



PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention d'un

Mastère Professionnel en

Management Intégré : Qualité, Sécurité et Environnement

Sujet

**Évaluation des risques d'un stockage
d'hydrocarbures : Dépôt d'hydrocarbures liquides
SNDP**

Entreprise d'accueil : Environmental Assessment and Management

Réalisé par :

Yasser KHOUAJA

Encadré par :

Encadrant université : Ghazi JOMAA

Encadrant professionnel : Soufiane DRIDI

∞ REMERCIEMENTS ∞

*J'*adresse mes plus vifs remerciements à mon encadrant Monsieur **JOMAA Ghazi** qui m'a beaucoup aidée à réaliser ce travail et dont les conseils m'ont été d'une inestimable utilité.

*M*es remerciements vont également à tous mes enseignants et tout le cadre administratif de l'UVT.

*Q*ue tout ceux qui m'ont encouragée par leurs conseils et leur suivi, trouvent l'expression de ma profonde gratitude.

∞ DEDICACES ∞

*J*e dédie ce travail pour tous et chacun :

A ma brave épouse **Nabila**

A mes adorables filles, **Mariem – Amna et Molka**

*N*ul dédicace ne peut exprimer ce que je vous dois pour vos sacrifices et votre patience durant mes années d'études. Ce travail n'est qu'un humble témoignage de mon grand et éternel amour, de mon infinie reconnaissance et de mon attachement indéfectible.

*Q*ue dieu préserve votre santé et vous accorde longue vie.

*A*tous mes amis et à tous ceux que je n'ai pas cités et qui ne sont pas moins chers.

*E*n expression de ma grande affection et de ma gratitude.

Yasser ✍️...

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	7
1.1 Présentation de l'organisme d'accueil.....	7
1.2 Présentation de la société cliente.....	8
2.0 PROBLEMATIQUE ET OBJECTIF DU PROJET	9
3.0 DEMARCHE	9
3.1 Identification et caractérisation des potentiels de dangers.....	10
3.2 Analyse préliminaire des risques	11
3.3 L'étude détaillée des risques.....	12
4.0 PARTIE PRATIQUE	14
4.1 Présentation du dépôt	14
4.2 Identification des dangers.....	16
4.2.1 Étude de l'accidentologie dans les établissements similaires.....	16
4.2.2 Analyse des risques liés aux produits stockés	32
4.2.3 Analyse des risques liés équipements et conditions opératoires.....	35
4.2.4 Analyse des risques liés aux éléments extérieurs	37
4.2.5 Analyse des risques liés aux conditions climatiques	38
4.2.5 Récapitulation des résultats et identification des accidents les plus probables	41
4.2.6 Identification des accidents les plus pénalisants.....	50
4.2.7 Estimation des conséquences de chaque accident et de ses effets possibles	50
5.0 LES MESURES A PRENDRE POUR LIMITER LES EVENTUELLES CONSEQUENCES	59
5.1 Consignes générales d'exploitation.....	59
5.2 Systèmes de contrôle et d'alarme au dépôt.....	59
5.3 Système de défense contre l'incendie du dépôt.....	60
5.3.2 Installations fixes d'extinction au niveau des réservoirs du dépôt.....	63
5.3.3 Réseau de solution moussante	63
5.3.4 Déversoirs de mousse	64
5.4 Synthèse des résultats.....	66
6.0 CONCLUSION	70
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	71

LISTE DES FIGURES

Figure n° 1 : Processus d'identification des EIPS.....	10
Figure n° 2 : Exemple d'une séquence accidentelle	12
Figure n° 3 : Exemple d'une séquence accidentelle	13
Figure n° 4 : Implantation du site	14
Figure n° 5 : Plan d'ensemble.....	15
Figure n° 6 : Typologie des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe	17
Figure n° 7 : Causes des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe	18
Figure n° 8 : Conséquences des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe.....	18
Figure n° 9 : Typologie des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe et à écran flottant	19
Figure n° 10 : Causes des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe et à écran flottant	19
Figure n° 11 : Conséquences des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe et à écran flottant.....	20
Figure n° 12 : Circonstances des accidents étudiés.....	20
Figure n° 13 : Moyens fixes de lutte contre l'incendie pour le réservoir et la cuvette	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau utilisé dans l'analyse préliminaire des risques	12
Tableau 2 : Répartition projeté des produits dans le dépôt	16
Tableau 3 : Liste des accidents relatifs aux réservoirs à toit fixe	21
Tableau 4 : Liste des accidents relatifs aux réservoirs à toit fixe et à écran flottant.....	24
Tableau 5 : produits de décomposition thermique des produits stockés.....	32
Tableau 6 : Caractéristiques intrinsèques issues de la FDS du SSP	33
Tableau 7 : Caractéristiques intrinsèques issues de la FDS du Gasoil.....	34
Tableau 8 : Principaux risques liés à la foudre	40
Tableau 9 : Inventaire des phénomènes dangereux pouvant se manifester dans le dépôt	42
Tableau 10 : Seuils des effets thermiques et de surpression sur l'homme et les structures.....	51
Tableau 11 : Récapitulatif des résultats des scénarios modélisés	58
Tableau 12 : Installations fixes de refroidissement des réservoirs.....	62
Tableau 13 : Caractéristiques des installations fixes de mousse des différents réservoirs	63
Tableau 14 : Caractéristiques des citernes fixes d'émulseur	64
Tableau 15 : Réserve d'émulseur pour les moyens mobiles.....	64
Tableau 16 : Caractéristiques des déversoirs de mousse	65
Tableau 17 : Échelle de probabilité.....	66
Tableau 18 : Critères de gravité en fonction des catégories	67
Tableau 19 : Échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident	68

ACRONYMES & ABREVIATIONS

APR	Analyse préliminaire des risques
ARIA	Analyse Recherche et Information sur les Accidents
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (Vaporisation explosive d'un liquide porté à ébullition)
E.I.	Événement Initiateur
EAM	Environmental Assessment and Management
EDD	Etude des Dangers
EIPS	Eléments Importants pour la Sécurité
EN	Norme Européenne
EPI	Equipements de Protection Individuels
ERC	Evénements Redoutés Centraux
ERC	Événement Redouté Central
FDS	Fiche de Données de Sécurité
NFPA	National Fire Protection Association
NT	Norme Tunisienne
SNDP	Société Nationale de Distribution des Pétroles
SEI	Seuil des effets irréversibles
SEL	Seuil des premiers effets létaux
UVCE	Unconfined Vapor Cloud Explosion (Explosion de vapeur en milieu non-confiné)

INTRODUCTION

1.1 Présentation de l'organisme d'accueil

Environmental Assessment and Management "EAM" est une société spécialisée en sécurité et environnement, domaines dans lesquels elle a acquis une solide expérience.

Siège social : B2-11, Le Cercle des Bureaux, Centre Urbain Nord - 1082 Tunis.

Directeur Général : Raja KHOUAJA

Téléphone : 71 947 394 / 71 947 797

Fax : 71 947 398

Site Web www.eamtunisia.com

EAM a réalisé plus de quatre cents études de dangers et d'impact sur l'environnement dans les domaines d'exploration du pétrole et du gaz, d'énergie et d'industrie chimique.

EAM emploie des professionnels et possède une solide expérience dans les disciplines suivantes:

- ✓ Les études de dangers (EDD) et les Plans d'Opérations Internes (POI) ;
- ✓ Les études d'impact sur l'environnement (EIE) et les études techniques de dépollution ;
- ✓ Les plans de lutte antipollution ;
- ✓ La modélisation numérique (dispersion atmosphérique, dispersion dans le milieu hydraulique, oilspills, risque sanitaire, etc.) ;
- ✓ La gestion des sites et la réhabilitation des terrains contaminés par les hydrocarbures.

La liste des clients pour des projets dans plus de 16 pays comprend des prestigieuses compagnies telles que Shell, Eni, British Gas, Petro-Canada, ExxonMobil, SNDP, SEPT, TANKMED, Total, Marathon, Phillips, Anadarko, Pioneer, OMV, ETAP, Sonatrach, Lundin, Petroceltic, Eurogas, Perenco, Storm Ventures International, Plectrum, Cooper Energy, Preussag Energie, Ecumed, Kufpec, Sotrapil, Air Liquide, Caterpillar, Groupe Chimique Tunisien, Haier, Uniland, Secil, Cimpor, etc.

EAM est certifiée ISO 9001 : 2008, ISO 14001 : 2004 et OHSAS 18001 : 2007 en matière de réalisation des études d'impact sur l'environnement, des études de dangers et de gestion des sites contaminés. La mise en place de ce système de management intégré traduit l'engagement total de la direction et du personnel à satisfaire les exigences du client et à améliorer en continu la qualité des prestations fournies par EAM.

1.2 Présentation de la société cliente

Raison sociale	: Société Nationale de Distribution des Pétroles « SNDP »
Forme juridique	: Société anonyme
Activité	: Stockage et commercialisation des hydrocarbures liquides
Capital social	: 86 000 000 dinars
Siège social	: Avenue Mohamed Ali Akid - Cité Olympique - 1003 - Cité El Khadhra – Tunis
Téléphone	: 71 703 222 / 71 707 222
Fax	: 71 704 333

La SNDP appartient aux grandes entreprises publiques tunisiennes. Elle couvre la moitié des besoins du marché intérieur de distribution des hydrocarbures liquides, du gaz de pétrole liquéfié (GPL) et des lubrifiants. Elle dispose actuellement de 209 stations-service réparties à travers tout le territoire de la Tunisie. C'est le plus important réseau de distribution des produits pétroliers en Tunisie.

Les produits commercialisés par la SNDP sont :

- ✓ Les carburants : Ils sont composés des produits blancs (Super Carburant Sans Plomb, Pétrole, Gasoil, Fuel Oil Domestique, Jet A1) et des produits noirs (Fuel Oil Lourd sous plusieurs caractéristiques). Ils sont approvisionnés auprès de la STIR (raffinés ou importés).
- ✓ Le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) : Ce produit est commercialisé soit en vrac, soit conditionné dans des bouteilles de 3, 6, 13 et 25 kg. Il est approvisionné également de la STIR et la STEG à partir du champ d'El-Borma.
- ✓ Les lubrifiants : Ce sont des hydrocarbures composés obtenus selon des formules après mélange (Blending) des huiles de base et des additifs. Les huiles de base sont importées, pour tous les opérateurs, par l'ETAP, les huiles régénérées sont fournies par la SOTULUB et les additifs sont importés d'AGIP (Italie).
- ✓ Les produits spéciaux : Ce sont des produits pétrochimiques composés des solvants, plastiques, adjuvants et élastomères. La SNDP commercialise essentiellement le Toluène.

2.0 PROBLEMATIQUE ET OBJECTIF DU PROJET

La Société Nationale de Distribution des Pétroles désignée ci-après « SNDP », projette la réalisation et l'exploitation d'un dépôt d'hydrocarbures liquides d'une capacité de stockage de 125 266 m³.

Etant un établissement classé au sens de l'article 294 du code du travail, le dépôt de stockage des hydrocarbures liquides projeté est soumis à l'autorisation d'ouverture et d'exploitation d'un établissement classé selon les conditions et les procédures prévues dans le décret n° 2006-2687 du 9 octobre 2006.

Dans le cadre de la préparation du dossier de demande d'ouverture et d'exploitation d'un établissement classé, la SNDP a confié à EAM la réalisation d'une étude de dangers conformément aux termes de référence fixés dans l'arrêté conjoint du ministre de l'intérieur et du développement local et du ministre de l'industrie et de la technologie du 20 février 2010.

Ce rapport traitera les chapitres 4 et 5 de l'étude de dangers :

- Chapitre 4 : Identification des dangers et analyse des risques ;
- Chapitre 5 : Les mesures à prendre pour limiter les éventuelles conséquences.

3.0 DEMARCHE

La réalisation de l'identification des dangers, l'analyse des risques et les mesures à prendre pour limiter les éventuelles conséquences du dépôt d'hydrocarbures liquides projeté suit un processus divisé en trois principales étapes. Une illustration de ce processus sous la forme d'un logigramme est présentée dans la figure suivante :

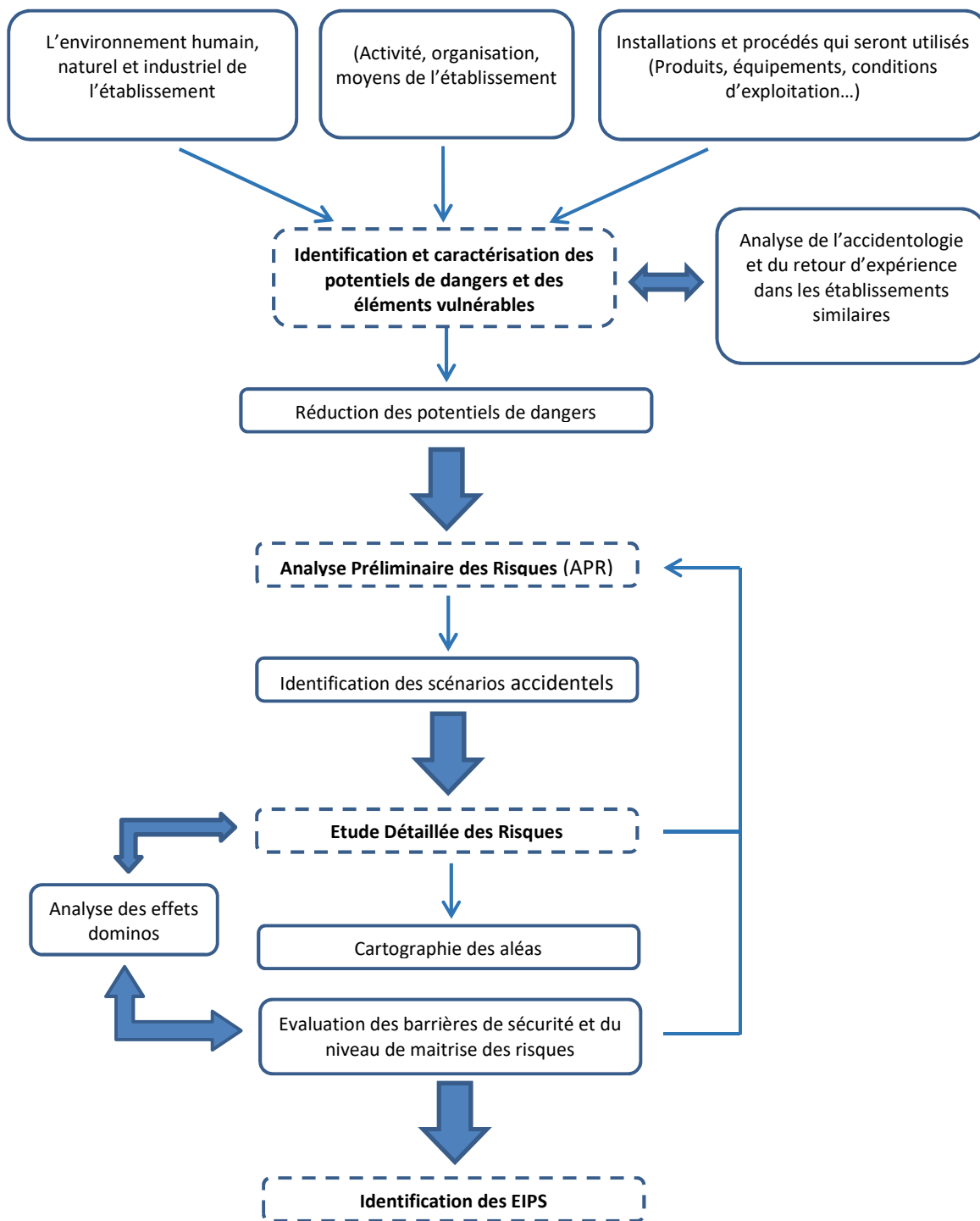


Figure n° 1 : Processus d'identification des EIPS

3.1 Identification et caractérisation des potentiels de dangers

Le but de cette partie est de présenter les risques internes et externes aux installations de l'installation afin d'identifier les potentiels de dangers, ce qui permettra de préparer l'analyse des risques en déterminant les événements redoutés qui seront analysés.

Cette identification des potentiels de dangers suivra les étapes suivantes :

- ✓ Analyse de l'accidentologie à partir des banques de données fournissant des comptes rendus d'accidents afin d'identifier les circonstances dans lesquelles ces accidents (mettant en œuvre les mêmes produits et/ou les mêmes procédés) sont survenus.
- ✓ Identification des risques liés aux différents produits stockés sur site. En plus de l'étude des caractéristiques intrinsèques de dangerosité de ces produits, nous décrivons les conditions dans lesquelles les substances à l'état isolé ou en mélange avec d'autres peuvent conduire à des incidents.
- ✓ Identification des risques liés aux équipements et aux conditions opératoires dans les procédés qui sont utilisés sur site. Sont également identifiés les risques générés par la perte des utilités (eau, électricité, air, gaz, etc.), par les opérations d'approvisionnements, par les technologies et par les équipements qui sont utilisés.
- ✓ Recherche des causes d'accidents éventuels sur les installations, liées à leur environnement extérieur, que cet environnement soit naturel, humain ou industriel. Sont ainsi étudiés les risques liés aux établissements industriels voisins, à la foudre, au séisme, à l'inondation et aux conditions climatiques.

Finalement, cette première phase permet de dresser un « inventaire global des risques » et d'analyser ainsi les potentiels de dangers des installations de l'établissement.

3.2 Analyse préliminaire des risques

L'analyse des risques de type APR est effectuée en groupe de travail et consiste à :

- ✓ Identifier, de la façon la plus exhaustive possible, les phénomènes dangereux pouvant conduire à des accidents (Figure n°2: Exemple d'une séquence accidentelle).
Il faut noter que chaque phénomène dangereux peut être la résultante de plusieurs événements redoutés centraux (ERC), eux-mêmes créés par différentes causes.
- ✓ Coter la fréquence d'apparition de chaque ERC (en l'absence de mesures techniques et organisationnelles de sécurité) selon l'échelle de cotation validée par l'exploitant.
- ✓ Lister les barrières techniques et organisationnelles de prévention et/ou de protection agissant sur les phénomènes dangereux identifiés.
- ✓ Coter les phénomènes dangereux identifiés en termes d'intensité. Cette étape a pour objectif de sélectionner les phénomènes dangereux pouvant avoir des distances d'effets hors site et/ou des effets dominos internes potentiels afin de les modéliser et les étudier en détail.

