

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 20 AOÛT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



# Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

## MASTER

**Filière :** Hygiène et sécurité industrielle

**Spécialité :** Hygiène et sécurité industrielle

*Application de l'analyse quantitative des  
risques dans l'industrie pétrolière*

Soutenu le 03/07/2023

Réalisé par :

Naas Mohamed Lamine

Moumen Abderrahmane

Bouaroura Yahia

Encadré par :

Dr. Bouafia Abderraouf

Dr. Bougofa Mohamed

Année Universitaire 2022- 2023

# **Remerciements**

*Nous tenons, tout d'abord, à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux  
De la force et la patience qu'il nous a donnée pour réaliser ce modeste travail.  
Nous remercions infiniment notre encadrant Dr. A.BOUAFIA pour l'honneur  
Qu'il nous a fait en nous encourageant, nous orientant et en nous soutenant, ainsi  
Qu'à sa patience envers nous tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Nous  
Le remercions également pour ses conseils et sa confiance qu'il nous a  
Constamment témoigné et qui ont été pour nous très motivants.  
On exprime notre estime et nos remerciements aux membres de jury d'avoir  
Accepté d'évaluer ce travail en dépit de leurs nombreuses autres obligations.  
Nous souhaitons exprimer nos plus sincères remerciements au personnel de  
L'Unité d'Oued Noumer sans exception, pour leur suivi au  
Quotidien, pour leurs disponibilités et leurs conseils constructifs.  
Et aussi on remercie Dr. M. BOUGOFA pour son aide durant la  
Réalisation de ce travail.  
Nous remercions aussi tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.  
Enfin, On tient à exprimer toute notre reconnaissance et notre gratitude à toutes  
Les personnes qui nous ont aidé et ont contribué de près ou de loin à  
L'élaboration de ce mémoire.  
Nous espérons que ce travail leur témoignera toute notre estime à leurs égards.*

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce travail à :*  
*Mes très chers parents,*  
*Mes très chers frères,*  
*Mes très chères sœurs,*  
*Tous mes amis et collègues d'études,*  
*Et à tous ceux qui me sont chers*

***Bouaroura Yahia***

## *Dédicace*

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :*

*A mon père qui m'a toujours soutenu moralement et  
financièrement pendant*

*Mon cursus,*

*A ma mère qui m'a entouré d'affection avec sa patience  
et ses sacrifices,*

*A mes frères et ma sœur,*

*A tous mes amis*

*Sans oublier mon trinômes Yahia et lamine.*

*Moumen Abderrahmane*

## *Dédicace*

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :*

*A mon père qui m'a toujours soutenu moralement et  
financièrement pendant*

*Mon cursus,*

*A ma mère qui m'a entouré d'affection avec sa patience  
et ses sacrifices,*

*A mes frères et mes sœurs et la toute la famille,*

*A tous mes amis, et tous les profs de parcours*

*Sans oublier mon trinômes Yahia et Abderrahmane.*

*Naas Mohamed lamine*

## Résumé

---

### Résumé

Le développement de l'industrie des hydrocarbures s'accompagne d'une amélioration continue de la sécurité, qui reste une des préoccupations principales dans ce domaine, où les accidents continuent à engendrer d'importants dégâts, et causer un nombre élevé de victimes, le champ d'Oued Noumer est située dans le Sahara septentrional entre les champs Hassi R'mel, Haoud Berkaoui et Hassi Messaoud. Ce champ est caractérisé comme l'un des gisements d'huile et de gaz les plus importants dans le bassin Triasique.

Dans le cadre du mémoire de Master, le travail effectué consiste à l'application des méthodes d'analyse des risques HAZOP et Nœud-Papillon à un procédé industriel existant à Oued Noumer, dans ce cas-là c'est le four 20-F-01A.

Donc l'élaboration de ce mémoire a été pour comprendre les origines et comment les risque se produire, puis les quantifier en matière de gravité et fréquence, aussi pour mieux comprendre les moyens efficaces à mettre en place pour réduire le risque, les actions employés pour optimiser les conditions de travail et le processus sans diminuer la qualité et la production, tous ces aspects peut contribuer à la réduction de risques on jouent sur les deux factures respectivement la fréquence et la gravité.

**Mots clés :** Analyse des risques, Oued Noumer, Nœud papillon, HAZOP, Réduction de Risque.

---

## **Abstract**

---

### **Abstract**

The development of the hydrocarbon industry is accompanied by a continuous improvement of safety, which remains one of the main concerns in this field, where accidents continue to cause major damage, and cause a high number of victims, the Oued Noumer field is located in the northern Sahara between the Hassi R'mel, Haoud Berkaoui and Hassi Messaoud fields. This field is characterized as one of the most important oil and gas deposits in the Triassic Basin.

Within the framework of the Master's thesis, the work carried out consists in applying the HAZOP and Bow Tie hazard analysis methods to an existing industrial process at Oued Noumer, in this case the oven 20-F-01A.

So the development of this brief was to understand the origins and how the risks occur, and then quantify them in terms of severity and frequency, also to better understand the effective means to put in place to reduce the risk, the actions used to optimize the working conditions and the process without reducing quality and production, all these aspects can contribute to the reduction of risks we play on the two invoices respectively frequency and severity.

**Key words:** Risk Analysis, Oued Noumer, Nœud-Papillon, HAZOP, Reduction of Risk.

---

## المخلص

ويصاحب تطوير صناعة الهيدروكربونات تحسن مستمر في السلامة، الذي ال يزال أحد الشواغل الرئيسية في هذا المجال، حيث ال تزال الحوادث تسبب أضراراً جسيمة، وتسبب عدداً كبيراً من الضحايا، يقع حثل واد زومر في الصحراء الشمالية بين حقول حاسي رمل وحوض بركاوي وحاسي مسعود. يتميز هذا الحثل بأنه أحد أهم رواسب النفط والغاز في حوض الترياسي.

في إطار أطروحة الماجستير، يتمثل العمل المنجز في تطبيق طرق تحليل مخاطر الهازوب و ربطة العنق على عملية صناعة وجدت في واد زومر وفي هذا النرن.

لذلك كان تطوير هذا الموجز هو فهم الأصول وكيف تحدث المخاطر، ومن ثم تقييمها من حيث شدتها وتواترها، وكذلك لفهم أفضل للوسائل الدعالة التي يمكن وضعها للحد من المخاطر، الإجراءات المستخدمة لتحسين ظروف العمل والعملية دون التضليل من الجودة والإنتاج، كل هذه الجوانب يمكن أن تساهم في تقليل المخاطر التي تلحقها على الفواتير من حيث التواتر والشدة على التوالي.

الكلمات الرئيسية : تحليل المخاطر، واد زومر، ربطة عنق، تحليل المخاطر، الهازوب .

---

*Sommaire*

	<b>Page</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Principe de l'analyse des risques industriels</b>	
<b>I.1. Introduction</b>	<b>04</b>
<b>I.2. Concepts et définition</b>	<b>04</b>
<b>I.2.1. Notion de danger</b>	<b>04</b>
<b>I.2.2. Notion de risques</b>	<b>04</b>
<b>I.2.3. Notion de criticité</b>	<b>06</b>
<b>I.3. La gestion des risques</b>	<b>06</b>
<b>I.3.1. Analyse des risques</b>	<b>07</b>
<b>I.3.2. Evaluation des risques</b>	<b>08</b>
<b>I.3.3. Réduction du risque</b>	<b>08</b>
<b>I.4.Méthode d'analyse et d'évaluation</b>	<b>09</b>
<b>I.4.1.Méthode qualitatives / Méthodes quantitatives</b>	<b>09</b>
<b>I.4.1.1. Hazard and operability study (HAZOP)</b>	<b>10</b>
<b>I.4.1.1.1. Définition de l'HAZOP</b>	<b>10</b>
<b>I.4.1.1.2. Principe de L`HAZOP</b>	<b>10</b>
<b>I.4.1.1.3. Mots-clés ou mots guides</b>	<b>11</b>
<b>I.4.1.1.4. Paramètres de fonctionnement</b>	<b>11</b>
<b>I.4.1.1.5. Déviations</b>	<b>12</b>
<b>I.4.1.1.6. L`objectif de L`HAZOP</b>	<b>12</b>

---

## Sommaire

---

<b>I.4.1.1.7. Déroulement de L`HAZOP</b>	<b>13</b>
<b>I.4.1.1.7.1. Phase préparatoire</b>	<b>13</b>
<b>I.4.1.1.7.2. Générer les dérives potentielles</b>	<b>13</b>
<b>I.4.1.1.7.3. Identifier les causes et les conséquences potentielles</b>	<b>14</b>
<b>I.4.1.1.7.4. Identifier les moyens de détection et de prévention</b>	<b>14</b>
<b>I.4.1.1.7.5. Emettre des recommandations</b>	<b>14</b>
<b>I.4.1.1.7.6. Rechercher les dérives jusqu'à épuisement des risques</b>	<b>14</b>
<b>I.4.1.2. Arbre de défaillances (AdD)</b>	<b>16</b>
<b>I.4.1.2. Arbre de défaillances (AdD)</b>	<b>16</b>
<b>I.4.1.2.1. Objectif</b>	<b>16</b>
<b>I.4.1.2.2. Mise en œuvre de la méthode</b>	<b>16</b>
<b>I.4.1.2.3. Présentation graphique</b>	<b>17</b>
<b>I.4.1.2.4. Intérêts et limites</b>	<b>17</b>
<b>I.4.1.3. Arbre des événements (AdE)</b>	<b>17</b>
<b>I.4.1.3.1. Objectif</b>	<b>18</b>
<b>I.4.1.3.2. Mise en œuvre de la méthode</b>	<b>18</b>
<b>I.4.1.3.3. Présentation graphique</b>	<b>19</b>
<b>I.4.1.3.4. Intérêts et limites</b>	<b>19</b>
<b>I.5. Barrière de sécurité (ou mesure de sécurité)</b>	<b>19</b>
<b>I.5.1. Types des barrières de sécurité selon INERIS</b>	<b>20</b>
<b>I.6. Nœud-papillon</b>	<b>21</b>
<b>I.6.1. Objectif</b>	<b>21</b>

---

## Sommaire

---

<b>I.6.2. Mise en œuvre de la méthode</b>	<b>21</b>
<b>I.6.3. Présentation graphique</b>	<b>21</b>
<b>I.6.4. Intérêts et limites</b>	<b>22</b>
<b>I.7. MATRICE DE CRITICITÉ : ÉTAT DE L'ART</b>	<b>22</b>
<b>I.7.1. Présentation de la matrice de criticité</b>	<b>22</b>
<b>I.7.2. Critères relatifs à l'étude des grilles de criticité</b>	<b>25</b>
<b>I.7.2.1. Critères relatifs à l'échelle de gravité</b>	<b>25</b>
<b>I.7.2.2. Critères relatifs à l'échelle de fréquence</b>	<b>26</b>
<b>I.8. Conclusion</b>	<b>28</b>
<b>Chapitre II : Généralités sur la société SONATRACH et le champ 'Oued Noumer</b>	
<b>II.1. Introduction</b>	<b>30</b>
<b>II.2. Renseignements généraux</b>	<b>30</b>
<b>II.2.1. Identification de l'établissement</b>	<b>30</b>
<b>II.2.2. Coordonnées du site d'exploitation</b>	<b>30</b>
<b>II.3. Sonatrach DP : Site d'Oued Noumer</b>	<b>31</b>
<b>II.3.1. Présentation de sonatrach DP</b>	<b>31</b>
<b>II.3.2. Historique du champ d'Oued Noumer</b>	<b>32</b>
<b>II.4. Organigramme du site</b>	<b>33</b>
<b>II.4.1. IMPLANTATION DU CHAMP</b>	<b>34</b>
<b>II.5. Climat d'Oued Noumer</b>	<b>34</b>
<b>II.5.1. TEMPERATURE</b>	<b>35</b>
<b>II.5.2. PLUVIOMETRIE :</b>	<b>36</b>

---

## Sommaire

---

<b>II.6. Présentation du centre de la production ONR</b>	<b>36</b>
<b>II.6.1. Situation géographique</b>	<b>36</b>
<b>II.6.2. Capacité de production et de stockage</b>	<b>37</b>
<b>III.6.2.1. Capacité de production</b>	<b>38</b>
<b>III.6.2.2. Capacité de stockage</b>	<b>38</b>

<b>II.6.3. Description technique du centre de production Oued Noumer</b>	<b>38</b>
<b>II.6.4. Localisation du puits ONR15 :</b>	<b>40</b>
<b>II.7. Généralités sur le GPL</b>	<b>41</b>
<b>II.7.1. Définition du GPL</b>	<b>41</b>
<b>II.7.2. Production mondiale de GPL</b>	<b>41</b>
<b>II.7.3. Production nationale des GPL</b>	<b>42</b>
<b>II.7.4. Exportation de GPL</b>	<b>42</b>
<b>II.7.5. Les caractéristiques du GPL commercial</b>	<b>42</b>
<b>II.7.6. Avantages et inconvénients techniques du GPL</b>	<b>43</b>
<b>II.7.7. La demande nationale en GPL</b>	<b>43</b>
<b>II.7.8. Utilisation de GPL</b>	<b>44</b>
<b>II.7.9. Source de chauffage</b>	<b>44</b>
<b>II.8. Description du process</b>	<b>45</b>
<b>II.8.1. Unité 20 (Unité de Séparation)</b>	<b>45</b>
<b>II.8.2. Séparateur HP (20B01)</b>	<b>45</b>
<b>II.8.3. Fours de stabilisation (20f01 A/B)</b>	<b>45</b>

---

## Sommaire

---

<b>II.8.4. Séparateur MP (20B03)</b>	<b>46</b>
<b>II.8.5. Séparateur BP (20B04)</b>	<b>46</b>
<b>II.8.6. Séparateur HP de gaz (20B02)</b>	<b>46</b>
<b>II.8.7. Unité 30 (unité de compression)</b>	<b>47</b>
<b>II.8.8. L'unité d'extraction du GPL</b>	<b>48</b>
<b>II.8.8.1. Unité 100 : pré refroidissement et déshydratation du gaz</b>	<b>48</b>
<b>II.8.8.2. Tamis moléculaire</b>	<b>49</b>
<b>II.8.8.3. Unité 200 : récupération du GPL</b>	<b>50</b>
<b>II.8.8.4. Unité 300 : recompression du gaz traité</b>	<b>50</b>
<b>II.8.8.5. Unité 400 : fractionnement du GPL</b>	<b>51</b>
<b>II.8.8.6. Unité 500 : stockage et expédition du GPL</b>	<b>52</b>
<b>II.8.8.7. Unité 600 : circulation huile chaude</b>	<b>52</b>
<b>II.8.8.8. Unité 700 : Système méthanol et Réseau de Torches</b>	<b>53</b>
<b>II.8.8.9. Unité 800 : Système air et gaz inerte</b>	<b>54</b>
<b>II.8.8.10. Unité 900 : Electricité</b>	<b>55</b>
<b>II.9. Conclusion</b>	<b>55</b>
<b>Chapitre III : Evaluation et estimation du risque cas de four 20-F-01A</b>	
<b>III.1. Introduction</b>	<b>57</b>
<b>III.2. Méthodologie</b>	<b>57</b>
<b>III.3. Analyse fonctionnelle du système</b>	<b>57</b>
<b>III.3.1. Description du Four 20-F-01 A</b>	<b>58</b>
<b>III.3.2. Description technique</b>	<b>59</b>

---

## Sommaire

---

<b>III.4. Décomposition structurelle, fonctionnelle et temporelle du four 20-F-01 A</b>	<b>62</b>
<b>III.5. Analyse dysfonctionnelle</b>	<b>66</b>
<b>III.6. Etablissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios à évaluer</b>	<b>66</b>
<b>III.6.1. Etablissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios à évaluer</b>	<b>67</b>
<b>III.6.2. Quantification de la fréquence</b>	<b>67</b>
<b>III.7. Élaboration d'une étude HAZOP sur le système</b>	<b>68</b>
<b>III.8. Scénarios retenus pour l'évaluation des risques</b>	<b>74</b>
<b>III.9. Estimation des fréquences d'occurrence des phénomènes dangereux</b>	<b>74</b>
<b>III.9.1.1. Construction de l'ADD pour le 1<sup>er</sup> scénario</b>	<b>74</b>
<b>III.9.1.2. Construction ADE pour le 1<sup>er</sup> scénario</b>	<b>75</b>
<b>III.9.1.3. Interprétation des résultats</b>	<b>75</b>
<b>III.9.2.1. Construction de l'ADD pour le 2<sup>ème</sup> scénario</b>	<b>76</b>
<b>III.9.2.2. Construction ADE pour le 2<sup>ème</sup> scénario</b>	<b>77</b>
<b>III.9.2.3. Interprétation des résultats</b>	<b>77</b>
<b>III.9.3.1. Construction de l'ADD pour le 3<sup>ème</sup> scénario</b>	<b>78</b>
<b>III.9.3.2. Construction ADE pour le 3<sup>ème</sup> scénario</b>	<b>79</b>
<b>III.9.3.3. Interprétation des résultats</b>	<b>79</b>
<b>III.10. Détermination de la gravité</b>	<b>80</b>
<b>III.11. Placement des Phénomènes dangereux dans la matrice de criticité</b>	<b>80</b>
<b>III.12. Discussion des résultats</b>	<b>80</b>
<b>III.13. Recommandations</b>	<b>82</b>

---

## Sommaire

---

<b>III.14. Conclusion</b>	<b>82</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>84</b>
<b>Bibliographié</b>	<b>85</b>

