République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : BOUCHERIT Abdelmalek

BENRAYA Aissa

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie des procédés

OPTION : Génie des procédés de l'environnement

Thème

Évaluation de l'efficacité des simulations de gestion de crise et d'urgence dans l'industrie de SONATRACH : Étude des pratiques et amélioration continue

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
HASSANI Mouaadh		Président
HELLAS Mohamed Seddik		Examinateur
ZERROUKI Hamza		Rapporteur

Promotion : 2025/2026

DÉDICACES

Je dédie ce mémoire

À mes chers parents pour tous les sacrifices consentis, pour

Leurs soutiens durant toutes mes années d'études,

Et en général à toutes les familles et que à

tous mes amis

BOUUCHRIT Abdelmalek

Je dédie ce mémoire

À mes chers parents pour tous les sacrifices consentis, pour leur soutien durant toutes mes années d'études, à mon frère et en général à toute la famille et à tous mes amis,

BENRAYA Aissa

REMERCIEMENTS

Nous remercions Allah qui nous a donné force et volonté. Pour finir cette thèse de maîtrise.

Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre gratitude au directeur de notre mémorandum, Monsieur Zerrouki, pour la confiance, l'encouragement et les précieux conseils qu'il nous a donnés.

Nous exprimons également notre profonde gratitude au Président du jury Dr HASSANI Mouaadh pour l'honneur qu'il nous fait en présidant l'évaluation de ce mémoire, ainsi qu'à l'Examinateur Dr HELLAS Mohamed Seddik pour le temps consacré à l'étude de notre travail et pour ses remarques constructives qui contribueront à son amélioration.

Merci beaucoup aussi à tous nos enseignants, de l'école primaire à l'université, sans oublier les directeurs des unités MPP4, responsables du suivi de notre stage.

J'aimerais également remercier mes collègues, mes amis et tous ceux qui nous ont bientôt aidés.

Bien sûr, nous remercions nos parents de nous avoir encouragés pendant toutes ces années d'études.

Table des matières

Liste des figures **6**

Liste des tableaux **6**

Introduction Générale **7**

Chapitre 1 : Cadre théorique : Gestion des crises et simulation dans l'industrie gazière **8**

Introduction 8

1. Industrie gazière et risques majeurs 8

1.1. Processus de traitement du gaz 8

1.2. Risques spécifiques 9

2. Gestion des crises industrielles 10

2.1 Définitions 10

2.2 Cycle de gestion des crises :(prévention, préparation, réponse, récupération, …) 11

3.Organisation des plans d'urgence industriels 12

3.1 Le plan d'urgence du site 12

3.2. Le plan d'urgence hors site 12

3.3. Le plan de management des crises 12

4. Structure organisationnelle de l'ICS 13

5.Simulation et exercices de gestion de crise 17

6.Méthodes d'analyse des performances en gestion de crise 18

7.Approche amélioration continue 20

8. Standards et bonnes pratiques internationales 21

8.1. ISO 22320 (gestion des urgences) 21

8.2 Safety management systems 22

9.Conclusion 24

Chapitre 2 : Étude pratique : Analyse des simulations de gestion de crise chez Sonatrach **26**

Introduction 26

1.Présentation du site étudié 26

2.Description de l'unité de traitement du gaz 27

3. Organisation sécurité 27

4.Procédures de gestion de crise 28

4.1. Définition et objectifs 28

4.2. Les grandes phases de la procédure de gestion des crises 28

4.3. Organigramme de crise 28

4.4. Stratégie de réponse à l'urgence 29

4.5. Plan de communication de crise (messages types, canaux, responsables de communication) 29

4.6. Procédure d'alerte des services publics de secours 29
5.Méthodologie d'analyse 30
5.1. Collecte des rapports de simulation 30
5.2. Méthode d'évaluation des exercices de simulation 31
5.3 Critères d'analyse et de classification des exercices de simulation 33
6. Analyse des rapports existants 36
6.1. Type de scénario simulés 36
6.2. Regroupement de scénarios 37
6.3 Organisation de la réponse 40
6.4 Coordination des équipes 41
7. Identifications des points forts 42
7.1 Efficacité organisationnelle 42
7.2 Communication 42
7.3 Moyen technique 43
7.4 Formation 43
8. Identification des points faibles 44
8.1 Lacunes organisationnels 44
8.2 Insuffisances technique 44
8.3 Formation insuffisante 44
9. Propositions d'amélioration 44
9.1 Amélioration des scenarios 44
9.2 Nouveaux indicateurs de performance 45
9.3 Recommandation organisationnelles 45
9.4 Amélioration futures simulation 45
Conclusion générale 46
Références 47
ANNEXE ..... Erreur ! Signet non défini.

Liste des figures

Figure 1 Hexagone de l'explosion. 9
Figure 2 Different type des risques chimique. 10
Figure 3 schema d'alerte. 13
Figure 4 Vue de la structure des communications et de commandement du système de gestion des urgences et des crises (ICS) de Sonatrach. 14
Figure 5 La chaîne de commandement. 15
Figure 6 Champ des opérations. 16
Figure 7 Approche d'amélioration contenue en gestion de crise. 21
Figure 8 Zone industrielle Hassi R'mel. 26
Figure 9 Organisation de direction HSE à Hassi R'Mel. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 10 Organigramme de crise à SONATRACH. 28
Figure 11 Exemple 1 de plan de communication de crise. 29
Figure 12 Exemple 2 de plan de communication de crise. 30
Figure 13 Exemple 2 de plan de communication de crise. ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des tableaux

Tableau 1 classification avec un note sur 5. 35
Tableau 2 Niveau de classification. 36
Tableau 3 Scenarios Simulés. 37
Tableau 4 Regroupement de scenarios. 38
Tableau 5 Matrice sur base ans. 39
Tableau 6 organisation de la réponse. 40
Tableau 7 Coordination des équipes. 41
Tableau 8 Exemple de calcul sur communication. 44

Introduction Générale

Dans le monde industriel actuel, le pétrole et le gaz naturel occupent une place essentielle parmi les sources d'énergies, l'exploitation, le traitement et le stockage des hydrocarbures engendre des problèmes techniques difficile et par conséquent des dangers multiples et grave sur l'homme et le matériels tel que : l'incendie, l'explosion, les accidents de travail et les maladies professionnelles, l'expérience nous montre des accidents technologiques majeurs faisant des victimes et causant d'importants dégâts matériels.

Dans ce contexte, les réglementations et les normes internationales sont de plus en plus rigoureuses et exigent aux chefs d'entreprise de mener des études de danger et d'impact et d'analyse des systèmes de management de santé, sécurité et environnement, une analyse et un contrôle continu pour une efficacité irréprochable.

Actuellement, le monde industriel est devenu plus sensible à la maitrise des accidents majeurs à cause des conséquences graves et même catastrophiques. Pour cela, des efforts considérables sont fournis en matière de gestion des risques afin de prévenir ces accidents.

Problématique

- Est-ce que notre système de gestion des situations d'urgence et des crises est conforme aux exigences du référentiel ?
- D'après plusieurs catastrophes simulées dans notre région, on a constaté des insuffisances dans le système de gestion des crises comme le taux de réponse, ce paramétré en considéré primordiale dans des barrières de sécurité.
- Notre étude est consacrée à ce point (efficacité du Système de gestion des crises ICS) au niveau de la MPP0 – Hassi R'mel.
- Notre étude est consacrée à la question : Est-ce que notre système de gestion des situations d'urgence et des crises est efficace et conforme aux exigences du référentiel ICS de la société de SONATRACH ?

Objectif de mémoire

Notre but dans ce mémoire est d'étudier le système de gestion des situations d'urgence et des crises ; le 9e élément du système de management de la sécurité de SONATRACH (HSE-MS) et l'évaluation de l'efficacité des simulations de gestion de crise et d'urgence dans l'industrie gazière au niveau de la Division de Production SONATRACH Hassi R'mel, cas de Module Processing Plant 0.

Chapitre 1 : Cadre théorique : Gestion des crises et simulation dans l'industrie gazière

Introduction

Le sud algérien est très riche en hydrocarbures où il y a présence d'une large gamme de produits relatifs aux gisements de pétrole et gaz. Pour la séparation de ces produits de leurs dérivés, notre pays a investi des sommes colossales en vue de la nécessité d'installer ces grands complexes de traitement qui sont composées d'équipements stratégiques qui se distinguent par :

- Équipements statiques tels que : Aéroréfrigérants, Échangeurs, filtres, séparateurs, Vannes, Soupapes de sécurité, Bacs de stockage, fours, sécheurs, etc.
- Machines tournantes tels que : Pompes, Compresseurs, Moteurs, Turbines, Turbo-expander, etc.

Ce chapitre est consacré à la présentation des principaux risques présents au sein du complexe Sonatrach de Hassi R'Mel. Il traite également des concepts fondamentaux de la gestion de crise, de l'organisation des plans d'urgence industriels, ainsi que des simulations et exercices de préparation aux situations d'urgence. Enfin, les différentes méthodes d'analyse et d'évaluation des performances en gestion de crise sont présentées afin de fournir un cadre méthodologique pour l'étude réalisée.

1. Industrie gazière et risques majeurs

1.1. Processus de traitement du gaz

Le traitement du gaz naturel est l'ensemble des opérations appliquées au gaz brut extrait du gisement afin de le rendre utilisable. Les différents traitements sont effectués :

- En surface, dès la sortie du gaz brut du gisement,
- Dans une usine de traitement de gaz naturel,
- Dans les terminaux méthaniers,
- À la sortie des stockages souterrains.

Le gaz naturel subit une épuration préalable pour être débarrassé des composants acides (gaz acides H2S toxique et corrosif et CO2 corrosif) éliminés le plus souvent par absorption avec une solution d'amine : DEA, MEA etc. : l'azote et l'hélium. L'hélium est commercialisé s'il est présent en quantité suffisante, composés toxiques,

Une déshydratation par absorption avec le TEG (triéthylène glycol) est effectuée pouréviter la formation des hydrates et les bouchons de glace, Notons que dans cette opération le solvant est régénéré dans un circuit fermé.

Les différents composants du gaz naturel sont ensuite séparés. Ainsi on distingue :

- Le méthane et l'éthane représentent les produits majoritaires extraits du gaz naturel, appelés gaz de vente,
- Les hydrocarbures C3 à C4 (propane, butane) sont vendus sous le nom de GPL (gaz de pétrole liquéfié),
- Le condensât C5+.

1.2. Risques spécifiques

Risque d'explosion :

D'après la définition, issue de la norme française (NF EN 1127-1) : une explosion est une « Réaction brusque d'oxydation ou de décomposition entraînant une élévation de la température, de pression ou les deux simultanément ». Les conditions présentées dans la figure ci-dessous, doivent être réunies simultanément pour qu'une explosion soit possible :

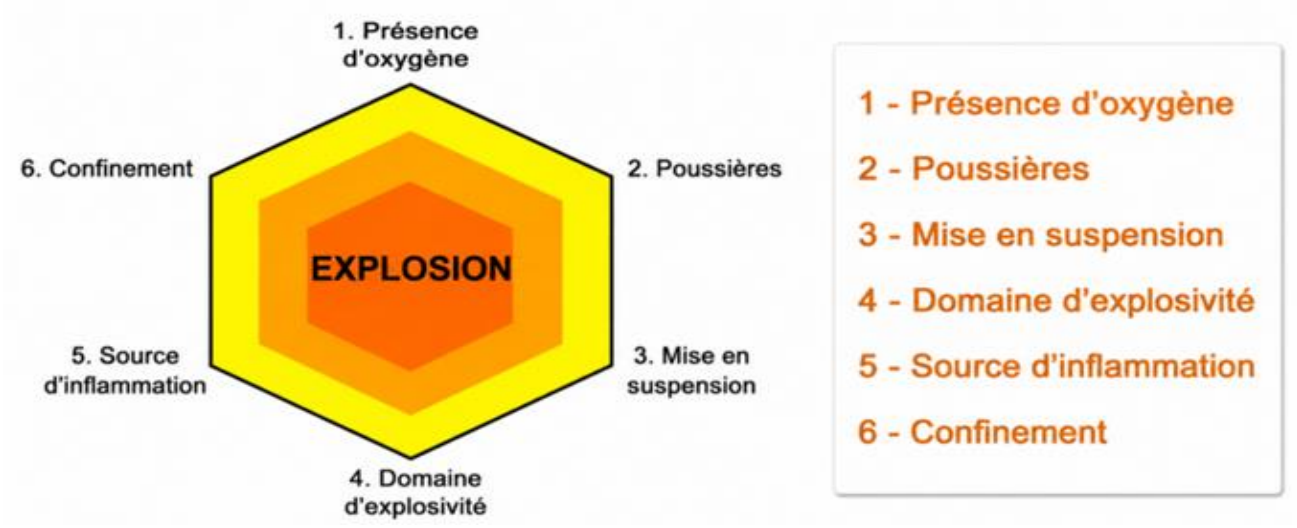


Figure 1 Hexagone de l'explosion.