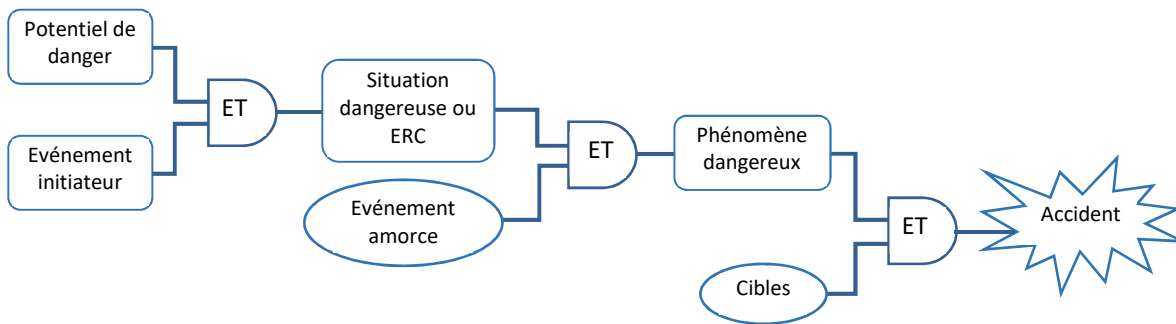


Figure n° 2 : Exemple d'une séquence accidentelle

A partir de l'identification et du positionnement des potentiels de dangers, on procédera à un découpage fonctionnel et géographique des installations du site, pour identifier de manière la plus exhaustive possible, l'ensemble des séquences accidentelles pouvant survenir au sein de l'établissement. Cette identification se déroulera de la façon suivante :

- ✓ Définition des événements redoutés centraux (ERC) en tenant compte, entre autre :
 - De l'accidentologie,
 - Des agressions d'origine externe, des agressions d'origine interne et de l'expérience du groupe de travail.
- ✓ Définition, pour chaque ERC, de ses causes et de ses conséquences par l'identification et la description qualitative de toutes les mesures de sécurité de prévention, de limitation et de protection qui sont mises en place.

Le support utilisé dans l'APR est un tableau qui est renseigné, en partie, en séances d'analyse de risques effectuées par le groupe de travail.

Tableau 1 : Tableau utilisé dans l'analyse préliminaire des risques

N°	Zone	Ph.D.	E.I. ou Cause	Conséquences	P	G	R	Barrières de prévention	PR	Barrières de protection	GR	RR	Scénario résiduel	Cinétique

3.3 L'étude détaillée des risques

Les phénomènes dangereux qui peuvent être modélisés dans le présent rapport seront définis sur la base de l'APR.

Pour chaque scénario retenu, les distances liées aux intensités de ses effets (thermiques et/ou de surpression) seront déterminées par des modèles de calcul adéquats.

3.4 Identification des éléments importants pour la sécurité

Dans la détermination des EIPS, le travail se base principalement sur l'analyse des risques réalisée précédemment et qui permet de distinguer les plus importants scénarios d'accidents potentiels. Pour chacun de ces scénarios, on va identifier des fonctions de sécurité à assurer en vue de prévenir l'occurrence de l'accident ou d'en limiter les conséquences. Ensuite, il sera retenu certains éléments comme importants pour la sécurité (EIPS) parmi les barrières de sécurité susceptibles de remplir ces fonctions avec un niveau de performance acceptable, conformément à la réglementation, normes sectorielles et bonnes pratiques dans le domaine.

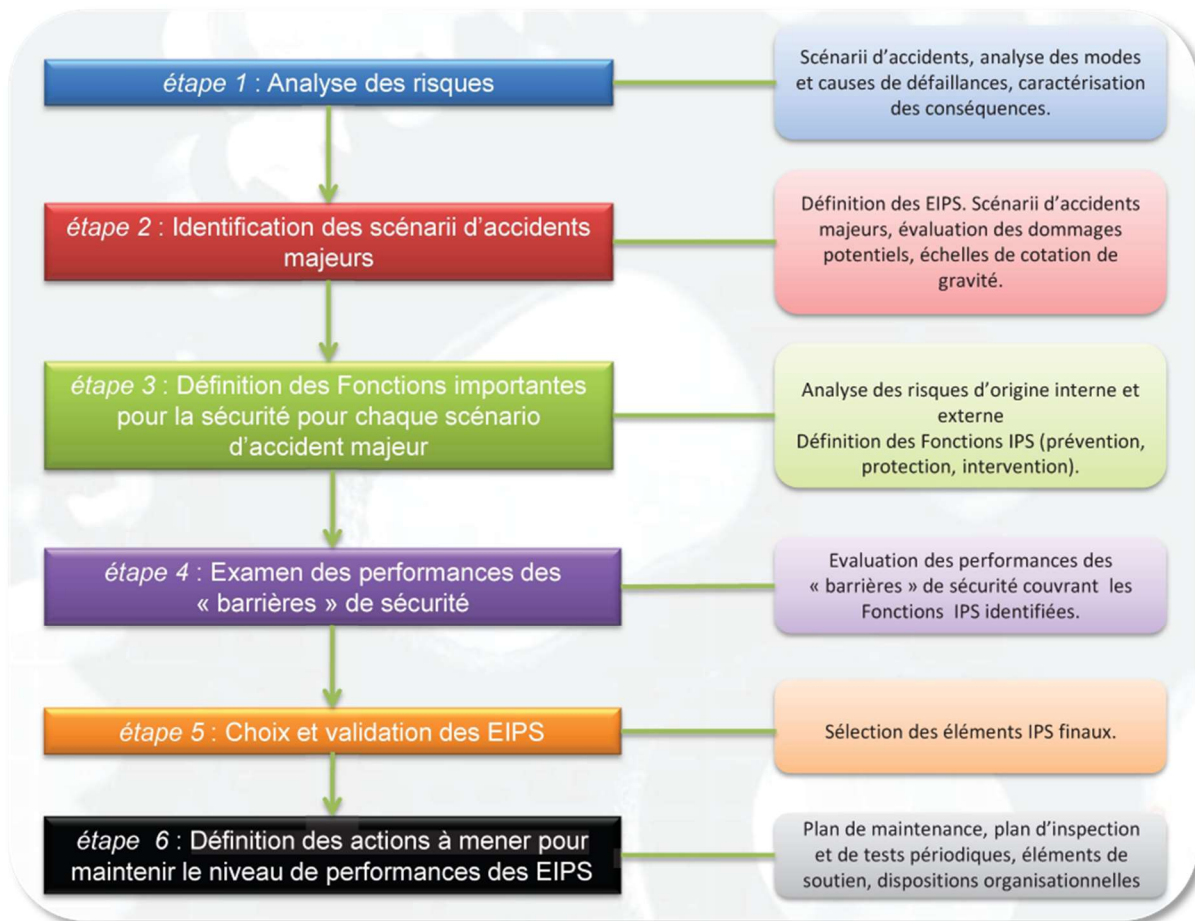


Figure n° 3 : Processus d'identification des EIPS

4.0 PARTIE PRATIQUE

4.1 Présentation du dépôt

Le dépôt projeté sera implanté en bordure de la route nationale RN 1, à environ 2 Km de la zone pétrolière de la Skhira, délégation de Skhira de gouvernorat de Sfax (Figure n°4 : Implantation du site).

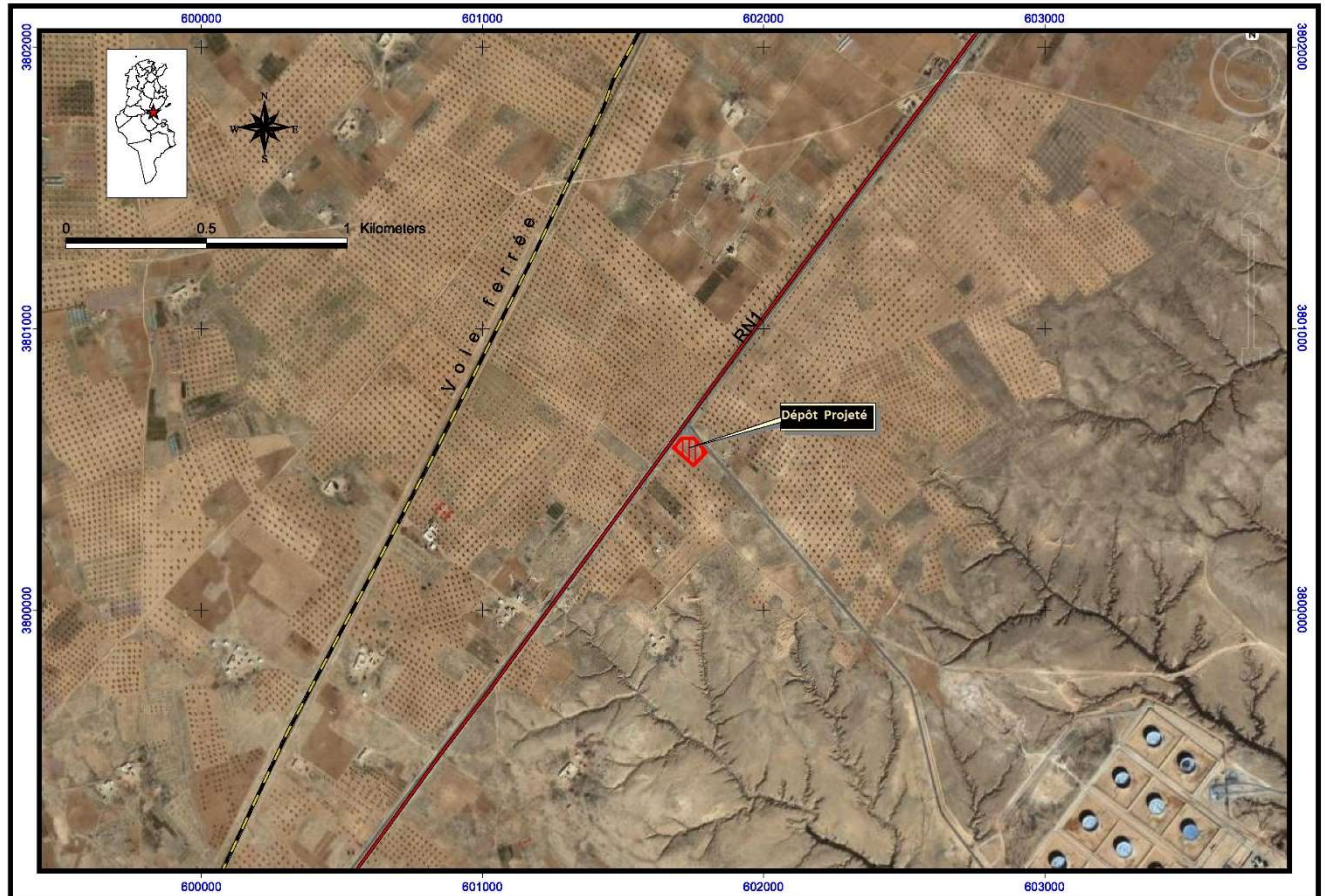
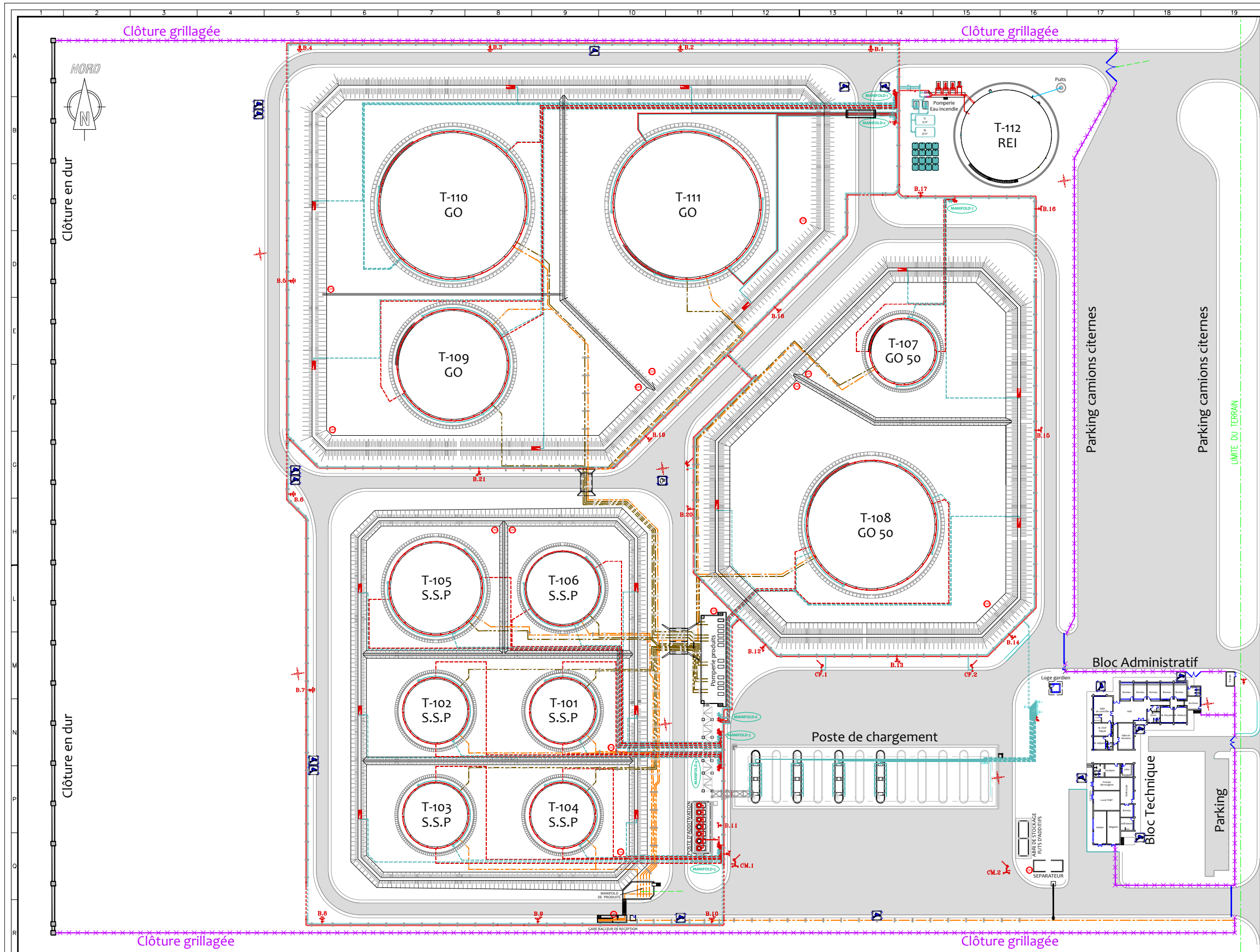


Figure n° 4 : Implantation du site

Les activités du dépôt projeté se limitent à :

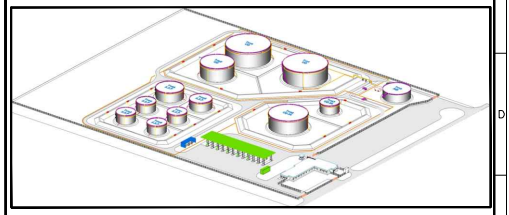
- ✓ La réception des hydrocarbures liquides par navires ;
- ✓ Le stockage des produits reçus ;
- ✓ Le chargement des produits pétroliers dans des camions citernes.

La capacité projetée de stockage du dépôt est de 125 266 m³ d'hydrocarbures liquides. Ces produits sont répartis sur onze (11) réservoirs cylindriques aériens (Figure n°5 : Plan d'ensemble). La répartition projetée des différents produits au dépôt est présentée dans le tableau suivant :



Cuvettes	Réservoirs	Produits stockés	Type de toit	Diamètre (m)	Hauteur (m)	Capacité (m³)
Cc	T-101	SSP	T.F. avec E.F.	21,00	10,00	3 204
	T-102			21,00	10,00	3 167
	T-103			21,00	10,00	3 201
	T-104			21,00	10,00	3 217
	T-105			30,00	12,00	7 917
Cb	T-106	GO 50	T.F.	24,00	10,00	4 188
	T-107			21,00	10,00	3 219
Ca	T-108	GO	T.F.	43,00	15,50	20 760
	T-109			37,00	15,50	15 185
	T-110			49,00	17,00	30 750
	T-111			49,00	17,00	30 638

T.F. : Toit Fixe
E.F. : Ecran Flottant



Parking camions citernes
Parking camions citernes
LIMITE DU TERRAIN

Bloc Administratif

Bloc Technique

Poste de chargement

LEGENDE

	Canalisation eau incendie apparente		Installation d'extinction à mousse		Bouche incendie		Pompe jockey		Canalisation de chargement produits		Caméra à dôme de surveillance
	Canalisation eau incendie enterrée		Pulvérisateur d'eau incendie		Canon Fixe (à mousse)		Motopompe d'émulseur		Canalisation de déchargement produits		Clôture grillagée
	Canalisation de mousse apparente		Pulvérisateur de mousse		Canon Mobile (à mousse)		Proportionneur		Rack (Canalisation produits)		Détecteurs de vapeurs d'hydrocarbures
	Canalisation de mousse enterrée		Chambre à mousse		Canon Mobile (à mousse) commandable à distance		Manifold		Paratonnerre		Cubiteiner de 1 m³ d'émulseur
	Demi couronne de refroidissement		Déversoir de mousse		Motopompe d'eau incendie		Réserve d'émulseur (25 m³)		Caméra de surveillance		

REPUBLIQUE TUNISIENNE
GOUVERNORAT DE Sfax
DELEGATION DE SKHIRA
PROJET : DOSSIER ETABLISSEMENT CLASSE

REV.	DESCRIPTION	DATE	PREPARE	VERIFIE	APPROUVE
01	Plan d'ensemble V0	03/07/2017			CM

CLIENT : SOCIETE NATIONALE DE DISTRIBUTION DES PETROLES
BUREAU D'ETUDES : Environmental Assessment and Management
8211 Le Cercle des Bureaux, Centre Urbain Nord 1083 - Tunisie
Téléphone : (216) 79 947 394 - Fax : 947 398
Site Web : www.ema-tunisia.com

DEPOT D'HYDROCARBURES LIQUIDES "SNDP"
ETITRE : PLAN D'ENSEMBLE
Echelle : 1/450
Format : A0
Page : 1/1

Tableau 2 : Répartition projetée des produits dans le dépôt

Cuvette	Réservoir	Produit stocké	Type de toit	Diamètre (m)	Hauteur (m)	Capacité totale du réservoir (m ³)
Cc	T101	Supercarburant sans plomb (SSP)	Toit Fixe avec Ecran Flottant	21	10	3 204
	T102			21	10	3 167
	T103			21	10	3 201
	T104			21	10	3 217
	T105			30	12	7 917
	T106			24	10	4 188
Cb	T107	Gazole 50 (GO 50)	Toit Fixe	21	10	3 219
	T108			43	15,5	20 760
Ca	T109	Gazole (GO)	Toit Fixe	37	15,5	15 185
	T110			49	17	30 750
	T111			49	17	30 638

4.2 Identification des dangers

4.2.1 Étude de l'accidentologie dans les établissements similaires

L'étude de l'accidentologie est souvent très riche en enseignement et permet d'étayer l'analyse des risques. Elle fournit notamment de nombreuses informations sur :

- ✓ La nature des événements pouvant conduire à la libération des potentiels de dangers ;
- ✓ La pertinence des barrières de sécurité qui peuvent prévenir, détecter ou contrôler l'apparition d'un phénomène dangereux ou en réduire les conséquences ;
- ✓ Les conséquences potentielles d'un événement redouté.