---

*Liste des figures*

<b>Figures</b>	<b>Page</b>
<b>Chapitre I :</b>	
<b>Figure I-1.</b> L'espace de risques	<b>5</b>
<b>Figure I-2.</b> Relation entre les notions de danger et de risque	<b>5</b>
<b>Figure I-3.</b> Processus de gestion des risques	<b>6</b>
<b>Figure I-4.</b> Réduction du risque : concepts généraux	<b>9</b>
<b>Figure I-5.</b> La relation de déviation	<b>12</b>
<b>Figure I-6.</b> Les étapes de déroulement de L'HAZOP	<b>15</b>
<b>Figure I-7.</b> Présentation graphique de la méthode ADD	<b>17</b>
<b>Figure I-8.</b> Schéma d'un AdE avec des barrières de sécurité	<b>19</b>
<b>Figure I-9.</b> typologie des barrières de sécurité	<b>20</b>
<b>Figure I-10.</b> Présentation graphique de la méthode nœud-papillon	<b>21</b>
<b>Figure I-11.</b> Exemple (2) de matrice de criticité	<b>23</b>
<b>Chapitre II :</b>	
<b>Figure II-1.</b> Emplacement du bloc	<b>33</b>
<b>Figure II-2.</b> Organigramme du site	<b>34</b>
<b>Figure II-3.</b> Plan d'implantation du champ	<b>34</b>
<b>Figure II-4.</b> Situation géographique des champs Oued Noumer	<b>37</b>
<b>Figure II-5.</b> Vue panoramique de complexe d'Oued Noumer	<b>39</b>
<b>Figure II-6.</b> Carte d'implantations des puits d'Oued Noumer	<b>40</b>
<b>Figure II-7.</b> Demande nationale en GPL	<b>44</b>

---

## Liste des figures

---

<b>Figure II-8.</b> Schéma de séparateur MP (20B03)	<b>46</b>
<b>Figure II-9.</b> Unité 20 (traitement de brut et de gaz d'ONR)	<b>47</b>
<b>Figure II-10.</b> Schéma de l'unité 100	<b>49</b>
<b>Figure II-11.</b> Schéma d'unité Déshydratation	<b>49</b>
<b>Figure II-12.</b> Schéma de compression du gaz	<b>50</b>
<b>Figure II-13.</b> Schéma de fractionnement du GPL	<b>52</b>
<b>Figure II-14.</b> Schéma de circuit de l'huile thermique	<b>53</b>
<b>Figure II-15.</b> Schéma de réservoir de méthanol 70-B-02	<b>54</b>
<b>Figure II-16.</b> Schéma d'installation de air instrument, air service et gaz inerte	<b>55</b>
<b>Chapitre III</b>	
<b>Figure III-1.</b> Vue externe du four 20-F-01 A	<b>58</b>
<b>Figure III-2.</b> Matrice de risque	<b>67</b>
<b>Figure III-3.</b> Niveau de risque	<b>67</b>
<b>Figure III-4.</b> Arbre de défaillance de scénario 1	<b>74</b>
<b>Figure III-5.</b> ADE du scénario 1 construite par logiciel GRIF	<b>75</b>
<b>Figure III-6.</b> Arbre de défaillance de scénario 2	<b>76</b>
<b>Figure III-7.</b> ADE du scénario 2 construite par logiciel GRIF	<b>77</b>
<b>Figure III-8.</b> Arbre de défaillance de scénario 3	<b>78</b>
<b>Figure III-9.</b> ADE du scénario 3 construite par logiciel GRIF	<b>79</b>

---

**Liste des Tableaux**

<b>Tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>Chapitre I :</b>	
<b>Tableau I-1.</b> Exemple de matrice de criticité	<b>22</b>
<b>Tableau I-2.</b> Exemple d'échelle de gravité	<b>23</b>
<b>Tableau I-3.</b> Exemple de caractérisation de la fréquence	<b>24</b>
Chapitre II	
<b>Tableau II-1.</b> Températures mensuelles moyennes à Ghardaia	<b>35</b>
<b>Tableau II-2.</b> Pluviométrie et évaporation mensuelle moyenne à Ghardaia (en mm) 1999-200	<b>36</b>
<b>Tableau II-3.</b> Coordonnées géographique	<b>40</b>
Chapitre III	
<b>Tableau III-1.</b> État descriptif du four 20-F-01 A	<b>59</b>
<b>Tableau III-2.</b> Caractéristiques techniques du four 20-F-01A	<b>59</b>
<b>Tableau III-3.</b> Caractéristiques techniques du four 20-F-01 A parti radiation	<b>61</b>
<b>Tableau III-4.</b> Caractéristiques techniques du four 20-F-01 A parti convection	<b>61</b>
<b>Tableau III-5.</b> Décomposition du four 20-F-01 A	<b>62</b>
<b>Tableau III-6.</b> Décomposition du four 20-F-01 A	<b>63</b>
<b>Tableau III-7.</b> Décomposition du four 20-F-01 A	<b>64</b>
<b>Tableau III-8.</b> Décomposition du four 20-F-01 A	<b>64</b>
<b>Tableau III-9.</b> L'échelle quantitative	<b>67</b>
<b>Tableau III-10.</b> L'échelle des Gravités	<b>68</b>
<b>Tableau III-11.</b> Les fréquences des phénomènes dangereux de scénario 1	<b>75</b>
<b>Tableau III-12.</b> Les fréquences des phénomènes dangereux de scénario 2	<b>77</b>

---

## Liste des Tableaux

---

<b>Tableau III-13.</b> Les fréquences des phénomènes dangereux de scénario 3	<b>79</b>
<b>Tableau III-14.</b> Niveau de gravité des conséquences indésirabl	<b>80</b>
<b>Tableau III-15.</b> Matrice de criticité	<b>80</b>



### *Acronymes*

**AdD** : Arbre de Défaillance

**AdE** : Arbre d'événement

**HAZOP** : Hazard and Operability Study

**SONATRACH** : Société National de Transport et Canalisation des Hydrocarbures

**GPL** : Gaz de pétrole liquifié

**ONR** : Oued Noumer

**ATK**: Ait elkheir

**ESDV**: Emergency ShutDown Valve

**TVR** : Tension de Vapeur Reid

**GPL** : Gaz de Pétrole liquéfié

**PDSL**: Pressure Diferency Switch low

**PDSH**: Pressure Diferency Switch high

**PDAL**: Pressure Diferency Alarm low

**PDAH**: Pressure Diferency Alarm high

**DCS** : Distributed Control System (système distribution et de contrôle)

**SIS** : Système Instrumenté de Sécurité

**TCV** : Temperature Control Valve (vanne régulatrice de température)

**PCV** : Pressure Control Valve (vanne régulatrice de pression)

**PSH** : Pressure Switch High (arrêt de haute pression)

**PAH** : Pressure Alarm High (alarme haute pression)

**PAL** : Pressure Alarm Low (alarme basse pression)

**PSL** : Pressure Switch Low (arrêt de basse pression)

**TSH** : Temperature Switch Low (arrêt de basse température)

**TSHH** : Température Switch High High (arrêt de très haut de température)

**TAHH** : Temperature Alarm High High (alarme de très haut de température)

**MRV** : Motorized Control Valve

**SV** : Safety Valve

**PSV** : Pression Safety Valve (soupape de sécurité)

**G** : Gravité

**F** : Fréquence

**P** : Probabilité

**GRIF** : Graphique Interactifs pour la Fiabilité

---

## **Acronymes**

---

**SELS** : Seuil des Effets Létaux Significatifs

**APR** : Analyse préliminaire de risque

**AMDEC** : Analyse des modes de défaillance ; de leurs effets et de leur criticité

### Introduction générale

Aujourd'hui, le monde industriel est devenu plus sensible à la maîtrise des accidents majeurs à cause des conséquences graves et même catastrophiques matérielles, humaines et environnementales. Pour cela des efforts considérables sont fournis en maîtriser la sécurité des installations industrielles.

Généralement, la sécurité des installations est obtenue grâce à un certain nombre de systèmes de prévention et protection fondés sur diverses technologies. En conséquence, il faut que toute stratégie de sécurité prenne non seulement en compte tous les éléments d'un système, mais qu'elle considère aussi tous les systèmes relatifs à la sécurité comme des éléments individuels d'un ensemble complexe.

SONATRACH-Division Production de l'activité Exploration Production comprend plusieurs directions régionales dans le but sont d'élaborer et piloter les activités précitées parmi elle on s'intéresse dans notre travail à la Direction Régional de Hassi R'Mel Direction d'Oued Noumer.

L'objectif essentiel de ce mémoire est d'appliquée des méthodes d'analyse des risques tel que la méthode HAZOP et la méthode nœud-papillon à un procédé industriel, dans ce cas-là c'est le four 20-F-01A. donc l'élaboration de ce mémoire a été pour comprendre comment les risque se produire et les quantifier en matière de gravité et fréquences, aussi mieux comprendre les moyens à mettre en œuvre pour réduire les risques, les actions employés pour optimiser les conditions de conduite de procédé afin de maximiser la qualité et la production, peut aussi contribuer à réduire les risques.

#### • Organisation de notre travail

Les travaux réalisés dans ce mémoire, ont été structurés en trois chapitres :

- **Le premier chapitre**, est dédié aux concepts et notions de base de la gestion des risques industriels. Ensuite, il décrit les différents types des Méthodes d'analyse et d'évaluation
- **Le deuxième chapitre**, présente une généralité sur la société SONATRACH et le champ industriel d'Oued Noumer.

## Introduction générale

---

- **Le dernier chapitre**, est la phase pratique de notre travail on y présente en premier temps le cas industriel le four 20-F-01A. Après une analyse structurelle et fonctionnelle du système, et à l'identification des risques inhérents à ce système par la méthode HAZOP. Deuxième étape est Didier à l'application de la méthodologie nœud-papillon sur ce système, finalement les phénomènes dangereux étudiés sont classés dans la matrice des risques selon leur gravité et fréquences, on finit par des recommandations et conclusion.

Et on termine notre travail par une conclusion générale

# *Chapitre I*

*Principe de l'analyse des risques industriels*

## **I.1. Introduction**

Les installations industrielles peuvent présenter des risques majeurs pour les personnes, les biens et l'environnement. Devant ce défi, les industries doivent défendre leur existence en instaurant une stratégie de gestion des risques et en mettant en place des méthodes d'analyse et d'évaluation de ces risques et ce, pour garantir que leurs installations fonctionnent dans toute sécurité.

La démarche de gestion de risque est basée sur un processus continu et itératif qui vise successivement à identifier les dangers potentiels existants puis l'estimation des risques associés en termes d'occurrence et de gravité, à les évaluer et les hiérarchiser par rapport à des critères d'acceptabilité du risque. Enfin, si le risque est jugé inacceptable, de nouvelles mesures et barrières de sécurité seront mises en œuvre afin de maîtriser ces risques.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord donner quelques concepts et définitions liés à la gestion des risques et décrire le processus de gestion et d'acceptabilité du risque. Ensuite, nous allons aborder quelques méthodes d'analyse des risques, en décrivant brièvement leurs principes de déroulement [01].

## **I.2. Concepts et définition**

Bien que les concepts liés à l'autocritique des risques soient ressourcés définis par multiple auteurs, textes réglementaires et standards il les gens à dessiné de reprendre d'abondant schème essentiels jaillissant pendant toute démarches d'autocritique des risques.

### **I.2.1. Notion de danger**

Selon Desroches [02] et la norme CEI 61508 [03], le danger désigne une nuisance potentielle pouvant porter atteinte aux biens (détérioration ou destruction), à l'environnement, ou aux personnes. Les dangers peuvent avoir une incidence directe sur les personnes, par des blessures physiques ou des troubles de la santé, ou indirecte, au travers de dégâts subis par les biens ou l'environnement.

Selon la norme OHSAS 18001 [04] : "un danger est une source ou une situation pouvant nuire par blessure ou atteinte à la santé, dommage à la propriété et à l'environnement du lieu de travail ou une combinaison de ces éléments ". Les dangers liés à un système sont inhérents au fonctionnement ou au dysfonctionnement du système, soit extérieur au système.

## I.2.2. Notion de risques

Le risque est défini comme une mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable et une mesure de ses effets ou conséquences. Cette définition, qui est proche de celle proposée par A.Villemeur [05].

Selon la norme OSHAS18001 [06] combinaison de la probabilité de la survenue d'un ou plusieurs événements dangereux ou expositions à un ou à de tels événements et de la gravité du préjudice personnel ou de l'atteinte à la santé que cet événement ou cette/ces exposition(s) peuvent causer.

Le terme combinaison est généralement matérialisé par une opération de multiplication, se qui nous permet la formulation suivante :  $Risque (R) = Probabilité (P) \times Gravité (G)$ . La représentation graphique de cette relation est une droite ou une courbe décroissante. Elle dérive de la courbe dite de Farmer [07] et permet d'illustrer la partition de l'espace du risque en deux sous-ensembles disjoints, correspondant respectivement au domaine du risque acceptable et à celui du risque inacceptable. Figure (I.1).

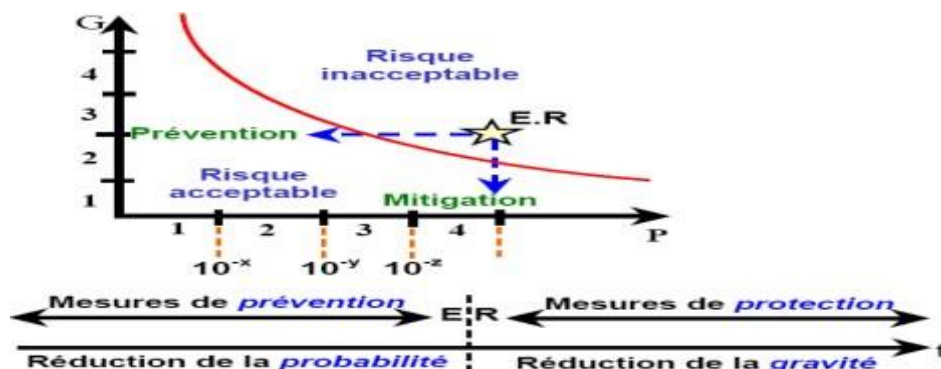


Figure I-1. L'espace de risques [08]

La figure suivante permet de bien apprécier l'interaction entre les notions de danger et de risque (émergence de la notion de situation dangereuse).

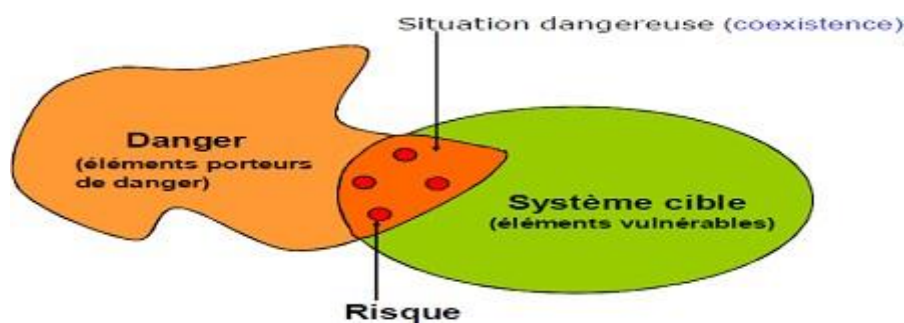


Figure I-2. Relation entre les notions de danger et de risque [09]

### I.2.3. Notion de criticité

Cette notion est définie comme le résultat d'agrégation des deux éléments, gravité et de probabilité d'occurrence. Elle permet d'estimer l'ampleur d'un risque. L'ensemble des niveaux de risques sont ajustés et classés proportionnellement en fonction de l'importance de deux dimensions (probabilité et gravité) dans une grille appelée grille de criticité.

Cette dernière est considérée comme une balance qui nous permet de peser le risque et de décider s'il est acceptable ou inacceptable.

A l'issue d'un tel résultat qu'on décide de l'opportunité des mesures nécessaires pour maîtriser ce risque.

### I.3. La gestion des risques

La gestion des risques est l'un des enjeux majeurs de toute activité industrielle. Elle doit faire partie de la politique globale de l'entreprise et constitue par là l'une des composantes fondamentales de sa réussite. Aujourd'hui il incombe à tout exploitant de démontrer qu'il gère aux mieux les risques générés par son installation par la mise en place des mesures nécessaires permettant d'assurer la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement.

La gestion des risques peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable. Cette gestion constitue un processus itératif qui englobe de différentes phases dont l'enchaînement est décrit à la figure (I.3). [10].

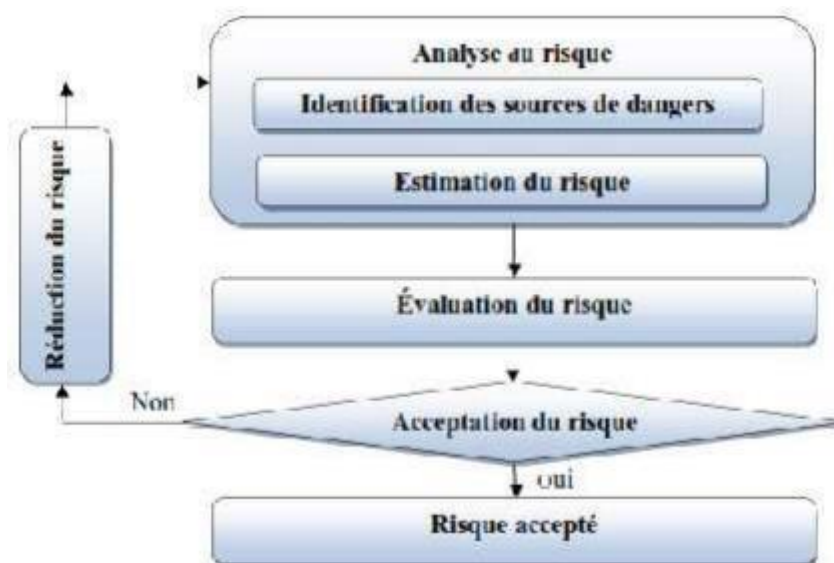


Figure I-3. Processus de gestion des risques [11]

Ces différentes phases sont brièvement explicitées comme suit :

### **I.3.1. Analyse des risques**

L'analyse des risques est définie dans le Guide ISO/CEI 51 [11] comme : « L'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ».