Risque d'incendie :

Un incendie est une combustion qui se développe de manière incontrôlée, en dégageant de fortes quantités de chaleur, des fumées et des gaz polluants et même toxiques. Une combustion est une réaction chimique d'oxydation nécessitant la présence d'un combustible, d'un

comburant (généralement l'oxygène de l'air) et d'une source d'énergie pour débuter la réaction L'équation générale est Source d'ignition :

Combustible + comburant ----------> gaz + fumée (résidus) + lumière + chaleur.

Le risque de toxicité :

Correspond à la probabilité qu'une exposition à une substance chimique ou toxique entraîne des effets néfastes sur la santé humaine ou l'environnement.

Le risque toxicologique évalue les effets potentiels des substances chimiques (figure 2) sur la santé humaine, en tenant compte de la nature de la substance, de la dose, de la durée et de la fréquence d'exposition On distingue principalement :

- Toxicité aiguë : effets immédiats ou sur une courte période après une exposition unique ou brève, pouvant provoquer brûlures, irritation, convulsions, coma ou arrêt respiratoire.
- Toxicité chronique : effets à long terme, souvent liés à une exposition répétée ou prolongée à faibles doses, pouvant entraîner cancer, troubles neurologiques, insuffisance rénale, troubles de la fertilité ou maladies respiratoires.

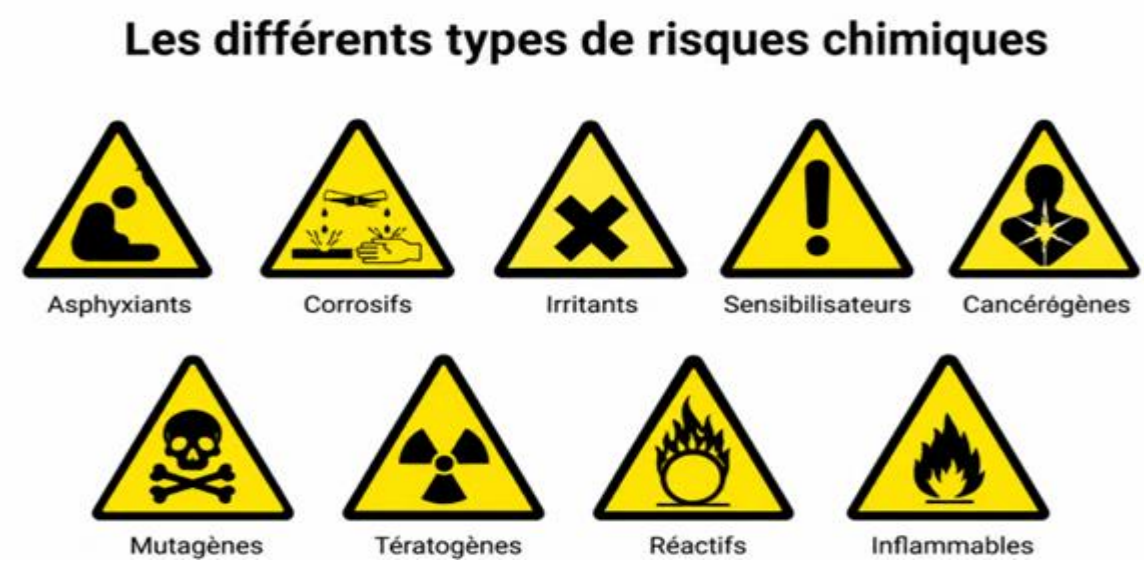


Figure 2 Different type des risques chimique.

2. Gestion des crises industrielles

2.1 Définitions

Incident : Un incident se définit comme « toute situation où il y a préjudice envers les personnes, l'environnement, l'installation et les équipements ».

Urgence : Une urgence se définit comme « toute situation ayant le potentiel de porter préjudice aux personnes, à l'environnement ou aux équipements, et pouvant nécessiter l'évacuation des installations ou des sites avoisinants. »

Crise : Une crise se définit comme « toute situation ayant le potentiel d'avoir un impact sur la réputation et les capacités professionnelles de SONATRACH. »

Évacuation : Le départ et l'orientation contrôlés des personnes de leurs lieux de travail vers un point de rassemblement prédéfini en sécurité, ou le départ contrôlé des personnes de zones à proximité des sites vers des zones de rassemblement définies.

Fuite des personnes : Le départ non contrôlé des personnes de leur lieu de travail vers un endroit qu'on croit plus sûr.

Sauvetage : L'action de soustraire une (ou des) personne(s) piégée(s) par le feu, les débris, ou tout autre danger, du lieu où ils se trouvent vers un lieu de sécurité.

Personne non essentielle : Les personnes n'ayant pas de rôle défini dans le plan de réponse à l'urgence ou de gestion des crises.

Personne essentielle : Les personnes ayant un rôle défini dans le plan de réponse à l'urgence ou de gestion des crises.

Site : Lieu géographique délimité juridiquement et administrativement abritant les activités industrielles, commerciales, administratives et hébergements. Tels que : Siège Administratif ; Unité industrielle ; Base de vie ; Champs pétrolier ou gazier ; Station de compression ou de pompage ; Raffinerie ; Stockage…Les canalisations sont considérées comme le prolongement d'un site

Alarme : Appareil, dispositif ou tout autre moyen utilisé, destiné à prévenir un danger, ou signaler la survenance d'un danger.

Alerte : appel ou signal qui prévient de la menace ou de la survenance d'un danger.

2.2 Cycle de gestion des crises :(prévention, préparation, réponse, récupération, …)

Dans le cycle de la gestion de crise, la dénomination sur les 4 phases de la gestion de crise n'est pas figée, mais elle reflète notre conviction : une crise bien gérée est une crise anticipée, contenue, et surtout, source d'évolution pour l'organisation.

Prévention :

La prévention est la première ligne de défense. Elle vise à détecter en amont les signaux faibles qui peuvent annoncer une crise. Cela suppose une écoute attentive du terrain, une culture de remontée des informations, et un suivi régulier des zones de tension.

3.Organisation des plans d'urgence industriels

3.1 Le plan d'urgence du site

Chaque site du Groupe SONATRACH doit établir un Plan Interne d'Intervention (PII).Ce dernier doit être rédigé conformément aux dispositions transcrites dans le standard « du Plan Interne d'Intervention » du référentiel ICS du Groupe SONATRACH. Le PII doit être validé par l'autorité locale compétente conformément au décret n° 09-335 du 20 octobre 2009 relatif aux modalités d'élaboration et de mise en œuvre des plans internes d'intervention par les exploitants des installations industrielles.

3.2. Le plan d'urgence hors site

Chaque pôle du Groupe SONATRACH doit établir un Plan d'Aide Mutuelle (PAM) conformément aux dispositions transcrites dans le standard « Plan d'Aide Mutuelle » du Référentiel Système de Gestion des Urgences et des crises du Groupe SONATRACH. La gestion du PAM est assurée par le Poste de Commandement Tactique (PCT) de chaque pôle. Chaque site doit définir dans son PII un plan d'interface avec le Plan d'Assistance Mutuelle et le Plan d'urgences régional ORSEC.

3.3. Le plan de management des crises

La Direction Générale du Groupe SONATRACH doit disposer d'un Plan de Gestion des Crises (PGC) selon le standard du référentiel ICS du Groupe SONATRACH. La Direction centrale HSE du Groupe SONATRACH doit établir en collaboration avec les Activités et Filiales du Groupe Sonatrach le Plan de Gestion des Crises (PGC). Le PGC doit comprendre au minimum :

- L'équipe de gestion de crises et les moyens de sa mobilisation,
- Les rôles, responsabilités et fonctionnement
- Les interfaces avec le poste de commandement tactique (PCT) et le poste de commandement opérationnel (PCO),
- Les équipements nécessaires,
- Les formations, tests et exercices de mise en œuvre du PGC.

Afin de garantir l'efficacité de ce dispositif, un audit annuel du PGC doit être réalisé.

Figure 3 présente l'organisation générale de la gestion d'une situation d'urgence au niveau du complexe Sonatrach DP Hassi R'Mel Centre. Elle décrit de manière chronologique les différentes étapes allant de la détection d'un événement dangereux jusqu'à la clôture de l'incident, tout en précisant les niveaux de mobilisation des structures d'intervention et de commandement.

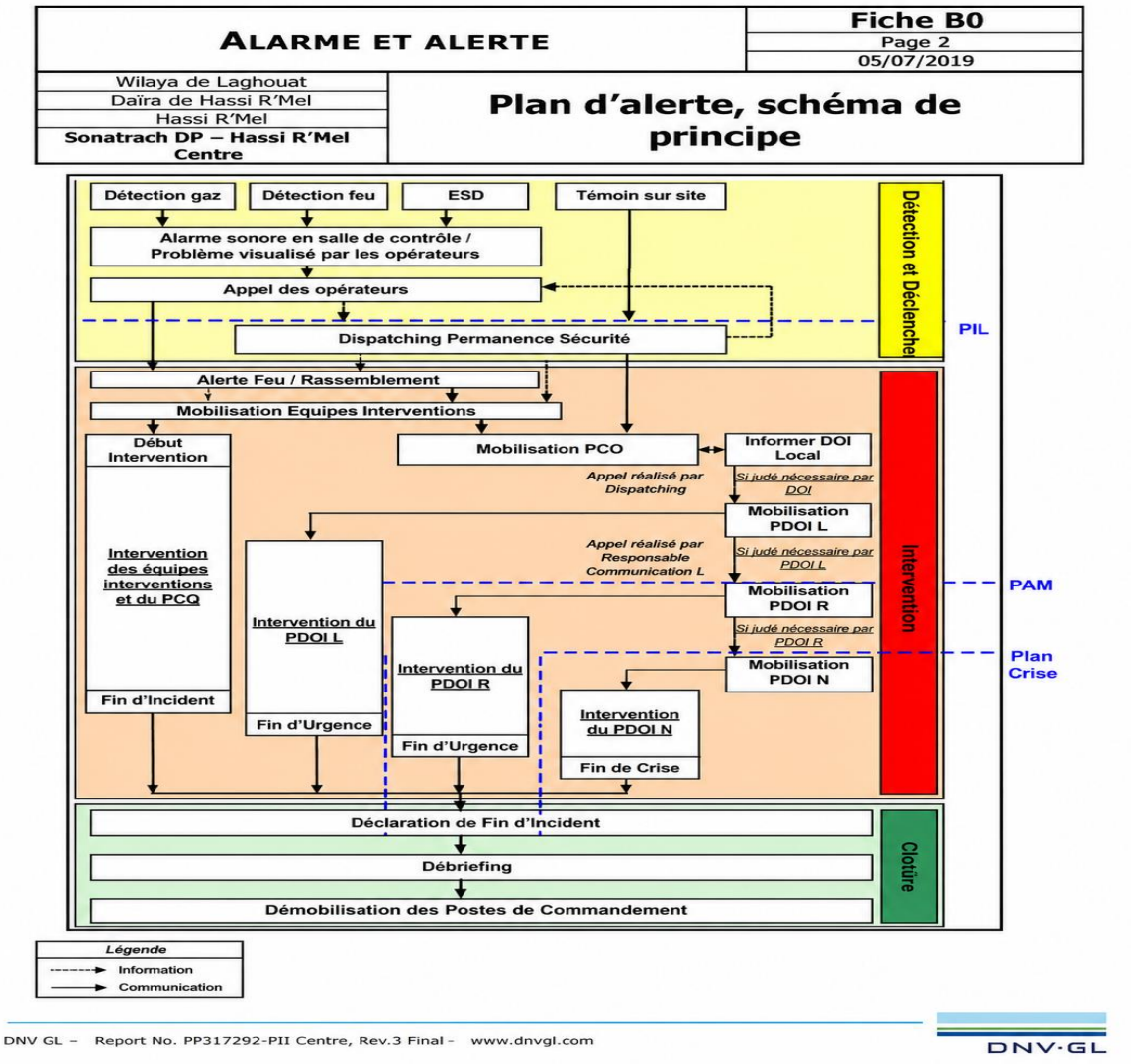


Figure 3schema d'alerte.

