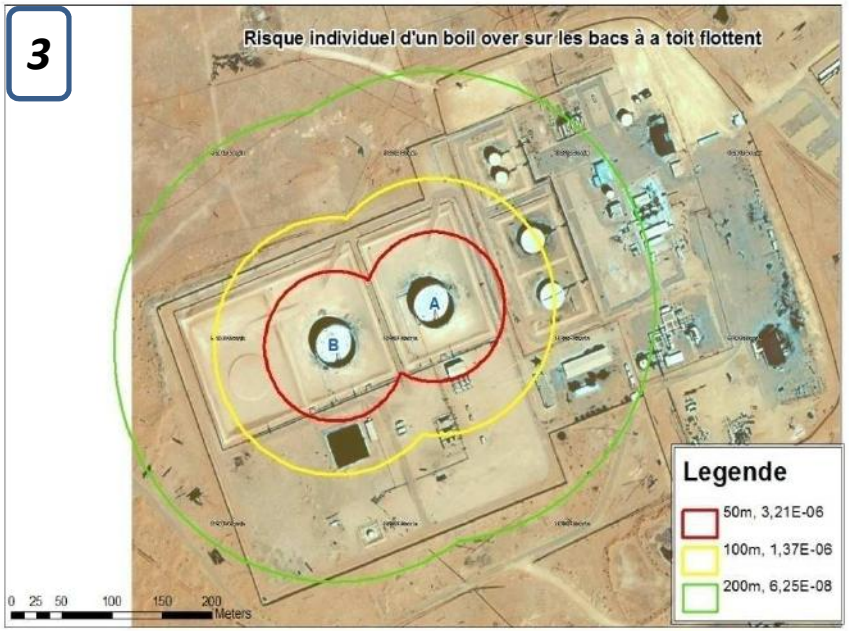


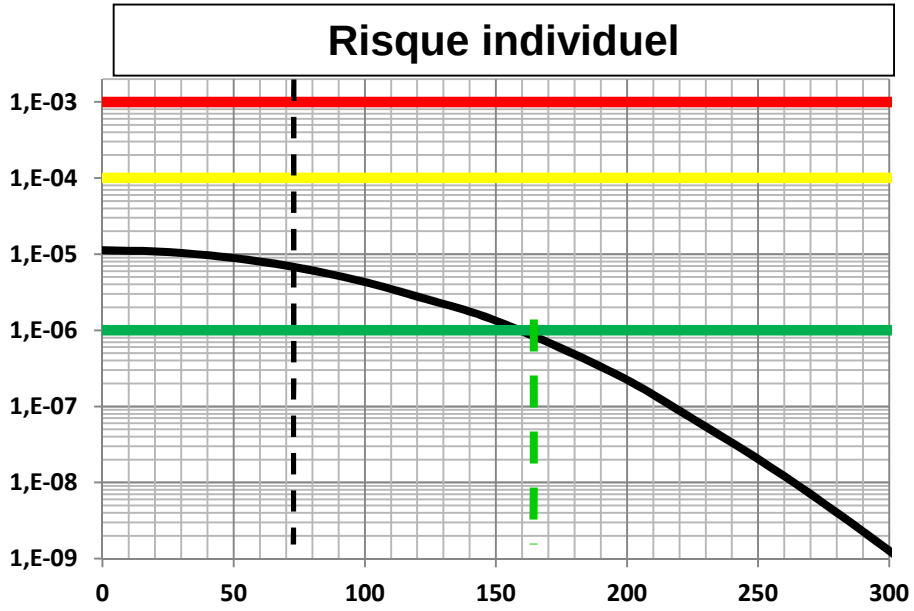
Cartographie:

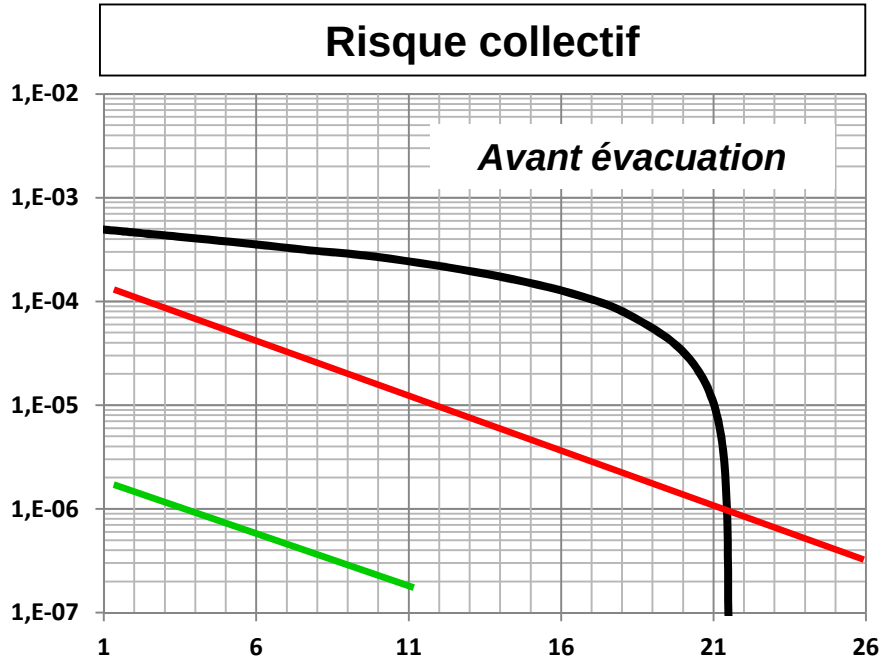
- ***Seuil des effets dominos (1);***
- ***Seuils de radiation (2)***
- ***Isocontours R.Individuel (3)***