- La première étape d'une démarche de gestion des risques consiste en l'identification, le plus exhaustivement possible, de l'ensemble des sources de dangers et des scénarios associés qui peuvent entraîner des dommages. Ceci est possible une fois que le système a étudié est identifié et le domaine de l'étude (surtout en termes d'objectif de sécurité) est déterminé sans ambiguïté. Dans ce volet une description à trois niveaux, structurel, fonctionnel et temporel est indispensable afin de mener une analyse efficace
- Consécutivement à cette identification, l'estimation de chaque scénario d'accident doit considérer les deux composantes du risque :
  - La probabilité (ou fréquence) d'occurrence,
  - Les conséquences potentielles associées.

Cette estimation peut être réalisée à l'aide de méthodes telles que : APR, HAZOP, HAZID, AMDEC, AdD, ...) ; prises individuellement ou combinées. Notons également que cette phase, comme les autres phases, est conduite par un groupe de travail multidisciplinaire dont l'expertise conditionne considérablement la qualité et l'efficacité de la démarche de gestion des risques.

### **I.3.2. Evaluation des risques**

Cette phase permet de situer le travail d'analyse par rapport aux objectifs fixés. Elle revient à comparer le niveau de risque estimé à celui jugé acceptable ou tolérable. L'acceptation du risque et une étape de négociation entre les différents partenaires impliqués dans la démarche de gestion des risques.

Bien évidemment, les critères d'acceptabilité du risque doivent résulter d'un consensus entre ces partenaires [12].

### I.3.3. Réduction du risque

La réduction du risque doit être considérée dès lors que le risque considéré est jugé inacceptable. Il s'agit d'identifier les barrières nécessaires pour ramener le niveau de risque des différents scénarios d'accidents, en agissant le plus en amont possible de leur développement (principe d'élimination à la source), à un niveau acceptable. Comme nous l'avons précisé, rappelons-le, le risque est une combinaison de la probabilité d'un événement dangereux et de sa gravité. Ceci étant, la réduction du risque peut être obtenue de deux manières différentes [13] :

- **La protection** : elle regroupe les mesures prises pour limiter les conséquences de la survenue d'un accident en diminuant ainsi sa gravité. Par exemple : une cuvette de rétention assurant le non épandage d'un liquide, un système d'extinction automatique permettant de réduire les effets d'un incendie, les plans de secours et les procédures d'urgence pouvant réduire largement les dommages susceptibles d'être occasionnés, ct.
- **La prévention** : elle a pour but la réduction de sa probabilité (ou fréquence) d'occurrence. La prévention désigne donc les mesures préalables mises en place pour empêcher la survenue d'un accident. Cela peut être assuré par une conception sûre de l'installation ou par l'ajout de systèmes assurant la sécurité de l'installation en cas de dérive. Par ailleurs, les risques assumés, résiduels, doivent être contrôlés et gérés notamment par :
  - ✓ La sensibilisation et la communication sur ces risques. A ce titre, les exploitants sont tenus pour responsables et sont suspectés s'ils n'ont pas communiqué de manière suffisamment transparente sur les risques qui dépendent de leur autorité.
  - ✓ Le maintien et le contrôle des mesures de réduction mises en place. }
  - ✓ La gestion financière et assurances. Voir Figure (I.4)

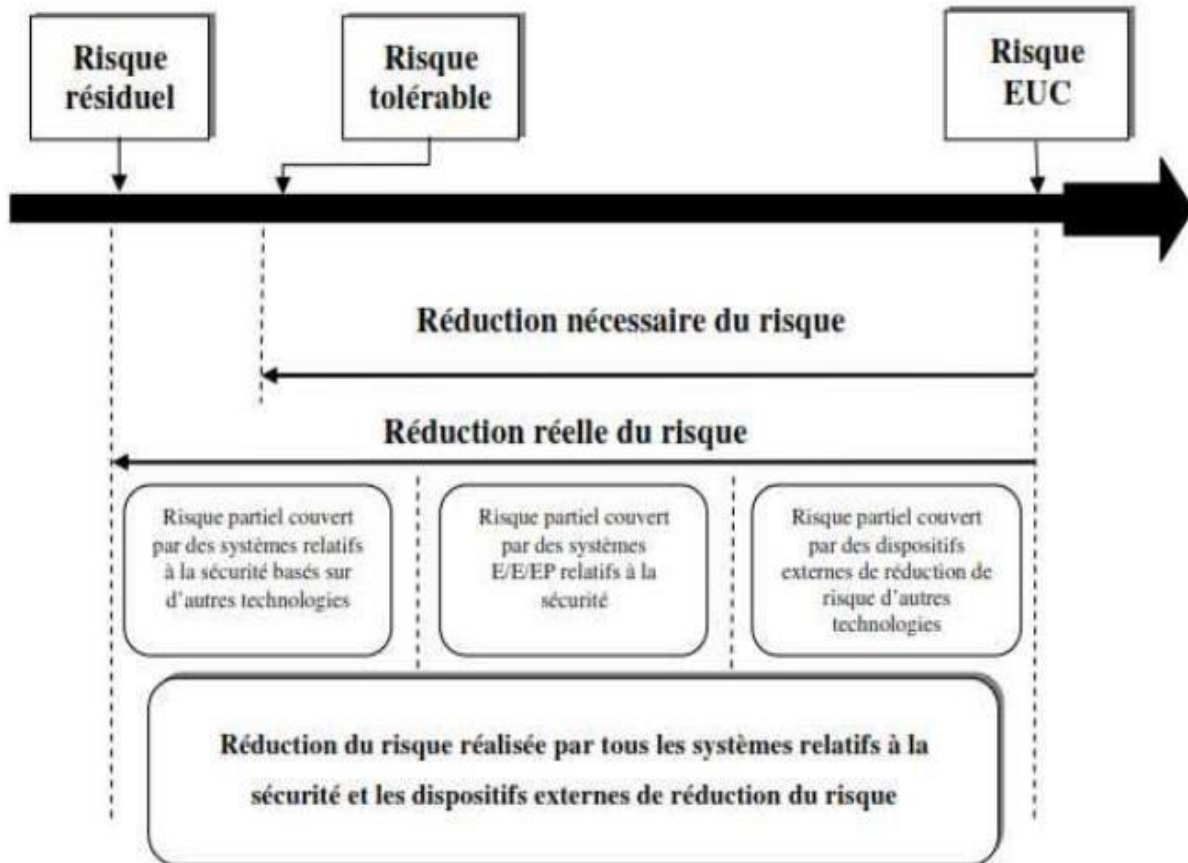


Figure I-4. Réduction du risque : concepts généraux [13]

## I.4.Méthode d'analyse et d'évaluation

Dans cette partie nous allons décrire les principales méthodes utilisées dans une démarche d'analyse des risques. Ces méthodes seront classées dans trois principales catégories

- Méthodes qualitatives
- Méthodes semi-quantitatives
- Méthode quantitatives

### I.4.1.Méthode qualitatives / Méthodes quantitatives

L'analyse qualitative des risques constitue un préalable à toutes autres analyses. En effet elle permet la bonne compréhension et connaissance systématiques du système étudié et ses composants [05]. Pour une bonne évaluation qualitative du risque cette approche ne s'appuie pas explicitement sur l'état du système et surtout sur le retour d'expérience et les jugements d'experts [14].

L'analyse quantitative des risques est considérée comme l'approche la plus retenue pour une bonne prise de décision sur les risques. Cette approche consiste à caractériser les différents paramètres d'analyse des risques par des mesures probabilistes [02].

L'obtention de ces mesures passe généralement par un traitement mathématique [05] en prenant en compte les données relatives aux différents paramètres évalués et aussi aux informations qui sont de nature quantitative.

### **I.4.1.1. Hazard and operability study (HAZOP)**

#### **I.4.1.1.1. Définition de l'HAZOP**

HAZOP est une méthode prépondérante dans l'analyse de la sécurité des industries de processus (chimique, pharmaceutique, pétrolière...). Elle est presque indispensable pour l'examen de systèmes dont la sécurité de l'installation dépend en grande partie de la maîtrise des conditions opératoires (débit, pression, température...). La méthode HAZOP permet d'améliorer le processus lui-même, indépendamment des risques [15].

Selon Généralement la méthode HAZOP représente une extension de l'analyse des modes de défaillance et leurs effets (AMDE). Elle consiste à détecter des problèmes potentiels qui peuvent causer un écart par rapport à la conception d'origine et à voir les causes et les conséquences de ces écarts. Cette méthode est mise en œuvre à la fin de phase de conception et précisément au début de phase de réalisation des systèmes industriels puisqu'elle s'appuie sur les plans de circulation des fluides et les schémas détaillés PID (piping and instrumentation diagramme) du système étudié [16].

#### **I.4.1.1.2. Principe de L'HAZOP**

La méthode HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit, écoulement, ... etc. [17]. Le principe de l'HAZOP est d'associer des mots-clés et des paramètres relatifs à l'installation étudiée pour ainsi déceler des dérives. Elle ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur le fonctionnement du procédé, à la différence de l'AMDE qui est centrée sur le fonctionnement des composants de l'installation [18].

### I.4.1.1.3. Mots-clés ou mots guides

Parallèlement, la méthode introduit un nombre limité (sept à l'origine) de mots-clés appelés aussi « mots guides » et définis originellement ainsi [16] :

« ...simple mot ou courte phrase qualifiant l'intention en vue de guider et de stimuler le processus créatif et ainsi de permettre la découverte de déviations... ».

Liste des trois mots-clés (keywords) :

- Plus de (more)
- Moins de (less)
- Inverse (reverse)

### I.4.1.1.4. Paramètres de fonctionnement

Les paramétrés de fonctionnement, pouvant avoir une incidence sur la sécurité de l'installation, doivent être sélectionnés. De manière fréquente, les paramétrés sur lesquels porte l'analyse, sont [19] :

- La température.
- La pression.
- Le débit.
- Le niveau.

Les opérations à réaliser :

- La quantité.
- L'absorption.
- La composition.
- La séparation.

Actions à réaliser :

- Démarrer.
- Isoler.

Fonctions-situations :

- Protection.
- Séisme.

### I.4.1.1.5. Déviations

La combinaison de mots-clés et de paramètres de fonctionnement va constituer une dérive, ou déviation, de ce paramètre [16].

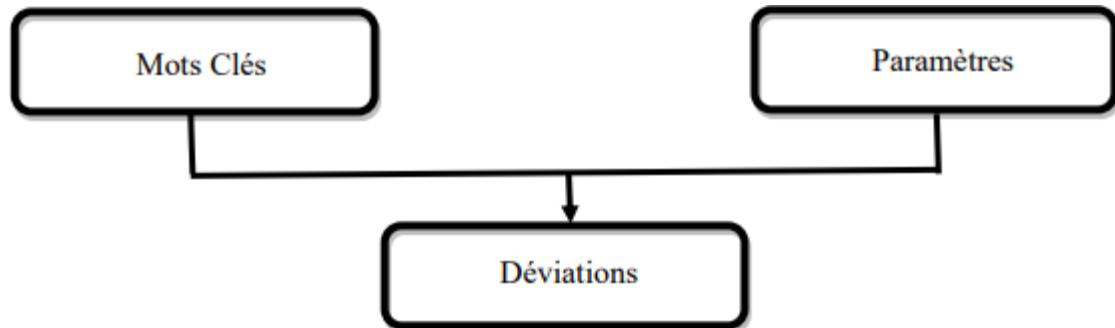


Figure I-5. La relation de déviation. [16].

### I.4.1.1.6. L'objectif de L'HAZOP

La méthode HAZOP sert à identifier les dysfonctionnements de nature technique et opératoire, dont l'enchaînement peut conduire à des événements non souhaités. Il s'agit donc de déterminer, pour chaque sous-ensemble ou élément d'un système bien défini, les conséquences d'un fonctionnement hors du domaine d'utilisation pour lequel ce système a été conçu [15].

La norme CEI 61882 définit les objectifs de la méthode HAZOP originelle, à savoir :

- a) « ...identification des dangers potentiels dans le système. Le danger peut se limiter à la proximité immédiate du système ou étendre ses effets bien au-delà, comme dans le cas des dangers environnementaux... » ;
- b) « ...identification des problèmes potentiels d'exploitabilité posés par le système et, en particulier, l'identification des causes, des perturbations du fonctionnement et des déviations dans la production susceptible d'entraîner la fabrication de produits non conformes [16].

Les raisons qui vont conduire à engager une étude HAZOP sur une installation industrielle peuvent répondre à de multiples objectifs qui sont en fait des exigences [20], [21] :

- a. Satisfaire aux exigences de la politique ' Hygiène-Sécurité-Environnement ' (HSE) de l'entreprise propriétaire de l'installation ;

- b. Satisfaire aux exigences de l'Administration : Assurer la conformité avec la réglementation des Installations classées pour la protection de l'environnement

(ICPE), les codes du travail et de l'environnement, la Directive SEVESO ;

- a. Etablir les plans d'urgence : Plan d'opération interne (POI) pour les installations industrielles, Plan d'urgence interne (PUI) pour les installations nucléaires, tous deux établis sous la responsabilité de l'exploitant, le Plan particulier d'intervention (PPI) et le Plan de prévention des risques technologiques (PPRT), établis sous l'autorité du Préfet ;
- b. Renforcer la confiance des parties prenantes (stakeholders) : populations, personnels, dirigeants, actionnaires, clients ;
- c. Satisfaire aux exigences des assureurs qui vont devoir couvrir financièrement le risque résiduel.
- d. Les études HAZOP permettent de corriger les erreurs avant que deviennent trop onéreux.
- e. Les études HAZOP sont devenues la méthode la plus employée pour l'identification des dangers.

Bien que la conception de l'usine se fonde sur les réglementations et normes applicables, le processus HAZOP a offert la possibilité de les compléter par une anticipation ingénieuse des écarts susceptibles de se produire en raison, par exemple, de conditions ou problèmes de procédé, du dysfonctionnement d'un équipement ou d'une erreur humaine.

#### **I.4.1.1.7. Déroulement de L'HAZOP**

##### **I.4.1.1.7.1. Phase préparatoire**

L'entreprise doit évaluer la nécessité et la pertinence de recourir à l'HAZOP, puis délimiter son périmètre d'application. Le système sera divisé en sous-systèmes appelés "nœuds", l'installation examinée sera appelée "ligne" ou "maille". L'équipe de travail constituée doit être pluridisciplinaire et doit parfaitement connaître et maîtriser le nœud et ses lignes/mailles. Elle délimitera les contours du sujet et en dégagera les objectifs [20].

##### **I.4.1.1.7.2. Générer les dérives potentielles**

Afin de générer efficacement des dérives potentielles, la méthode HAZOP prévoit d'associer des mots-clés qui seront représentatifs des types de déviation possible du système, sous la

Forme de propositions conditionnelles, à tous les paramétrés pouvant interagir sur la sécurité du système. L'équipe de travail sélectionne un paramètre de fonctionnement de l'exploitation (ex. la température, le temps, la pression, le débit, ...) et choisit un mot-clé définissant une déviation. C'est la combinaison du mot-clé et du paramètre qui constitue la dérive. Par exemple : Le paramètre " Pression ", associé au mot-clé de déviance " Supérieur à " et une valeur limite, exprime un risque d'une surpression. L'équipe fixe la liste des dérives plausibles, issues de combinaisons paramétrées mots-clés, pour déclencher l'analyse des causes et des conséquences potentielles [20].

#### **I.4.1.1.7.3. Identifier les causes et les conséquences potentielles**

Le groupe de travail, une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot-clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe. Afin de faciliter cette identification, il est utile de se référer à des listes guides [20].

#### **I.4.1.1.7.4. Identifier les moyens de détection et de prévention**

L'HAZOP prévoit d'identifier, pour chaque dérive, les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues, pour en réduire l'occurrence ou les effets. Si les mesures mises en place paraissent insuffisantes, au regard du risque encouru, le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier à ces problèmes ou du moins définir des actions à engager, pour améliorer la sécurité quant à ces points précis [18].

#### **I.4.1.1.7.5. Emettre des recommandations**

L'équipe de travail émet des recommandations d'actions correctives à mettre en œuvre, en cas d'apparition de la dérive ou des recommandations d'actions d'amélioration à mettre en place sur les outils et/ou méthodes de prévention déjà existants [20].