4. Structure organisationnelle de l'ICS

Au niveau de la MPP0, le système ICS est structuré en 3 niveaux essentiels comme l'illustre le tableau suivant :

Table 1 les niveaux des ICS.

Niveau	Poste	Rôle principal
Niveau 1	PCO (Poste de Commandement Opérationnel)	Gestion directe sur site
Niveau 2	PCT (Poste de Commandement Tactique)	Coordination régionale
Niveau 3	PCS (Poste de Commandement Stratégique)	Décision stratégique nationale

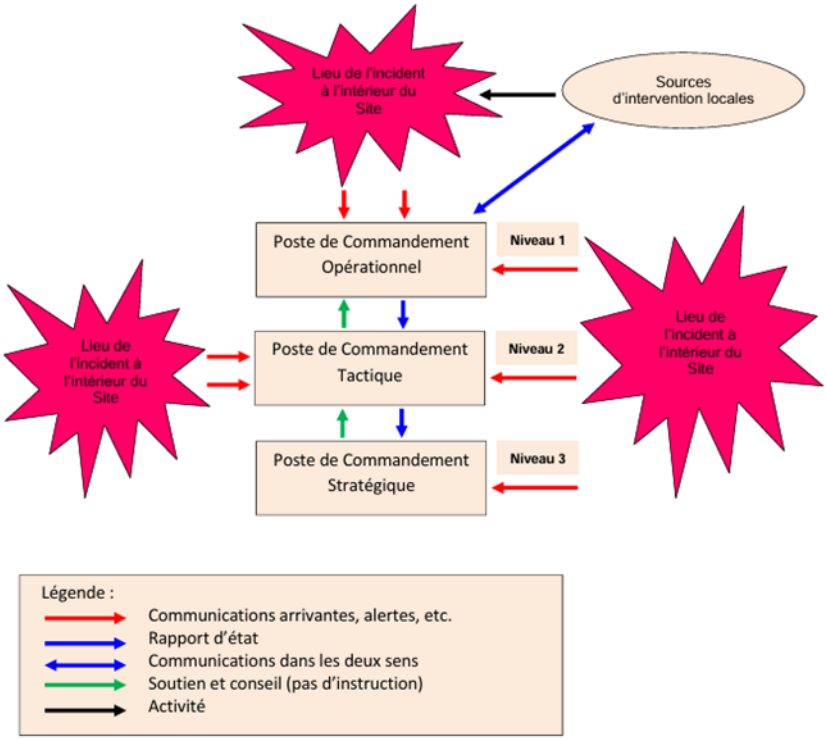


Figure 4 Vue de la structure des communications et de commandement du système de gestion des urgences et des crises (ICS) de Sonatrach.

La figure 4 et le Tableau 1 présenté : Les niveaux des ICS

Les 3 niveaux du système de gestion des crises (ICS).

Explication des niveaux :

- Niveau 1 : PCO (Poste de Commandement Opérationnel)

Sur le terrain (près de l'incident)

Rôle : Gestion directe de l'intervention C'est le niveau le plus proche de l'action.

- Niveau 2 : PCT (Poste de Commandement Tactique)

Niveau intermédiaire

Rôle : Coordination des moyens à l'échelle régionale Il organise et soutient les équipes sur le terrain.

Niveau 3 : PCS (Poste de Commandement Stratégique)

Niveau supérieur (direction)

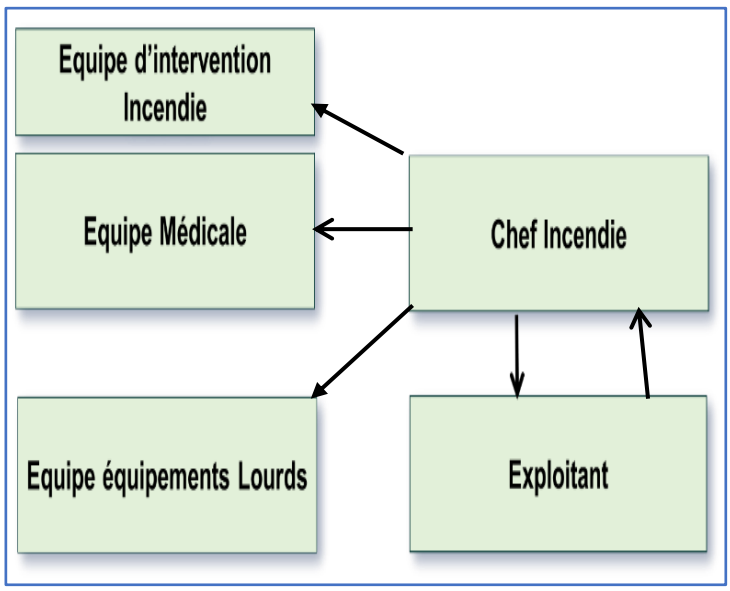
Rôle : Prise de décisions stratégiques nationales Il définit les grandes orientations.

Les missions de chaque poste sont les suivantes :

Table 2 Les missions de chaque poste de commandement.

Poste de commandement des crises et des situations d'urgence	Mission
Poste de direction des opérations interneslocales (**PDOI$_L$**). Au niveau du site.	- Assurer la sécurité du personnel. - Confiner l'incident. - Protéger l'environnement.
Poste de direction des opérations internesrégionales (**PDOI$_R$**). Au niveau région ou zone.	- Apporter le soutien opérationnel au poste de commandement opérationnel du site. - Réduire l'impact de l'incident au niveau régional/zonal. - Maintenir la liaison avec d'autres sites à proximité de l'incident.
Poste de direction des opérations internesnationales (**PDOI$_N$**). Siège de la direction générale.	- Gérer d'une manière globale l'incident. - Assurer la communication avec les parties prenantes concernées (interne et externe à SONATRACH). - Veuillez à la poursuite de la gestion des activités pendant la période de perturbation.

La chaîne de commandement :



-La figure 5 montre la chaîne de commandement lors d'une intervention d'urgence (incendie).

- Le Chef Incendie dirige et coordonne les équipes : intervention incendie, équipe médicale et équipements lourds. Il assure aussi une communication avec l'Exploitant pour une gestion efficace de l'incident.

Figure 5 La chaîne de commandement.

Le champ des opérations :

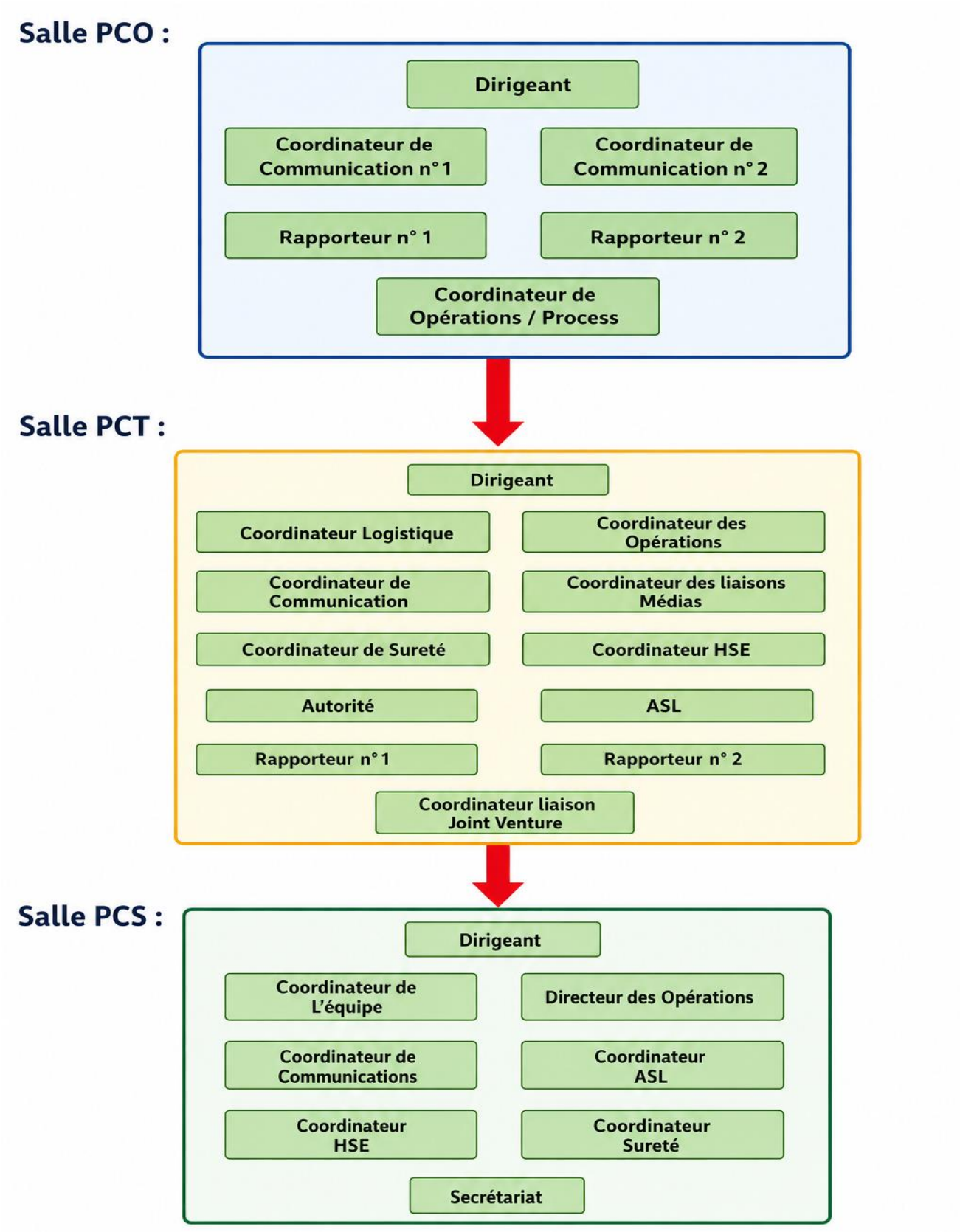


Figure 6 Champ des opérations.

5.Simulation et exercices de gestion de crise

5.1. Typesde simulation

5.1.1. Tabletop exercice (exercice de table)

Un tabletop exercice est une réunion de travail où les équipes ne discutent pas-à-pas un scénario d'incident (fuite, incendie, panne, cyberattaque, etc.) sans interventions physiques réelles, afin de tester les procédures, les rôles et les communications.

Exemple en industrie gazière :

Une équipe de sûreté d'un terminal de liquéfaction de gaz naturel (GNL) organise un exercice de table pour simuler un défaut de détection de fuite de gaz sur une ligne de transport. Chaque responsable (sécurité, opérations, maintenance, gestion de crise) explique ce qu'il ferait, quelles procédures il déclencherait et comment il coordonnerait avec les autres services.

5.1.2. Simulation terrain (ou simulation opérationnelle)

La simulation terrain consiste à reproduire un scénario d'incident réel (incendie, fuite de gaz, arrêt d'urgence, etc.) sur le site ou en vraie grandeur, avec des équipes qui interviennent comme en situation réelle, mais sans danger réel (souvent avec des gaz inertes ou des effets de fumée simulés).