Les paragraphes ci-dessous sont établis en fonction des données disponibles sur les circonstances, origines et conséquences des accidents impliquant les unités d'hydrocarbures. Ils présentent les principaux enseignements tirés de leur analyse.

Ces accidents sont ceux enregistrés dans la base de données "Analyse Recherche et Information sur les Accidents" (ARIA) gérée par la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable Français (www.aria.developpement-durable.gouv.fr).

Cette base recense les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu, porter atteinte à la santé ou la sécurité publique, l'agriculture, la nature et l'environnement.

(i) Analyse statistique du retour d'expérience

(i)-1 Stockage des hydrocarbures liquides dans des réservoirs à toit fixe

a) Typologie des accidents

La typologie des événements répertoriés sur les réservoirs de stockage d'hydrocarbures à toit fixe est établie dans la figure suivante.

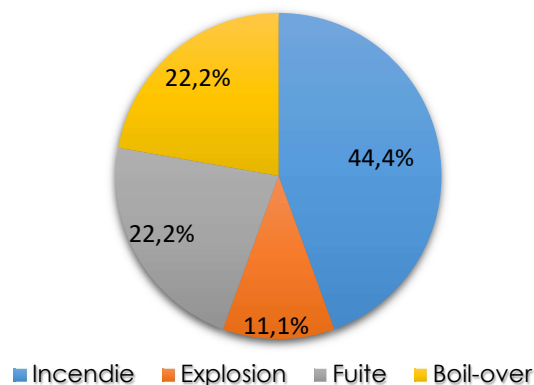


Figure n° 6 : Typologie des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe

- ✓ Incendie : Les incendies représentent 44,4% des accidents recensés dans la base ARIA. C'est la typologie la plus rencontrée. Si l'incendie n'est pas rapidement maîtrisé, il est généralement suivi d'explosions.
- ✓ Boil-over : le boil-over est présent dans 22,2 % des accidents étudiés et dont la cause est inconnue.
- ✓ Fuite : Cette typologie représente 22,2 % des accidents recensés. Elle comporte des fuites de d'hydrocarbure suivie par des rejets dans le sol.
- ✓ Explosion : Les explosions représentent 11,1 % des accidents recensés dans la base ARIA. Elles touchent essentiellement les installations de stockage d'hydrocarbures suite à un incendie non maîtrisé ou suite à un défaut de manipulation (défaillances matérielles ou erreurs humaines).

b) Causes des accidents

L'analyse des causes des accidents qui est l'un des principaux objectifs du retour d'expérience, est aussi l'un des paramètres les plus difficiles à appréhender en l'absence d'expertise détaillée. Le « facteur humain et organisationnel » prime dans plus de la moitié des accidents impliquant la conception, l'exploitation ou la maintenance des installations.

L'erreur humaine représente la cause essentielle des accidents recensés avec 33,3 % des cas. La défaillance matérielle représente 22,2 %, les agressions externes représentent 22,2% des causes des accidents survenus

et 22 % des accidents ont des causes inconnues.

Deux cas sont dus à des défaillances matérielles (travaux de soudure au voisinage immédiat des bacs de stockage et en présence d'une atmosphère explosive, une étincelle produite par des travaux de maintenance, entretien insuffisant...). Deux (2) cas d'agression externe ont été clairement soulevés et qui sont dus aux facteurs climatiques : orage violent, foudre... Ainsi, seul deux (2) cas ont des causes inconnues.

La répartition des accidents selon leurs causes est présentée dans la figure suivante :

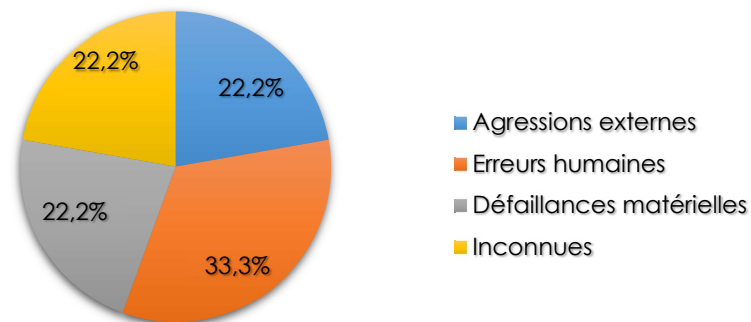


Figure n° 7 : Causes des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe

c) Conséquences des accidents

Les accidents recensés ont révélé que les conséquences les plus fréquentes sont les dommages matériels (58,3 %) correspondant généralement à des dommages au niveau des réservoirs et des pertes du produit stocké. La pollution est la deuxième conséquence recensée (25%) et elle correspond à une infiltration des hydrocarbures dans le sol et à la contamination des eaux souterraines.

Pour les conséquences humaines, on dénombre 16,7% accidents parmi les accidents étudiés.

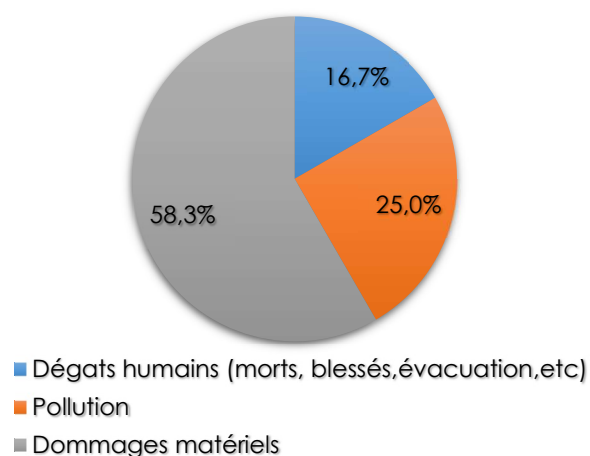


Figure n° 8 : Conséquences des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe

(i)-2 Stockage des hydrocarbures liquides dans des réservoirs à toit fixe et à écran flottant

a) Typologie des accidents

La typologie des événements répertoriés sur les réservoirs d'hydrocarbures liquides à toit flottant est établie dans la figure suivante.

L'analyse statistique des accidents survenus concerne un échantillon de 15 événements dont 40% sont des accidents liés à des incendies et des fuites d'hydrocarbures et 20 % liés à des explosions.

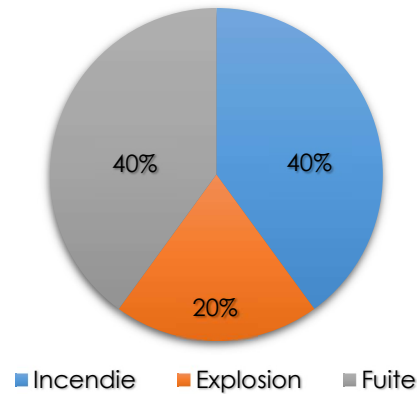


Figure n° 9 : Typologie des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe et à écran flottant

b) Causes des accidents

Les causes courantes d'accidents sont dues dans 73,3 % des cas à des erreurs humaines et dans 26,7 % des cas à des défaillances matérielles (fissuration au niveau du bac, corrosion, etc.).

La répartition des accidents selon leurs causes est présentée comme suit :

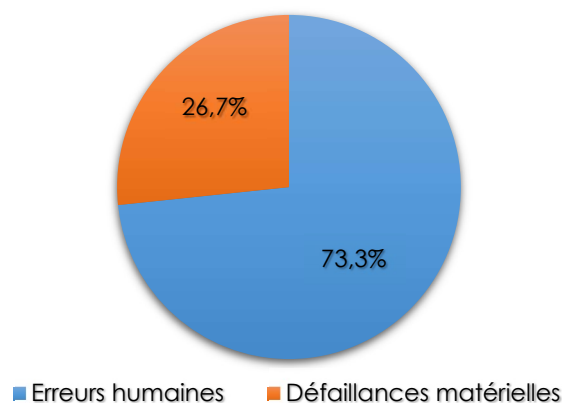


Figure n° 10 : Causes des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe et à écran flottant

c) conséquences des accidents

Les accidents recensés ont révélé que les conséquences les plus fréquentes sont les dommages matériels

(57,9 %) correspondant généralement à des dommages au niveau des réservoirs et des pertes de produit stocké.

La pollution est la deuxième conséquence recensée (26,3%) et elle correspond à une infiltration des hydrocarbures dans le sol et à la contamination des eaux souterraines.

Pour les conséquences humaines, on dénombre 15,8% accidents parmi les accidents étudiés.

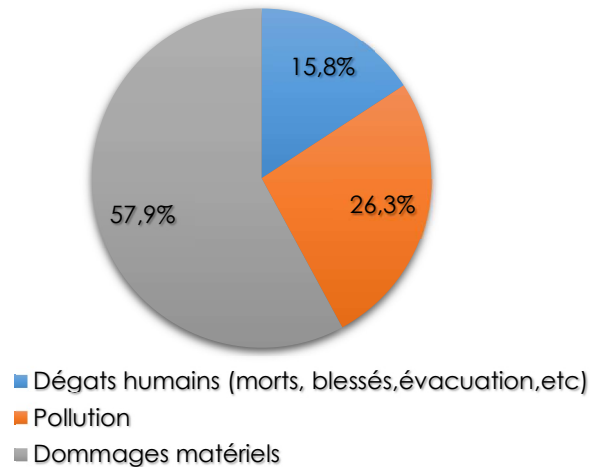


Figure n° 11 : Conséquences des accidents survenus sur des réservoirs à toit fixe et à écran flottant

d) Circonstances des accidents (pour les différents types de réservoirs)

L'étude des principales circonstances de déclenchement des accidents étudiés montre que 66,7 % des cas sont survenus au moment où les installations fonctionnent dans des conditions normales et 33,3 % des sinistres se produisent lors des opérations de répartition ou de maintenance.

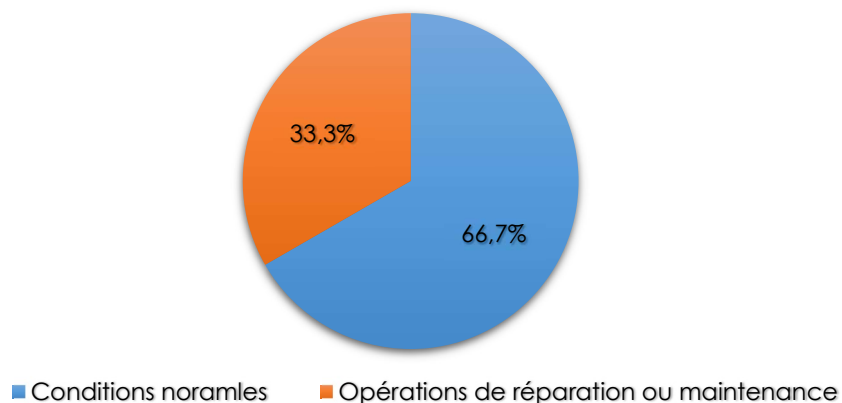


Figure n° 12 : Circonstances des accidents étudiés

Les accidents étudiés ont été synthétisés suivant leur type, cause et conséquence dans le tableau suivant:

Tableau 3 : Liste des accidents relatifs aux réservoirs à toit fixe

	Accident	Type d'incident	Equipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
1	<p>N° 4725710/10/2015FRANCE - 44 - DONGES <i>C19.20 - Raffinage du pétrole</i> Déformation d'un bac d'hydrocarbures Dans une raffinerie, vers 3h30, un rondier constate des fumées et des lueurs au niveau d'un bac. L'obscurité alliée aux phénomènes observés laisse penser à un incendie. Le POI est déclenché à 3h45. Un produit chaud et léger a été injecté involontairement dans un bac à toit fixe de 10 000 m³ de gazole en cours de remplissage (937 t) lors du démarrage d'une unité d'hydrodésulfuration. Le bac monte en température. Une caméra infra-rouge mesure 70 °C sur la partie haute du réservoir avec. Les secours internes réalisent un tapis de mousse à l'aide des boîtes dédiées. Ils refroidissent la capacité. Une déformation est observée en partie haute du bac. Une rupture de soudure entre la robe et le toit sur un tiers de sa circonférence a provoqué une entrée d'air. La température étant stable, le POI est levé à 8 h. Le bac est surveillé durant 2 jours. Un traçage trop efficace ? La stagnation pendant plusieurs jours de produit dans des portions de lignes tracées pourrait être un facteur aggravant (surchauffe avant déversement dans ce stockage). Compte tenu des phénomènes dangereux pouvant survenir sur ce type d'installation, l'hypothèse d'une explosion de vapeurs inflammables provoquant les dégâts constatés est émise par l'exploitant.</p>	Incendie	Réservoir de gazole	Erreur humaine	Dompage matériel
2	<p>N°8183 - 24/10/1995 - INDONESIE - 00 - CILACAP <i>C19.20 - Raffinage du pétrole</i> La foudre frappe le dispositif de jaugeage automatique d'un réservoir à toit fixe de 38 800 m³ 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 dans la cuvette. Les habitants du voisinage et les employés sont évacués. Aucune victime n'est à déplorer. 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.</p>	Incendie	Réservoir de kérosène	Agression externe (foudre)	Dompage matériel Pollution Evacuation des employés et du voisinage du site
3	<p>N°11653 - 02/08/1992 - ETATS-UNIS - 00 - CHALMETTE <i>C19.20 - Raffinage du pétrole</i> A la suite d'un sur-remplissage dû à une erreur de jaugeage, un bac d'essence à toit fixe déborde ; 85 m³ d'hydrocarbures se répandent dans la cuvette de rétention. La nappe est recouverte de mousse puis pompée dans des tonnes à vide. Une petite quantité s'infiltré dans le sol.</p>	Fuite	Réservoir d'essence	Défaillance matérielle (Erreur de jaugeage)	Pollution

	Accident	Type d'incident	Équipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
4	<p>N°27992 - 20/12/1986 - NC - 00 - NC <i>G46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes</i> Dans un parc de stockage d'hydrocarbures liquides, un débordement de bac à toit fixe se produit lors d'une réception de gazole en provenance d'une barge. L'accident serait dû à l'avarie d'une jauge : 136 m³ sont déversés dans la cuvette et la zone de chargement des camions adjacente, 20 m³ s'écoulent dans l'EASTCHESTER CREEK.</p>	Fuite	Réservoir de gazole	Défaillance matérielle	Pollution
5	<p>N°27989 - 29/03/1978 - NC - 00 - NC <i>G46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes</i> Un incendie se déclare sur un réservoir à toit fixe contenant de l'essence, situé dans un parc de stockage comprenant 14 réservoirs de 45 à 100 m³ d'hydrocarbures liquides et plusieurs conteneurs de 200 à 500 l de solvants. Le dispositif de rétention est en terre. L'accident est provoqué par une voiture circulant sur la route longeant le dépôt qui dérape et défonce la barrière (chaînes) : plusieurs tuyauteries sont arrachées, le bac s'enflamme. Le feu se propage ensuite à 11 des réservoirs et à un bâtiment voisin. Le coût de l'accident est estimé à 1,35 M\$ américains.</p>	Incendie	Réservoir d'essence	Erreur humaine	Dompage matériel
6	<p>N°27991 - 21/02/1978 - NC - 00 - NC <i>G46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes</i> Dans un parc de stockage d'hydrocarbures liquides comportant 50 réservoirs, un incendie se produit à partir d'un réservoir à toit fixe. Lors d'une réception de produit par pipeline et à la suite d'une erreur opératoire, la vanne d'un réservoir déjà plein est ouverte et le transfert à partir du pipe commence à un débit moyen de 1 800 m³/h. 15 min plus tard, l'erreur est détectée mais le réservoir déborde : le produit se répand par les événements du bac dans la cuvette de rétention. La fuite s'enflamme et l'incendie se propage au reste du dépôt. Le site est détruit aux 2/3.</p>	Incendie	Réservoir d'hydrocarbures	Erreur humaine (Erreur opératoire)	Dompage matériel
7	<p>N°12223 - 24/09/1977 - ETATS-UNIS - 00 - ROMEOVILLE <i>C19.20 - Raffinage du pétrole</i> Dans un dépôt pétrolier, la foudre frappe vers 2h15 le bac à toit fixe n°413, de 58 m de diamètre et 16 m de haut, presque plein de gazole. Le toit du réservoir explose et les fragments projetés propagent l'incendie au bac d'essence n°115 de 33 m de diamètre. Les secours refroidissent un réservoir voisin de butane-butène et le bac n°312. Ce dernier prend feu vers 4 h. Dans la matinée, les pompiers débutent une attaque à la mousse sur la surface du bac n°115 : le feu est maîtrisé vers 13 h. Le lendemain matin, vers 2h25, les secours injectent de la mousse en pied du bac n°413, le débit d'injection doit être diminué du fait de phénomènes de cavitation dans une des pompes mais le feu est maîtrisé en 15 min et quasiment éteint en 1h30. Quelques petites poches de feu subsistent cependant au niveau des fragments de toit tombés dans le bac. Suite à une pénurie en émulseur, le</p>	Explosion	Réservoir de gazole	Agression externe (foudre)	Dompage matériel