#### **I.4.1.1.7.6. Rechercher les dérives jusqu'à épuisement des risques**

L'équipé de travail génère toutes les dérives crédibles possibles de la ligne/maille jusqu'à épuisement des risques, identifie les causes, conséquences, moyens de détection et de prévention de chaque dérive et émet ses recommandations. L'équipé de travail procède ainsi

Pour chaque ligne/maille de chaque nœud identifié et afin de faciliter la lecture et l'enregistrement des informations, les résultats de cette analyse sont généralement repris sous la forme d'un tableau [20]. Ces étapes sont illustrées par l'organigramme suivant [20] :

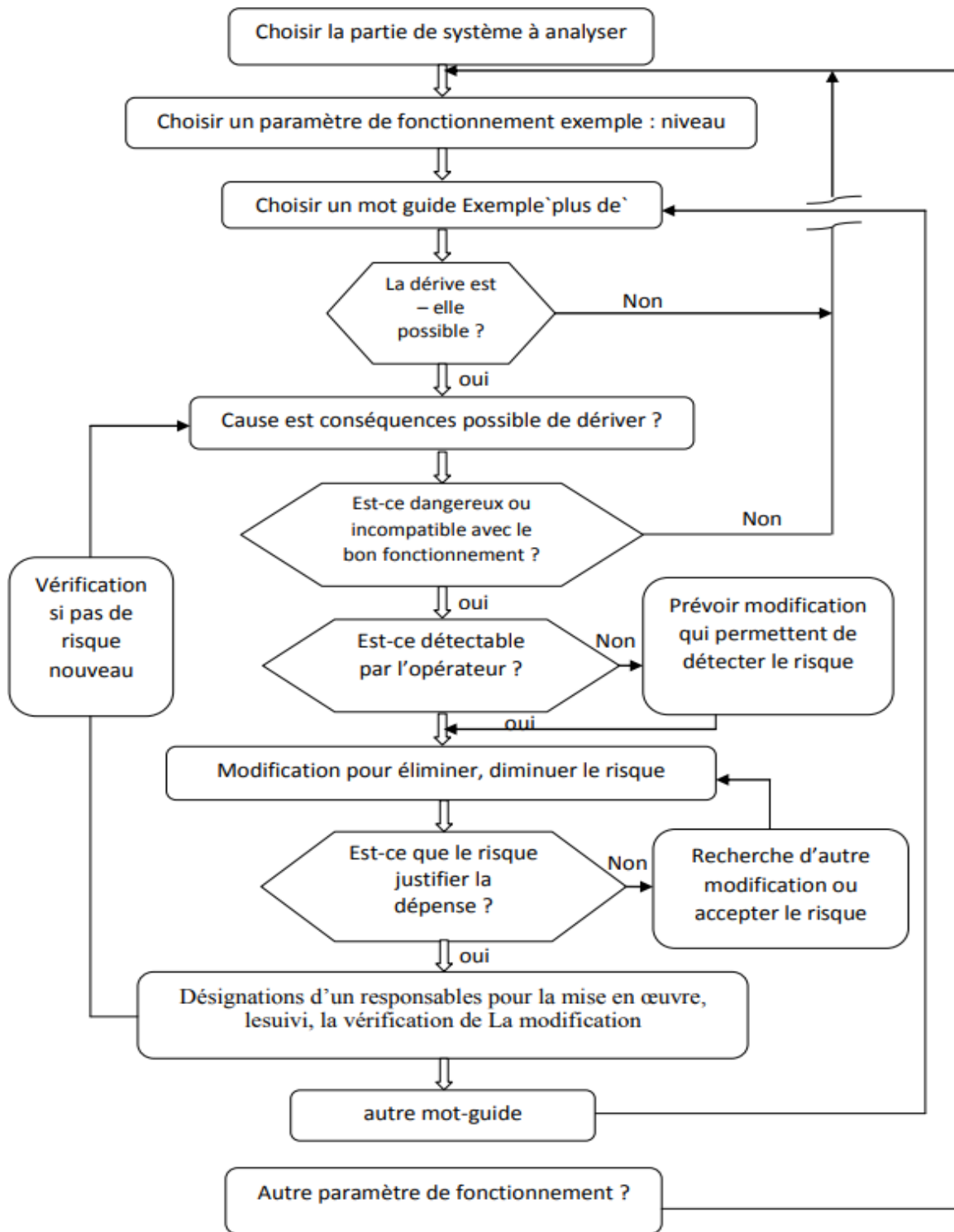


Figure I-6. Les étapes de déroulement de L'HAZOP [20]

### I.4.1.2. Arbre de défaillances (AdD)

Historiquement, l'analyse par Arbre de Défaillances a été la première méthode développée pour l'examen systématique des risques. Il a été développé dans les bureaux de la société BELL Téléphone au début des années 1960 et a été testé pour évaluer la sécurité des systèmes de lancement de missiles [22].

Un Arbre de Défaillances (aussi appelé arbre de pannes ou arbre de fautes) est une technique d'ingénierie très utilisée dans les études de sécurité et de fiabilité des systèmes statiques (un système statique est un système dont la défaillance ne dépend pas de l'ordre de défaillance de ses composants). Cette méthode consiste à représenter graphiquement les combinaisons possibles d'événements qui permettent la réalisation d'un événement indésirable prédéfini. Une telle représentation graphique met donc en évidence les relations de cause à effet. Cette technique est complétée par un traitement mathématique qui permet la combinaison de défaillances simples ainsi que de leur probabilité d'apparition. Elle permet ainsi de quantifier la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable, également appelé « Événement redouté » [23].

#### I.4.1.2.1. Objectif

- À partir d'un événement final indésirable, rechercher les combinaisons des différents événements élémentaires ou des défaillances qui peuvent y conduire ;
- La représentation graphique des connections entre les événements. Remarquons qu'il existe une représentation de la logique de défaillance du système pour chaque E.R. Ce qui implique qu'il y aura autant d'arbres de défaillances à construire que d'E.R. retenus ;
- Réduire la probabilité d'occurrence de cet événement final ;

#### I.4.1.2.2. Mise en œuvre de la méthode

##### a. Principe

- Définir l'événement final indésirable ;
- Représenter graphiquement les combinaisons d'événements par un "arbre" ;
- Arbre formé de niveaux successifs tel que chaque événement soit généré à partir d'événements inférieurs par l'intermédiaire de portes logiques "et" et "ou" ;
- Se poser la question : "qu'est-ce qu'il faut pour que l'événement se produise ?" ;

- Construction de l'arbre arrêtée lorsque les événements élémentaires :
  - ✓ Sont indépendants entre eux ;
  - ✓ Leur probabilité peut être estimée ;
  - ✓ Il est décidé de ne pas les décomposer en combinaison d'événements plus simples [24].

#### I.4.1.2.3. Présentation graphique

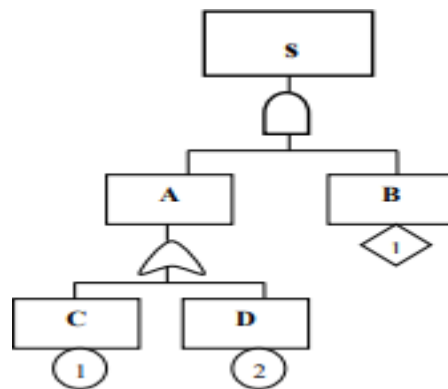


Figure I-7. Présentation graphique de la méthode ADD [24]

#### I.4.1.2.4. Intérêts et limites

- Méthode qualitative et semi-quantitative précise qui est le travail d'une équipe pluridisciplinaire ;
- Fait intervenir les combinaisons d'événements ;
- Permet de déterminer les chemins critiques et facilite le choix des actions de préventions ;
- Le choix judicieux et objectif des probabilités d'occurrence est essentiel. Attention "aux calculs scientifiques exacts" à partir de "données fausses" ;
- Peu appropriée aux phases transitoires et aux procédés discontinus [24].

#### I.4.1.3. Arbre des événements (AdE)

L'analyse par arbre d'événements a été développée au début des années 1970 pour l'estimation du risque lié aux centrales nucléaires à eau légère. Particulièrement utilisée dans le domaine du nucléaire, son utilisation s'est étendue à d'autres secteurs d'activité [22].

L'Arbre des évènements est une technique graphique qui représente les séquences mutuellement exclusives des événements qui pourraient survenir à la suite d'un événement initiateur, selon le fonctionnement ou non des différents systèmes conçus pour en faire varier les conséquences. L'arbre peut être quantifié afin de donner les probabilités des différents résultats possibles [22].

#### **I.4.1.3.1. Objectif**

- À partir d'un événement indésirable, rechercher les scénarios possibles d'évolution en événements accidentels ;
- Estimer les probabilités d'occurrence de chacun des scénarios.

#### **I.4.1.3.2. Mise en œuvre de la méthode**

1. Identifier l'événement initiateur ;
2. Identifier les développements de l'incident : Considérer les tentatives de contrôler la situation et les mesures de mitigation ;
3. Construire l'arbre : La construction de l'arbre consiste à envisager soit le bon fonctionnement soit la défaillance de la première fonction de sécurité à partir de l'événement initiateur. Ensuite il s'agit d'examiner le développement de chaque branche de manière itérative en considérant le fonctionnement ou la défaillance de la fonction de sécurité suivante et ainsi de suite. Cette approche chronologique permet d'identifier des séquences d'évènements susceptibles de conduire ou non à un accident potentiel ;
4. Classer les résultats de l'incident : Le développement de l'arbre des événements devrait seulement être fait de telle sorte à atteindre les objectifs de l'analyse ;
5. Estimer les probabilités de chaque branche d'arbre : Chaque titre de l'arbre autre que l'événement initiateur correspond à une probabilité conditionnelle d'un résultat, donc si l'événement précédent a eu lieu, alors la probabilité associée à chaque branche est égale à 1 ;
6. Quantifier les résultats et revoir leur précision : La fréquence de chaque résultat est obtenue en multipliant la fréquence de l'événement initiateur par les probabilités conditionnelles le long de chaque chemin menant au résultat en question. Les résultats devraient être vérifiés par rapport aux fréquences d'occurrence des données historiques.

### I.4.1.3.3. Présentation graphique

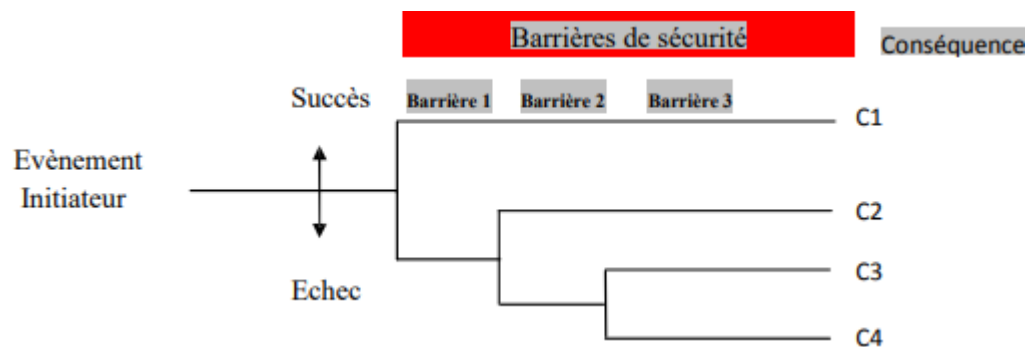


Figure I-8. Schéma d'un AdE avec des barrières de sécurité. [25]

### I.4.1.3.4. Intérêts et limites

- Méthode qui permet d'envisager de manière systématique tous les déroulements possibles d'un événement indésirable ;
- Le positionnement de barrières de sécurité (de défense) permet de :
  - ✓ Diminuer la probabilité d'occurrence de l'événement redouté ;
  - ✓ Limiter ses effets.
- Volume de travail considérable pour les installations complexes : grand nombre de scénarios, d'arbres ;
- Difficultés pour utiliser des probabilités d'occurrence ou des facteurs correctifs "spécifiques" à l'installation étudiée [24].

## I.5. Barrière de sécurité (ou mesure de sécurité)

Ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On distingue parfois :

- Les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable ; ces mesures se situent en amont de l'événement redouté central.

- Les mesures (ou barrières) de limitation : ces mesures se situent à l'aval de l'événement redouté central. Ces mesures visent à réduire la probabilité du phénomène dangereux en absence de mesures et à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux. Ces mesures conduisent à deux phénomènes dangereux selon que les mesures sont défailtantes ou non. On distingue parfois aussi les mesures (ou barrières) de protection : mesure visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité.

### I.5.1. Types des barrières de sécurité selon INERIS

Les barrières de sécurité (ou mesures de maîtrise des risques) sont de trois types :

- Les barrières techniques,
- Les barrières humaines,
- Les barrières qui font intervenir les barrières techniques et humaines.

Ces barrières sont appelées systèmes à action manuelle de sécurité la figure (I-9) présenter typologie des barrières de sécurité [26].



Figure I-9. Typologie des barrières de sécurité [26]

## I.6. Nœud-papillon

Le « Nœud Papillon » est un outil qui combine un arbre de défaillance et un arbre d'événement. C'est une approche de type arborescente largement utilisée dans les pays européens comme les Pays-Bas qui possèdent une approche probabiliste de la gestion des risques. Le Nœud Papillon est utilisé dans différents secteurs industriels par des entreprises comme SHELL qui a été à l'origine du développement de ce type d'outils [22].

### I.6.1. Objectif

- La méthode nœud-papillon prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels.
- Cette méthode est la combinaison d'un arbre de défaillance et d'un arbre d'événements.

### I.6.2. Mise en œuvre de la méthode

- Représenter les dangers et les successions d'événements conduisant à l'événement redouté et ses conséquences potentielles.
- Représenter et justifier les barrières pour prévenir l'événement (prévention) ou pour limiter ses effets (protection). Ces barrières sont constituées d'équipements ou d'actions humaines.
- Estimer la probabilité d'occurrence des conséquences potentielles [22].

### I.6.3. Présentation graphique

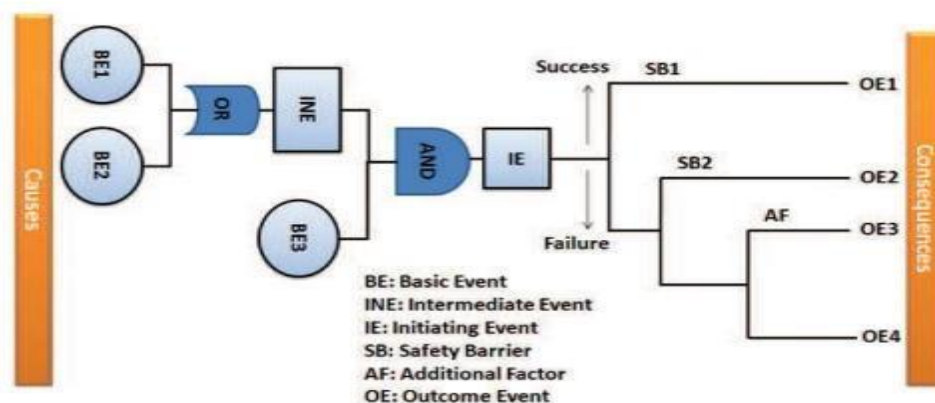


Figure I-10. Présentation graphique de la méthode nœud-papillon [27]

### I.6.4. Intérêts et limites

- Méthode lourde à mettre en œuvre
- Difficulté pour choisir de manière objective les probabilités d'occurrence et les facteurs correctifs (pour tenir compte des barrières de défense) ;
- Mise en œuvre des chemins critiques ;
- Degré de maîtrise des barrières de défense par le système de management pèse fortement sur le niveau de probabilité du scénario envisagé [24].

## I.7. MATRICE DE CRITICITÉ : ÉTAT DE L'ART

### I.7.1. Présentation de la matrice de criticité




Il est nécessaire de faire apparaître clairement, lors d'une évaluation des risques, l'ensemble des scénarios étudiés, en précisant pour chacun, la probabilité ou fréquence d'occurrence et la gravité potentielle de ses conséquences. Pour y parvenir, les matrices ou grilles de criticité, intégrant ces deux dimensions, sont utilisées dans un souci de clarté. Cette grille est un outil d'aide à la décision pour [28].

- La hiérarchisation des scénarios pouvant mener à un accident majeur ;
- La définition de mesures de réduction des risques à la source ;
- L'élaboration des plans de prévention et de protection ;

**Tableau I-1.** Exemple de matrice de criticité [29].

<i>Fréquence d'événement</i>	<i>Gravité du dommage</i>				
	Catastrophique	Majeure	Mineure	Minime	Négligeable
Fréquent	H	H	H	H	I
Probable	H	H	H	I	I
Occasionnel	H	H	I	I	L
Rare	H	I	I	L	T
Improbable	I	I	L	T	T
Invraisemblable	I	L	T	T	T

Le tableau I-1 représente un exemple de table d'estimation du risque. La lettre H (High) représente le risque élevé, la lettre I (Intermediate) représente le risque intermédiaire, la lettre L (Low) représente le risque faible et la lettre T (Trivial) représente le risque insignifiant. Les couples (fréquence, gravité) résultant en un risque élevé (H) sont mis en valeur car ils représentent les risques les moins tolérables. Il est clair qu'un risque de niveau H fera sans aucun doute l'objet d'un travail de réduction.

		<i>CONSEQUENCE</i>				
		(1)	(2)	(3)	(4)	
<i>F R Q U E N C E</i>	(1)	1	2	3	4	 Risque faible
	(2)	2	4	6	8	 Risque moyen
	(3)	3	6	9	12	 Risque élevé
	(4)	4	8	12	16	
	(5)	5	10	15	20	

**Figure I-11.** Exemple (2) de matrice de criticité.

La figure I-11 montre un autre exemple de matrice de criticité des risques, où l'axe horizontal, relatif à la gravité, comporte quatre catégories de conséquences :

- 1 : Conséquences mineures ;
- 2 : Conséquences significatives ;
- 3 : Conséquences critiques ;
- 4 : Conséquences catastrophiques.