Exemple en industrie gazière :

Sur un complexe de traitement de gaz (amine, déshydratation, compression), les équipes organisent une simulation de terrain pour un défaut de blocage de ligne favorisant une surpression suivie d'une fuite de gaz inflammable. Les services de sécurité, pompiers internes et opérateurs mettent en œuvre l'arrêt d'urgence, l'évacuation partielle du site, la mise en sécurité des équipements et la communication avec les autorités locales.

5.1.3. Simulation numérique (simulation de procédé / réseau)

La simulation numérique est la reproduction d'un système (procédé, réseau, installation) par un modèle mathématique implémenté sur ordinateur, permettant de tester des conditions opératoires, des scénarios de panne ou de demandes sans toucher à l'installation réelle.

Exemple en industrie gazière :

Utilisation d'un logiciel de simulation de procédés (type HYSYS ou ProSimPlus) pour simuler la liquéfaction d'un gaz naturel (LNG) et étudier l'impact d'une baisse de pression ou d'une variation de composition du gaz sur le rendement et la sécurité de l'unité.

Simulation numérique d'un réseau de transport de gaz naturel pour analyser le comportement en régime stationnaire ou transitoire en cas de coupure ou de fuite sur une ligne, afin d'optimiser les réglages des vannes et compresseurs.

5.2. Objectifs des simulations

-Tester la réactivité des équipes : vérifier si les consignes sont appliquées rapidement.

- Améliorer la coordination interservices : par exemple, entre pompiers, sécurité interne et direction.

- Identifier les failles dans les plans : repérer qu'un plan d'évacuation n'est pas adapté à certaines zones.

- Renforcer la culture de sécurité : habituer le personnel à réagir sans panique.

5.3. Indicateurs d'évaluation des exercices

- Temps de réaction : combien de minutes pour déclencher l'alarme et mobiliser les secours.

- Qualité des décisions : pertinence des choix faits par le comité de crise.

- Communication : clarté et rapidité des messages transmis aux équipes.

- Respect des procédures : degré d'application des protocoles établis.

- Retour d'expérience (REX) : analyse des points forts et des points faibles après l'exercice.

6.Méthodes d'analyse des performances en gestion de crise

6.1. Retour d'expérience (REX)

Le retour d'expérience consiste en l'analyse des faits passés et de leur contexte pour réutiliser la connaissance qui en découle.

Le retour d'expérience est une démarche structurée de capitalisation et d'exploitation des connaissances issues de l'analyse d'événements réels ou fictifs (cas réels comme l'accident de Explosion de Skikda (2004), l'incendie dans les bacs de MPP1 (2013) et l'incendie du bac T3006 de MPP0, …) et aussi les exercices de simulation (PII, ORSEC, …) ayant des effets positifs ou négatifs dans le but de réduire les répétitions d'erreurs et à favoriser certaines pratiques performantes ».

6.2. Analyse organisationnelle

Le développement, le maintien et l'amélioration de l'organisation interne de l'entreprise constituent un élément fondamental du pilier « apprendre de son expérience ». Cet élément met en évidence l'importance d'une structure organisationnelle efficace permettant aux sites industriels d'optimiser la gestion des situations de crise.

Un aspect essentiel de l'amélioration des performances en matière de santé, sécurité et environnement repose sur l'efficacité de l'organisation mise en place, notamment en termes de répartition des rôles, de clarté des responsabilités et de fluidité des processus décisionnels.

C'est pourquoi les sites d'industriels doivent s'assurer que l'organisation en situation de crise est clairement définie, que les responsabilités sont bien attribuées et que les mécanismes de coordination sont opérationnels. Il est également nécessaire de garantir une communication efficace entre les différents niveaux hiérarchiques afin d'assurer une prise de décision rapide et adaptée.

Pour ce faire, les sites doivent mettre en place une structure organisationnelle cohérente, assurer une bonne circulation de l'information, et renforcer la coordination entre les différents services impliqués dans la gestion des incidents.

De plus, les sites doivent régulièrement évaluer l'efficacité de leur organisation, identifier les dysfonctionnements, analyser les interactions entre les équipes et suivre les indicateurs de performance organisationnelle afin d'améliorer continuellement leur capacité de réponse face aux situations critiques.

6.3. Culture de sécurité

C'est la manière dont une organisation place la sécurité au cœur de ses pratiques quotidiennes.

Pointsessentiels :

- **Valeurs partagées :** tout le monde considère la sécurité aussi importante que la production ou le profit.
- **Rôle de la direction :** les responsables montrent l'exemple et prennent des décisions en tenant compte de la sécurité avant tout.
- **Participation des employés :** les travailleurs contribuent à identifier les risques et proposer des solutions, pas seulement à exécuter des ordres.

- **Apprentissage continu :** chaque incident ou crise est une leçon pour améliorer les procédures.
- **Facteur humain :** les erreurs sont analysées pour comprendre et améliorer le système, pas uniquement pour sanctionner.

Exemple simple

- Si un petit accident survient dans une usine, on ne dit pas seulement « c'est lafaute d'un employé », mais on cherche :
- Les consignes étaient-elles claires ?
- Les équipements adaptés ?
- La formation suffisante ?
- Objectif : éviter la répétition et renforcer le système global.

7.Approche amélioration continue

L'amélioration continue est une méthode qui vise à perfectionner en permanence les pratiques de sécurité et de gestion des crises. Elle repose sur un cycle dynamique où chaque expérience sert à renforcer la préparation et la résilience de l'organisation.

Points clés :

1. Observation et retour d'expérience (REX)

- Après chaque incident ou exercice, analyser ce qui a bien fonctionné et ce qui doit être corrigé.
- Documenter les leçons apprises pour éviter la répétition des erreurs.

2. Analyse et évaluation régulière
   - Vérifier périodiquement l'efficacité des procédures de sécurité.
   - Identifier les failles organisationnelles ou techniques.
3. Mise en œuvre des améliorations
   - Adapter les plans de crise et les protocoles selon les résultats des évaluations.
   - Introduire de nouvelles pratiques, outils ou formations.
4. Formation et sensibilisation continue
   - Organiser des sessions régulières pour maintenir la vigilance.
   - Intégrer les nouvelles menaces (cyber, environnementales, industrielles).
5. Boucle de progression
   - Chaque cycle de crise ou d'exercice alimente le suivant.

- L'organisation devient plus robuste et réactive au fil du temps.

- Exemple simple :

- Incident mineur : panne d'un système d'alarme.

- Analyse : pourquoi l'alarme n'a pas fonctionné ? (Maintenance, défaut technique, manque de test).

- Amélioration : renforcer la maintenance préventive et ajouter un test mensuel obligatoire.

- Résultat : réduction du risque de défaillance lors d'une vraie crise.

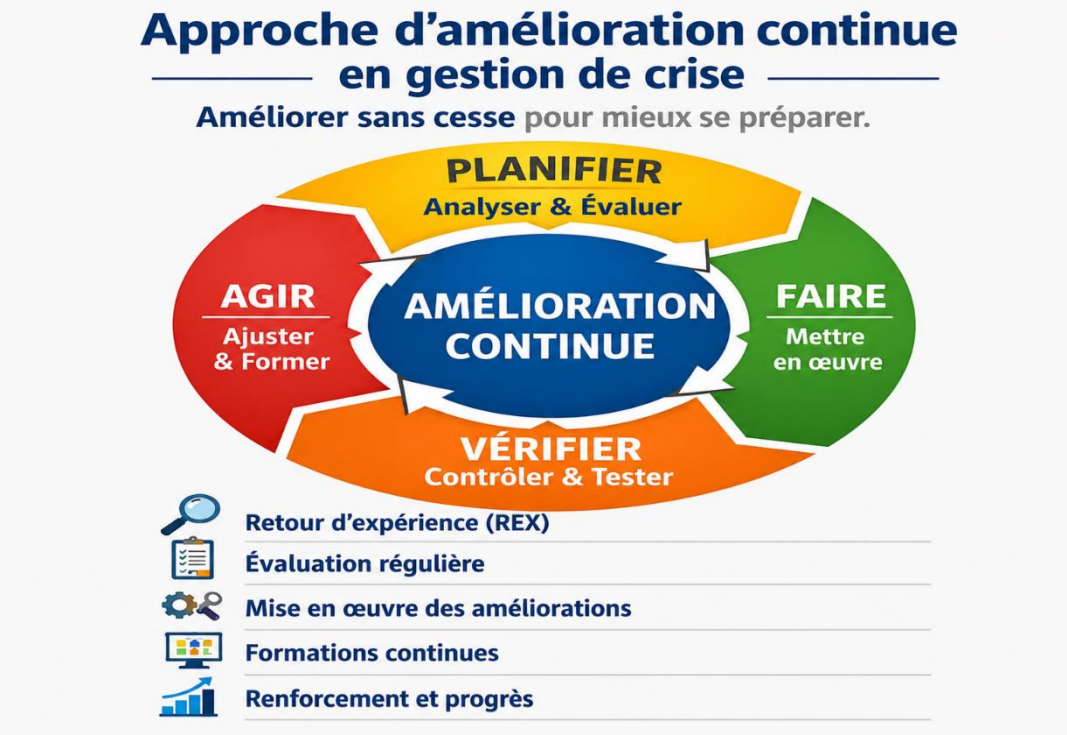


Figure 7Approche d'amélioration contenue en gestion de crise.

8. Standards et bonnes pratiques internationales

8.1. ISO 22320 (gestion des urgences)

De nombreuses catastrophes, des attentats terroristes et d'autres incidents majeurs survenus ces dernières années ont révélé l'importance des opérations de secours efficaces dans l'optique de sauver des vies humaines, de réduire les préjudices et autres dommages, et d'assurer un niveau de minimum de continuité des fonctions essentielles.

La Norme ISO 22320 publiée par l'ISO en 2018, confirmée en 2024 spécifie des exigences minimales pour une réponse opérationnelle efficace, et fournit les bases requises pour le commandement et le suivi des opérations, pour les renseignements opérationnels, pour la coordination et pour la coopération au sein d'un organisme impliqué dans la réponse

opérationnelle. Elle traite des structures et procédures organisationnelles de commandement et de suivi des opérations, de l'aide à la décision, de la traçabilité, de la gestion des informations et de l'interopérabilité. La présente Norme internationale établit des exigences concernant les informations relatives à la réponse opérationnelle qui spécifient des processus, des systèmes de travail et des processus de saisie et de gestion des données, afin de produire des informations pertinentes et précises. Elle vient à l'appui du processus de commandement et de suivi des opérations, ainsi que de coordination et de coopération, interne à l'organisme et externe avec d'autres parties concernées, et spécifie des exigences pour la coordination et la coopération entre les organismes.

Cette norme internationale s'applique par ailleurs à tout organisme (privé, public, gouvernemental ou à but non lucratif) engagé dans la préparation ou la réaction à des incidents au niveau international, national, régional ou local, y compris des organismes concernés par les types d'activités suivants :

a) prise en charge des, et participation aux, opérations de prévention et de résilience des incidents ;

b) prestation de recommandations et d'orientations en matière d'opération de secours ;

c) élaboration de réglementations et de plans de commandement et de suivi des opérations ;

d) développement d'une coordination et d'une coopération multi-organismes/organisations pour les opérations de secours ;

e) développement de systèmes d'information et de communication dédiés aux opérations de secours ;

f) recherche dans le domaine des opérations de secours, de l'information et de la communication, ainsi que des modèles d'interopérabilité des données ;

g) recherche dans le domaine des facteurs humains dédiés aux opérations de secours ;

h) prise en charge de la communication et de l'interaction avec le public.

8.2 Safety management systems

Un système de management de la sécurité (SMS) est une partie du système de management global de l'entreprise. L'adoption d'un tel système est l'expression d'une approche globale et gestionnaire de la prévention des risques professionnels.

Un système de management de la santé et de la sécurité au travail (SMS) est un dispositif de gestion combinant personnes, politiques, moyens et visant à améliorer les performances d'une entreprise en matière de santé et de sécurité au travail (S&ST). C'est un outil qui permet de mieux maîtriser l'organisation de l'entreprise et de progresser en continu en intégrant la S&ST à toutes les fonctions.