	Accident	Type d'incident	Equipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
	bac s'embrase de nouveau. Une 2ème attaque à la mousse, par injection en pied de bac et projection sur la surface en feu, débute vers 18 h. L'incendie est éteint à 22h30.				
8	N°9386 - 01/01/1975 - ETATS-UNIS - 00 - BIG SPRINGS <i>ZZZ.ZZ - Origine inconnue</i> Un boil-over se produit sur un réservoir pétrolier à Big Springs en 1975.	Boil-over	Réservoir d'hydrocarbure	Inconnue	Dommage matériel
9	N°9385 - 01/01/1958 - ETATS-UNIS - 00 - SIGNAL HILL HANCOCK <i>ZZZ.ZZ - Origine inconnue</i> Un boil-over se produit sur un réservoir pétrolier. Dix-sept des 32 bâtiments sont détruits. Deux personnes sont tuées. Le coût global de l'accident est estimé à 39 millions de dollars.	Boil-over	Réservoir d'hydrocarbure	Inconnue	Dommage matériel Victimes (deux morts)

Tableau 4 : Liste des accidents relatifs aux réservoirs à toit fixe et à écran flottant

N°	Accident	Type d'incident	Equipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
1	<p>N°47493 - 16/12/2015 - FRANCE - 67 - STRASBOURG <i>H52.10 - Entreposage et stockage</i> Vers 15 h, un feu se déclare dans un dépôt pétrolier. L'incendie est localisé entre un local pomperie en travaux et un bac de 7 000 m³ d'essence. Le POI (Plan d'Opération Interne) est déclenché. Le dépôt est mis en sécurité et 20 personnes sont évacuées du site. L'exploitant met en œuvre 2 lances. Les réservoirs proches du sinistre sont refroidis. Les pompiers réalisent un tapis de mousse dans la pomperie. L'incendie est éteint à 16h15. Deux intervenants brûlés sont transportés à l'hôpital. Un autre se blesse légèrement durant l'intervention. Les eaux d'extinction sont collectées et traitées sur site. Des travaux de soudure à l'origine du départ de feu En vue du raccordement du nouveau local pomperie aux tuyauteries d'essence, des travaux étaient en cours. Des mesures de prévention avaient été prises pour sécuriser le tronçon : vidange et platinage de la ligne, pose d'obturateur puis mise en eau de la tuyauterie. Durant les opérations de soudage, de l'eau était injectée via l'obturateur et rejetée par un évent en point haut. Selon les premiers éléments établis par l'exploitant, des résidus d'essence auraient été présents dans la tuyauterie au niveau d'un point bas non identifié. Cela, malgré le protocole de nettoyage et les mesures d'explosivité réalisés. Lors de la mise en eau de la tuyauterie, une partie de l'essence, se serait logée derrière l'obturateur. Par ailleurs, un sous-dimensionnement de l'évent aurait causé une montée en pression de la ligne lors de sa mise sous eau. L'obturateur n'étant pas dimensionné pour cette surpression, des vapeurs d'essence s'en seraient échappées. Celles-ci se seraient ensuite enflammées au point chaud de la soudure. L'exploitant envisage qu'un affaissement ait provoqué la formation d'un point bas sur la tuyauterie.</p>	Incendie	Réservoir d'essence	Erreur humaine (travaux de soudure)	Victimes Dommages matériels Pollution
2	<p>N°46089 - 29/12/2014 - FRANCE - 69 - LYON <i>H52.10 - Entreposage et stockage</i> Vers 9h45, de fortes odeurs d'hydrocarbures sont détectées dans les égouts d'un dépôt pétrolier. Elles sont dues à une fuite d'essence. Les employés identifient un écoulement de 1 000 l d'essence par une vanne de sortie des rejets des eaux usées. Cette vanne étant fuyarde, l'essence s'est écoulee dans le réseau du port. Les odeurs sont perceptibles à l'extérieur du site. Les secours évacuent 23 employés d'une entreprise voisine. Ils stoppent la fuite et dispersent les hydrocarbures. Une intervention de maintenance quelques jours plus tôt est à l'origine de l'événement. Le 24/12, un électricien est intervenu sur l'armoire électrique de l'unité de récupération de vapeurs (URV). Il doit ajouter un report d'alarme sur</p>	Fuite	Vanne fuyarde	Erreur humaine	Pollution

N°	Accident	Type d'incident	Equipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
	<p>le superviseur général du dépôt. Mais au cours de l'intervention, il effectue un mauvais câblage. Lorsqu'un opérateur acquitte un défaut sur le superviseur le 29/12 à 7h30, la conséquence de l'erreur de câblage apparaît. Une ouverture non-maîtrisée de l'ensemble des vannes d'exploitation de l'unité se produit. Les ballons et tuyauteries se remplissent alors anormalement et débordent dans la rétention. La rétention est équipée d'un détecteur de gaz, mais celui-ci est en défaut depuis le 29/12 à 1h45. Un opérateur constatant le débordement ferme la vanne motorisée de sortie de rejets des eaux usées, isolant ainsi la rétention. L'absence d'étanchéité de cette vanne est détectée à 10h30 lors de la recherche de l'origine de l'essence dans les égouts. Dans un premier temps, l'exploitant revoit le câblage du superviseur, remplace le détecteur de gaz défectueux et la vanne fuyarde. Il renforce les boucles de sécurité. Pour éviter le renouvellement de ce type d'incident, il prend plusieurs dispositions techniques. Il installe dans l'unité URV un détecteur gaz. Il équipe le séparateur d'hydrocarbure d'une seconde détection de niveau haut. Dans la rétention, il installe un détecteur d'hydrocarbure et une vanne motorisée. Les vannes motorisées sont asservies aux détections.</p>				
3	<p>N°46096 - 26/06/2014 - FRANCE - 92 - GENNEVILLIERS <i>H52.10 - Entreposage et stockage</i> Lors d'opérations de transfert dans un dépôt pétrolier, l'écran flottant d'un bac d'essence se bloque. Petit à petit, il est recouvert d'essence et sombre sous la surcharge. A 17h15, alerté par des mesures de niveau anormalement basses, un opérateur constate l'enfoncement. De l'essence est passée sur l'écran et des vapeurs sont émises. L'exploitation du bac est stoppée. Le réservoir est vidangé le 01/07. Il est nettoyé et dégazé le 18/07. Les travaux de remise en service sont estimés à 50 000 euros. Lors d'une visite antérieure du bac, l'exploitant avait constaté la proximité entre une pige verticale et une échelle à barreau fixée à la paroi interne du bac. Selon l'exploitant, un faible écartement (1,5 m) entre ces 2 équipements peut être à l'origine du blocage de l'écran. Il met aussi en cause la conception de la glissière d'étanchéité de la pige. Cette dernière ne permettait pas d'assurer une bonne étanchéité. Elle est susceptible d'avoir bloqué le mouvement de l'écran flottant. Des opérations de transfert gravitaire, liées à la remise en service d'un bac voisin, ont été réalisées peu de temps avant l'accident. Les conditions de ce transfert étaient particulières : débit plus lent que la normale et niveau faible dans le bac. D'après l'exploitant, elles ont</p>	Fuite	Réservoir d'essence	Défaillance matérielle (blocage de l'écran flottant)	Dommages matériels

N°	Accident	Type d'incident	Equipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
	contribué à déclencher le blocage du toit. Il suspecte notamment un degré de liberté des équipements plus faible en fond de bac.				
4	<p>N°40610 - 04/07/2011 - FRANCE - 76 - LE HAVRE <i>H52.10 - Entreposage et stockage</i> Sur un site d'entreposage du port du Havre, un feu se déclare vers 13h40 sur un bac de gazole vide, à toit fixe et écran flottant. Le réservoir en révision décennale était dégazé depuis le 12 mai. L'incendie, qui concerne une bâche de protection dans le bac, est éteint par les secours internes avec leurs moyens fixes (couronnes de refroidissement et émulseur). Le bac est ventilé avant que les secours publics ne pénètrent dans ce dernier. Le POI déclenché à 14 h est levé à 14h40. L'inspection des installations classées se rend sur les lieux. L'exploitant rédige un communiqué de presse. Des travaux de soudure seraient à l'origine du sinistre.</p>	Incendie	Réservoir de gazole	Erreur humaine (Travaux de soudure)	Dompage matériel
5	<p>N°40221 - 28/04/2011 - FRANCE - 2B - LUCCIANA <i>H52.10 - Entreposage et stockage</i> Dans un dépôt pétrolier, une résurgence de gazole est détectée au pied d'un bac. L'exploitant transfère les 500 m³ d'hydrocarbures restant dans le bac et récupère le produit rejeté dans la cuvette de rétention. Aucune pollution n'est détectée dans les nombreux piézomètres du site. L'inspection du fond de bac d'une épaisseur de 6,5 mm révèle de multiples points de corrosion, avec une concentration autour des organes de vidange et une perforation de 8 cm de diamètre à l'origine de la fuite. Le gazole s'est écoulé entre le fond de bac et la couche étanche de sable bitumineux située immédiatement au-dessous, avant de rejoindre la surface. Des anomalies avaient été constatées sur le bac lors de la visite décennale de 2004. Des travaux de rénovation étaient en cours sur un autre bac au moment de l'accident. L'exploitant envisage de rapprocher les inspections visuelles des fonds de bacs pour détecter la corrosion interne et externe dans l'environnement humide, chaud et salin de la région. Le bac endommagé étant la plus grosse capacité de gazole du dépôt, l'exploitant entreprend des travaux d'urgence pour garantir de bonnes conditions de distribution de gazole en Haute-Corse au cours de l'été suivant.</p>	Fuite	Réservoir de gazole	Défaillance matérielle (corrosion)	Dompage matériel
6	<p>N°37222 - 08/10/2009 - FRANCE - 2A - AJACCIO <i>H52.10 - Entreposage et stockage</i> Dans un dépôt pétrolier, un feu se déclare vers 9 h dans un bac d'essence vide à toit fixe et écran flottant en maintenance dans le cadre de son arrêt décennal. L'alarme de l'explosimètre se déclenche alors que personne n'est dans ou à proximité du bac ; les travaux sont arrêtés</p>	Incendie	Réservoir d'essence	Erreur humaine	Dompage matérielle

N°	Accident	Type d'incident	Équipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
	<p>dans la zone des cuvettes. La combustion dure 1 h. Le temps de le laisser s'aérer par ventilation naturelle, les employés équipés d'un oxygénomètre et d'un explosimètre attendront ensuite 3 h avant de pénétrer dans le réservoir. Une société extérieure avait dégazé le bac du 14 au 18/09. L'écran de ce dernier comporte 12 pieds fixes (4 au centre et 8 en périphérie), soudés sur des plaques martyres, elles-mêmes soudées sur les tôles du fond de bac. Entre le 21 et le 30/09, une société sous-traitante de chaudronnerie installe 12 nouveaux pieds ajustables, les pieds déjà en place n'étant pas assez hauts pour réaliser l'inspection et les travaux prévus sur le bac. Le bac est ensuite mis en eau pour remonter l'écran et ajuster les nouveaux pieds. Après la purge d'eau du réservoir, l'exploitant constate que parmi les anciens pieds creux et dépourvus d'orifice pour évacuer l'essence qui s'y serait accumulée, les 4 du centre sont bouchés par un bouchon en partie supérieure mais pas les 8 autres. Pour vérifier l'absence de produit, le chef de chantier de la société sous-traitante perce les 12 anciens pieds fixes avec une perceuse pneumatique et un foret de 8 mm lubrifié par de l'huile de coupe ; 3 des 12 pieds dégorgent du produit. Il sort du bac pour alerter le chargé de surveillance du dépôt. A leur retour, ils constatent 2 flammes de 5 cm en bas de 2 pieds à l'endroit du perçage. Le personnel du dépôt utilise une manche à eau pour souffler la flamme depuis l'extérieur du réservoir puis le responsable du dépôt demande de cesser l'arrosage pour laisser la flamme s'éteindre. Le feu est éteint après une heure et le bac est ventilé pendant 3 heures. Le mode opératoire des travaux respectait les dispositions réglementaires pour les prestations et travaux réalisés en dépôts. Pour la suite des travaux, de l'eau est introduite dans les pieds non capsulés en partie supérieure pour tenter de purger le produit restant. Les 12 anciens pieds fixes sont ensuite coupés à 10 cm du fond avec une scie pneumatique. Une réunion de retour d'expérience a lieu le 22/10 entre l'exploitant du dépôt pétrolier et son sous-traitant : le poste de travail ne sera plus laissé sans surveillance et une couverture ignifugée sera utilisée pour étouffer la flamme le cas échéant.</p>				
7	<p>N°6122 - 28/08/1991 - FRANCE - 35 - SAINT-MALO H52.10 - Entreposage et stockage Lors d'un transfert de supercarburant sans plomb de bac à bac, une fuite de 6 m³ d'hydrocarbures se produit sur la canalisation qui les conduit par gravité du bac à vider vers une pompe alimentant à remplir. 6 m³ sont rejetés. La fuite est due à une corrosion de la canalisation dans sa partie enterrée. L'exploitant parvient à récupérer 2 m³ de carburant et des piézomètres sont mis en place.</p>	Fuite	Réservoir de SSP	Défaillance matérielle (corrosion)	Pollution
8	<p>N°4698 - 28/08/1993 - FRANCE - 76 - LE HAVRE</p>	Fuite	Réservoir de gazole	Défaillance matérielle	

N°	Accident	Type d'incident	Equipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
	<p>H52.10 - Entreposage et stockage</p> <p>Au cours du transfert de gazole de bac à bac, le robinet de purge et de décompression d'une vanne n'est pas refermé. Une centaine de mètres cube de gazole se répandent dans les chenaux de rétention des canalisations et 5 m³ se déversent dans un bassin portuaire. La fuite est en partie endiguée au moyen de barrages flottants par les équipes de secours de l'usine et les produits sont repompés. Les pompiers interviennent avec des unités de dépollution et un véhicule de prévention des accidents chimiques. Un traitement de la nappe polluante est effectué.</p>				Pollution
9	<p>N°41215 - 07/11/2011 - FRANCE - 76 - GONFREVILLE-L'ORCHER</p> <p>C19.20 - Raffinage du pétrole</p> <p>Dans une raffinerie, un bac de 30 000 m³, vide de kérosène et nettoyé, prend feu à 9h45. Ce bac à toit fixe et à écran flottant posé sur béquille est en cours de maintenance. L'exploitant déclenche le POI. Les pompiers internes et publics protègent le bac voisin en l'arrosant et attaquent les flammes à la mousse. La fumée émise n'a pas de conséquences, les pompiers ne relèvent pas de risque d'explosion, le rayonnement thermique n'est pas suffisamment élevé pour endommager les autres bacs. Après extinction, les pompiers ventilent le bac et arrosent l'écran flottant effondré pour empêcher toute reprise de feu. L'inspection des installations classées s'est rendue sur place. L'exploitant diffuse un communiqué de presse. Les opérations de soudage en cours ont généré des projections de particules incandescentes sur le joint du toit provoquant l'inflammation de celui-ci. L'incendie s'est étendu sur la totalité du joint puis s'est propagé à l'écran constitué de couches de polyuréthane.</p>	Incendie	Réservoir de kérosène	Erreur humaine (opérations de soudage)	Dommage matérielle
10	<p>N°29601 - 01/04/2005 - FRANCE - 73 - ENTRELACS</p> <p>G46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes</p> <p>Dans un dépôt pétrolier, vers 15h30, durant la livraison par pipeline de gazole, 10 t de produit débordent du bac encours de remplissage (capacité : 2 100 m³ ; type bac à écran flottant interne) dans la cuvette de rétention. Le personnel du dépôt active l'arrêt d'urgence et le POI est déclenché. L'exploitant transfère le produit vers le séparateur d'hydrocarbures du site et fait procéder au pompage (le soir à 20h, la quantité récupérée est de 3t). Le bac n'est équipé ni de niveau haut, ni de niveau très haut. L'incident est dû d'une part à une erreur lors de la livraison par pipe : la quantité à livrer devait être répartie de manière consécutive dans deux bacs (2X400 m³) mais n'a en fait été orientée que vers un seul bac ne disposant pas du creux suffisant. La manipulation se faisait de manière extérieure au site par le transporteur. D'autre part, au niveau du dépôt, l'absence sur les bacs de niveaux hauts et très</p>	Fuite	Réservoir de gazole	Erreur humaine	Pollution