La gravité peut être définie sur une échelle telle que celle figurant sur le tableau I-2

**Tableau I-2.** Exemple d'échelle de gravité [30].

Niveau	Description qualitative	Signification
1	Mineure	Ni dégradation sensible des performances du système, ni interruption de la mission, ni blessures de personnes, ni endommagement notable des biens ou du système
2	Significative	Dégradation sensible des performances du système avec possibilité d'interruption de la mission, mais sans blessures de personnes, ni endommagement notable des biens ou du système
3	Critique	Blessures de personnes et/ou endommagement notable des performances du système
4	Catastrophique	Destruction du système et/ou plusieurs cas de blessures graves et/ou de mort de personnes

L'axe vertical comporte cinq niveaux de fréquence :

- 1 : Extrêmement rare ;
- 2 : Rare ;
- 3 : Occasionnel ;
- 4 : Fréquent ;
- 5 : Très fréquent.

Sachant que la fréquence est l'inverse d'un temps ou d'un nombre d'occurrence par unité de temps, sa caractérisation dépend fortement de la nature et de la quantité de données disponibles. Le tableau I-3 donne un exemple de catégorisation de la fréquence.

**Tableau I-3.** Exemple de caractérisation de la fréquence.

Approche qualitative (Peu de données)	Approche quantitative ou semi-Quantitative (plus de données)	Au niveau de la Grille de criticité
Extrêmement rare	$10^{-n1}$ (*)	1
Rare	$10^{-n2}$	2
Occasionnel	$10^{-n3}$	3
Fréquent	$10^{-n4}$	4
Très fréquent	$10^{-n5}$	5

(\*) Avec  $n1 > n2 > n3 > n4 > n5$

A chaque case de la grille correspond un nombre caractérisant le risque. Ce nombre prend la valeur de deux chiffres qui représentent le couple (fréquence, gravité). La matrice comprend trois zones :

- Zone du risque faible (en blanc) ;
- Zone du risque moyen (en gris) ;
- Zone du risque élevé (en noir).

La matrice de criticité n'est pas complète si le risque jugé acceptable n'est pas séparé de celui jugé inacceptable.

La construction de la matrice de criticité comprend les étapes suivantes :

1. Caractérisation de la gravité, de la fréquence et du risque et définition des échelles de cotation ;
2. Définition des critères d'acceptabilité du risque ;
3. Représentation graphique de la matrice.

Pour un établissement, la catégorisation de la gravité et de la fréquence dépend du type d'activité ou des caractéristiques des processus impliqués. En général, et selon la norme MIL-SDT-882D [31], la fréquence est caractérisée selon cinq catégories et la gravité selon six catégories. Ainsi, une matrice de 24 cellules est construite. Parfois, particulièrement pour des jugements 'simples' du risque, les matrices de taille 3 x 3 et 5 x 5 peuvent être utilisées.

La relation entre les catégories de gravité, de fréquence et du risque est représentée par un ensemble de règles issues de l'engineering du risque (critères d'acceptabilité du risque).

### **I.7.2. Critères relatifs à l'étude des grilles de criticité**

L'étude des grilles de criticité porte sur les échelles de gravité, de fréquence et de criticité correspondantes. A cet effet, Un certain nombre de critères est retenu pour l'analyse de chaque échelle [28] :

#### **I.7.2.1. Critères relatifs à l'échelle de gravité**

Cinq critères sont retenus pour l'étude de l'échelle de gravité :

(1) Nature de l'échelle : Une échelle peut se présenter sous différentes formes :

- a. Echelle ordinale : L'écart qui sépare deux échelons n'a pas de signification. Ceci est notamment le cas :
  - De l'échelle verbale.
  - De l'échelle numérique : Cette échelle est aussi appelée « échelle qualitative ».
- b. Echelle quantitative (ou de rapport) : Celle-ci est numérique et ses échelons sont définis par référence à une unité clairement identifiée. Ceci dans le but de donner sens, d'une part, à l'absence de quantité (échelon zéro) et, d'autre part, au rapport entre deux échelons quelconques comme étant égal au rapport des
- c. Echelle d'intervalle : Elle se trouve entre les deux cas extrêmes ci-dessus. Avec ce type d'échelle, le rapport entre les différences des nombres associés à deux couples d'échelons distincts est significatif, le rapport des nombres qui caractérisent deux échelons peut, lui, ne pas l'être. Exemple : Evaluation d'une température en degré Celsius ou Fahrenheit.

- (2) Nombre d'échelons : On entend donner, à travers ce critère, des indications sur la distribution des échelons.
- (3) Conséquences agrégées ou distinguées : Par agrégation on entend le passage d'une évaluation distinguée des conséquences (conséquence sur les personnes, conséquence sur les biens, etc.) à une évaluation globale des conséquences, c'est à dire, sur une seule échelle. Notons que s'il n'y a qu'une conséquence prise en compte dans le cadre de cette échelle de gravité, l'agrégation n'a pas lieu d'être. Lorsque les conséquences sont agrégées, la pratique d'agrégation utilisée est la « règle du max. ». Cette règle consiste à prendre la note la plus haute répertoriée sur l'une des échelles de gravité (/ cible). Ainsi, si un scénario d'accident occasionne des conséquences de gravité 1 sur les personnes, 2 sur l'environnement et 3 sur le médiatique, la gravité globale sur le scénario est 3.
- (4) Niveaux de l'analyse (systèmes étudiés) : A chaque grille de criticité son « sujet d'étude » de risque. Certaines s'intéressent à l'installation et étudient les différents scénarios d'accidents potentiels, d'autres s'intéressent à l'entreprise dans sa globalité et étudient les risques associés au choix d'une stratégie ou le risque projet. D'autres adoptent une démarche système et étudient les scénarios d'accidents associés.
- (5) Nature de l'information utilisée : Le choix de la nature de l'échelle de gravité utilisée dans la composition d'une grille de criticité est fonction de la nature et la quantité d'information et de données disponibles. Ainsi, on peut se retrouver avec une dominance d'information quantitative (mesures, etc.), ou une dominance d'information qualitative (description, témoignage, etc.), ou un mélange des deux.

### **I.7.2.2. Critères relatifs à l'échelle de fréquence**

Six critères sont retenus pour l'étude de l'échelle de fréquence d'occurrence :

- 1) Désignation : Vocabulaire utilisé pour désigner l'échelle : Probabilité, fréquence.
- 2) Approche d'évaluation de la probabilité : La démarche d'évaluation de la probabilité d'occurrence dépend fortement de la quantité, de la nature de l'information et des données à disposition. Deux grands types de démarche sont utilisés : Analyse statistique ou expertise (directe, indirecte).

- Lorsque les données utilisées font référence à des événements passés ou à un existant et que les informations se présentent sous la forme d'une quantité suffisante, alors la probabilité d'occurrence est souvent déterminée sur la base de démarches statistiques. Dans ce cas, la probabilité (par rapport à l'historique) est réduite au calcul d'une fréquence.
  - Lorsque les données utilisées ne sont pas suffisantes, ne se prêtent pas à des manipulations statistiques, ou font référence à un événement « potentiel », les démarches les plus souvent utilisées sont basées sur l'expertise. Cette dernière est soit directe, soit indirecte avec l'utilisation d'approches : multicritère, par barrières, etc. Même si à l'issue de la démarche de calcul, le résultat est présenté sous une forme  $10^{-n}/\text{an}$ , ce type de probabilité n'est pas comparable ou n'a pas la même signification que le résultat du point précédent. On utilise ici une « probabilité subjective » car il n'y a pas de statistique historique pleinement exploitable.
- 3) Lieu de référence d'occurrence de l'événement : Le référentiel « spatial et organisationnel » influence fortement la quantité d'information à disposition et la signification de la probabilité calculée. Il est bien évident que si la source d'information s'étend au-delà du système étudié, la chance d'avoir une quantité d'information importante s'en trouve accrue ; et la probabilité d'occurrence calculée peut être « surévaluée ».
  - 4) Nature de l'échelle agrégée : Type d'échelle de probabilité d'occurrence : qualitative, semi quantitative et quantitative.
  - 5) Nombre d'échelons : On entend donner, à travers ce critère, des indications sur la distribution des échelons.
  - 6) Logique d'évaluation : La manière dont la probabilité d'occurrence est obtenue est selon les cas rencontrés soit : Non explicitée ; directe (critères) ou indirecte (par barrières).

**I.8. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vision globale sur le contexte, afin de mieux comprendre rappeler certaines définitions des termes fondamentaux ayant trait au domaine de la gestion des risques. Il était question de mettre l'accent sur les méthodes d'analyse et d'évaluation des risques. Un intérêt particulier es prêté à la méthode d'analyse quantitative des risque (Nœud-papillon), son principe et se étape, ses avantages et ses limites.

Nous avons ensuite présenté les différentes approches pour évaluer le caractère critique et l'acceptabilité. Nous nous sommes surtout intéressés à la matrice de criticité et d'acceptabilité, qui est intégrée aux méthodes qualitatives et semi-quantitatives.

Dans le chapitre suivant, nous présentons les différentes méthodes probabilistes et déterministes, développée dans le cadre du présent travail.

# *Chapitre II*

*Généralités sur la société SONATRACH et le  
champ d'Oued Noumer*

## **II.1. Introduction**

SONATRACH est créée le 31 décembre 1963, avec un objectif principal le transport et la commercialisation des hydrocarbures et se déployer progressivement dans les autres segments de l'activité pétrolière. C'est un acteur majeur de l'industrie pétrolière surnommé la major africaine. SONATRACH est classée la première entreprise d'Afrique [32]. Parmi les activités de l'entreprise

Le champ d'Oued Noumer présente un excellent intérêt pétrolier dû à ses réserves en Hydrocarbures.

Le champ d'Oued Noumer faisant partie, géologiquement, de la province triasique, qui a été découvert par SONATRACH en 1969 et mis en production en 1972

Dans la première partie de ce chapitre nous parlerons brièvement sur la description de l'entreprise SONATRACH, la seconde partie est réservée à la station de Le champ d'Oued Noumer dont nous avons réalisé notre étude durant le stage. Par conséquent, cette station sera présentée avec un peu plus de détails

## **II.2. Renseignements généraux**

### **II.2.1. Identification de l'établissement**

L'Etude de Dangers concerne la Direction d'Oued Noumer. Celle-ci regroupe les installations d'Oued Noumer même (unité de traitement de brut et de gaz et unité d'extraction de GPL) et d'Ait Kheir (centre de production et de compression de gaz).

L'étude vise à la mise en conformité des installations avec le décret exécutif 06-198 du 4 Jomada El Oula 1427 (31 mai 2006) définissant la réglementation applicable aux établissements classés. Ce décret prévoit l'obligation d'une étude de danger pour pouvoir exploiter un établissement classé. [33]

### **II.2.2. Coordonnées du site d'exploitation**

SONATRACH – Activité Amont Division Production

Direction Régionale Hassi R'Mel Direction Oued Noumer

BP 471 Ghardaïa

Le site appartient à la commune de ZELFANA dans la Wilaya de Ghardaïa

Le Directeur d'Oued Noumer : Monsieur Bellouettar Mekki

Le Directeur Régional d'Oued Noumer : Monsieur RAHMON Maamar [33]

## **II.3 Sonatrach DP : Site d'Oued Noumer**

### **II.3.1 Présentation de sonatrach DP**

**SONATRACH** est la compagnie nationale algérienne pour la recherche, la production, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures dérivés. Elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Elle exerce ses métiers en algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent.

**SONATRACH** : est la première entreprise du continent africain et occupe une place de premier plan au niveau mondial. Sa production globale (tous produits confondus) est de 230 millions de tep en 2006. Ses activités constituent environ 30% du PNB de l'Algérie. Elle emploie 120.000 personnes dans l'ensemble du Groupe.

**SONATRACH** : est divisé en quatre Activités : Amont, Aval, Transport par canalisation et Commercialisation.

**La Division Production (DP)** fait partie intégrante de l'Activité Amont. Les sites de Production de la Division Production sont répartis selon les neuf Directions Régionales suivantes :

- La Direction Régionale de Hassi Messaoud comprenant les sites de production suivants : CINA, CIS, Unités Satellites, El Borma et Mesdar
- La Direction Régionale de Rhourde Nouss dont est rattachée la Direction du site d'Hamra
- La Direction Régionale de Gassi Touil
- La Direction Régionale de Hassi R'mel, en plus de la Direction Oued Noumer (Oued Noumer et Ait Kheir), comprend les sites de production suivants : Centre, Nord, Sud, et Djebel Bissa
- La Direction Régionale d'Haoud Berkaoui incluant les sites de Guellala et Benkehla
- La Direction Régionale d'In Amenas
- La Direction Régionale de Stah
- La Direction Régionale de Tin Fouye Tabankort
- La Direction Régionale d'Ohanet [33]

### **II.3.2. Historique du champ d'Oued Noumer**

Les dates clés qui ont ponctué le développement de la direction Oued Noumer sont :

- 1969 : La Première découverte d'un puits d'huile et de gaz à Oued Noumer. Jusqu'à présent 17 puits ont été forés (ONR 1 à ONR 15 plus ONR 1bis et ONR 8bis) dont quatre sont noyés (ONR 2, 4, 6, 10), deux abandonnés (ONR 13 et 14), un puits fermé ONR 12, un puits sec ONR 15 et le reste des puits producteurs sont reliés au Centre de production ONR ;
  - 1972 : Mise en service première unité de séparation (démarrage des champs ONR/ATK). Suite à la découverte d'ATK 1, vingt-sept puits qu'ont été forés dont cinq sont des puits injecteurs de gaz (ATK i3, ATK i10, ATK i17, ATK i19, ATK i22).
  - 1974 : El Djorf a été découvert par le puits DJF1, quatre puits ont été forés dont DJF 3 est trouvé noyé. Actuellement tous ces puits sont fermés et ce depuis les années 80 à cause de leurs faibles potentiels ;
  - 1975 : Makouda a été découvert par le puits MKA 1, quatre puits ont été forés dont deux (MKA 3, 4) sont trouvés noyés. MKA 1 et MKA 2 sont reliés au centre de production ONR ;
  - 1976 : Sidi Mezghich a été découvert par le puits SMZ 1, trois puits ont été forés dont SMZ2 est trouvé noyé. Les puits SMZ et SMZ 1 sont reliés via une collecte de 4" vers centre de production d'Ait Kheir ;
  - 1986 : Démarrage de la nouvelle unité de séparation de brute et de récupération de gaz ;
  - 1997 : Démarrage de l'unité extraction de GPL. Et plus récemment, d'autres petites structures ont été découvertes par des forages d'exploration au voisinage et au sud du gisement de Ait El Kheir, dont en :
    - 2012 : Glib El Djemel le puits GED 1 découvert suite au résultat positif du DST. Tréfis, deux puits ont été forés TRF 1 et TRF 2, ce dernier est trouvé sec Les deux puits TRF 1 et GED 1 sont raccordés via une collecte 10" au centre de production d'Ait El Kheir.
    - 2014 : Hassi Boukhellala Nord découvert en janvier 2014 par le puits HBKN 1 suite au résultat positif du DST, le puits est raccordé au centre de production ONR via une pipe 6".
- [32]

Le territoire de l'Algérie est divisé en différents blocs. Ces différents blocs sont explorés ou exploités par la Sonatrach, seule ou en partenariat avec d'autres sociétés pétrolières. La

Majorité des gisements de la région d’Oued Noumer sont situés dans le bloc 420. La carte de ce bloc et des blocs voisins est reprise ci-dessous.

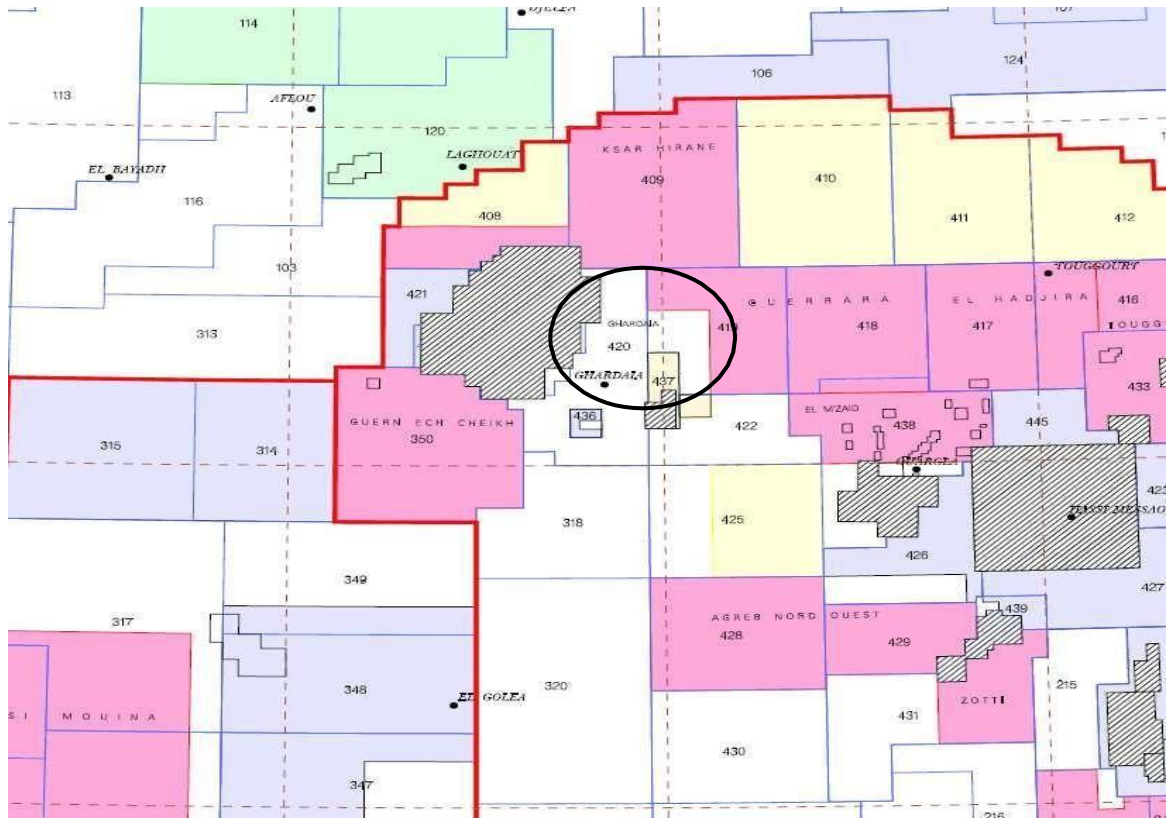


Figure II-1. Emplacement du bloc [33].