L'adoption d'un tel système est l'expression d'une approche globale et gestionnaire de la prévention des risques professionnels. C'est une démarche volontaire qui vise à :

- Anticiper les changements (MOC),

- Augmenter la réactivité et la performance de l'entreprise dans la prévention des risques en S&ST,

- Limiter les dysfonctionnements en S&ST,

- Assurer une cohérence globale avec les autres démarches de management.

Elle participe à l'amélioration de l'image de l'entreprise.

8.3Best practices industrie pétrolière et gazière

Les meilleures pratiques dans l'industrie pétrolière et gazière se concentrent principalement sur la santé, la sécurité et l'environnement (HSE), avec une emphase sur la gestion des risques et l'amélioration continue. Elles intègrent des normes internationales comme celles promues par l'API ou l'OGP pour minimiser les accidents et les impacts environnementaux, exemple des bonnes pratiques efficaces en matière HSE :

A. Prévention et préparation :

L'accès à des technologies telles que l'analytique prédictive et la surveillance en temps réel des données peut aider à prévoir les problèmes potentiels.

Un plan d'intervention d'urgence solide est essentiel pour réduire les dégâts lors de l'incident qui survient.

La planification avec des données spatiales et des systèmes d'information géographique SIG peut aider à minimiser les risques inattendus, tandis que la formation à la sécurité et les exercices réguliers garantissent à chacun qu'il sait comment réagir efficacement. Revoir les incidents passés, élaborer des plans de contingence et redéfinir la stratégie contribue également à atteindre le même objectif.

B. Évaluation des risques :

Identifier les risques spécifiques à l'emplacement de l'opération est crucial. Fournir des équipements de protection individuelle (EPI), maintenir des outils et équipements à jour, et effectuer des exercices de sécurité peuvent aider à repérer et éliminer les dangers avant qu'ils ne s'aggravent, voire ne réduisent leur impact.

C. Audits réguliers et conformité :

Pour garantir la conformité aux normes du secteur, les entreprises doivent effectuer régulièrement des audits internes et externes afin de surveiller et de vérifier si l'entreprise suit les pratiques HSE standard. Le suivi des indicateurs clés de performance (KPI) aide à identifier les axes d'amélioration.

D. Promouvoir les pratiques HSE :

Les organisations qui privilégient la sécurité montrent qu'elles accordent de l'importance à leur personnel. Former et éduquer les employés aux pratiques HSE et aux risques associés favorise une culture de la sécurité, guidée par des leaders qui donnent des exemples forts.

E. Gestion environnementale :

Les entreprises doivent évaluer les impacts environnementaux de leurs opérations, contrôler les émissions, gérer efficacement les déchets et œuvrer à la restauration des habitats naturels afin de réduire les dégâts environnementaux.

9.Conclusion

En définitive, l'industrie des hydrocarbures, bien qu'indispensable à l'économie mondiale, demeure une activité à haut risque où la moindre défaillance technique ou humaine peut conduire à des catastrophes majeures. Comme nous l'avons souligné, la complexité des processus d'exploitation et de stockage impose une rigueur absolue en matière de sécurité pour protéger l'intégrité physique du personnel et la pérennité des installations.

Le passage d'une gestion réactive à une culture de prévention proactive est désormais une exigence réglementaire et éthique. Cependant, l'analyse de notre système actuel, confrontée à la réalité du terrain et aux résultats des exercices de simulation, révèle des lacunes critiques. L'insuffisance du taux de réponse, paramètre vital des barrières de sécurité, démontre

que la conformité théorique au référentiel ne garantit pas toujours une efficacité opérationnelle optimale.

Pour pallier ces faiblesses, il est impératif de :

- Renforcer les protocoles d'intervention pour réduire les délais de réaction.
- Optimiser la coordination entre les différents acteurs de la gestion de crise.
- Investir dans la formation continue et la mise à jour technologique des systèmes de surveillance.

L'objectif final n'est pas seulement d'atteindre une conformité administrative, mais de bâtir un système de management de la sécurité résilient, capable d'absorber et de neutraliser l'imprévu avant qu'il ne se transforme en tragédie.

Chapitre 2 : Étude pratique : Analyse des simulations de gestion de crise chez Sonatrach

Introduction

L'industrie gazière, par la nature de ses activités, demeure exposée à des risques majeurs tels que les incendies, les fuites de gaz ou les explosions, pouvant avoir des conséquences humaines, matérielles et environnementales considérables.

Dans ce contexte, le recours à des systèmes structurés de gestion de crise s'impose comme une nécessité stratégique. Le modèle Incident Command System (ICS), adopté à l'échelle internationale, offre un cadre organisationnel permettant de coordonner efficacement les ressources et les acteurs impliqués lors d'une urgence.

Depuis 2008, Sonatrach a intégré l'ICS dans ses dispositifs de sécurité afin de renforcer sa résilience face aux situations critiques.

Le choix du site MPPO à Hassi R'Mel, reconnu pour son importance stratégique et son niveau de risque élevé, constitue un terrain d'étude pertinent pour analyser l'efficacité des exercices de simulation.

Cette recherche vise non seulement à évaluer l'efficacité des simulations de gestion de crise menées sur le terrain, mais également à identifier les limites, proposer des pistes d'amélioration et contribuer au développement d'une véritable culture de sécurité au sein de l'entreprise.

1.Présentation du site étudié

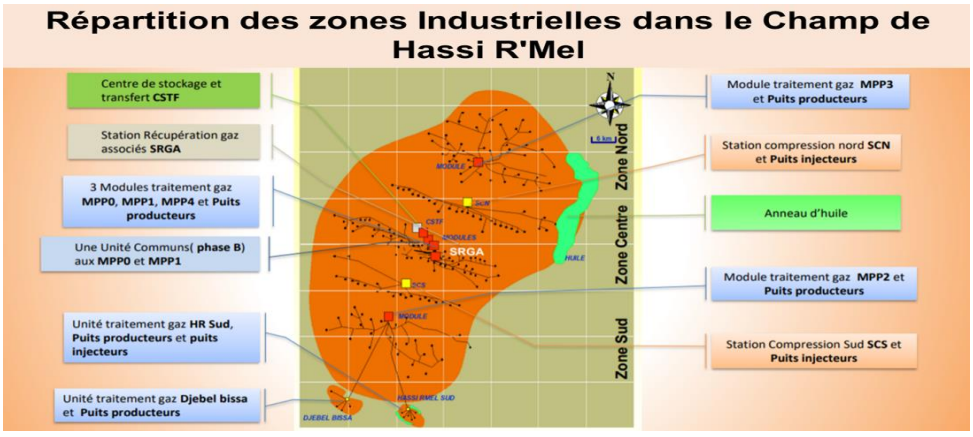


Figure 8 Zone industrielle Hassi R'mel.

2.Description de l’unité de traitement du gaz

Le MPP0 (Module Processing Plant 0) est la première usine de traitement de gaz naturel en Hassi R’Mel créée avant l'indépendance en 1956, lorsque le gaz a été découvert par la compagnie pétrolière algérienne française.

Le module 0 est le premier installé dans la région de HASSI R’MEL pour le traitement du gaz et la stabilisation du condensât avec le procédé qui se base lors du traitement sur la détente de la vanne JOULES-THOMSON et la boucle de propane.

MPP0 C'est une unité de traitement qui traite, sépare et extrait plusieurs produits gazeux : (C1 éthane), (C2 méthane), (C3 butane), (C4 propane) et (C5 condensat). L'usine MPP0 traite et produit environ 26 millions de mètres cubes de gaz naturel par jour.

Dans ce module, on peut distinguer la section suivante :

- Section de traitement de gaz qui comprend six unités (HP).
- Section de stabilisation de condensât avec deux trains (BP).
- Section de régénération du glycol qui comprend cinq unités.
- Section indépendante pour le stockage et le transfert du pétrole et du condensât vert le SP1 et CSTF respectivement.

3. Organisation sécurité

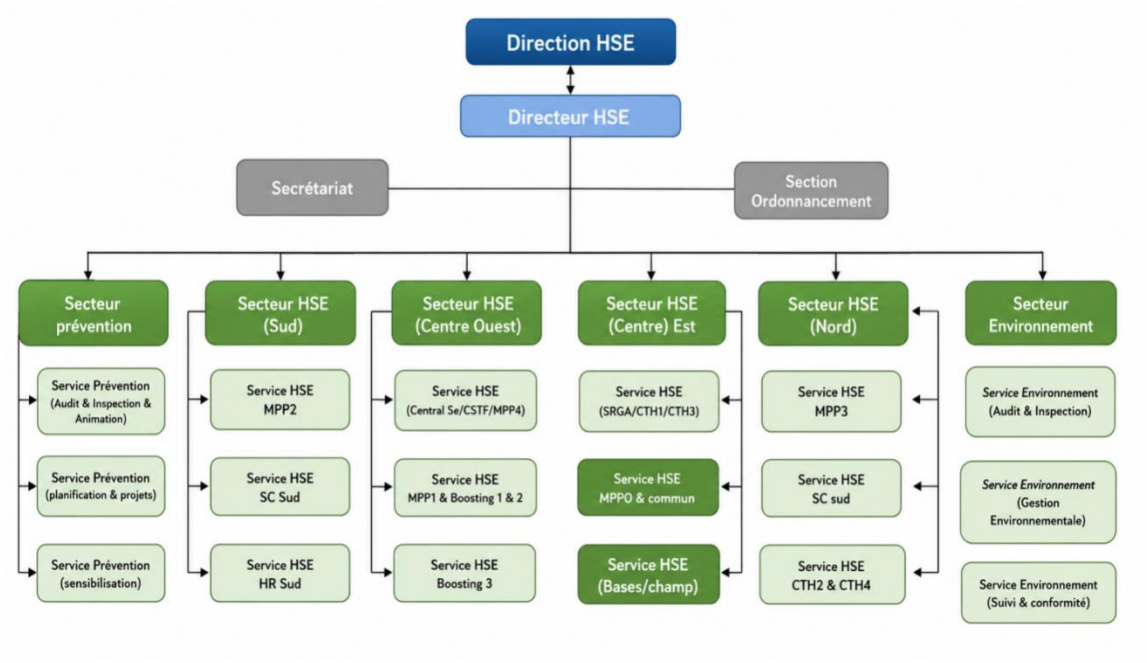


Figure 9 Organisation de direction HSE à Hassi R’Mel.

4.Procédures de gestion de crise

Une procédure de gestion des crises est un ensemble d'étapes structurées que suit une organisation pour anticiper, réagir et se remettre d'un événement grave perturbant son fonctionnement ou son image.

4.1. Définition et objectifs

La procédure vise à réduire les impacts d'une crise (humains, matériels, financiers, réputationnels) et à assurer la continuité des activités clés. Elle s'appuie sur un plan de gestion de crise (PGC) qui précise les rôles, les procédures et les moyens à mobiliser.

4.2. Les grandes phases de la procédure de gestion des crises

On distingue généralement 4 phases dans le cycle de gestion de crise :

- Prévention : cartographie et réduction des risques (ex. risques incendie, informatiques, sanitaires) pour limiter les chances qu'une crise survienne.
- Préparation : mise en place d'un plan de crise, formation de la cellule de crise, simulations, procédures d'alerte, annuaire d'urgence.
- Intervention (réponse) : activation de la cellule de crise, actions immédiates pour sécuriser les personnes, limiter les dégâts, communiquer avec les parties prenantes.
- Rétablissement : retour à la normale, analyse de l'événement, correction des dysfonctionnements et amélioration du plan de crise.