N°	Accident	Type d'incident	Equipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
	hauts avec asservissement de la fermeture des vannes d'approvisionnement n'a pas permis d'éviter le débordement. L'inspection des installations classées constate les faits et des arrêtés préfectoraux demandent notamment la remise en conformité du site.				
11	<p>N°19979 - 20/02/2001 - FRANCE - 31 - LESPINASSE <i>G46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes</i></p> <p>Dans un dépôt pétrolier ; une explosion, suivie d'un incendie, se produit dans un réservoir vide à toit fixe avec écran flottant de 5 000 m³, affecté au stockage d'essence SP98. L'accident a lieu alors que 2 sous-traitants raclent le sol à l'intérieur de la capacité pour en retirer les dépôts résiduels. Le POI de l'établissement est déclenché. Les pompiers maîtrisent le sinistre en 2 h avec un canon et 2 lances à mousse. Les 2 ouvriers gravement brûlés sont hospitalisés. Le bac est fortement endommagé. L'activité du dépôt est interrompue pendant 2 mois. Les dommages se chiffrent à 1M d'euros pour les dégâts matériels, 0,2 M d'euros pour la mise en sécurité et le démantèlement et 0,6 M d'euros pour les pertes d'exploitation. La gendarmerie effectue une enquête. Les travaux ont été engagés avant d'atteindre une concentration de gaz inférieure à 10% de la LIE. Par ailleurs, le bac n'était équipé que d'un seul trou d'homme, ses événements n'étaient pas tous ouverts et la ventilation mise en place pour chasser les vapeurs d'essence était arrêtée pour l'intervention. L'atmosphère explosive à l'intérieur du bac a probablement été enflammée par une étincelle provoquée par un équipement (pointe de semelle des bottes, raclette métallique, mousqueton acier, etc.) porté par l'un des intervenants. L'écran flottant était à seulement 1,2 m de haut : les employés intervenaient dans des conditions difficiles pouvant favoriser les frottements des équipements au sol ou sur les parois du bac et l'explosion s'est produite en milieu confiné augmentant ses effets.</p> <p>Sur proposition de l'inspection des installations classées qui s'est rendue sur place le jour même, le Préfet prend un arrêté de mesures d'urgence demandant avant démarrage : réalisation d'une étude sur les causes et les circonstances de l'accident ; détermination des mesures à prendre pour limiter le renouvellement d'un tel événement ; vérification de la sécurité de l'installation concernée et des installations voisines. L'exploitant rappelle les principes d'intervention aux entreprises extérieures travaillant sur la maintenance des bacs et modifie la procédure d'intervention à l'intérieur des bacs d'hydrocarbure : adaptation des procédures aux différents types de bacs, réalisation des opérations de nettoyage/dégazage seulement après validation par un chef de dépôt ou un adjoint, vérification des concentrations de vapeurs, spécifiées dans les procédures, avant toute intervention dans les</p>	Explosion	Réservoir d'essence	Erreur humaine	<p>Domage matériel Victime (2 blessés)</p>

N°	Accident	Type d'incident	Equipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
	bacs, amélioration de la ventilation par ouverture des piquages, dépose des vannes du ou des trous d'homme et maintienne la ventilation forcée pendant toute la durée des travaux. Le groupe auquel appartient le dépôt prend les mesures suivantes : diffusion du retour d'expérience sur cet accident, durcissement des contrôles sur les sous-traitants, contrôle plus strict du matériel susceptible d'être présent dans les bacs, mise en place systématiques de 2 trous d'hommes lors des contrôles décennaux pour les plus grands bacs.				
12	<p>N°17228 - 12/01/2000 - FRANCE - 69 – LYON <i>G46.71 - Commerce de gros de combustibles et de produits annexes</i> Dans un dépôt pétrolier en cessation d'activité, un départ de feu intervient dans un bac en cours de démantèlement. La chute de l'écran flottant interne du réservoir en cours de cisailage provoque l'ouverture des tôles de l'écran et l'inflammation des mousses qui le composent. Cette inflammation a pu être générée par une étincelle au cours de la chute du toit. Le bac avait contenu du supercarburant. L'incendie a été circonscrit par les moyens internes de l'établissement.</p>	Incendie	Réservoir d'essence	Erreur humaine	Dompage matériel
13	<p>N°43397 - 15/01/2007 - ALLEMAGNE - 00 – WESSELING <i>C19.20 - Raffinage du pétrole</i> Un bac à toit fixe et écran flottant est vidangé pour des travaux de révision dans une raffinerie. Avant d'obturer les conduites d'alimentation et d'évacuation, il est nécessaire de pomper les 10 m³ d'essence restant dans les conduites. N'y parvenant pas, les sous-traitants déconnectent les conduites à l'intérieur du réservoir en desserrant les flasques pour installer des obturateurs ; 1,5 m³ d'essence s'écoule dans la cuve de récupération puis est aspiré. Pour permettre un meilleur écoulement, le flasque de la conduite supérieure est desserré pour être ventilé. De l'air s'introduit dans la canalisation et se mêle aux vapeurs d'hydrocarbure. Celles-ci, dont le point d'inflammation est de 220 °C, s'enflamment vers 11 h au contact du verre chaud (265 °C) d'un spot d'éclairage non ATEX d'une puissance de 1 500 watts. L'incendie se propage ensuite aux résidus de produit présents dans la cuve de récupération. Les pompiers du site éteignent le sinistre en 1 h. Il n'y a pas de blessés. Le bac, une conduite et des traverses de jonction sont endommagés. Les dégâts s'élèvent à 1,6 million d'euros.</p>	Incendie	Réservoir d'essence	Erreur humaine	Dompage matériel
14	<p>N°24530 - 03/05/2003 - POLOGNE - 00 – GDANSK <i>C19.20 - Raffinage du pétrole</i> Une explosion se produit à 14h27 sur un bac à toit fixe et écran flottant contenant 19 100 m³ d'essence dans une raffinerie alors que des sous-traitants prennent des échantillons de produit. Les 3 opérateurs sont tués. Le feu du bac émet une importante fumée. 386 pompiers</p>	Explosion	Réservoir d'essence	Erreur humaine	Victimes Dompage matériel

N°	Accident	Type d'incident	Equipement ou installation impliquée	Cause	Conséquence
	<p>publics et 43 pompiers de la raffinerie interviennent. Ils protègent 3 barges et plusieurs bacs d'hydrocarbures. L'essence dans le bac en feu est pompée par le bas du réservoir puis l'incendie est attaqué à la mousse. Le sinistre est éteint à 2 h le lendemain. Le dispositif hydraulique a atteint un débit de 69,2 m³/min et 120 t d'émulseur ont été utilisées ; 600 m³ d'essence ont brûlé. Une enquête est menée. Les sous-traitants intervenant sur le site n'ont qu'une faible connaissance des protections contre l'incendie. Le bac en cause était correctement protégé. L'exploitant augmente la capacité de la station de pompage d'incendie et renforce son service de secours pour permettre l'intervention simultanée d'au moins 3 engins lourds de lutte contre le feu. Les pompiers publics équipent chacun de leurs camions lourds de lances mobiles.</p>				
15	<p>N°8988 - 30/05/1996 - FRANCE - 76 - LE HAVRE H52.10 - Entreposage et stockage Trois ouvriers d'une entreprise de maintenance réparent le toit flottant d'un bac d'essence vide de 30 000 m³ préalablement isolé, dégazé et lavé quand une explosion de type flash se produit. Le POI est déclenché. Les ouvriers parviennent à s'échapper mais leur véhicule est incendié. Des morceaux de toit sont projetés à une centaine de mètres. Les pompiers refroidissent à l'eau les canalisations et bacs voisins et notent une mauvaise qualité des émulseurs disponibles. Les produits d'extinction restent dans la cuvette. Le feu est éteint en une dizaine de minutes. Une surveillance est maintenue toute la nuit. L'arrêt des travaux de même nature est ordonné. Les dommages matériels s'élèvent à 9 MF.</p>	Explosion	Réservoir d'essence	Erreur humaine	Dommage matériel

4.2.2 Analyse des risques liées aux produits stockés

Les principaux produits qui seront présents dans le dépôt sont :

- ✓ Le gazole (Go);
- ✓ Le gazole 50 (Go 50);
- ✓ Le super sans plomb (SSP).

Ces produits sont stables aux températures d'utilisation. S'agissant de liquides inflammables ou combustibles, en cas d'incendie les produits de décomposition thermique sont « classiques » pour des hydrocarbures, à savoir essentiellement des oxydes de carbone et des suies.

Le tableau 5 énonce les produits issus de la combustion des produits stockés, et les tableaux 6 et 7 récapitulent leurs caractéristiques intrinsèques (données issues des fiches de données de sécurité - FDS).

Tableau 5 : produits de décomposition thermique des produits stockés

Produits utilisés	Produits de combustion
Super Sans Plomb	La combustion incomplète et la thermolyse produisent des gaz plus ou moins toxique tels que CO, CO ₂ , hydrocarbures imbrûlés, suies.
Gazole et gazole 50	Le monoxyde de carbone peut se former par combustion incomplète

Tableau 6 : Caractéristiques intrinsèques issues de la FDS du SSP



Nom produit	Données physiques	Explosivité Inflammabilité	Réactivité	Toxicité Ecotoxicité
<p>SUPER SANS PLOMB</p> <p><u>Etiquetage :</u></p>  <p><u>Phrases de risque :</u> R12 : Extrêmement inflammable, R38 : irritant pour la peau R45 : Peut causer le cancer, R46 : Peut entraîner des dommages génétiques héréditaires, R51/53 : Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique, R63 : Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant, R65 : Nocif : peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion, R67 : L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolences et vertiges.</p> <p><u>Phrases de sécurité :</u> S2 : Conserver hors de portée des enfants S23 : Ne pas respirer les vapeurs, S24 : Eviter le contact avec la peau, S29 : Ne pas jeter les résidus à l'égout, S43 : En cas d'incendie, utiliser de la mousse résistant à l'alcool, de la poudre sèche ou du CO₂, S45 : En cas d'accident ou de malaise consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette), S53 : Eviter l'exposition, se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation S61 : Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité S62 : En cas d'ingestion, ne pas faire vomir : consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette</p>	<p>Etat à la pression atmosphérique : liquide et jaune pâle. Odeur caractéristique.</p> <p>Masse volumique (15°C) : 720-775 kg/m³ à T° = 15°C</p> <p>Pression de vapeur relative : de 30 à 90 kPa à 35°C. La pression de vapeur est souvent fixée par la loi ; elle varie avec la saison</p> <p>Solubilité dans l'eau : partiellement soluble en raison de la présence de composants oxygénés</p>	<p>Extrêmement inflammable</p> <p>Extrêmement inflammable : risque élevé, le liquide pouvant dégager une quantité importante de vapeur à température inférieure à la température ambiante, ce qui peut former rapidement un mélange inflammable</p> <p>Point éclair : <-40°C</p> <p>Température d'auto inflammation : >250°C</p> <p>Explosivité : LIE : 1% LSE : 8%</p> <p>Agents d'extinction préconisés : mousse, poudre sèche, dioxyde de carbone</p>	<p>Produit stable aux températures de stockage, de manipulation et d'emploi.</p> <p>Incompatible avec les oxydants forts</p> <p>La combustion incomplète et la thermolyse produisent des gaz plus ou moins toxiques tels que CO, CO₂, hydrocarbures variés, aldéhydes et des suies.</p>	<p>Valeurs limite d'exposition : VME : 300 ppm (aux USA)</p> <p>Les vapeurs très concentrées irritent les yeux, le nez, la gorge et les poumons, peuvent causer des maux de tête et étourdissements, sont anesthésiques et peuvent avoir d'autres effets sur le système nerveux central. L'inhalation répétée de vapeurs en quantités importantes entraîne une exposition au benzène. L'exposition répétée à de fortes concentrations de benzène peut entraîner des leucémies.</p> <p>Ecotoxicité : Ce produit est nocif pour les organismes aquatiques</p>

Tableau 7 : Caractéristiques intrinsèques issues de la FDS du Gazoil

<p>GAZOLE et GAZOLE 50</p> <p><u>Etiquetage :</u></p>  <p><u>Phrases de risque :</u> R40 : Effet cancérigène suspecté, R65 : Nocif : peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion R66 : l'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau. R51/53 :Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique,</p> <p><u>Phrases de sécurité :</u> S2 : Conserver hors de portée des enfants S16 : Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles - Ne pas fumer S29 : Ne pas rejeter les résidus à l'égout S61 : Éviter le rejet dans l'environnement. Consulter les instructions spéciales/la fiche de données de sécurité S62 : En cas d'ingestion, ne pas faire vomir : consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette S36/37 : Porter un vêtement de protection et des gants appropriés</p>	<p>Etat à la pression atmosphérique : liquide jaune. Odeur caractéristique.</p> <p>Masse volumique (Gazole) : 820-860 kg/m³ à T° = 15°C</p> <p>Masse volumique (Gazole 50) : 820-845 kg/m³ à T° = 15°C</p> <p>Pression de vapeur relative : < à 1 kPa à 40°C</p> <p>Solubilité dans l'eau : très peu soluble</p>	<p>Non classé comme inflammable, mais peut brûler. Peut s'allumer sur des surfaces à des températures supérieures à la température d'auto-allumage. Des vapeurs accumulées au-dessus du produit dans les réservoirs peuvent s'enflammer et exploser à des températures supérieures à la température d'auto-inflammation lorsque les concentrations de vapeur sont dans la gamme d'inflammabilité.</p> <p>Point éclair : >55°C</p> <p>Température d'auto inflammation : >220°C</p> <p>Explosivité : LIE : 1% LSE : 6%</p> <p>Agents d'extinction préconisés : mousse, poudre sèche, dioxyde de carbone</p>	<p>Produit stable aux températures de stockage, de manipulation et d'emploi.</p> <p>Incompatible avec les oxydants forts</p> <p>La combustion incomplète et la thermolyse produisent des gaz plus ou moins toxiques tels que CO, CO₂, hydrocarbures variés, aldéhydes et des suies.</p>	<p>Les contacts répétés / prolongés peuvent entraîner le dégraissage de la peau susceptible de causer une dermatite et de rendre la peau plus irritable et moins protégée contre la pénétration d'autres matières. Une exposition excessive accompagnée d'une hygiène personnelle insuffisante peut entraîner des irritations, de l'acné, une folliculite et le développement de verrucosités susceptibles de devenir malignes.</p> <p><u>Ecotoxicité :</u> Le produit est Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.</p>
--	---	---	--	---

4.2.3 Analyse des risques liées équipements et conditions opératoires

(i) Les canalisations

Les canalisations qui seront utilisées dans le dépôt répondront aux exigences de la réglementation en vigueur. Leur dimensionnement sera adapté à l'utilisation qui en sera faite.

Les potentiels de dangers résidant dans les canalisations consistent :

- ✓ Soit en une défaillance de la canalisation ou de ses éléments annexes (brides, vannes...);
- ✓ Soit en une perte de confinement, une rupture ou une usure due à un événement externe (agression extérieure due à des travaux, ...).

Afin de minimiser le risque d'agression externe, les canalisations aériennes seront protégées contre les agressions et montées sur des racks au niveau des voies de circulation. A certains endroits elles seront installées dans des caniveaux.

(ii) Les pompes

Les risques liés aux pompes des produits sont principalement dus à une fuite d'hydrocarbure liquide pouvant générer un incendie et/ou une explosion (du nuage de vapeur formé par évaporation).

Cette fuite peut se produire par perte d'étanchéité au niveau d'un équipement d'une pompe ou par perte d'intégrité d'une pompe.

Afin de minimiser ce risque, l'exploitant a opté pour des pompes adaptées à la fonction demandée et aux conditions climatiques dans la zone et également de haute fiabilité. Ces pompes seront installées dans une cuvette dédiée et un programme d'inspection et de maintenance préventive sera mis en place.

(iii) Les réservoirs

La rupture d'un piquage ou d'une canalisation, l'ouverture d'une vanne de purge, une montée en pression ou une perte d'intégrité physique d'un réservoir de stockage pourront entraîner une libération d'hydrocarbures liquides et la formation de vapeurs.

Les potentiels de dangers associés aux réservoirs de stockage résident dans les grands volumes pouvant être mis en jeu en cas de perte de confinement.

(iv) Les chargements/déchargements des réservoirs

Les principaux risques associés aux opérations de chargement et de déchargement sont liés aux fuites d'hydrocarbures et aux débordements des réservoirs.

Chaque réservoir de stockage sera équipé d'un système de télé-jaugeage et il sera implanté dans une cuvette de rétention. Cette dernière est compartimentée pour limiter la surface d'épandage en cas de fuite.

(v) Les chargements/déchargements des camions citernes

Les principaux risques associés aux opérations de chargement des camions-citernes sont liés aux fuites d'hydrocarbures, au débordement des citernes, au dégagement des vapeurs d'hydrocarbures (chargement en dôme) et à la formation d'étincelles (choc métallique ou électricité statique).

La prévention des étincelles lors de l'opération de chargement se traduit par différentes mesures :

- ✓ Les masses métalliques des véhicules seront mises à la terre ;
- ✓ Le remplissage par le dôme s'effectue avec un tube plongeur conducteur (en aluminium ou dérivé pour éviter les étincelles lorsque le bras heurte la citerne) ;
- ✓ L'intégralité du tube sera reliée électriquement aux masses métalliques et à la terre. Il sera dimensionné pour atteindre le fond des citernes et pour rester immergé ;
- ✓ Le chargement se fera à petit débit en début et en fin de chargement pour éviter la formation d'électricité statique sur un produit isolant ;
- ✓ En dôme : un seul compartiment sera chargé à la fois (un seul dôme ouvert) ;
- ✓ En cas d'orage, les opérations de chargement seront interrompues ;
- ✓ En cas d'échantillonnage ou de jaugeage, il convient d'observer un temps de relaxation suffisant ;
- ✓ Pour tous les postes, les charpentes et tuyauteries seront mises à la terre.

(vi) La circulation interne

Les risques pouvant être générés par la circulation des camions-citernes à l'intérieur du dépôt sont listés ci-dessous :

- ✓ Perte de contrôle d'un camion-citerne, sortie de route et collision avec des équipements sensibles ;
- ✓ Collision entre deux camions-citernes ;
- ✓ Allumage d'un nuage d'hydrocarbure dérivant.