Le complexe d’Oued Noumer comprend principalement les usines, des bâtiments administratifs, magasins, ateliers, une base de vie pour les employés [33].

#### II.4. Organigramme du site

La Direction d’Oued Noumer emploie 297 agents permanents dont 66 cadres A titre indicatif :

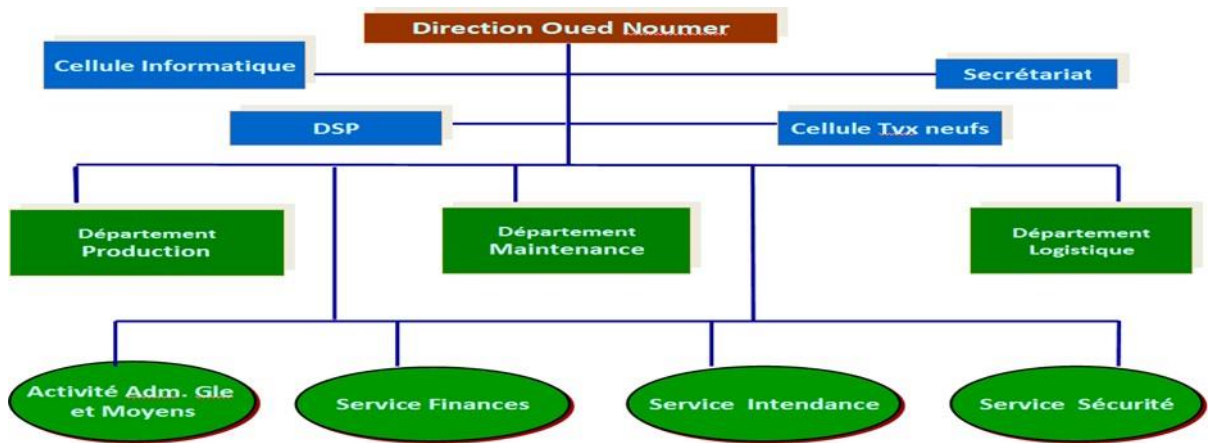


Figure II-2. Organigramme du site [33].

### II.4.1. IMPLANTATION DU CHAMP

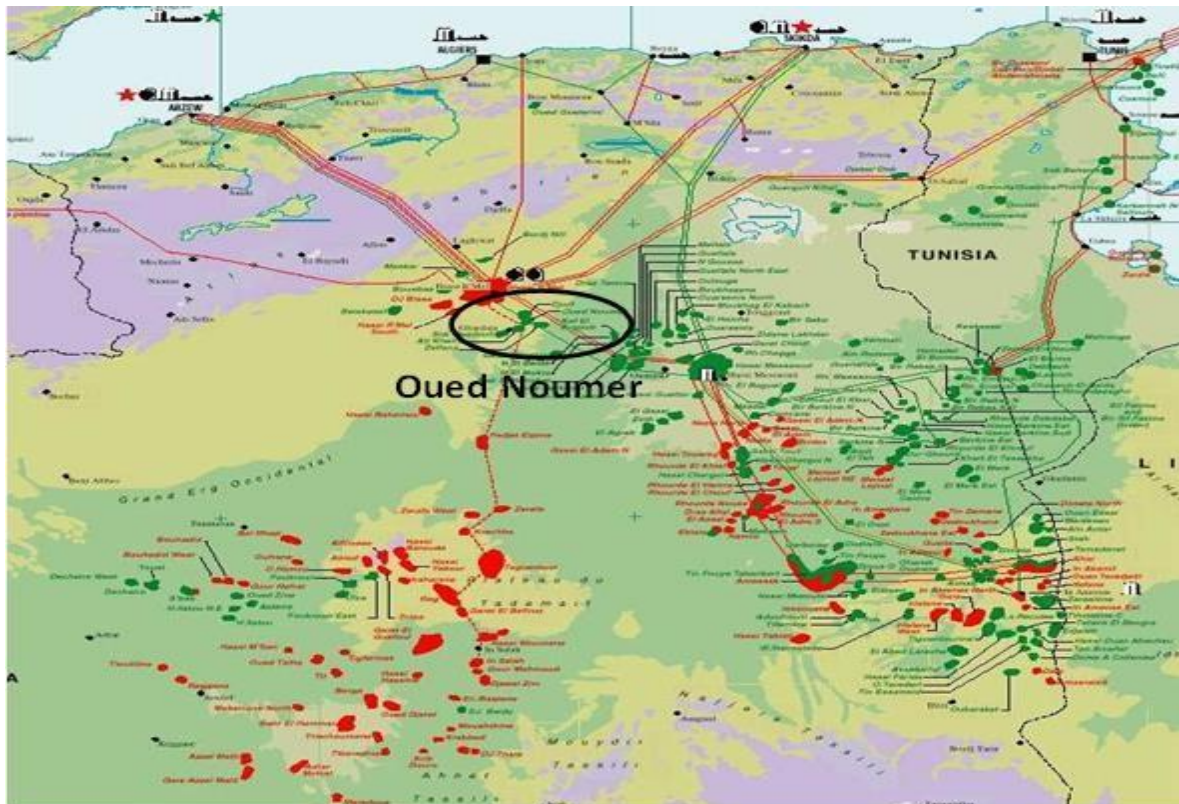


Figure II-3. Plan d'implantation du champ [33].

### II.5. Climat d'Oued Noumer

Le climat d'Oued Noumer est typique du désert aride sec, avec des étés chauds et secs et des hivers relativement froids et partiellement humides. Les précipitations sont généralement faibles et les orages rares.

Les données météorologiques étudiées ont été relevées à la station de Ghardaia. Les relevés, fournis par l’Office Algérien de la Météorologie (ONM), ont été enregistrées sur la période allant de l’année 1999 jusqu’à l’an 2008 [33].

**II.5.1. TEMPERATURE**

Les moyennes des températures relevées de 1999 à 2008 sur le site d’Ghardaia sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau II-1.** Températures mensuelles moyennes à Ghardaia [33].

	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Moyenne minimale mensuelle	5.4	7.2	11.3	14.9	19.7	24.3	27.8	27.2	22.8	18.2	10.5	6.7
Température minimale la plus basse	-0,4	0,2	2,2	5,7	11	14,9	21	19	13,6	9,8	1,2	1,1
Moyenne maximal mensuelle	16.3	18.8	24.1	27.9	33	38.1	41.6	40.6	35.2	29.9	21.3	16.7
Température maximale la plus élevée	27	30,7	37	39	42,5	45	47	46,2	43,8	39,7	33,4	25

Les mois les plus chauds sont les mois de juin, juillet et août. Les températures peuvent être extrêmes en été, pouvant atteindre des températures proches de 47°C. La différence est très importante avec les nuits hivernales, durant lesquelles la température peut descendre en-dessous de 0°C. Notons également les importants écarts de température au sein d’un même mois, principalement en hiver où l’écart entre les températures minimales et maximales peut atteindre 35°C (mars)

Les températures moyennes pour les mois de juin, juillet, août sont de l’ordre de 40°C pendant la journée et comprise entre 24 et 27°C pour les nuits. Pour les mois de décembre [33].

## II.5.2. PLUVIOMETRIE :

Les relevés suivant reprennent la moyenne mensuelle des précipitations et d'évaporation (en mm d'eau).

**Tableau II-2.** Pluviométrie et évaporation mensuelle moyenne à Ghardaia (en mm) 1999-200

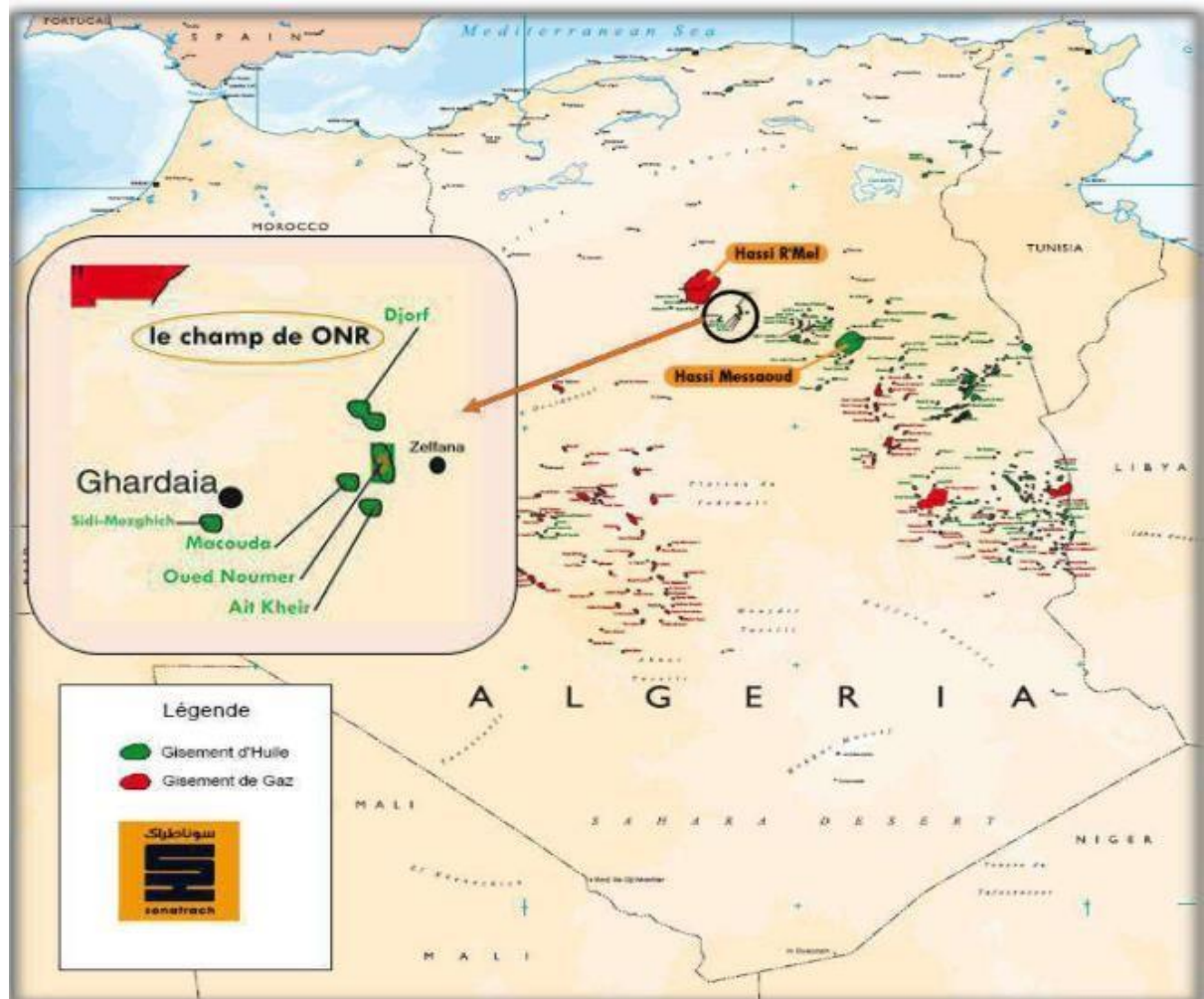
	Janv.	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil.	Aout	Sept	Oct	Nov.	Déc.	Moyenne Annuelle
La pluviométrie moyenne mensuelle	13.4	2	6	7.9	1.6	9	2.3	9.4	12.9	12	8.5	12.7	8.1
L'évaporation moyenne mensuelle	95.5	122	189	256	310	363	414	376.9	267	186	116	89.7	232.1

Les températures moyennes pour les mois de juin, juillet, août sont de l'ordre de 40°C pendant la journée et comprise entre 24 et 27°C pour les nuits. Pour les mois de décembre, janvier, février, les températures avoisinent entre 16°C et 18°C de moyenne pendant la journée et 6-7°C de moyenne durant les nuits [33].

## II.6. Présentation du centre de la production ONR

### II.6.1. Situation géographique

Le site d'Oued-Noumer est parmi les plus anciens sites pétroliers en Algérie. Il a été découvert en 1969 par SONATRACH et mis en service en 1972. Le champ d'Oued Noumer est situé à 685 Km au sud d'Alger, à 140 Km au sud-est du champ gazier de Hassi R'mel et à 220 Km à l'ouest nord du champ pétrolier de Hassi Messaoud sur l'axe routier reliant Ghardaïa à Ouargla. Son siège administratif et sa base de vie sont installés à 5 Km au nord de la RN49, axe routier reliant Ghardaïa à Ouargla et à environ 45 Km de la ville de Ghardaïa [34].



**Figure II-4.** Situation géographique des champs Oued Noumer

Le climat de région est caractérisé par une faible pluviométrie (130 mm/an) et une Humidité moyenne de 18% en été et de 30% en hiver [35].

## II.6.2. Capacité de production et de stockage

Le centre ONR étant le centre principal de traitement, il est alimenté par :

1. Plusieurs puits producteurs de brut reliés individuellement au centre.
2. Une pipe 30" acheminant toute la production de gaz d'ATK.
3. Une pipe 12" acheminant toute la production de brut d'ATK.
4. Deux pipes acheminant la production des deux puits "sidi-mezghich et makouda"[36]

### **III.6.2.1. Capacité de production**

La capacité globale de la direction d'Oued Noumer est portée à :

- Gaz brut : 6, 0 millions Sm<sup>3</sup>/j.
- GPL : 230 t/j.
- Pétrole brut et condensât : 1700 t/j [35].

[15] Larbi. BELDJOUDI, "Optimisation des paramètres de service des sécheurs gaz (T, P, Q, t)

Pour une meilleure efficacité", Mémoire de fin de formation de SONATRACH à Oued Noumer, Mai 2017.

### **III.6.2.2. Capacité de stockage**

**Oued Noumer :**

- Quatre (04) bacs de stockage atmosphérique du brut, capacité globale 19520 m<sup>3</sup>.
- Un (01) bac test de capacité 540 m<sup>3</sup>.
- Deux (02) sphères de GPL, capacité globale 1120 m<sup>3</sup>.

**Ait El Kheir :**

- Un (01) bac test de capacité 1000 m<sup>3</sup> [35].

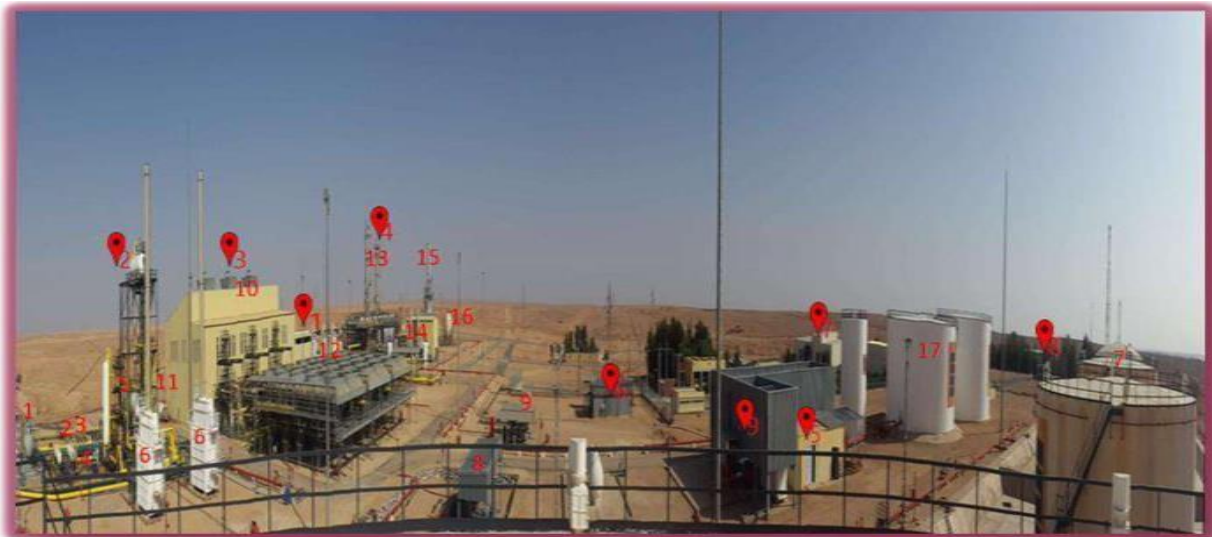
### **II.6.3. Description technique du centre de production Oued Noumer**

A partir de la figure (II-5) on peut spotter les principales installations qui forment le centre de traitement ONR à citer :

1. Salle de contrôle.
2. Unité de séparation (unité 20).
3. Unité de compression.
4. Usine GPL.
5. Unité de traitement d'eau.
6. Sous station électrique.
7. Ateliers maintenance.
8. Bloc administratif.
9. Système anti-incendie.