4.3. Organigramme de crise

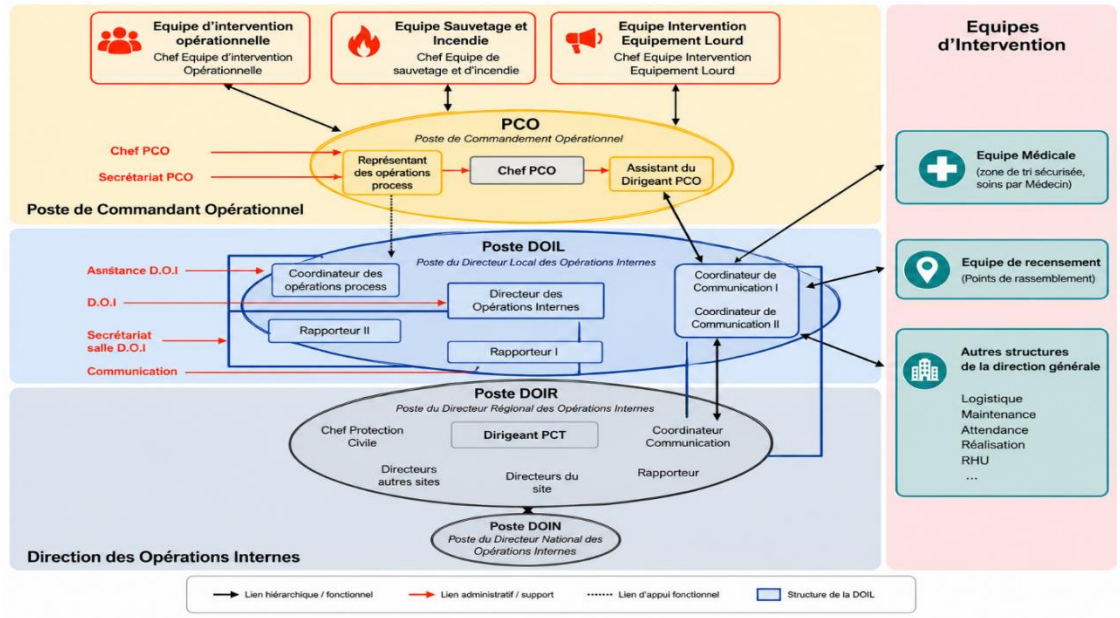


Figure 9 Organigramme de crise à SONATRACH.

4.4. Stratégie de réponse à l'urgence

La stratégie de base pour répondre à l'urgence par ordre de priorité, est de :

- Mettre les personnes en sécurité en évacuant les personnes non essentielles vers un lieu de sécurité le plus rapidement possible.
- Évacuer les personnes essentielles au moment propice conformément au plan ORSEC.
- Protéger l'environnement quand il est possible de le faire et quand cela ne présente pas de danger.
- Faire protéger l'installation et les équipements pour le personnel d'intervention
- Les équipements et les dispositifs de sauvegarde disponibles et lorsqu'il est possible de le faire dans les meilleures conditions de sécurité disponibles.
- Les feux seulement dans les conditions de sécurité.
- Regagner le site ou le lieu affecté lorsque cela ne présente plus aucun danger.
- Avant de redémarrer les opérations, évaluer la capacité de le faire.

4.5. Plan de communication de crise (messages types, canaux, responsables de communication)

En Arabe

- هنا اللقب و الاسم، المصلحة ----------
- في وحدة : ----------
- البيانات المرسلة أثناء النداء:
  - منطقة الحادث
  - طبيعة الحادث (تسرب، حريق، انفجار، ...)
  - عدد الجرحى وحالتهم،
  - التدابير المتخذة

رسالة مرسلة بتاريخ: --/--/-- على الساعة --دقيقة –

En Français

- Ici *NOM* et *PRENOM*, du service _____
- Dans l'unité ____
- Données à transmettre lors de l'appel :
  - La zone sinistrée
  - La nature de l'incident (fuite, feu, explosion…)
  - Le nombre de blessés et leur état
  - Mesures prises en cours

Message transmis le __/__/____ à __ h __ mn

Figure 10 Exemple 1 de plan de communication de crise.

Lorsqu'il y a une alarme, le personnel du complexe doit s'abstenir d'appeler le standard et libérer les appareils téléphoniques occupés. La personne donnant l'alerte doit clairement indiquer les éléments clés à la centrale SE ou à la salle de contrôle suivant le message suivant :

4.6. Procédure d'alerte des services publics de secours

Dès le déclenchement du PII, et même si aucune aide externe n'est requise, le PDOIL se doit d'en informer la Protection Civile locale ou le Ministère de l'industrie et de l'environnement.

Le centre de coordination opérationnel de la Protection Civile doit être alerté par un numéro d'urgence 14 ou par une ligne directe, non par une ligne spécialisée.

- Poste de Direction des Opérations Internes Local (PDOIL),
- Coordinateur de communication 2 - Destinataires :
- Protection civile Tél : 14 OU 5242 OU 029 18 80 80
- Gendarmerie nationale Tél : 5236 OU 029 18 80 85
- Sûreté nationale Tél : 17 OU 4950 OU 029 18 82 93 /85 99/93 17
- Secteur sanitaire Wilaya Tél : 029 18 80 48

Texte du message :

En Arabe	***En Français***
هنا مؤسسة سوناطراك وحدة ضخ وسط حاسي رمل البيانات المرسلة أثناء النداء منطقة الحادث طبيعة الحادث (تسرب،حريق،إنفجار، عدد الجرحى التدابير المتخذة الدخول من المدخل رقم إتجاه الرياح رسالة مرسلة بتاريخ	○ Ici entreprise **Centre de Sonatrach DP** ○ Données à transmettre lors de l'appel : - la zone sinistrée - la nature de l'incident (fuite, feu, explosion…) - le nombre de blessé - mesures prises en cours - accès par l'entrée numéro … - la direction du vent Message transmis le __/__/____ à __ h __ mn

Rester calme et parler lentement. Faire répéter le message par votre correspondant. Ne pas raccrocher le premier, il peut vous être demandé des compléments d'informations.

Figure 11 Exemple 2 de plan de communication de crise.

5.Méthodologie d'analyse

Toute démarche d'analyse rigoureuse repose sur une méthodologie claire et structurée. La méthodologie d'analyse désigne l'ensemble des principes, des étapes et des outils mobilisés afin d'examiner, décomposer et interpréter un objet d'étude. Elle permet de passer de l'observation brute à une compréhension approfondie et argumentée.

5.1. Collecte des rapports de simulation

Dans le cadre de cette étude, dix (10) exercices de simulation ainsi que leurs rapports associés ont été collectés et exploités à partir de différents sites opérationnels de SONATRACH. Cette démarche vise à garantir la diversité des scénarios étudiés, des types d'installations industrielles considérées ainsi que des méthodologies appliquées lors de la préparation et de la réalisation des exercices de simulation d'urgence.

L'analyse de ces exercices a permis d'identifier les différentes approches adoptées pour la planification, l'exécution et l'évaluation des simulations d'incidents majeurs au sein des installations pétrolières et gazières. L'ensemble des exercices et des rapports de simulation étudiés est présenté dans l'Annexe 1 de ce manuscrit.

Les principaux exercices de simulation collectés sont les suivants :

- Exercice de simulation PII : Feu de chalumeau au niveau de la pompe P304A de la boucle de propane C3 Commun (Phase B).
- Exercice de simulation PII : Défaillance d'une ligne de propane – Train 1 (MPPO).
- Exercice de simulation PII : Feu de nuage (VCE) au niveau de la batterie limite du Train 1.
- Exercice de simulation PCO : Défaillance du débutaniseur T402-1 (MPPO) – Feu de chalumeau.
- Exercice de simulation PCO : Rupture de garniture mécanique (G.M.) sur la pompe P201B.
- Exercice de simulation PII : Incendie d'un bac de purge de pétrole brut (OZ2).
- Exercice de simulation PII : Incendie au niveau de la gare racleur de la station LZ1.
- Exercice de simulation PII : Incendie dans un bâtiment électrique de la station GPL LZ1.
- Rapport d'exercice de simulation PII : Fuite sur une canalisation d'hydrocarbures (pétrole brut) à l'intérieur de GSP5 Laghouat.
- Rapport d'exercice de simulation PII : Feu au niveau de THM4 dans la station NZ1.

5.2. Méthode d'évaluation des exercices de simulation

Afin d'évaluer de manière objective et homogène les dix exercices de simulation collectés, une grille d'évaluation a été élaborée (Tableau 1). Cette méthode repose sur plusieurs critères clés permettant d'analyser l'efficacité de la réponse d'urgence, la disponibilité des moyens de secours, le niveau de préparation du personnel ainsi que les conditions de réalisation des exercices.

La première catégorie concerne les « indicateurs temporels », qui constituent un élément essentiel pour mesurer la réactivité des équipes d'intervention. Les délais retenus incluent le temps nécessaire pour déclencher l'alerte, le délai de rassemblement du Poste de Commandement Opérationnel (PCO), le temps d'arrivée de l'équipe d'intervention sur les lieux de l'incident, le délai de mise en œuvre de la première lance d'incendie, le temps d'évacuation

vers les points de rassemblement ainsi que la durée totale de l'intervention. Ces indicateurs sont comparés à des seuils de référence prédéfinis afin d'évaluer la performance opérationnelle des équipes.

La deuxième catégorie porte sur les « facteurs aggravants » intégrés dans les scénarios de simulation. Ces facteurs permettent d'augmenter le niveau de réalisme et de difficulté des exercices. Ils comprennent notamment l'utilisation d'un feu réel, la réalisation d'exercices inopinés (sans préavis) et l'exécution des simulations durant la période nocturne. La présence ou l'absence de chacun de ces facteurs est enregistrée selon une évaluation binaire (Oui/Non).

La troisième catégorie concerne les « moyens humains et matériels mobilisés ». Cette partie vise à vérifier la disponibilité et l'adéquation des équipements de protection individuelle (EPI) ainsi que des moyens de lutte contre l'incendie nécessaires à une intervention efficace. La disponibilité de ces ressources est également évaluée selon le principe Oui/Non.

Enfin, la quatrième catégorie est dédiée à la « formation et à la compétence du personnel ». L'objectif est d'évaluer le niveau de préparation des agents impliqués dans la gestion des situations d'urgence. Trois domaines de formation sont pris en compte : le soutirage, le secourisme et l'intervention contre l'incendie. Pour chaque domaine, le pourcentage du personnel formé est calculé en rapportant le nombre d'agents formés au nombre total d'agents concernés.

Cette grille d'évaluation permet ainsi de comparer les différents exercices de simulation sur une base commune, d'identifier les points forts et les insuffisances du dispositif d'intervention d'urgence, et de mettre en évidence les axes d'amélioration nécessaires pour renforcer la préparation opérationnelle et la gestion des situations accidentelles au sein des installations industrielles.

Tableau 1 Méthode d'évaluation des exercices de simulation.

TEMPS	Délai d'alerte	< 2 min
	Délai rassemblement nombre (PCO)	< 5min
	Temps larvés l'équipe d'intervention	< 10min
	Délai démise en œuvre 1 ère lance	< 3 min
	Temps d'évacuation au point	

	derassemblement	< 5 min
	Période totale d'intervention	< 60 min
Facteur aggravant	Feu réel	OUI/NON
	Exercices soudain	OUI/NON
	Nuit	OUI /NON
Moyen/Materiel	EPI	OUI /NON
	Matériel de lutte anti incendie	OUI /NON
Formation	Soutrage	Nombre agents formes %
		Nombre agents totale
	Secourisme	Nombre agents formes %
		Nombre agents totale
	Intervention contre incendie	Nombre agents formes %
		Nombre agents totale

5.3 Critères d'analyse et de classification des exercices de simulation

Afin d'évaluer rigoureusement la qualité et l'efficacité des exercices de simulation étudiés, une grille multicritère a été développée. Cette approche permet d'apprécier les performances des différents exercices à travers plusieurs dimensions opérationnelles, organisationnelles et techniques essentielles à la gestion des situations d'urgence.

La méthode repose sur un système de notation allant de **1 à 5,** illustré dans les tableaux 2 et 3, où chaque critère est évalué individuellement avant le calcul d'une note globale reflétant la performance générale de l'exercice. Cette démarche permet non seulement de comparer les différents exercices entre eux, mais également d'identifier les points forts et les axes d'amélioration du dispositif d'intervention.