Afin d'éviter de telles situations, l'exploitant mettra en place un certain nombre de mesures afin de réduire non seulement le risque d'accident, mais aussi les conséquences de tels événements.

Les principales mesures qui seront mises en place sont :

- ✓ L'établissement d'un plan de circulation à sens unique et la mise en place d'une signalisation routière ;
- ✓ La limitation de la vitesse de circulation à l'intérieur du site à 10 km/h ;
- ✓ L'implantation d'un parking à l'extérieur du dépôt ;
- ✓ Le contrôle des camions-citernes avant accès au site via un check-list et l'interdiction d'accès aux camions non conformes (absence de cache flamme par exemple) ;
- ✓ La limitation du nombre de camions-citernes circulant à l'intérieur du dépôt ;
- ✓ Les voies de circulation seront conçues et dimensionnées pour faciliter le déplacement des camions et éviter les manœuvres ;
- ✓ Les racks de canalisations, clairement identifiés, et les réservoirs de stockage seront éloignés des voies de circulation des camions-citernes et en sur-élévation par rapport au niveau de ces voies.
- ✓ Le site disposera de moyens de secours incendie (fixes et mobiles) afin de lutter contre d'éventuel incendie de véhicule et pour protéger les équipements exposés.

4.2.4 Analyse des risques liées aux éléments extérieurs

(i) Les voies routières

Les accidents mettant en cause le trafic routier et pouvant avoir des répercussions sur les installations du site peuvent se limiter à l'étude des accidents de transport de matières dangereuses et plus précisément, au transport de matières inflammables pouvant engendrer des accidents de types BLEVE.

On note que dans les conditions actuelles, le transport de GPL par camion-citerne à proximité de l'emplacement projeté du dépôt est quasiment nul.

(ii) Les voies ferrées

On note l'absence des voies ferrées à moins de 500 m de l'emplacement projeté du dépôt.

(iii) Les voies aériennes

D'après les informations fournies par la Protection Civile, les risques les plus importants se situent au moment du décollage et de l'atterrissage. Les accidents dans les phases d'atterrissage, d'approche et de décollage représentent en effet 65 % de l'ensemble des accidents d'avion. La zone admise comme étant la plus exposée est celle qui se trouve à l'intérieur d'un rectangle délimité par :

- ✓ Une distance de 3 km de part et d'autre dans l'axe de la piste ;
- ✓ Une distance de 1 km de part et d'autre perpendiculairement à la piste.

La probabilité d'occurrence d'une chute d'avion à l'extérieur de cette zone est très faible. Et la probabilité d'occurrence d'une chute d'avion sur le site est d'autant plus faible qu'il est situé à 6 km de l'extrémité la plus proche de la piste et qu'il n'est pas situé dans l'axe de la piste.

En conclusion, la chute d'avion ne représente pas un risque pour la sécurité du site.

(iv) Les risques liés aux intrusions

Le site sera entièrement clôturé. En outre, le Service Gardiennage sera chargé de faire appliquer strictement le règlement général de sécurité. Les gardiens contrôleront les entrées et sorties des personnes et véhicules et s'assurent que l'on ne transporte pas sans autorisation, de produits dangereux ou de matières prohibées.

4.2.5 Analyse des risques liés aux conditions climatiques

(i) Températures

Le principal risque lié aux conditions climatiques serait le risque d'une montée en température des bacs en cas de forte chaleur extérieure, qui pourrait générer des vapeurs suffisantes pour créer une atmosphère explosive.

En effet, dans le cas de bac fonctionnant à pression atmosphérique, l'exploitation nécessite un équilibre permanent du produit stocké avec l'air ambiant. Cet équilibre est réalisé par mise en contact directe du produit avec l'atmosphère, par le biais d'évents par exemple.

La création d'une atmosphère inflammable à l'intérieur du bac n'est donc pas accidentelle. Elle a lieu dès lors que le produit a un point d'éclair suffisamment bas, c'est-à-dire qu'il est capable d'engendrer suffisamment de vapeur aux conditions d'exploitation pour former avec l'air un mélange inflammable. Cependant, dans le cas des bacs de stockage du dépôt, le risque est limité grâce aux toits fixes à écrans flottants des réservoirs de super carburant sans plomb.

En effet, ainsi l'intérieur des bacs est dépourvu d'air, cette précaution, permet d'éviter la présence systématique d'un mélange inflammable dans les conditions d'exploitation normales.

Pour les réservoirs à toit fixe, le point d'éclair des hydrocarbures présents (gazole et gazole 50) est au minimum de 55 °C. Or, on constate que la température maximale absolue atteinte en Tunisie est de 46,6 °C. Cette température est inférieure au point d'éclair de ces deux produits.

Concernant les basses températures, le risque serait le gel des canalisations véhiculant de l'eau. Pour cela, les écoulements sont maintenus permanents pendant les heures de travail. De plus la température minimale enregistrée sur le site est de -0,8 °C; le risque de gel dans les canalisations est donc négligeable.

En conclusion, les températures extrêmes ne représentent pas un risque pour la sécurité du site.

(ii) Vents

Les risques liés au vent sont :

- ✓ Par vent fort, des efforts importants sur les structures ; par contre, ils participent à une meilleure dispersion des vapeurs inflammables en cas de fuite d'un produit volatile (super carburant sans plomb) ;
- ✓ Par vent faible, la faible dispersion des vapeurs inflammables ce qui les maintient à des concentrations importantes. A débit initial égal, les explosions de nuages de vapeurs inflammables dans de telles conditions ont des conséquences plus graves que par vent moyen ou fort.

Les vents dominants sont très majoritairement des vents faibles (de 1 à 5 m/s). Ces vitesses de vent correspondent à celles retenues pour la modélisation des scénarios.

En conclusion, les vents ne représentent pas un risque pour la sécurité du site.

(iii) Brouillard

La présence de brouillard peut :

- ✓ D'une part gêner la visibilité, notamment lors des manœuvres des camions. Les jours de brouillard sont très rares (environ 6 jours par an) et il se disperse généralement dans la matinée. De plus, le site sera éclairé et les chauffeurs seront formés et connaissent le site et les voies de circulation.
- ✓ D'autre part, générer des phénomènes de corrosion externe sur les tuyauteries ou autres appareils métalliques. Des tests hydrauliques et des contrôles d'épaisseur des canalisations seront réalisés périodiquement et les réservoirs seront soumis à épreuve hydraulique décennale conformément à la réglementation en vigueur.

En conclusion, le brouillard ne représente pas un risque pour la sécurité du site.

(iv) Gelée blanche

La présence de neige ou de gelée blanche sur le site peut gêner l'activité du site du fait de la

difficulté de circulation des engins de manutention et des camions.

Néanmoins, les gelées blanches et surtout les chutes de neiges sont très exceptionnelles en Tunisie. En conclusion, la gelée blanche ne représente pas un risque pour la sécurité du site.

(v) Inondation

Une inondation ou une submersion marine peut :

- ✓ Provoquer la rupture d'un réservoir en cas de vague importante. Les réservoirs du site seront protégés par les murets des rétentions des cuvettes.
- ✓ Provoquer la rupture d'une canalisation par déplacements des supportages des lignes. Le dimensionnement des supportages des lignes seront réalisé par l'exploitant suivant la réglementation et les standards en vigueur.

L'étude de l'historique du site choisit a montré qu'il n'est pas exposé ni au risque d'inondation, ni au risque de submersion marine en période de tempête.

En conclusion, l'inondation et la submersion marine ne représentent pas un risque pour la sécurité du site. Néanmoins des mesures seront mises en œuvre pour réduire ces risques (réseau d'eaux pluviales, réservoirs en surélévation et munis de cuvettes de rétention).

(vi) La foudre

La foudre est une source d'ignition potentielle d'incendie soit par apport de l'énergie d'activation d'une combustion soit par génération d'une température d'auto-inflammation locale à l'endroit où elle s'abat. A titre d'illustration, le tableau suivant présente de façon simplifiée les principaux effets d'un coup de foudre sur une installation :

Tableau 8 : Principaux risques liés à la foudre

Effets directs du coup de foudre	Phénomènes physiques	Conséquences / Risques potentiels
Effets thermiques	Effets de fusion liés à la quantité de charges électriques au point d'impact Effets de dégagement de chaleur par effet Joule	Echauffement suite au passage de l'énergie de la foudre : Perçage de capacité Incendie Allumage d'une atmosphère explosible

Effets directs du coup de foudre	Phénomènes physiques	Conséquences / Risques potentiels
Effets d'amorçage	Impédances différentes (canalisations, bâtiments, ...) = différence de potentiel pouvant créer : <ul style="list-style-type: none"> - des étincelles - des arcs électriques Coupure de tension Surtension	Création de différences de potentiels Onde de chocs sur les circuits électriques et électroniques Champs électriques ou magnétiques rayonnés Risque d'allumage d'une atmosphère suroxygénée ou explosible Destruction de sources d'énergie Risque d'arrêt de certaines fonctions de sécurité Risque de destruction du matériel sensible et de commande du process par surtension due à l'onde de choc ou à des IEMF (Impulsions Electromagnétiques de Foudre) Mauvais fonctionnement de l'informatique / automatisme Mauvais fonctionnement de la gestion des sécurités
Effets électrodynamiques	Apparition de forces	Passages de courants importants Risques de déformation ou rupture d'éléments : <ul style="list-style-type: none"> - Descente paratonnerre - Canalisations - Câbles électriques

4.2.5 Récapitulation des résultats et identification des accidents les plus probables

Le tableau suivant récapitule les phénomènes dangereux pouvant se manifester dans le dépôt :

Tableau 9 : Inventaire des phénomènes dangereux pouvant se manifester dans le dépôt

Installation	Principaux équipements	Evénements redoutés centraux	Phénomènes dangereux
Inventaire des phénomènes dangereux pouvant se manifester			
Canalisations hors cuvette de rétention	Tuyauteries et accessoires Bride Vanne	Fuite sur tuyauterie et accessoires (brides, vannes...)	Fuite alimentée enflammée Feu de nappe Flash-fire UVCE Pollution
Stockage	Bac	Fuite sur robe et accessoires Fuite de vapeur Débordement de bac Perte de confinement de bac Fuite sur tuyauterie et accessoires (brides, vannes...) Fuite sur pompe	Feu de bac Explosion de bac à toit fixe Fuite alimentée enflammée Effet de vague Boil-over en couche mince Pressurisation
	Tuyauterie et accessoires Pompe Cuvette	Présence d'hydrocarbures	Feu de nappe (compartiment ou cuvette) UVCE Pollution
Pompes	Pompe, tuyauterie et accessoires	Rupture/fuite de pompe Fuite de garniture	Feu de nappe Fuite alimentée enflammée Flash-fire UVCE Pollution

4.3 Analyse préliminaire des risques

ERC	Section	Événements initiateurs	Equipements concernés	Phénomènes dangereux retenus
Fuite sur tuyauteries et accessoires (ou flexible)	Opérations de réception produit	Surpression dans la canalisation due à : - Pression de pompage supérieure à la Pression maximale admissible de remplissage, - Fermeture d'une vanne à l'aval, - Présence d'impuretés et bouchage tuyauterie, - Expansion thermique du produit	Flexible	Feu de nappe UVCE / Flash-fire Pollution des eaux et / ou du sol
		Arrachement du flexible		
		Choc		
		Collision entre un véhicule et une canalisation	Tuyauterie et accessoires	
		Agressions externes (suite à des travaux)		
		Agressions externes (suite à des effets dominos)	Brides	
		Défauts d'étanchéité des accessoires (vanne, soudure, bride, ...)		
		Corrosion interne (présence d'eau dans les canalisations)		
		Corrosion externe		
		ET Présence d'une source d'ignition : - décharge électrostatique - non-respect des procédures et consignes de sécurité - présence de point chaud - Foudre		
		Surremplissage	Bac	

ERC	Section	Événements initiateurs	Equipements concernés	Phénomènes dangereux retenus
Débordement d'un bac et inflammation	Opérations de réception produit	<p>ET Présence d'une source d'ignition :</p> <ul style="list-style-type: none"> - décharge électrostatique - non-respect des procédures et consignes de sécurité - présence de point chaud - Foudre 		<p>Feu de cuvette</p> <p>UVCE / Flash-fire</p> <p>Pressurisation d'un bac à toit fixe (effet domino)</p>
Fuite sur robe et accessoires d'un bac de stockage à toit fixe en phase de stockage et inflammation	Stockage de carburants	<p>Surpression dans le bac : expansion thermique des hydrocarbures contenus</p> <p>Agressions externes (suite à des travaux)</p> <p>Usure, corrosion</p> <p>Défaut d'étanchéité des accessoires du bac (vannes, brides,...)</p> <p>Défaut d'étanchéité après intervention sur robe</p> <p>Agressions externes (suite à des effets dominos thermiques ou de surpressions)</p> <p>Vanne de purge ouverte (erreur opérateur)</p> <p>ET Présence d'une source d'ignition :</p> <ul style="list-style-type: none"> - décharge électrostatique - non-respect des procédures et consignes de sécurité - présence de point chaud - Foudre 	Bac	<p>Feu de cuvette</p> <p>Feu de bac (effet domino)</p> <p>Pressurisation d'un bac à toit fixe (effet domino)</p> <p>Boil Over en couche mince (effet domino)</p>

ERC	Section	Événements initiateurs	Equipements concernés	Phénomènes dangereux retenus
Inflammation du ciel gazeux d'un bac à toit fixe	Stockage carburants	de Présence d'une source d'ignition : - décharge électrostatique - non-respect des procédures et consignes de sécurité - présence de point chaud - Foudre	Bac	Explosion
Fuite sur robe et accessoires d'un bac de stockage à écran flottant en phase de stockage et inflammation	Stockage carburants	de Surpression dans le bac : expansion thermique des hydrocarbures contenus	Bac	Feu de cuvette UVCE / Flash-fire Feu de bac (effet domino)
		Agressions externes (suite à des travaux)		
		Usure, corrosion		
		Défaut d'étanchéité des accessoires du bac (vannes, brides,...)		
		Défaut d'étanchéité après intervention sur robe		
		Agressions externes (suite à des effets dominos thermiques ou de surpressions)		
		Vanne de purge ouverte (erreur opérateur)		
		Coulage de l'écran flottant		
		ET Présence d'une source d'ignition : - décharge électrostatique - non-respect des procédures et consignes de sécurité - présence de point chaud - Foudre		
Feu de bac		Agression thermique	Bac	

ERC	Section	Événements initiateurs	Equipements concernés	Phénomènes dangereux retenus
	Stockage carburants	Débordement de bac		Feu de bac Boil Over en couche mince (effet domino)
		ET Présence d'une source d'ignition : - décharge électrostatique - non-respect des procédures et consignes de sécurité - présence de point chaud - Foudre		
Boil Over	Stockage carburants	Feu de bac prolongé	Bac	Boil Over en couche mince
		ET Présence d'eau dans le fond du bac		
Inflammation du ciel gazeux d'un compartiment de la citerne (chargement en source)	Chargement des camions-citernes (nouveau poste)	Forte concentration d'hydrocarbures au niveau de l'évent (pas d'ouverture du trou d'homme)	Camion-citerne	Explosion du ciel gazeux d'un compartiment de la citerne Feu de camion (effet domino) Pollution des eaux et / ou du sol
		ET Présence d'une source d'ignition : - décharge électrostatique - non-respect des procédures et consignes de sécurité - présence de point chaud - Foudre		

ERC	Section	Événements initiateurs	Équipements concernés	Phénomènes dangereux retenus
Inflammation d'une flaque sur l'aire de chargement des camions	Chargement des camions-citernes (nouveau poste)	Rupture / Fuite sur bras / flexible de chargement : - Bras / Flexible non déconnecté après chargement et arrachage - Agressions extérieures (choc travaux) - Agressions extérieures (chocs avec un véhicule) - Mouvement du camion pendant une opération de chargement (erreur humaine ou problème du camion) : interlock raccordé au système de freinage camion - Usure mécanique bras / flexible	Camion Bras / Flexible	Feu de nappe UVCE / Flash-fire Pollution des eaux et / ou du sol
		Fuite sur la citerne du camion due à : - Surremplissage (remplissage du mauvais compartiment...) - Agressions extérieures : choc avec un autre camion au niveau du chargement - Agressions extérieures (choc travaux) - Corrosion, usure de cuve ou équipements (conduite située entre la cuve et la vanne de dépotage) - Surpression externe (effet domino) - Agression extérieure (flux thermiques) - Surpression : non ouverture de la ligne évent avant chargement (pour un chargement en source)		
		<u>ET</u> Présence d'une source d'ignition : - décharge électrostatique - non-respect des procédures et consignes de sécurité - présence de point chaud - Foudre		

ERC	Section	Événements initiateurs	Equipements concernés	Phénomènes dangereux retenus
Inflammation d'une flaque dans une pomperie hydrocarbures	Chargement des camions-citernes (nouveau poste)	Fuite d'une tuyauterie sur l'aire de chargement camion due à : <ul style="list-style-type: none"> - Surpression suite au refoulement d'une pompe à débit nu, à une expansion thermique dans la ligne, à un coup de bélier - Rupture de soudure - Corrosion interne - Corrosion externe - Agressions extérieures : chocs (engins de chantier, véhicules, ...) - Surpression externe (effet domino) - Agression thermique (feu de cuvette, feu externe...) 	Tuyauterie et accessoires	Feu de cuvette
		Fuite de brides ou de joints sur une tuyauterie de chargement camion due à : <ul style="list-style-type: none"> - Bouchage ou impuretés au niveau des filtres - Mauvais serrage de brides ou de joint 		Pompe
		Fuite de pompe ou de garniture de pompe due à : <ul style="list-style-type: none"> - Usure mécanique (démarrage, vieillissement) - Echauffement de la pompe : problème de lubrification, fonctionnement de la pompe à sec 		Pollution des eaux et / ou du sol
		<u>ET</u> Présence d'une source d'ignition : <ul style="list-style-type: none"> - décharge électrostatique - non-respect des procédures et consignes de sécurité - présence de point chaud - Foudre 		

ERC	Section	Événements initiateurs	Equipements concernés	Phénomènes dangereux retenus
Inflammation de vapeurs d'additifs dans le ciel gazeux des cuves	Nouvelle cuve d'additif	Présence de vapeurs inflammables : point éclair additif très élevé	Cuve de stockage additif	Pollution des eaux et / ou du sol
		<u>ET</u> Présence d'une source d'ignition : <ul style="list-style-type: none"> - décharge électrostatique - non-respect des procédures et consignes de sécurité - présence de point chaud - Foudre 		

4.2.6 Identification des accidents les plus pénalisants

Considérant d'une part l'analyse des potentiels de dangers comme précédemment réalisée et d'autre part le retour d'expérience issu de l'accidentologie, seuls certains événements seront analysés en détail. Ceux-ci sont jugés comme représentatifs du risque généré par l'établissement. Les scénarii retenus sont :

1. Feu de nappe et UVCE / Flash-fire suite à une fuite alimentée d'essence sans plomb au manifold (rupture 100%), avec et sans tenir compte du clapet anti-retour,
2. Feu de carburant dans la cuvette Cc,
3. Feu de bac T110 (le plus grand réservoirs),
4. Boil Over (en couche mince) d'un bac de gasoil.