Les équipements qui peuvent être repérés du bac de stockage brut R0 sont :

1. Séparateur FWKO.
2. Batterie test.
3. Manifold d'entrée brut.
4. Pompe d'eau de dessalage.
5. Ballons de séparation.
6. Fours de stabilisation.
7. Bacs de stockage brut.
8. Pompes d'expédition brut U60.
9. Pompes d'expédition brut BJ.
10. Salle machines.
11. Dégazeur d'huile.
12. aéroréfrigérants.
13. Colonnes de fractionnement.
14. Turbine Solaire.
15. Four d'huile diathermique.
16. Sphères de stockage GPL.
17. Bacs d'eau incendie.



**Figure II-5.** Vue panoramique de complexe d'Oued Noumer [37].

Le centre de production d'Oued Noumer a pour fonction de séparer, comprimer, déshydrater, traiter, puis re-comprimer le gaz pour satisfaire les besoins de la région en gaz de réinjection, et la commercialisation du surplus, tout en récupérant le condensat et GPL[34].

II.6.4. Localisation du puits ONR15 :

Tableau II-3. Coordonnées géographique [38].

Coordonnées géographique	Lambert Sud Algérie	Altitude
X= 4° 0' 22.85"	X= 594625,955	Zt= 428,021
Y= 32° 25' 9.06"	Y= 3587073,901	Zs= 420,5710

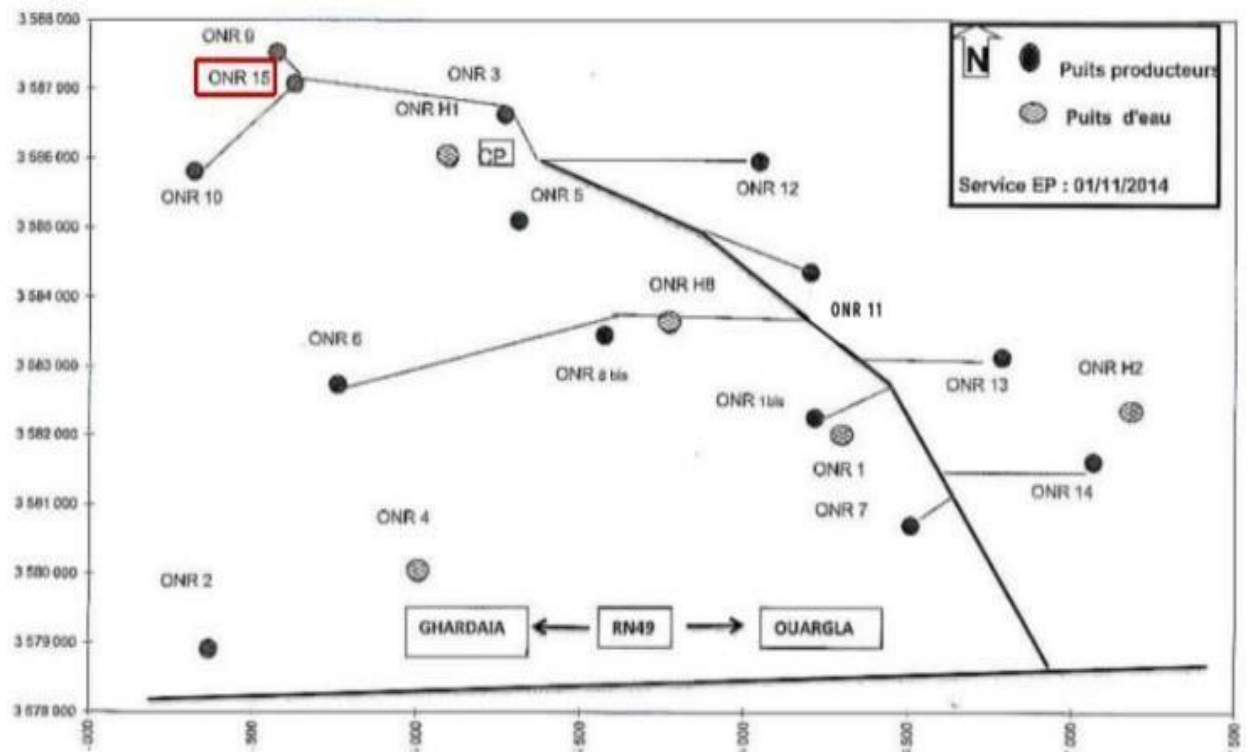


Figure II-6. Carte d'implantations des puits d'Oued Noumer [38].

## **II.7. Généralités sur le GPL**

### **II.7.1. Définition du GPL**

Le GPL est un mélange d'hydrocarbures ayant un poids moléculaire peu élevé. Contenant principalement le propane et le butane, ayant une température de vaporisation respectivement de -42°C et 0°C à pression normale permettant de les maintenir liquides à une température ordinaire sous une pression modérée 14 et 5 KPa respectivement, contrairement au méthane et l'éthane qui ne peuvent être liquéfiés qu'à des températures très basses. C'est pourquoi le méthane et l'éthane produits en raffineries sont utilisés sur place comme combustible interne puisque leur transport est très coûteux.

Le stockage de GPL se fait à l'état liquide. C'est l'un des meilleurs combustibles avec le gaz naturel en ce qui concerne le contrôle de l'environnement. Les GPL sont utilisés dans les secteurs tertiaires et industriels en tant que combustibles, dans la pétrochimie en tant que charge, dans le secteur de transport en tant que carburant et pour la production d'électricité [39].

### **II.7.2. Production mondiale de GPL**

Le GPL est récupéré à partir des deux sources essentielles :

1. La récupération du propane et du butane sur les champs de pétrole.
2. La récupération du propane et du butane sur les champs du gaz naturel.

Cette dernière représente 60% des ressources.

Aux Etats-Unis où une longue tradition d'utilisation existe, la production et la consommation sont équilibrées.

Au Moyen-Orient, la production de GPL s'est considérablement développée à la fin des années 70 lorsque l'augmentation du prix de l'énergie a rendu attractive la récupération du propane et du butane. Auparavant, ces produits étaient brûlés avec le gaz associé. Le Moyen-Orient est actuellement la principale source d'exportation des GPL dans le monde.

En Afrique du nord et tout particulièrement en Algérie, le GPL est surtout récupéré à partir du gaz naturel dans les unités de traitement de gaz humide. La production des raffineries assure le complément. Le propane et le butane sont récupérés au niveau de la distillation atmosphérique du pétrole brut et par craquage des molécules lourdes dans la plupart des unités de transformation et de conversion.

Le propane et le butane commerciaux ne sont pas des produits purs mais des mélanges. Une séparation complète des molécules serait aussi coûteuse qu'inutile car la plupart des utilisations acceptent des mélanges.

La production mondiale du GPL croît à un rythme de 5% par an [40].

### **II.7.3. Production nationale des GPL**

L'Algérie pays pétrolier et gazier, possède une industrie de GPL très importante, sa production a suivi une croissance soutenue en raison de l'intérêt suscité chez les pays industrialisés pour cette forme d'énergie idéale pour la protection de l'environnement.

Jusqu'à 1984, l'Algérie importait du butane en période de pointe. Depuis cette date et suite, à la mise en service du complexe GP-1Z la production nationale est largement excédentaire par rapport à la demande du marché national.

Durant la dernière décennie, l'industrie algérienne du GPL a connu des changements profonds, notamment en matière de production, d'exploitation et dans les activités de transport maritime. Le programme de valorisation des ressources gazières lancé au début des années 90 fait bénéficier aujourd'hui l'Algérie de disponibilités importantes en GPL [41].

### **II.7.4. Exportation de GPL**

Les marchés méditerranéens et américains (USA) restent les principaux marchés et représentent près de 75% de nos exportations en GPL [39].

### **II.7.5. Les caractéristiques du GPL commercial**

Les produits du commerce sont très différents les uns des autres. En outre, leur tension de vapeur, leur poids spécifique et leurs propriétés antidétonantes sont très sensibles aux variations de la température ambiante.

Le pouvoir calorifique du GPL est pratiquement égal à celui de l'essence, si on l'exprime en kilocalories par kilogramme de carburant. Mais, ces valeurs seront très différentes si elles sont exprimées en kilocalories par litre de carburant liquide à 15°C. Cette différence provient de la différence des densités entre le GPL et l'essence. En moyenne, la densité à 15°C d'un G.P.L est de 0.555 Kg/ litre [39].

### **II.7.6. Avantages et inconvénients techniques du GPL**

L'homogénéité du mélange air-GPL donne une meilleure régularité du couple moteur aux bas régimes mais perd environ 5% de puissance à haut régime, les reprises se font plus souples. Le fonctionnement du moteur est plus silencieux et les vibrations diminuent contrairement aux carburants classiques.

La combustion du GPL ne laisse aucuns dépôts (calamine) et procure au moteur et au lubrifiant une longévité accrue.

La surconsommation du GPL est de l'ordre de 15à 20% par rapport aux carburants traditionnels.

Pollution évitée :

- Les gaz d'échappements sont exempts de poussières, de plomb et de soufre.
- Les émissions en oxyde de carbone sont réduites principalement en circulation urbaine
- Le GPL carburant répond bien aux problèmes de pollution des villes.

Il existe un inconvénient majeur à l'encombrement, le réservoir peut amputer le volume du coffre. Toutefois, les constructeurs proposent dès la conception de leurs modèles une version GPL avec réservoir intégré [39].

### **II.7.7. La demande nationale en GPL**

Le niveau de la demande nationale en GPL est de l'ordre de 1.4 millions de tonnes (sources NAFTAL) dont 90% de butane, 5% de propane et 5% de G.P.L carburant (G.P.L/c).

Elle est répartie comme suit :

336.000 tonnes dans la région Ouest (24%) ,516.000 tonnes dans la région Est (37%) et enfin 401.000 tonnes dans la région Centre (29%).

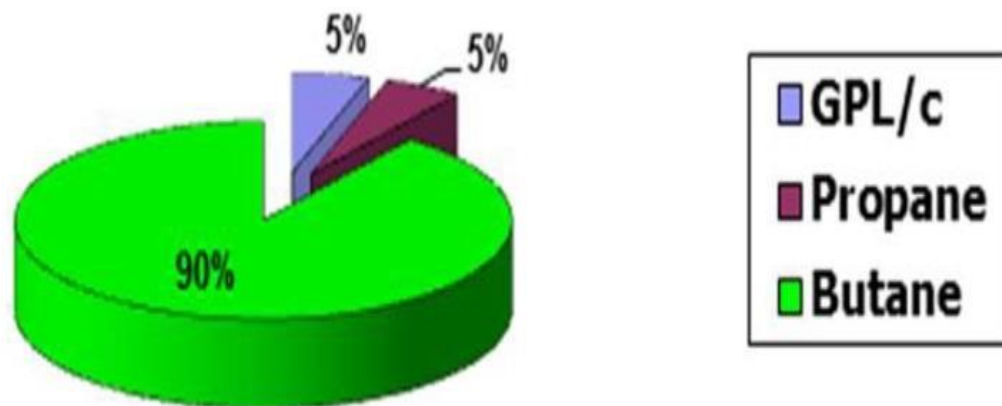


Figure II-7. Demande nationale en GPL [40].

### II.7.8. Utilisation de GPL

Nos ressources en hydrocarbures sont essentiellement composées d'hydrocarbures gazeux : le gaz naturel et le GPL.

Compte tenu des profils de production prévisionnels, les GPL constituent la ressource la moins entamée. S'agissant du marché national, de grandes possibilités d'utilisation des GPL existent pour tous les usages énergétiques. Cependant, hormis le butane qui a connu une très forte pénétration dans le secteur résiduel, le propane a été très faiblement utilisé dans les autres secteurs potentiels : transports, industrie, agriculture [34].

### II.7.9. Source de chauffage

Les appareils domestiques utilisés actuellement sont conçus pour s'adapter à l'utilisation de GPL. Une plus grande flexibilité, les aspirations de la clientèle et la recherche du rapport prix /qualité sont les facteurs principaux de l'évolution de ces appareils [40].

## **II.8. Description du process**

### **II.8.1. Unité 20 (Unité de Séparation)**

Cette unité a pour but de séparer le gaz associé de l'huile brute. Cette séparation s'effectue en plusieurs étages travaillant à des pressions décroissantes, de façon à dégazer le plus possible l'huile brute, avant de la stocker.

Afin d'améliorer la stabilisation de l'huile, deux fours de stabilisation permettent d'ajuster la Tension de Vapeur Reid (TVR) de l'huile pour éviter un dégazage dans les bacs de stockage.

### **II.8.2. Séparateur HP (20B01)**

Le séparateur reçoit, à partir du manifold existant du centre, le mélange (gaz, huile, eau), effluent des puits d'ONR. La pression de séparation déclinera dans le temps, de 15 à 11,6 bars absolus.

L'eau de gisement décantée, est expédiée sous régulation de niveau, vers unité déshuilage ou bourbier.

Tandis que, le gaz HP effluent est expédié sous régulation de pression vers le ballon 30B03 et l'huile brute est envoyée sous régulation de niveau dans le séparateur MP 20B03 [42].

### **II.8.3. Fours de stabilisation (20f01 A/B)**

Les deux fours sont identiques, chacun étant dimensionné pour assurer une source de chaleur pour le brut stabilisé.

La puissance des fours a été dimensionnée de manière à pouvoir couler aux bacs de stockage, un mélange stabilisé (huile, condensats), de TVR très faible [42].

L'alimentation des deux fours est constituée de :

- L'huile brute du séparateur 20B01.
- L'huile brute d'ATK et Makouda.
- Les condensats récupérés au niveau de l'unité de production de GPL.
- L'eau de dessalage.

Le mélange réchauffé à une température donnée (voisine de 55°C) est envoyé au séparateur MP 20B03 [42].

#### II.8.4. Séparateur MP (20B03)

Le séparateur MP 20B03 de pression de service de 3 bars absolus, reçoit les effluents chauds des 2 fours de stabilisation plus le brut de Sidi-mezzghich.

L'eau de gisement éventuelle est décantée puis expédiée à l'unité déshuilage ou borbier sous régulation de niveau.

L'huile est envoyée au séparateur BP en régulant le niveau.

Le gaz MP effluent est expédié sous régulation de pression vers l'unité de compression [42].

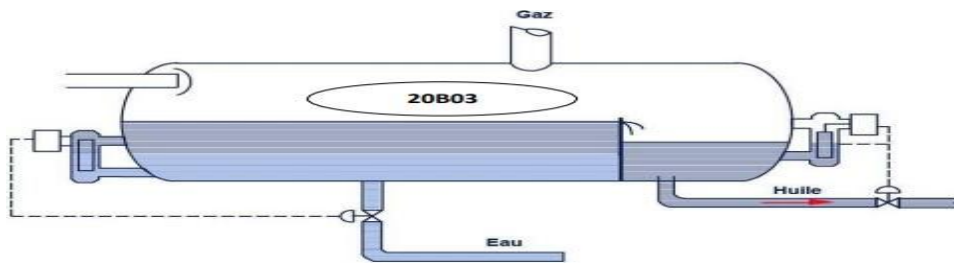


Figure II-8. Schéma de séparateur MP (20B03) [43].

#### II.8.5. Séparateur BP (20B04)

Le séparateur BP de pression de service de 1 bar est alimenté par l'huile effluente du séparateur MP.

Il est installé à une hauteur de 10 mètres, sur une structure métallique.

Le gaz BP effluent (1bar), est envoyé en régulant la pression vers l'unité de compression [42].

#### II.8.6. Séparateur HP de gaz (20B02)

Le séparateur HP de pression de service 23 bars est alimenté par Le gaz venant d'ATK dans une pipe de 30.

La partie liquide est collectée avec l'entrer liquide du 20F01A et B [42].



**Figure II-9.** Unité 20 (traitement de brut et de gaz d'ONR) [43].

### **II.8.7. Unité 30 (unité de compression)**

Les installations de compression des gaz venant de l'unité de séparation (unité 20) représentent des unités de conception strictement identique (unités 31/32/33).

Chaque unités (exemple : unité 31) comprend essentiellement :

- Compresseur 31 K01 comprenant un étage BP et un étage MP.
- Compresseur 31 K02 comprenant un étage MP et un étage HP.
- Une turbine a gaz 31 KG 01 avec ses auxiliaires.

Le gaz BP venant du 20B04 arrive en alimentation du 31B01 à une pression d'environ 1 bar absolu.

Le gaz sort du séparateur filtre 31B01 se dirige vers l'aspiration du 1er étage des 31 K 01 et comprimé jusqu'à 3 bars cette pression permis ce gaz pour continuera la compression (l'aspiration du 2èm e étage avec le gaz MP).

Le gaz MP venant du 20B03 arrive en alimentation du 31B02 à une Pression d'environ 3 bars absolus. Ce gaz sort du séparateur filtre 31B02 se dirige vers l'aspiration du 2ème étage du 31 K01.

Le gaz HP issu du 31K01 est le produit de compression des gaz MP et BP est dirigé principalement vers le séparateur HP20B02, après refroidissement dans l'aéro-réfrigérant 31A01.

Le gaz HP venant du 20B02 arrive en alimentation du 31B03 à une pression d'environ 15 bars absolus.

Le gaz sort du séparateur filtre 31B03 est dirigé vers l'aspiration 1er étage du 31 K02 (3ème étage de la compression).

Le gaz sort du compresseur à une Pression de 45 bars absolus, et est dirigé vers le séparateur filtre 31B04 après refroidissement dans les aéro-réfrigérants 31A02 et 31A01, ce gaz est dirigé vers l'aspiration 2ème étage du 31K02.

Le gaz HP sort du 31K02 à une pression de 90 bars absolus, il est dirigé directement vers l'unité du GPL après refroidissement [36].

### **II.8.8. L'unité d'extraction du GPL**

L'installation reçoit le gaz à traiter de l'unité de compression (L'unité 030), en obtenant du GPL, le gaz traité condensat et un courant gazeux De recyclage

Le complexe est formé par six unités de procédé et par trois unités Auxiliaires, comme il est indiqué ci-après : [44].