Rapidité d'alerte

Ce critère mesure le temps nécessaire entre la détection de l'événement accidentel et le déclenchement de l'alerte. Une alerte rapide constitue la première étape critique de la gestion d'urgence puisqu'elle conditionne la mobilisation rapide des ressources humaines et matérielles. Plus le délai d'alerte est faible, plus la note attribuée est élevée.

Communication

La communication évalue l'efficacité des échanges d'informations entre les différents intervenants impliqués dans la gestion de l'accident. Ce critère concerne notamment la transmission des consignes, la diffusion des informations opérationnelles ainsi que la coordination des actions entre les équipes d'intervention, le poste de commandement et les responsables des installations.

Délai de rassemblement du Poste de Commandement Opérationnel (PCO)

Ce critère permet d'évaluer la rapidité avec laquelle les membres du PCO rejoignent leur poste après le déclenchement de l'alerte. Un rassemblement rapide favorise une meilleure prise de décision et améliore la coordination globale des opérations de secours.

Coordination

La coordination représente la capacité des différents acteurs à travailler de manière cohérente et synchronisée durant l'intervention. Elle englobe la répartition des tâches, l'organisation des actions sur le terrain ainsi que la coopération entre les différents services impliqués dans la gestion de la situation d'urgence.

Moyens matériels

Ce critère évalue la disponibilité, l'accessibilité et l'adéquation des équipements nécessaires à la gestion de l'accident. Il comprend notamment les moyens de lutte contre l'incendie, les équipements de protection individuelle (EPI), les systèmes de communication et l'ensemble des ressources matérielles mobilisées durant l'exercice.

Leadership

Le leadership mesure l'efficacité du commandement exercé par les responsables de l'intervention. Il concerne leur capacité à prendre des décisions appropriées, à gérer les ressources disponibles, à orienter les équipes et à maintenir la maîtrise de la situation tout au long de l'exercice.

Sécurité du personnel

Ce critère vise à vérifier le respect des procédures de sécurité destinées à protéger les intervenants et les travailleurs présents sur le site. L'évaluation porte notamment sur le port des équipements de protection, le respect des consignes de sécurité et la maîtrise des risques durant les opérations.

Sécurisation de l'installation

La sécurisation de l'installation permet d'évaluer l'efficacité des actions mises en œuvre pour limiter les conséquences de l'accident et empêcher son aggravation. Elle inclut l'isolement des équipements concernés, l'arrêt des procédés, la mise en sécurité des zones exposées ainsi que la prévention des effets domino.

Temps d'arrivée de l'équipe d'intervention

Ce critère mesure le délai nécessaire aux équipes d'intervention pour atteindre la zone sinistrée après le déclenchement de l'alerte. Il constitue un indicateur direct de la réactivité opérationnelle des secours internes.

Délai de mise en œuvre de la première lance

Ce paramètre évalue le temps requis pour mettre en service le premier moyen actif de lutte contre l'incendie. Dans les scénarios impliquant un départ de feu, cette étape est particulièrement importante car elle influence directement l'évolution de l'incident et les dommages potentiels.

Système de classification

La note finale de chaque exercice est calculée à partir de l'ensemble des critères évalués. Cette note globale constitue un indicateur synthétique du niveau de préparation opérationnelle et de la capacité de réponse de l'installation face à une situation d'urgence. Elle permet également de comparer objectivement les différents exercices de simulation et d'identifier les domaines nécessitant des actions correctives ou des programmes de formation complémentaires.

Tableau 2 classification avec une note sur 5.

Critères d'analyse	Exercice DP sonatarch					Exercice GSP5 sonatrach				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Rapidité d'alerte	5	5	5	5	5	2.5	5	5	5	5
Communication	4	5	5	4	4	5	5	5	3	5
Délai rassemblementnombre (PCO)	/	2.5	4	/	/	5	5	5	5	5
	3	5	5	3	3	5	5	5	3	5

Coordination										
Moyens matériels	5	5	5	5	5	3	3	3	4	3
Leadership	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
Sécurité personnel	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Sécurisation installation	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Temps lavé l'équipe d'intervention	4	3.5	3	5	5	5	5	5	5	5
Délai démise en œuvre 1 ère lance	5	5	5	5	4	3	5	5	2	5
NOTE TOTAL	4.5	4.6	4.7	4.2	4.1	4.3	4.8	4.8	4.1	4.8

Tableau 3 Niveau de classification.

NOTE	NIVEAU
5	Excellence
4	Conforme
3	Acceptable
2	Insuffisant
1	Non-conforme

6. Analyse des rapports existants

6.1. Type de scénario simulés

Le tableau 1 présente les différents scénarios retenus dans les dix exercices de simulation analysés. L'examen des données montre une diversité appréciable des événements accidentels simulés, couvrant plusieurs types de risques majeurs susceptibles de survenir dans les installations pétrolières et gazières. Les scénarios comprennent notamment des feux de chalumeau, des feux de flaque, des incendies de bacs de stockage, des explosions de type UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion), des fuites d'hydrocarbures générant des nuages de vapeur inflammables ainsi que des incendies affectant des installations utilitaires ou des bâtiments techniques.

Cette diversité reflète une volonté de prendre en compte les principaux dangers identifiés dans les études de risques des installations industrielles. Toutefois, l'analyse révèle une

prédominance des scénarios liés aux incendies et aux nuages de vapeur, tandis que les scénarios d'explosion sont relativement peu représentés malgré leur potentiel de gravité élevé.

Tableau 4 Scenarios Simulés.

Exercices	Scenarios
1	Feu de chalumeau
2	Feu de chalumeau Fuite liquide / Nuage de vapeur
3	Explosion UVCE /Interne
4	Feu de chalumeau
5	Feu de Flaque Fuite liquide / Nuage de vapeur
6	Feu de toit de bac
7	Nuage de vapeur Feu GRD
8	feu dans un bâtiment électrique
9	Feu de Flaque
10	feu de turbin

6.2. Regroupement de scénarios

Le Tableau 2 permet de regrouper ces scénarios en grandes catégories afin d'évaluer leur fréquence de représentation au sein des exercices étudiés. Les résultats montrent que les scénarios « Nuage de vapeur suivi d'incendie » et « Feu utilité » représentent chacun 30 % de l'ensemble des exercices, constituant ainsi les catégories les plus fréquemment simulées. Cette tendance peut s'expliquer par la forte probabilité d'occurrence de ce type d'événements dans les installations de traitement et de transport des hydrocarbures, où les fuites de gaz ou de liquides inflammables constituent l'un des principaux facteurs de risque.

Les scénarios de type « Feu de chalumeau » occupent la troisième position avec une proportion de 20 %. Ce résultat est cohérent avec les statistiques industrielles montrant que les pertes de confinement sur les équipements sous pression peuvent générer des incendies localisés particulièrement dangereux pour les installations et le personnel.

En revanche, les scénarios de « Feu de bac » et d'« Explosion UVCE » ne représentent chacun que 10 % des exercices analysés. Bien que leur fréquence soit plus faible, ces événements figurent parmi les accidents majeurs les plus sévères en raison de leurs conséquences potentielles sur les personnes, les équipements et l'environnement. Leur faible représentation suggère qu'un effort supplémentaire pourrait être consacré à leur intégration dans les futurs programmes d'exercices afin d'améliorer la préparation des équipes face à ces situations critiques.

L'analyse des fréquences montre également qu'en moyenne deux exercices de simulation sont réalisés par an, soit un exercice par semestre. Cette périodicité traduit une démarche régulière de maintien des compétences opérationnelles et de vérification de l'efficacité des plans d'intervention. Néanmoins, compte tenu de la diversité des risques présents dans les installations pétrolières et gazières, une augmentation de la fréquence des exercices ou une diversification accrue des scénarios pourrait permettre de renforcer davantage la culture de sécurité et la capacité de réponse aux situations d'urgence.

Dans l'ensemble, les résultats mettent en évidence une couverture relativement satisfaisante des principaux risques industriels, avec une orientation marquée vers les scénarios d'incendie et de dispersion de produits inflammables. Cette répartition est globalement cohérente avec la nature des activités étudiées, mais elle souligne également l'intérêt d'intégrer plus fréquemment des scénarios complexes impliquant des explosions majeures, des effets domino ou des accidents multi-événements afin d'améliorer le réalisme et l'exhaustivité des exercices de simulation.

Tableau 5 Regroupement de scénarios.

Scenarios	NB	%	Fréquence sur 5 ans	Fréquence/ans	Fréquence/semestre
Feu chalumeau	2	20	2/5	0.4	0.2
Nuage vapeur + feu	3	30	3/5	0.6	0.3
Explosion UVCE	1	10	1/5	0.2	0.1
Feu de bac	1	10	1/5	0.2	0.1
Feu utilité	3	30	3/5	0.6	0.3
Total	10	100	10/5	2.0/an	1.0/semestre

Période = 5ans
Rythme = 2 exercices chaque 1 âne
1 exercice chaque semestre

Calcul probabilité semestrielle

Formule

$$\textbf{Probabilité semestre} = \frac{\textbf{fréquence annuelle}}{\textbf{2}}$$

Matrice 5x5 sur base ans

L'analyse de la matrice de criticité 5×5 du tableau 5 montre que les scénarios étudiés présentent des niveaux de risque différents selon la combinaison de leur fréquence d'occurrence et de la gravité de leurs conséquences. Les résultats indiquent que le feu de bac de pétrole brut constitue le scénario le plus critique avec un score de 10, en raison de son potentiel élevé de dommages humains, matériels et environnementaux. Le scénario nuage de vapeur suivi d'un incendie présente également un niveau de criticité important (score de 8), reflétant la gravité des accidents liés à la dispersion et à l'inflammation des hydrocarbures.

En revanche, les scénarios de feu de chalumeau et de feu sur installations utilitaires obtiennent un score de 6, correspondant à un niveau de risque modéré nécessitant néanmoins des mesures de prévention et de protection adaptées. Enfin, l'explosion UVCE présente un score de 5 ; bien que sa fréquence soit relativement faible, ses conséquences potentielles demeurent catastrophiques, ce qui justifie son maintien parmi les scénarios prioritaires à considérer dans les exercices de simulation et les études de risques.

Tableau 6 Matrice sur base ans.

	1 Rare < 0.2	2 Peu probable 0.2 -0.5	3 Possible 0.5-1	4 Probable 1-2	5 Freq >2
5Catastrophique	Explosion UVCE	Feu de bac brut			
4 Majeure		Nuage vapeur + feu			
3 Modérée		1) Feu utilité 2) Feu chalumeau			
2 Mineure					
1 Négligeable					

Score des scénarios selon la matrice

- Feu chalumeau = 6
- Nuage vapeur + feu = 8

- Feu de bac brut = 10
- Feu utilité = 6
- Explosion UVCE = 5

6.3 Organisation de la réponse

Le tableau 6 présente l'organisation générale de la réponse d'urgence en définissant clairement les rôles et responsabilités de chaque acteur impliqué dans la gestion d'un incident industriel. La première étape consiste à détecter et confirmer l'événement avant le déclenchement de l'alerte, mission assurée principalement par les agents HSE, les techniciens du système de détection et le chef de quart. Une fois l'alerte déclenchée, le Poste de Commandement Opérationnel (PCO) est activé afin de coordonner l'ensemble des actions. Le commandement est assuré par le chef du PCO et le Directeur des Opérations d'Intervention (DOI), qui définissent la stratégie de réponse et prennent les décisions majeures. Les équipes d'exploitation interviennent ensuite pour sécuriser les installations à travers les opérations d'arrêt d'urgence, d'isolement et de décompression des équipements. Les équipes HSE spécialisées dans la lutte contre l'incendie assurent la reconnaissance du sinistre et la mise en œuvre des moyens d'extinction adaptés. En parallèle, le personnel médical prend en charge les éventuelles victimes et organise leur évacuation. Les services de sécurité garantissent le contrôle des accès, le balisage des zones dangereuses et l'évacuation du personnel exposé. Les équipes de maintenance interviennent pour réaliser les consignations électriques et mécaniques nécessaires à la sécurisation des équipements. Enfin, la Protection Civile constitue un renfort externe mobilisable pour les situations les plus graves. Cette organisation démontre une répartition claire des responsabilités permettant une réponse rapide, coordonnée et efficace face à une situation d'urgence.