4.2.7 Estimation des conséquences de chaque accident et de ses effets possibles

Pour l'évaluation de l'étendue des différents phénomènes dangereux potentiels on se basera sur les seuils des effets thermiques et de surpression fixés dans l'Arrêté français du 29 septembre 2005, relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Les valeurs de référence relatives aux seuils des effets thermiques et de surpression sur l'homme et les structures sont détaillées dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Seuils des effets thermiques et de surpression sur l'homme et les structures

		EFFETS SUR L'HOMME	EFFETS SUR LES STRUCTURES
Seuils des effets thermiques	3 kW/m ² (1)	Effets irréversibles délimitant la «zone des dangers significatifs pour la vie humaine »	-
	600 (kW/m ²) ^{4/3} .s (2)		
	5 kW/m ² (1)	Effets létaux délimitant la «zone des dangers graves pour la vie humaine»	Destructions de vitres significatives
	1000 (kW/m ²) ^{4/3} .s (2)		
	8 kW/m ² (1)	Effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine »	Effets domino (seuil de dégâts graves sur les structures)
	1800 (kW/m ²) ^{4/3} .s (2)		
	16 kW/m ² (1)	-	Exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton
20 kW/m ² (1)	-	Tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton	
Seuils des effets de surpression	20 mbar	Effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme	Destructions significatives de vitres
	50 mbar	Effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine »	Dégâts légers sur les structures
	140 mbar	Effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine»	Dégâts graves sur les structures
	200 mbar	Effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine ».	Effets domino

(1) Flux

(2) Dose

Scénario n°1 : Feu de nappe et UVCE / Flash-fire suite à une fuite alimentée d'essence sans plomb au manifold (rupture 100%), sans tenir compte du clapet anti-retour

Hypothèses et données d'entrée des modélisations :

- ✓ Modèle utilisé pour le calcul du terme source : module « Line Rupture » du logiciel PHAST v 6.6,
- ✓ Produit : Essence sans plomb,
- ✓ Phase : liquide,
- ✓ Diamètre de la tuyauterie : 10'',
- ✓ Taille de la brèche : 254 mm (100% de la section),
- ✓ Contribution amont :
 - Lors de la rupture franche de la canalisation, le produit va rapidement se décompresser, et la fuite va être alimentée en amont au débit d'emballement de la pompe. D'après le Guide Bleu de l'UFIP, pour une pompe centrifuge dont la pression de refoulement nominale est de l'ordre de 2 bars, le débit d'emballement est égal à 1,5 fois le débit nominal. Par conséquent, on retiendra un débit d'emballement de $300 \times 1,5 = 450 \text{ m}^3/\text{h}$, soit $84,4 \text{ kg/s}$;
 - Inventaire « infini »,
 - ❖ Contribution aval :
 - De la même façon, le produit va rapidement se décompresser. Le moteur du rejet en aval sera donc la pression statique liée à la hauteur de liquide dans le bac T105 (hauteur de liquide initiale dans le bac : 11 m),
 - Inventaire de produit : $7\,855 \text{ m}^3$,
 - ❖ Température produit : 20°C (ambiante),
 - ❖ Direction du rejet : horizontal,
 - ❖ Hauteur du rejet : 1 m,
 - ❖ Durée de la fuite avant intervention opérateur : 3 600 s.

Terme source

Le tableau suivant indique les caractéristiques du terme source calculé par le logiciel pour ce scénario. Il est composé de 2 contributions : l'une correspond à l'alimentation en provenance de la pompe et l'autre à la vidange de la section en aval (bac T105).

Rupture de la ligne de réception – Manifold		
Contribution	Amont (côté pompe)	Aval (côté bac)
Produit	Essence sans plomb	
Débit	84,4 kg/s	301,2 kg/s
Température	20°C	20°C
Vitesse	2,5 m/s	14,8 m/s
Fraction liquide	1	1
Diamètre des gouttes	686 µm	498 µm
Durée	3 600 s	3 600 s

Avec les hypothèses formulées, il apparaît que les deux contributions sont alimentées pendant 3 600 s. Le terme source représentatif de la double contribution calculé est le suivant :

Rupture de la ligne de réception – Manifold	
Contribution	Amont + Aval
Débit	385,6 kg/s
Température	20°C
Vitesse	12,1 m/s
Fraction liquide	1
Diamètre des gouttes	530 µm
Durée	3 600 s

Caractéristiques de la nappe

	F3	D5
Proportion du débit à la brèche à rejoindre la nappe*	97 %	96 %
Débit d'évaporation moyen sur 3 600 s	89,3 kg/s	110,1 kg/s
Rayon maximal de la nappe	126 m	121 m

*La partie complémentaire s'évapore avant de toucher le sol.

La vitesse du rejet est relativement faible et la majeure partie du rejet contribue à la formation d'une nappe au sol. Par conséquent, si le produit venait à s'enflammer en sortie de canalisation, le phénomène dimensionnant serait le feu de nappe (évalué si après) et non le jet enflammé. Par conséquent, ce dernier n'est pas étudié dans la suite de l'étude.

Résultats de la modélisation de l'UVCE / Flash-fire

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux ci-après. Dans la configuration pénalisante (F3), la distance à la LIE atteint 131 m.

		Effets de surpression depuis le point de rejet			Effets thermiques		
		Distance au seuil de 140 mbar	Distance au seuil de 50 mbar	Distance au seuil de 20 mbar	Distance SELS	Distance SEL	Distance SEI
UVCE / flash-fire	F3	Non atteint	313 m	685 m	131 m	131 m	145 m
	D5	Non atteint	176 m	383 m	77 m	77 m	85 m

Hypothèses et données d'entrée pour l'incendie

Les hypothèses et données d'entrée utilisées pour la quantification des effets thermiques du feu de nappe libre de ce scénario d'accident sont les suivantes :

- ✓ Produit : essence sans plomb,
- ✓ Diamètre de la nappe retenu pour la modélisation : il correspond à l'état d'équilibre en l'alimentation et la combustion de la nappe. Il est déterminé par :
 - Le débit d'alimentation de la nappe déterminé ci-avant : $Q_{Alim} = 374,0 \text{ kg/s}$ (soit 97% du débit total),
 - Le débit massique surfacique du combustible : $Q_{Comb} = 0,055 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$

$$S_{nappe} = \frac{Q_{Alim}}{\dot{Q}_{Comb}}$$

Ainsi la surface de la nappe est donnée par la relation suivante :

La surface de la nappe obtenue est de $6\,800 \text{ m}^2$, son diamètre est de 93 m.

Remarque : cette hypothèse implique que la nappe s'enflamme avant qu'elle n'atteigne cette dimension. La nappe atteint cette dimension environ 7 min après le début de l'épandage.

Les distances d'effets sont déterminées à partir de l'approche fournie dans le GTDLI appliquée aux hydrocarbures. Elle repose sur la corrélation de Thomas avec prise en compte du vent pour la détermination de la hauteur des flammes, et sur la corrélation de Mudan et Croce pour la radiance des flammes.

La longueur de flamme obtenue est de 64 m, et son inclinaison est de 20° .

Résultats de la modélisation de l'incendie

Les distances d'effets aux différents flux thermiques pour une hauteur de 1,5 m (représentative d'une cible humaine), sont présentées dans le tableau ci-après. Ces distances sont à considérer depuis le front de flamme, c'est-à-dire depuis les bords de la nappe.

Effet	Flux thermique reçu	Distance¹ par rapport au front de flamme
Seuil des effets irréversibles (SEI)	3 kW/m ²	75 m
Seuil des premiers effets létaux (SEL)	5 kW/m ²	50 m
Seuil des effets létaux significatifs et des effets domino	8 kW/m ²	30 m

¹ pour une cible positionnée par rapport au front de flamme (bord de la nappe).

Scénario n°2 : Feu de carburant dans la cuvette Cc

Hypothèses et Données d'entrée

- ❖ Produit : carburant (SSP)
- ❖ Volume d'un bac : 4 188 m³,
- ❖ Dimensions de la rétention : hauteur 1,8 m, longueur 125 m, largeur 43 m,
- ❖ Volume de la rétention : 9 151 m³ (volume de la cuvette Cc),
- ❖ Surface de la rétention : 5 383 m².

Les distances d'effets sont déterminées à partir de l'approche fournie dans le GTDLI appliquée aux hydrocarbures. Elle repose sur la corrélation de Thomas avec prise en compte du vent pour la détermination de la hauteur des flammes, et sur la corrélation de Mudan et Croce pour la radiance des flammes.

La longueur de flamme obtenue est de 36 m, et son inclinaison est de 30°.

Résultats de la modélisation de l'incendie

Les distances d'effets aux différents flux thermiques pour une hauteur de 1,5 m (représentative d'une cible humaine), sont présentées dans le tableau ci-après pour une cible positionnée sur la médiatrice du front de flamme, au regard du bord à partir duquel on souhaite évaluer les distances d'effets.

Effet	Flux thermique reçu	Distance ¹ par rapport au front de flamme	
		Face à la longueur	Face à la largeur
Seuil des effets irréversibles (SEI)	3 kW/m ²	75 m	55 m
Seuil des premiers effets létaux (SEL)	5 kW/m ²	55 m	40 m
Seuil des effets létaux significatifs et des effets domino	8 kW/m ²	40 m	40 m

¹ pour une cible positionnée face au front de flamme (bords de la nappe).

Scénario n°3 : Feu de bac de gasoil T110

Hypothèses et données d'entrée de modélisation

- ❖ Produit : gasoil
- ❖ Type de bac : bac atmosphérique à toit fixe,
- ❖ Diamètre du bac : 49 m,
- ❖ Hauteur du bac : 17 m.

Les distances d'effets sont déterminées à partir de l'approche fournie dans le GTDLI appliquée aux hydrocarbures. Elle repose sur la corrélation de Thomas avec prise en compte du vent pour la détermination de la hauteur des flammes, et sur la corrélation de Mudan et Croce pour la radiance des flammes.

La longueur de flamme obtenue est de 32 m, et son inclinaison est de 33°.

Résultats de la modélisation de l'incendie

Les distances d'effets aux différents flux thermiques pour une hauteur de 1,5 m (représentative d'une cible humaine), sont présentées dans le tableau ci-après. Les distances d'effets sont à considérer depuis le front de flamme.

Effet	Flux thermique reçu	Distance ¹ par rapport au front de flamme
Seuil des effets irréversibles (SEI)	3 kW/m ²	35 m
Seuil des premiers effets létaux (SEL)	5 kW/m ²	Non atteint à hauteur de cible
Seuil des effets létaux significatifs et des effets domino	8 kW/m ²	Non atteint à hauteur de cible

¹ pour une cible positionnée par rapport au front de flamme (bord de la nappe).

Scenario 4 : Boil Over en couche mince d'un bac de gasoil

Hypothèses et données d'entrée de modélisation

- ❖ Type de bac : bac atmosphérique à toit fixe,
- ❖ Produit : Gasoil,
- ❖ Température de stockage : 20°C,
- ❖ Diamètre du bac : 49 m,
- ❖ Hauteur du bac : 17 m,
- ❖ Hauteur de liquide dans le bac : 14 m.

Remarque : dans le modèle utilisé, la hauteur d'eau retenue en fond de bac est de 1 cm. Cette valeur a été retenue par le GTDLI suite à des discussions avec les industriels (cf. Oméga 13 – Boil over classique et Boil over en couche mince – 2010).

Résultats de la modélisation du Boil Over en couche mince d'un bac

Les distances d'effets aux doses thermiques ont été obtenues en tenant compte des données précédentes et conformément à la méthode préconisée par l'INERIS.

D'après cette approche, le temps de déclenchement du Boil Over en couche mince est évalué à 58 h.

Remarque : comme la durée de la boule de feu est inférieure à 2 minutes, les seuils recherchés sont des doses thermiques.

Effet	Dose thermique reçu	Distances données depuis le centre du bac
Seuil des effets irréversibles (SEI)	600 (kW/m ²) ^{4/3} .s	98 m
Seuil des premiers effets létaux (SEL)	1 000 (kW/m ²) ^{4/3} .s	78 m
Seuil des effets létaux significatifs (SELS) et des effets domino	1 800 (kW/m ²) ^{4/3} .s	58 m

Le tableau 11 récapitule les résultats des scénarios modélisés.

Tableau 11 : Récapitulatif des résultats des scénarios modélisés

N° et intitulé des scénarios	Type d'effet	Distance des effets (m) à partir du point de rejet			
		Effet Très Grave	Effet Grave	Effet Significatif	Bris de Vitres
Scénario n°1 : Feu de nappe suite à une fuite alimentée d'essence sans plomb au manifold (rupture 100%), sans tenir compte du clapet anti-retour	Thermiques	30	50	75	-
	Surpressions	-	-	313	685
	Thermiques	131	131	145	-
Scénario n°2 : Feu de carburant dans la cuvette Cc	Thermiques	40 (40)	55 (40)	75 (55)	-
Scénario n°3 : Feu de bac	Thermiques	NA au niveau du sol	NA au niveau du sol	35	-
Scénario n°4 : Boil Over en couche mince d'un bac de gasoil	Thermiques	58	78	98	-

5.0 LES MESURES A PRENDRE POUR LIMITER LES EVENTUELLES CONSEQUENCES

5.1 Consignes générales d'exploitation

Afin de garantir des conditions et un milieu de travail adéquats, il faut veiller à la sécurité des travailleurs et mettre à leur disposition des EPI en adéquation avec la nature des différents risques auxquels ils peuvent être exposés.

Le port des EPI est une obligation qui sera imposée dans le site. Parmi les EPI qui seront fournis aux travailleurs nous citons :

- ✓ Vêtements de protection ;
- ✓ Casques de sécurité ;
- ✓ Chaussures de sécurité ;
- ✓ Casques de protection des oreilles ;
- ✓ Gants (en cuir ou en PVC) selon utilisation ;
- ✓ Lunettes de protection ;
- ✓ Masque à gaz et vapeur, harnais de sécurité, selon nécessité.

5.2 Systèmes de contrôle et d'alarme au dépôt

Le dépôt disposera des alarmes et des moyens de contrôle et de prévention suivants :

- ✓ Des arrêts d'urgence et des boutons d'alarme générale ;
- ✓ Un système de jaugeage automatique et des alarmes de niveau sur les réservoirs ;
- ✓ Un système de télésurveillance et un système anti-intrusion.

(i) Arrêts d'urgence et boutons d'alarme générale

Les boutons d'arrêts d'urgence projetés donnent lieu à un arrêt de l'équipement concerné.

Le dépôt disposera de neuf (9) boutons d'alarme générale répartis sur l'ensemble du site. Ils présentent les caractéristiques suivantes :

- ✓ Action sur un arrêt coup de poing et bris de glace ;
- ✓ Conséquences d'une alarme générale :
 - Déclenchement de la sirène d'alarme ;
 - Démarrage automatique de 2 groupes motopompes incendie.

(ii) Jaugeage automatique et alarmes de niveau sur les réservoirs

Chaque réservoir est équipé d'un puits de jaugeage manuel, d'un jaugeur automatique et d'une réglette. Le système de télé-jaugeage qui équipe chaque réservoir permet de suivre le niveau du produit et de mesurer la température à l'intérieur du réservoir. Les résultats sont reportés sur un écran de suivi installé au bureau du responsable de sécurité.

Chaque réservoir est équipé de quatre niveaux d'alarme :

- ✓ HHLA (Alarme de niveau très haut) ;
- ✓ HLA (Alarme de niveau haut) ;
- ✓ LLA (Alarme de niveau bas) ;
- ✓ LLLA (Alarme de niveau très bas).

(iii) Télésurveillance et système anti-intrusion

Le dépôt disposera de plusieurs caméras de vidéosurveillance réparties sur l'ensemble du site dont la retransmission se fait au local du gardien et au bureau du chef du dépôt.

Un système anti-intrusion composé de de plusieurs cellules infrarouges réparties sur toute la clôture du site sera mis en place au dépôt.

5.3 Système de défense contre l'incendie du dépôt

La composition du Système de Défense Contre l'Incendie (DCI) est basés sur :

- ✓ La norme NFPA 30 ;
- ✓ La norme européenne EN 13565 - 2:2009 +AC:2010 ;
- ✓ La NT 109.14.

5.3.1 Installations fixes de refroidissement des réservoirs du dépôt

Conformément aux exigences de l'arrêté français du 03/10/10, tous les réservoirs du dépôt seront protégés par des couronnes de refroidissement installées au niveau du toit et de la robe (Figure n° : Moyens fixes de lutte contre l'incendie pour le réservoir et la cuvette).