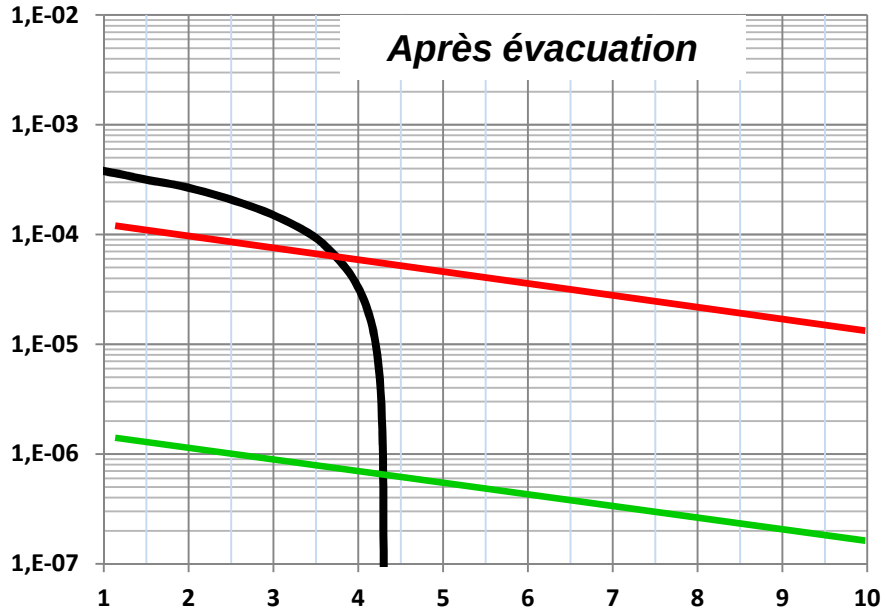






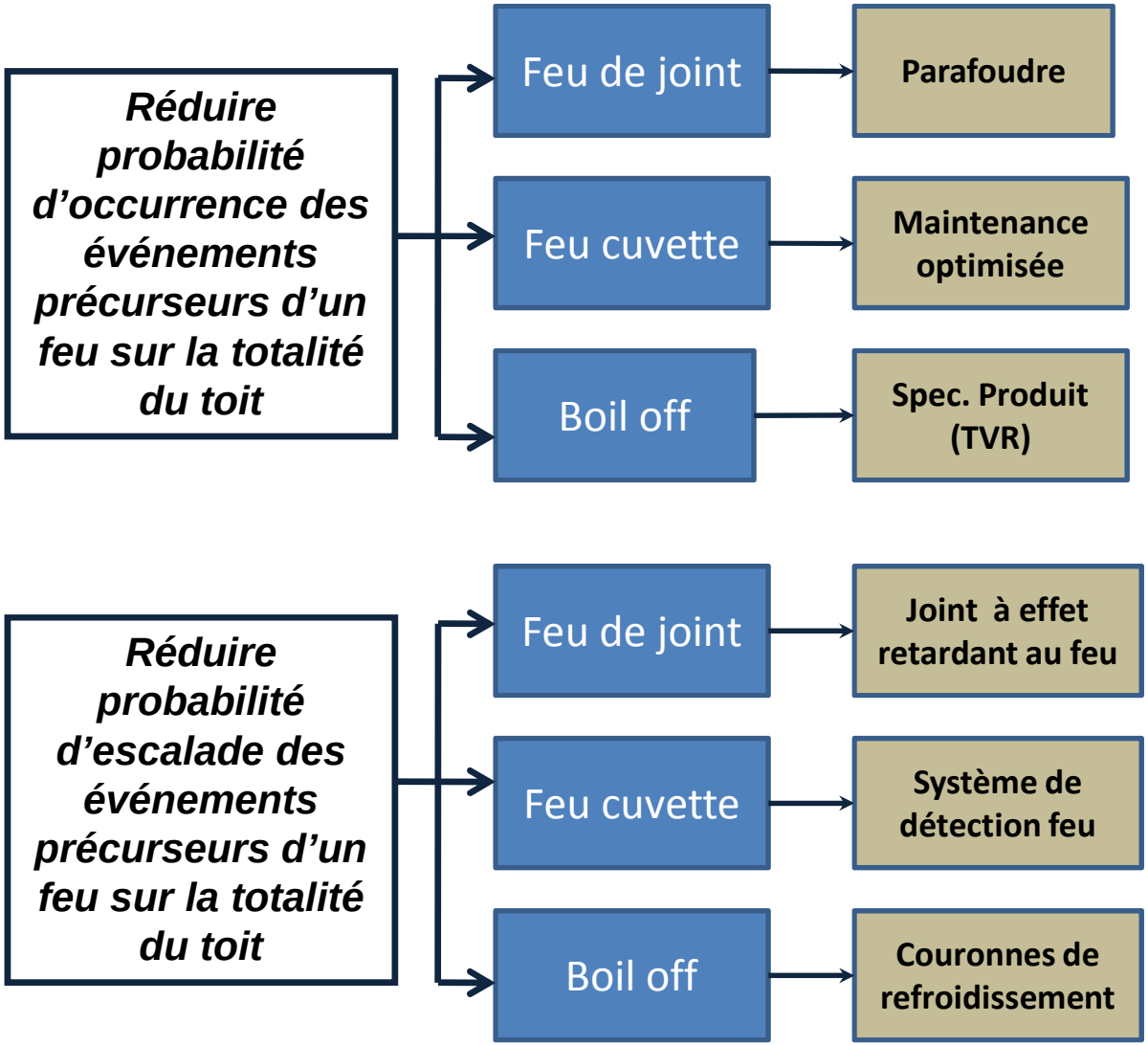






Risque individuel	ALARP
RC avant évacuation	Inacceptable
RC après évacuation	Inacceptable

Mesures pour réduire RC à un seuil ALARP



Conclusion

- *Le Boil-Over est phénomène dangereux particulièrement redouté dans les parcs de stockage de pétrole brut.*

- *Les approches qualitatives d'analyse des dangers, plus conservatrices et fortement subjectives, ne permettent pas d'appréhender pleinement les conséquences de ce phénomène.*

- *Le Boil-Over doit être modélisé et associé à une approche QRA pour estimer préventivement sa probabilité d'occurrence, ses impacts potentiels sur les travailleurs, le public et les infrastructures et par delà, prendre en amont les décisions susceptible de réduire son impact*.

www.pegaz-engineering.com