Tableau 7 organisation de la réponse.

Étape	Rôle	Qui le fait concrètement
Déclenchement alerte	Détecter, confirmer, actionner sirène, alerter PCO	Agent HSE / Technicien Tableau SDC / Chef de Quart.
Commandement	Rassembler PCO, valider stratégie, demander renfort, déclarer fin alerte	Chef PCO / DOI
Intervention opérationnelle	ESD, isolement vannes, arrêt ligne, décompression	Exploitation XP
Intervention incendie	Reconnaissance, attaque feu, déluge, rideau d'eau, mousse	HSE Incendie. Chef d'agrès
Secours médical	Prise en charge, évacuation victimes	Infirmier + Ambulance

Sécurité/Sureté	Balisage, contrôle accès, évacuation PR, orientation renfort	DSP/SIE
Maintenance MN	Isolement électrique/mécanique, confirmation mise hors tension, pose PLIDCO	Mobilisé sur Exo 1, 2, 3, 9, 10. Absent sur Exo 4, 5, 6, 8.
Protection Civile	Renfort feu, secours, évacuation victimes graves	Protection civile

6.4 Coordination des équipes

Le tableau 7 présente une matrice RACI permettant de visualiser la répartition des responsabilités entre les différents intervenants lors de la gestion d'un accident. Cette matrice met en évidence le rôle central du Poste de Commandement Opérationnel dans la coordination générale des opérations. Pour chaque tâche critique, un acteur principal est désigné comme responsable de l'exécution (R) ou de la validation (A), ce qui réduit les risques de confusion lors de la gestion de crise. L'exploitation est principalement responsable des opérations techniques telles que l'arrêt d'urgence et l'isolement des équipements, tandis que les équipes HSE assurent la reconnaissance du terrain et les actions de lutte contre l'incendie. Les services médicaux sont directement responsables de la prise en charge des victimes, garantissant une réponse sanitaire rapide. Les équipes de sécurité contribuent à l'évacuation et au contrôle des accès afin de protéger le personnel et les infrastructures. La direction et le PCO jouent un rôle décisionnel majeur, notamment pour la communication externe, la coordination générale et la déclaration de fin d'alerte. La présence des fonctions « Consulté » et « Informé » favorise la circulation de l'information entre tous les acteurs impliqués. Cette approche améliore la coordination interservices, limite les chevauchements de responsabilités et renforce l'efficacité de la gestion de crise. La matrice RACI constitue ainsi un outil essentiel pour assurer une organisation structurée, une prise de décision rapide et une maîtrise optimale des situations d'urgence industrielles.

Tableau 8 Coordination des équipes.

Tâche critique	HSE Incendie	XP Exploitation	Maintenance	Médical FIR	SDC Production	Direction PCO
Déclencher alerte	I	I	I	I	R/A	I
Rassembler PCO	C	I	I	I	I	R/A
ESD / Isolement équipement	C	R/A	I	I	R	A
Reconnaissance terrain	R/A	C	I	I	C	A

Attaque feu	R/A	S	I	I	I	A
Secours victimes	R/A	I	I	R/A	I	A
Balisage / évacuation PR	R/A	S	I	R/A	I	A
Communication externe PCO/PCT	I	I	I	I	I	R/A
Déclarer fin d'alerte	C	C	I	I	I	R/A
Débriefing	R/A	C	C	C	C	A

Légende RACI :

R = Réalisateur : fait l'action

A = Approbateur/Responsable : valide et porte la responsabilité

C = Consulté : donne un avis avant action

I = Informé : reçoit l'info après action

S = Support : aide ponctuellement

7. Identifications des points forts

7.1 Efficacité organisationnelle

– Score moyen 4.8/5

1) Commandement PCO clair et unique– 4.2/5

- Dans 7 exercices sur 10 Le PCO prend le commandement en moins de 5 min (apres la demande de mobilisation par le chef PCO) et donne des ordres directs. Pas de double commandement. Les équipes savent à qui rendre compte

2) Répartition des rôles HSE-XP-MN appliquée sans chevauchement – 5/5

- La matrice RACI est respectée sur le terrain. HSE attaque, XP isole, MN gère les utilités. Chaque équipe connaît son périmètre et ne sort pas de son rôle

3) Ordres donnés de façon claire et confirmés – 5/5

-Les demandes du PCO passent en format court : action + qui + délai. Les chefs d'équipe confirment par radio avant exécution. Ça évite les malentendus et les actions en double.

7.2 Communication

– Score moyen 4.9/5

1) Réseau radio stable et canaux dédiés respectés –5/5

- La liaison HSE ↔ PCO ↔ Terrain reste claire sans coupure. Les canaux sont utilisés selon la procédure : un canal pour l'attaque, un pour le commandement.

2) Déclenchement d'alerte rapide – 4.7/5

- La sirène et l'alerte initiale partent en moins de 2 min dans 9 exercices sur 10. Le SDC joue son rôle R/A sans retard.

3) Messages courts, précis et confirmés – 5/5

- Les transmissions radio suivent le format : qui parle, à qui, action demandée, confirmation de réception. Pas de message vague. Les chefs d'équipe répètent l'ordre pour validation.

7.3 Moyen technique

– Score moyen5/

1) Camions incendie et matériel mousse opérationnels – 5/5

- Les camions, pompes et réserves mousse sont disponibles et fonctionnels dans 9 exercices sur 10. Aucune panne bloquante pendant les interventions.

2) Détection gaz et feu fiable – 5/5

- Les détecteurs gaz et les têtes de détection feu déclenchent et remontent l'alarme en salle de contrôle. Sur les scénarios de fuite, la détection terrain confirme l'alarme sans faux négatif.

3) Systèmes déluge et rideau d'eau réactifs – 5/5

- Mise en service en moins de 10 min sur les installations. Les vannes et buses répondent correctement au test.

7.4 Formation

1) Personnel entraîné 4/5

- Les équipes connaissent leurs rôles sans hésiter et Pas de confusion RACI sur le terrain.

2) Maîtrise des techniques d'attaque 4/5

- technique d'approche et écran d'isolation bien mis en place par HSE. L'action est rapide et coordonnée

3)Application des moyens fixes 5/5

- Bonne utilisation des lances fixes à balayage et rideaux d'eau pour protéger les installations voisines.

Tableau 9 Exemple de calcul sur communication.

	EX1	EX2	EX3	EX4	EX5	EX6	EX7	EX8	EX9	EX10	Résultat
Réseau radio stable et canaux dédiés respectés	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Déclenchement d'alerte rapide	5	5	5	5	5	2.5	5	5	5	5	4.7
Messages courts, précis et confirmés	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

8. Identification des points faibles

8.1 Lacunes organisationnels

- La salle PCO est implantée de manière non optimale, étant située au cœur de l'installation industrielle, ce qui peut impacter l'efficacité opérationnelle et la gestion des risques. (DP)
- Le stationnement du camion d'intervention dans un espace étroit a entraîné un retard de plus de 3 minutes dans le déploiement des moyens de lutte (SP5)
- L'équipe d'intervention ne travaille pas dans le local d'intervention mais dans des stations différentes. En cas de sinistre, leur rassemblement entraîne donc un retard de plus de 3 minutes (SP5)

8.2 Insuffisances technique

-Il n'y a pas d'appareil pour recharger l'air des appareils respiratoires isolants sur site. Lors des exercices, nous utilisons toujours des bouteilles vides. (SP5)

8.3 Formation insuffisante

- Plus de 80 % des personnels impliqués dans le système ICS n'ont pas suivi de formation sur l'ICS.
- manque formation soutrage pour l'équipe d'intervention. (SP5)
- manque formation conducteur camion d'intervention. (SP5)

9. Propositions d'amélioration

9.1 Amélioration des scenarios

- scenarios sur back draft dans les espaces clos

- Scénario d'éclatement d'un pipeline dans la nappe avec risque de pollution et d'explosion.
- scenarios avec un facteur aggravant exercices dans la nuit.

9.2 Nouveaux indicateurs de performance

- temps de discision
- taux respect procédure
- temps de la protection civil arrivée

9.3 Recommandation organisationnelles

- clarification responsabilités
- Check-list matériel 24 h avant la simulation
- fiche réflex pour les nombres de PCO

9.4 Amélioration futures simulation

- Utiliser la vidéo et le REX visuel
- Mesurer la rétention après 30 jours de simulation
- Simulation surprise

Conclusion

En conclusion, l'analyse des simulations de gestion de crise au sein de Sonatrach montre qu'elles jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la sécurité et de l'efficacité opérationnelle. Ces exercices permettent de tester les plans d'intervention, d'évaluer la coordination entre les équipes et de renforcer la capacité de réaction face aux situations d'urgence.

Les résultats obtenus révèlent une bonne organisation globale, notamment en termes de mobilisation des moyens et de communication entre les différents acteurs. Cependant, certaines limites peuvent apparaître, comme des retards de réaction ou des problèmes de coordination, ce qui permet d'identifier les points à améliorer.

Ainsi, les simulations constituent un outil indispensable d'amélioration continue. Elles contribuent à développer une culture de sécurité, à réduire les risques industriels et à mieux préparer les équipes à gérer efficacement les crises réelles.

Conclusion générale

Au terme de cette étude pratique consacrée à l'analyse des simulations de gestion de crise au sein du site étudié, il apparaît que ces exercices constituent un outil essentiel pour évaluer la capacité opérationnelle face aux situations d'urgence, notamment dans un environnement industriel sensible comme celui du traitement du gaz.

L'analyse du site a permis de mettre en évidence une organisation sécuritaire structurée ainsi que l'existence de procédures de gestion de crise bien définies. La méthodologie adoptée, basée sur la collecte et l'exploitation des rapports de simulation, a offert une vision claire des pratiques actuelles et des mécanismes de réponse mis en place.

L'évaluation des scénarios simulés a révélé une diversité de situations traitées, avec une mobilisation des équipes généralement efficace. Toutefois, certains indicateurs clés tels que le temps de réaction, la coordination interservices et la communication ont montré des niveaux de performance variables selon les exercices.

À travers l'identification des points forts, il ressort que l'organisation dispose d'une base solide en termes d'efficacité opérationnelle, de moyens techniques et d'implication du personnel. Néanmoins, l'étude a également mis en évidence certaines limites, notamment des lacunes organisationnelles, des problèmes de coordination, ainsi que des insuffisances en matière de formation et de préparation pratique.

L'utilisation de l'analyse SWOT a permis de structurer ces constats en distinguant clairement les forces, les faiblesses, ainsi que les opportunités d'amélioration et les menaces potentielles pouvant impacter la gestion des crises.

En réponse à ces observations, plusieurs axes d'amélioration ont été proposés, portant principalement sur l'optimisation des scénarios de simulation, la mise en place de nouveaux indicateurs de performance, le renforcement de la formation du personnel, ainsi que l'amélioration continue des futures simulations afin d'assurer une meilleure réactivité et une coordination plus efficace.

En ajoute un modèle mathématique :$IGC = \frac{\mathrm{DA+C+M+F+SP}}{5}$

IGC= $= \frac{4.7+4.5+4.1+4.5+5}{5} =$ 4.5 /5

- DA: délai d'alerte
- C: communication

- M : moyens et matériel
- TAE:Temps larvée l'équipe dénervation
- SP : sécurité personnel
- IGC :Indice Globale de Performance

En conclusion, cette étude démontre que, malgré une base organisationnelle satisfaisante, l'amélioration continue des exercices de simulation reste indispensable pour garantir une gestion optimale des crises et renforcer la résilience du site face aux risques industriels.

Références

sonatrach. (2022). étude de danger.HRM.

GUIDELINE, DNV.GL RISK ASSESSEMENT. (2019).

Méthode KPI

Méthode RACI

Etude de danger SP5 RTO TRC

Retour d'expérience

ISO22301 (gestion d'urgence)