Les caractéristiques des installations fixes de refroidissement des différents réservoirs du dépôt sont présentées dans le tableau suivant :

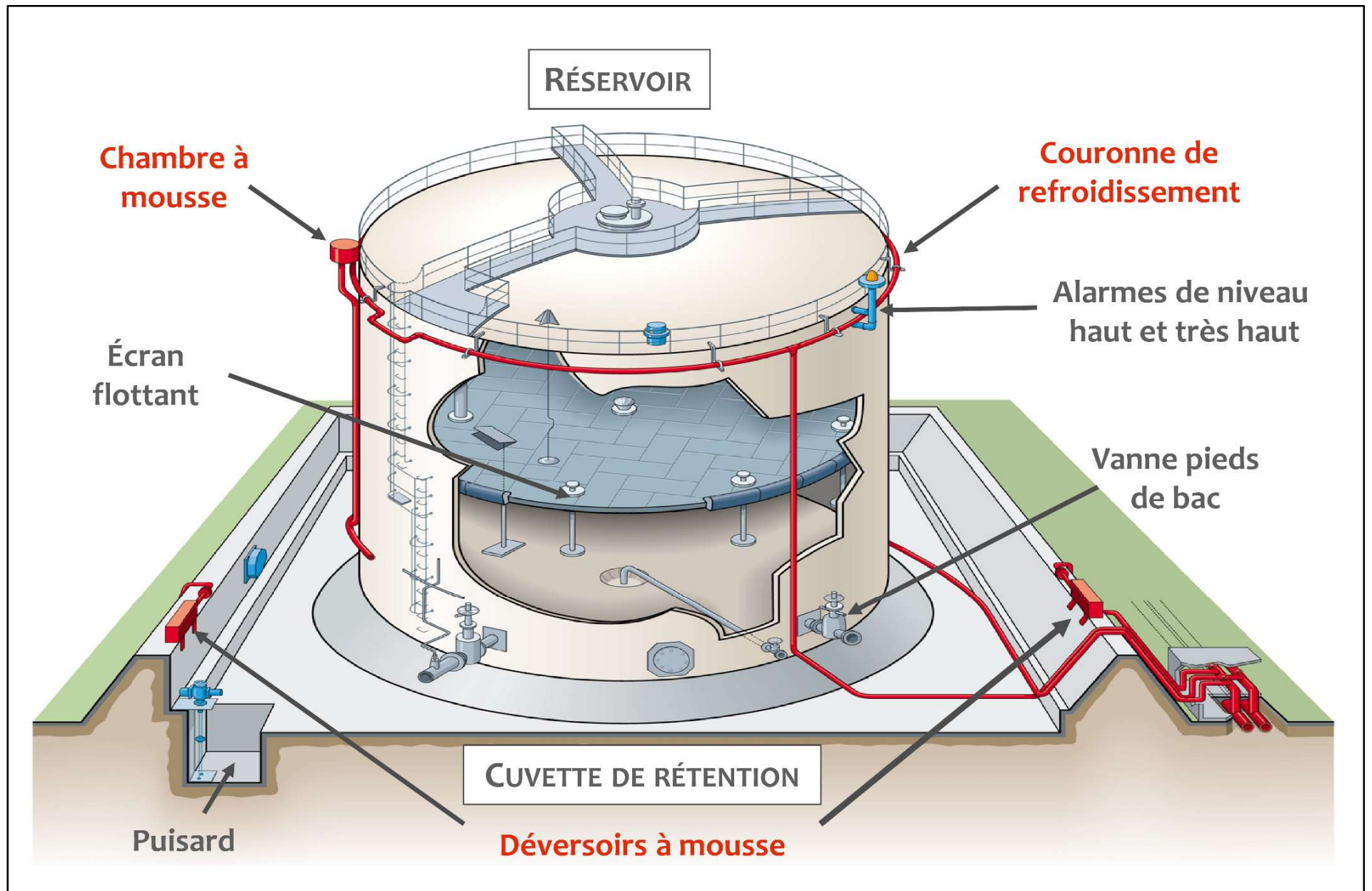


Figure n° 13 : Moyens fixes de lutte contre l'incendie pour le réservoir et la cuvette

Tableau 12 : Installations fixes de refroidissement des réservoirs

RESERVOIRS					INSTALLATIONS FIXES DE REFROIDISSEMENT						
Réservoir	Diamètre (m)	Hauteur (m)	Circonférence (m)	Surface de la robe (m ²)	Couronnes de refroidissement			Pulvérisateurs			
					Nombre	Diamètre		Nombre		Débit unitaire (l/mn)	Débit total (m ³ /h)
						Couronnes Toit (")	Couronne Robe (")	Toit	Robe		
T101	21.00	10.00	63.30	346.20	4	3	4	26	26	40.00	124.80
T102	21.00	10.00	63.30	346.20	4	3	4	26	26	40.00	124.80
T103	21.00	10.00	63.30	346.20	4	3	4	26	26	40.00	124.80
T104	21.00	10.00	63.30	346.20	4	3	4	26	26	40.00	124.80
T105	30.00	12.00	94.20	706.50	4	3	4	38	38	40.00	182.40
T106	24.00	10.00	75.40	452.20	4	3	4	49	49	40.00	235.20
T107	21.00	10.00	63.30	346.20	4	3	4	26	26	40.00	124.80
T108	43.00	15.50	135	1451.50	4	3	4	54	54	40.00	259.20
T109	37.00	15.50	116.20	1074.60	4	3	4	58	58	40.00	278.40
T110	49.00	17.00	153.90	1884.80	4	3	4	62	62	40.00	297.60
T111	49.00	17.00	153.90	1884.80	4	3	4	62	62	40.00	297.60

5.3.2 Installations fixes d'extinction au niveau des réservoirs du dépôt

Tous les réservoirs du dépôt seront équipés de chambres à mousse dont le nombre varie de 2 à 4. Les caractéristiques de ces installations fixes d'extinction sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Caractéristiques des installations fixes de mousse des différents réservoirs

INSTALLATIONS FIXES DE MOUSSE					
Réservoir	Montées		Chambres à mousse		
	Nombre	Diamètre (")	Nombre	Débit unitaire (l/mn)	Débit total (m ³ /h)
T101	2	3	2	750	90
T102	2	3	2	750	90
T103	2	3	2	750	90
T104	2	3	2	750	90
T105	2	4	3	750	135
T106	2	4	3	750	135
T107	2	3	2	750	90
T108	2	6	4	750	180
T109	2	6	4	750	180
T110	2	6	4	750	180
T111	2	6	4	750	180

5.3.3 Réseau de solution moussante

Le dépôt disposera de plusieurs réseaux de solution moussante destinés à protéger les différentes cuvettes de rétention et les réservoirs qu'elles contiennent.

Des citernes fixes d'émulseurs « FFFP » alimentent les différents réseaux qui desservent les chambres à mousse des réservoirs et les déversoirs de mousse des cuvettes de rétention. Les caractéristiques de ces citernes sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Caractéristiques des citernes fixes d'émulseur

Citerne	Emplacement	Capacité (litres)	Installations couvertes
01	Côté Cuvette Cc	30 000	T101 – T102 – T103 – T104 – T105 – T106
02		10 000	
03		10 000	
04	Côté Cuvette Cb	10 000	T107 – T108
06	Côté Cuvette Ca	10 000	T109 – T110 – T111

En plus des systèmes fixes utilisant l'émulseur, le dépôt disposera de moyens mobiles tels que les lances et les canons générant de la mousse. Pour assurer le bon fonctionnement de ces moyens, le dépôt disposera d'une réserve d'émulseur de 11 000 litres.

Tableau 15 : Réserve d'émulseur pour les moyens mobiles

Type d'émulseur	Moyen de stockage			Quantité d'émulseur
	Type	Nombre	Capacité unitaire	
FFFP	Cubitainer	11	1 000 litres	11 000 litres

5.3.4 Déversoirs de mousse

Toutes les cuvettes du dépôt seront équipées de déversoirs de mousse fixes installés sur les murs internes et externes des cuvettes.

Les caractéristiques de ces déversoirs de mousse sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Caractéristiques des déversoirs de mousse

<i>Cuvette</i>	Caractéristiques des cuvettes de rétention		Déversoirs de mousse		
	Réservoirs contenus		Nombre	Débit unitaire (l/min)	Débit total (m ³ /h)
	Référence	Surface (m ²)			
C_c	T-101	5 200	06	550	198
	T-102				
	T-103				
	T-104				
	T-105				
	T-106				
C_b	T-107	4 350	04	550	132
	T-108				
C_a	T-109	7 950	06	550	198
	T-110				
	T-111				

5.4 Synthèse des résultats

Le positionnement des différents scénarios sur la grille de criticité nécessite :

- ✓ L'évaluation de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux étudiée précédemment ;
- ✓ L'évaluation de la gravité des conséquences potentielles prévisibles des phénomènes dangereux en fonction :
 - De l'intensité des phénomènes dangereux,
 - De la vulnérabilité des personnes potentiellement exposées à ces effets, en tenant compte, le cas échéant, des mesures constructives visant à protéger les personnes et de la possibilité de leur mise à l'abri.

(i) Échelle d'évaluation de la probabilité

L'indice de probabilité est estimé, soit à partir de l'accidentologie d'autres sites industriels d'activités similaires, soit à partir du retour d'expérience, soit à partir des probabilités de défaillance des mesures de prévention.

Cette cotation n'est donc pas quantitative dans le sens où elle n'est pas fondée sur une valeur exacte de probabilité, mais sur un ordre de grandeur de cette probabilité. Cet ordre de grandeur correspondant à celui du tableau suivant :

Tableau 1 : Échelle de probabilité

CLASSE DE PROBABILITE	APPRECIATION QUALITATIVE	APPRECIATION QUANTITATIVE (PAR UNITE ET PAR AN)	APPRECIATION SEMI-QUANTITATIVE
A	Événement courant : susceptible de se produire ou se produisant à plusieurs reprises pendant la durée de vie d'une installation.	$P > 10^{-2}$	5
B	Événement probable : peut se produire pendant la durée de vie d'une installation.	$10^{-3} < P \leq 10^{-2}$	4
C	Événement improbable : ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais a été observé de façon récurrente sur d'autres sites.	$10^{-4} < P \leq 10^{-3}$	3
D	Événement très improbable : ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais	$10^{-5} < P \leq 10^{-4}$	2

	quelques fois sur d'autres sites.		
E	Événement extrêmement improbable : n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années.	$P \leq 10^{-5}$	1

Source : Arrêté français du 29 septembre 2005

(ii) Échelle d'évaluation de la gravité

La gravité des conséquences de chaque phénomène dangereux du tableau de l'analyse des risques est également évaluée de manière semi-quantitative compte tenu des barrières de maîtrise des conséquences (mesures de détection et de protection) projetées dans l'installation. Le tableau suivant donne les critères de cotation de la gravité pour chacune de ces catégories :

Tableau 18 : Critères de gravité en fonction des catégories

	GRAVITE				
	1	2	3	4	5
Personnes présentes dans l'établissement	Pas d'effets létaux ou premiers effets irréversibles	Premiers effets létaux ou effets irréversibles peu étendus	Effets létaux ou irréversibles peu étendus	Effets létaux ou irréversibles étendus	Effets létaux ou irréversibles largement étendus
Personnes hors établissement					
Installations et équipements	Pas de dommages	Dommage matériel mineur réparable	Dommages irréparables limités aux équipements de l'établissement	Dommages affectant les unités adjacentes (effet domino possible)	Dommages étendus (en dehors des limites du site)
Environnement naturel	Pas d'impact significatif (Pollution négligeable)	Impact significatif et nécessitant des travaux de dépollution minimales ⁽¹⁾	Atteintes sévères à l'environnement (limitées au site) nécessitant des travaux importants de dépollution ⁽²⁾	Atteintes majeures à des zones vulnérables hors du site avec répercussions à l'échelle locale (nécessitent des travaux lourds de dépollution)	Atteintes catastrophiques dans une zone largement étendue hors du site ⁽³⁾

(1) Récupération dans une cuvette de rétention étanche.

(2) Récupération en bassin de contrôle.

(3) Effets irréversibles nécessitant des travaux lourds de dépollution.

Pour la catégorie des "Personnes hors établissement (riverains, ERP ou voies de circulation)" mais aussi pour les "personnes présentes dans l'établissement", le détail de chaque niveau de gravité est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines d'un accident

NIVEAU DE GRAVITE DES CONSEQUENCES		ZONE DELIMITEE PAR LE SEUIL DES EFFETS LETAUX SIGNIFICATIFS	ZONE DELIMITEE PAR LE SEUIL DES EFFETS LETAUX	ZONE DELIMITEE PAR LE SEUIL DES EFFETS IRRÉVERSIBLES SUR LA VIE HUMAINE
5	<i>Désastreux</i>	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
4	<i>Catastrophique</i>	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
3	<i>Important</i>	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
2	<i>Sérieux</i>	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
1	<i>Modéré</i>	Pas de zone de létalité hors de l'établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à une personne
<p><u>Personne exposée</u> : en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et la propagation de ses effets le permettent.</p>				

Source : Arrêté français du 29 septembre 2005

(iii) Grille de criticité

Prenant en considération la cinétique des différents phénomènes dangereux, la possibilité de mise à l'abri des personnes et les mesures de prévention, de limitation et de protection projetées dans le dépôt d'hydrocarbures liquides projeté, les différents scénarios retenus peuvent être classés comme indiqué dans la matrice suivante :

PROBABILITE (P)		Extrêmement rare	Rare	Peu probable	Probable	Fréquent
		1	2	3	4	5
Modéré	1	2 - 3 - 4				
Sérieux	2	1				
Important	3					
Catastrophique	4					
Désastreux	5					



Zone de risque moindre jugé acceptable dans les conditions de fonctionnement quotidien de l'établissement



Zone de risque faible jugé comme acceptable sous réserve d'avoir du personnel compétent et d'assurer sa formation et de mettre en place des procédures nécessaires



Zone de risque moyen pour lequel un système de management de la sécurité doit être bien mis en place et bien appliqué



Zone de risque inacceptable qui va nécessiter une étude détaillée de chacun des scénarios présents dans cette zone avec objectif de le rendre acceptable

Cette grille de criticité est un outil d'aide à la décision pour :

- ✓ La hiérarchisation des scénarios pouvant mener à un accident majeur ;
- ✓ La définition de mesures de réduction des risques à la source ;
- ✓ L'élaboration du Plan d'Opération Interne (POI).

6.0 CONCLUSION

On a commencé ce travail par la présentation du bureau d'études EAM : organisme d'accueil puis la Société Nationales des distributions des Pétroles (SNDP) : société cliente. Dans un deuxième on a exposé la problématique et les objectifs de ce projet.

On a défini la démarche à suivre qui commence par l'identification et caractérisation des potentiels de dangers qui nous a permis d'établir une Analyse Préliminaire des Risques(APR) et en fin une étude détaillée des risques les plus significatifs.

Pour la réalisation de cette analyse des risques HSE nous avons commencé par la présentation du dépôt objet de cette étude, puis l'identification des dangers ensuite une étude de l'accidentologie dans les établissements similaires, une analyse des risques liées aux produits stockés, liées équipements et conditions opératoires, liées aux éléments extérieurs et ceux liées aux conditions climatiques.

Ensuite on a procédé à la récapitulation des résultats et identification des accidents les plus probables, l'identification des accidents les plus pénalisants et l'estimation des conséquences de chaque accident et de ses effets possibles.

Enfin on a défini les mesures à prendre pour limiter les éventuelles conséquences on a commencé par les consignes générales d'exploitation puis les systèmes de contrôle et d'alarme au dépôt puis le système de défense contre l'incendie du dépôt, les installations fixes d'extinction au niveau des réservoirs du dépôt, réseau de solution moussante, les déversoirs de mousse et on a clôturé le travail par une synthèse des résultats.

Le management des risques HSE dans un dépôt pétrolier est primordial car l'activité de stockage des hydrocarbures est une activité a risques et les conséquences directes peuvent être très graves : pour les personnes il y a un risque de décès et pour les installations il y a un risque de dommages irréparables. Les conséquences peuvent être encore plus graves si la subvention aux besoins nationaux en hydrocarbures est affectée ce qui nous amène à proposer la certification du cite selon le référentiel MASE.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

APSAD, 2010. Règle d'organisation APSAD R8 - Surveillance des risques opérationnels d'une entreprise, 2010.

APSAD, 2007. Règle d'installation APSAD R7 - Détection automatique d'incendie, 2007.

CNPP., 2010. Centre National de Prévention et de Protection. Protection contre l'incendie – Tome 1 : Moyens de détection et d'extinction, édition août 2010.

CNPP., 2008. Centre National de Prévention et de Protection. Traité Pratique de sécurité Incendie - 10^{ème} édition 2008.

CNPP., 2007. Centre National de Prévention et de Protection. Techniques et technologies de sécurité - Détection et systèmes de sécurité incendie, édition décembre 2007.

DUNOD, 2006. Risques et accidents industriels majeurs - Caractéristiques, réglementation et prévention.

INERIS, 2003. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques - Direction des Risques Accidentels. Eléments importants pour la sécurité (EIPS) - Ω6.

INERIS, 2005. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques - Direction des Risques Accidentels. Evaluation des barrières techniques de sécurité - Ω10.

INERIS, 2006. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques - Direction des Risques Accidentels. Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité-Ω20.

MEDD, 2004. Guide technique relatif aux valeurs de référence de seuils d'effets des phénomènes accidentels des installations classées, octobre 2004.

NFPA 14, 2007. Norme relative à l'installation des systèmes de canalisations d'incendie et de lances à incendie - Edition 2007.

NFPA 20, 2007. Norme relative à l'installation de pompes fixes contre l'incendie - Edition 2007.

NFPA 25, 2008. Norme relative au contrôle, à l'essai et à la maintenance des systèmes de protection contre l'incendie à base d'eau - Edition 2008.

NFPA 30, 2008. Code pour les liquides inflammables et combustibles - Edition 2008.

Techniques de l'ingénieur, 2002. Sécurité et gestion des risques - Analyse préliminaire des risques, octobre 2002.