#### **II.8.8.1. Unité 100 : pré refroidissement et déshydratation du gaz**

Le gaz provenant du l'unité de compressions U30 existante est pré refroidi de 60C° à 45C° en été ; et de 50C° à 37 C° en hiver se fait par l'échangeur de chaleur 010E01, après le gaz est envoyé au récupérateur du liquide 010B01, l'eau se dirige vers le borbier et le gaz se dirige vers les trois dés hydrateurs (10R01A, 10R01B et 10R01C) [44].

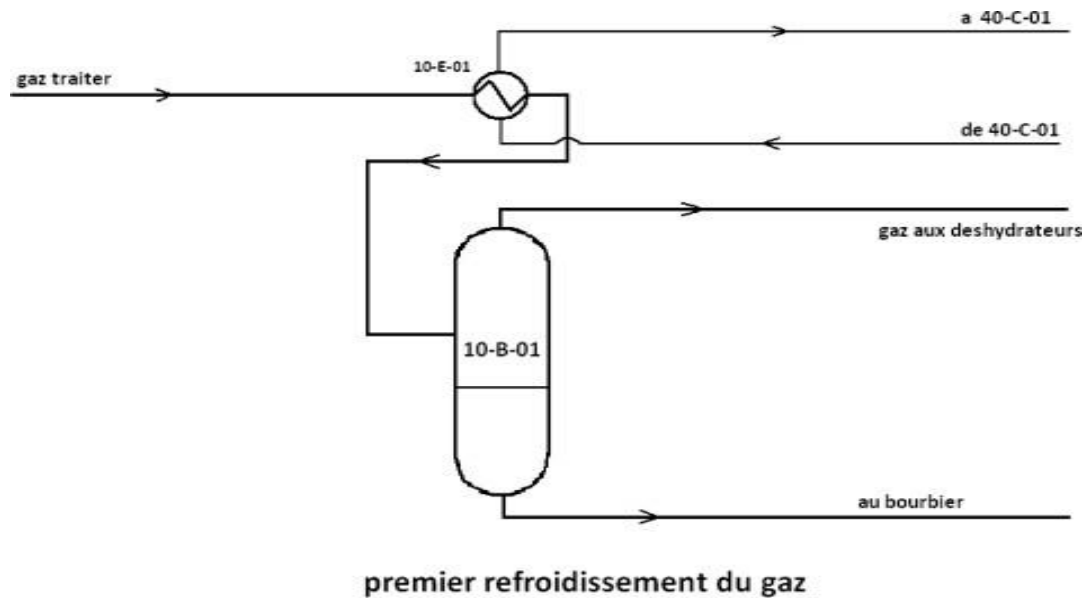
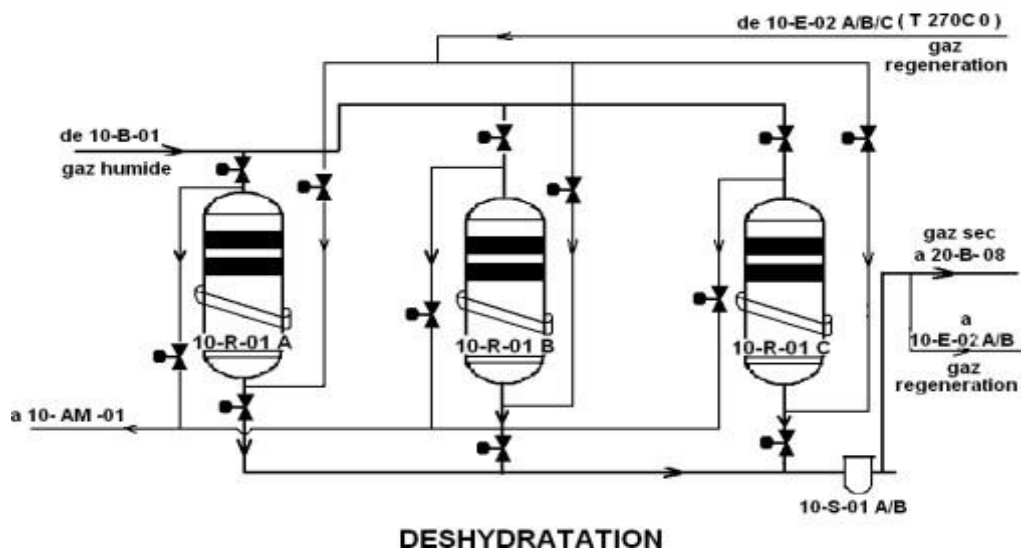


Figure II-10. Schéma de l'unité 100 [43].



FigureII-11. Schéma d'unité Déshydratation [43].

### II.8.8.2. Tamis moléculaire

Les tamis moléculaires qui adsorbent les hydrates au sein du gaz sont des Aluminosilicates métalliques Cristallins avec les formules chimiques suivantes :

- $\text{Na}_{12} (\text{AlO}_2)_{12} (\text{SiO}_2)_{12} 27\text{H}$
- $\text{Na}_{86} (\text{AlO}_2)_{86} (\text{SiO}_2)_{106} 276\text{H}_2\text{O}$  [44].

Cette déshydratation suit la logique S 12-02, il s'agit d'un jeu de vanne qui assure les étapes ci-dessous

#### Soulignons que :

1. Le gaz de régénération est chauffé à 275 °C par l'huile diathermique dans les échangeurs 10-E-02A/B/C.
2. A la sortie des déshydrateurs le gaz est refroidi à 55 °C dans l'aéroréfrigérant 10-AM-01A, B et séparée dans 10-B-02. L'eau condensée est envoyée au borbier et le gaz est envoyé à l'unité de compression existante (unité30) [35].

#### II.8.8.3. Unité 200 : récupération du GPL

Dans cette unité le gaz à traiter est refroidi dans les échangeurs de refroidissement 20-E-01, 20-E-02 A et B et 20-E-03 pour commencer la condensation des constituants les plus lourds [35].

#### II.8.8.4. Unité 300 : recompression du gaz traité

Le gaz traité sortant de l'unité 200 est envoyé au séparateur ballon filtre 30-B-01, le liquide sort du séparateur à la torche froide et le gaz comprimé par le compresseur 30-K-01 (45bar à 70 bars), Refroidi à 60 °C dans l'aéroréfrigérant 30-A-01 est envoyé vers la station de réinjection Ait Kheir et ou gazoduc 48'' vers GR1 a. Hassi R'mel [35].

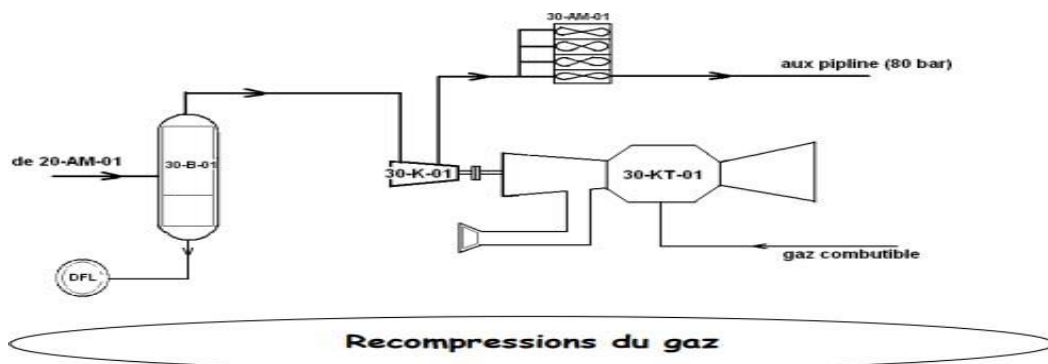


Figure II-12. Schéma de recompressions du gaz [43].

### II.8.8.5. Unité 400 : fractionnement du GPL

Les condensats obtenus par le refroidissement venant des ballons de récupération 20B08/20B06/20B07 alimentent le dééthaniseur 40-C-01. En éliminant le méthane et l'éthane (gaz sec : C1, C2).

Cette colonne a besoin de quelques équipements auxiliaires pour son fonctionnement ; tels que Rebouilleur 40-E-01 qui fonctionne par l'huile diathermique (200 (°C)), un condenseur de tête de type (tube-calendre) 40-E-03 un ballon de reflux 40-B-02 et des pompes de recirculation.

La pompe 40-P-05 extrait le liquide et le laisse circuler dans l'échangeur 10-E-01 pour refroidir le gaz à traiter (brut). Le fond de dééthaniseur 40-C-01 alimente la deuxième colonne.

Le débutaniseur 40-C-02 permet la séparation du GPL C3- après un circuit de réchauffage dans le Rebouilleur 40E01 pour faire dégazer-les traces restantes des fractions légères qui restent dans le liquide.

Le bouillonnement de débutaniseur 40-C-02 est assuré par l'échangeur à huile 40-E-02.

Les condensats sortants du fond du débutaniseur après le passage dans le rebouilleur pour récupérer les traces de GPL passent vers le refroidissement par les aérorefrigerents. Suite à la faible quantité de production de condensat dans le centre de production d'Oued Noumer, cette quantité est mélangée avec le pétrole brut (gazoline) au niveau de l'ancienne unité (20B03).

Les vapeurs de tête après la condensation dans les aérorefrigerants sont réceptionnées dans le 40-B-02.

Une partie du GPL est utilisée comme reflux de tête pour la colonne de distillation ; l'autre partie est envoyée vers les sphères de stockages de GPL 50T01 (A/B) [45].

Cette séparation est basée sur la différence de volatilité des composants du mélange à séparer, le plus volatile sort en tête de colonne et le moins évaporable sort en bas de la colonne, à cause de la différence de température entre la tête et le bas de la colonne (Rebouilleur pour chauffer la base et un condenseur pour refroidir la tête) [35].

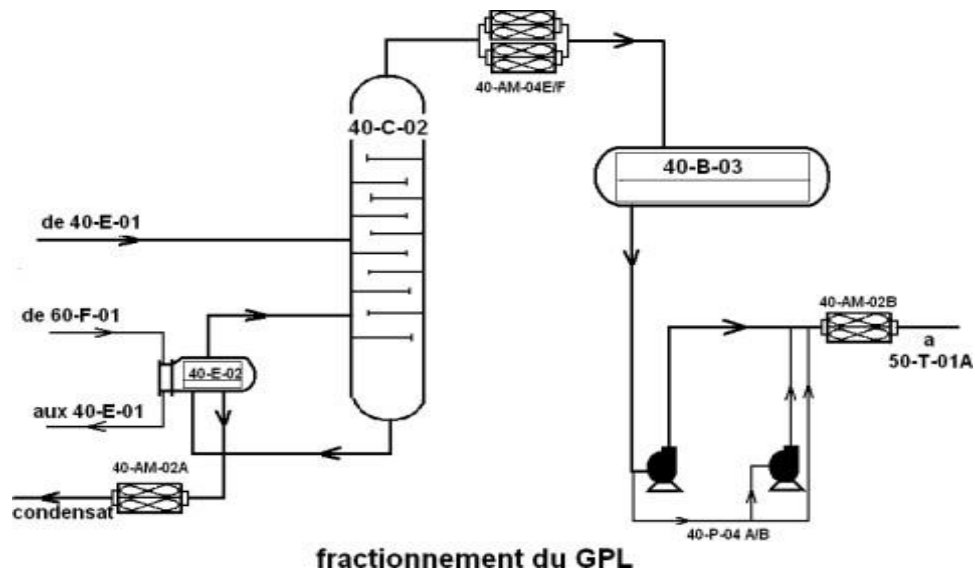


Figure II-13. Schéma de fractionnement du GPL [43].

### II.8.8.6. Unité 500 : stockage et expédition du GPL

Cette unité est composée de deux sphères de capacité de 530 m<sup>3</sup> et de trois pompes d'expédition de GPL (50-P-01(A/B/C)) Une pompe en expédition et les deux autres en réserve. Dans le cas où le GPL est en hors spécifications le retraitement du produit (GPL) est indispensable.

À l'aide des deux pompes 50P 02A/B on réinjecte le GPL au bas de l'éthylisateur 40C 01. Le GPL de Oued Noumer est envoyé à travers les pipes vers Arzew [35].

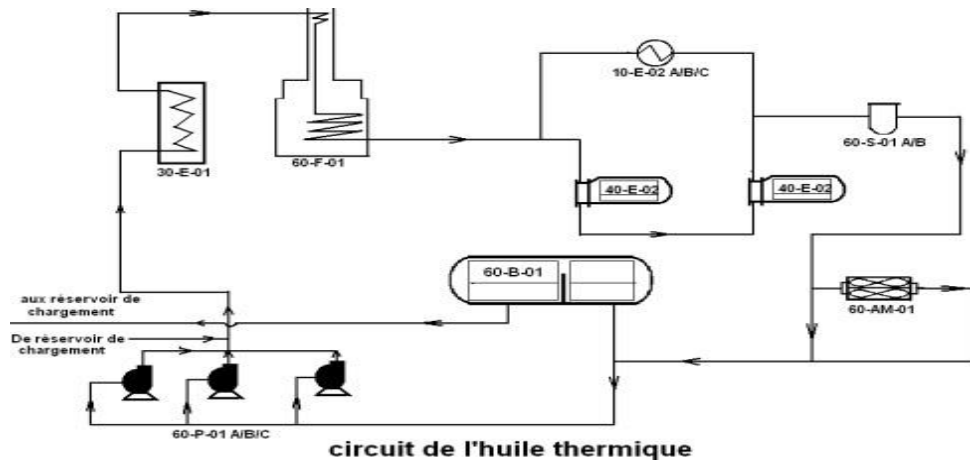
### II.8.8.7. Unité 600 : circulation huile chaude

Cette unité est la source de chaleur nécessaire au fonctionnement de l'installation. La chaleur est obtenue en brûlant une partie du gaz combustible dans le four 60-F-01.

Le fluide caloporteur prévu est la TORADA TC32 produit et commercialisé en Algérie.

Les fumées d'échappement de la turbine 30-KT-01 permettent de chauffer l'huile. Grâce au récupérateur de chaleur 30-E-01 puis on le passe dans le four 60-F-01 pour augmenter sa chaleur.

Cette huile chauffée est utilisée dans le circuit pour le réchauffeur gaz de régénération 10-E-02, et le bouillonnement des colonnes 40-C-01 et 40-C-02 à travers les rebouilleurs 40-E-01 et 40-E-02. Il y a 3 pompes de circulation (60-P-01 A/B/C), et 2 pompes d'appoint 60-P-02 A/B et un récipient de purge 60-B-02 avec deux pompes de reprise 60-P-03 A/B [34].



**Figure II-14.** Schéma de circuit de l'huile thermique [43].

### II.8.8.8. Unité 700 : Système méthanol et Réseau de Torches

Le méthanol est stocké dans le réservoir 70-B-01 et il est injecté dans des points de process par les pompes 70-P-02.

Le méthanol est utilisé en cas de formation d'hydrate, est injecté dans le process seulement dans les cas de nécessité absolue. [34]

Les déchargements froids gazeux et/ou liquides prévus dans l'installation sont acheminés dans le 70-B-01. Il sépare les liquides du gaz qui va en torche froide.

L'écoulement du liquide peut être effectué par les pompes 70-P-01 A/B (Dont l'une est de réserve) ou par évaporation due à l'entrée de chaleur de l'extérieur.

Elles peuvent opérer tant par commande manuelle (HS-7102) que par commande branchement / débranchement de LSH-7101 (démarrage pompe) et de LSL-7101 (arrêt pompe). LSL-7101 arrête les pompes dans tous les cas.

Le niveau dans 70-B-01 est indiqué par le LI-7101 [34].

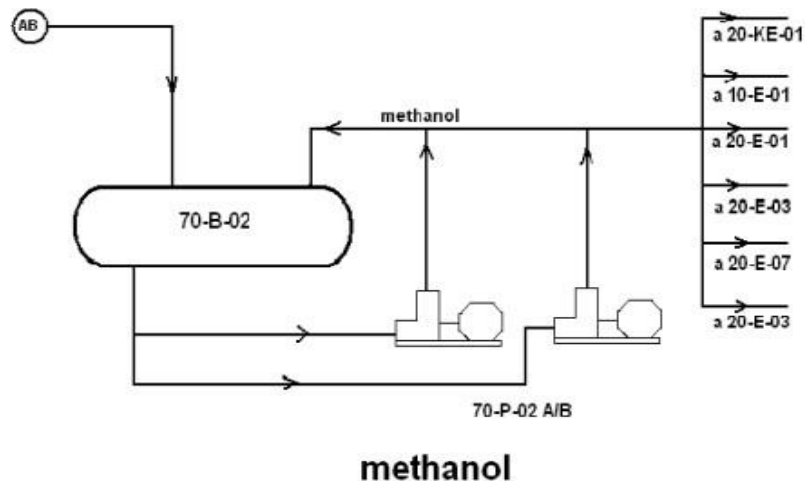


Figure II-15. Schéma de réservoir de méthanol 70-B-02 [43].

### II.8.8.9. Unité 800 : Système air et gaz inerte

Cette unité fournit à l'installation :

- L'air de service (pour le nettoyage)
- L'air instrument (pour le fonctionnement des vannes de control)
- Le gaz inerte « l'azote » (pour le refroidissement et le barbotage).

Ce système est formé par :

- Compresseur d'air 80-K-01
- Séparateur 80-B-01
- Sécheur 80-W-01 (déshydrateur).
- Accumulateur d'air instrument 80-B-02.
- Compresseur 80-K-02 pour augmenter la pression dans l'accumulateur d'azote [34].

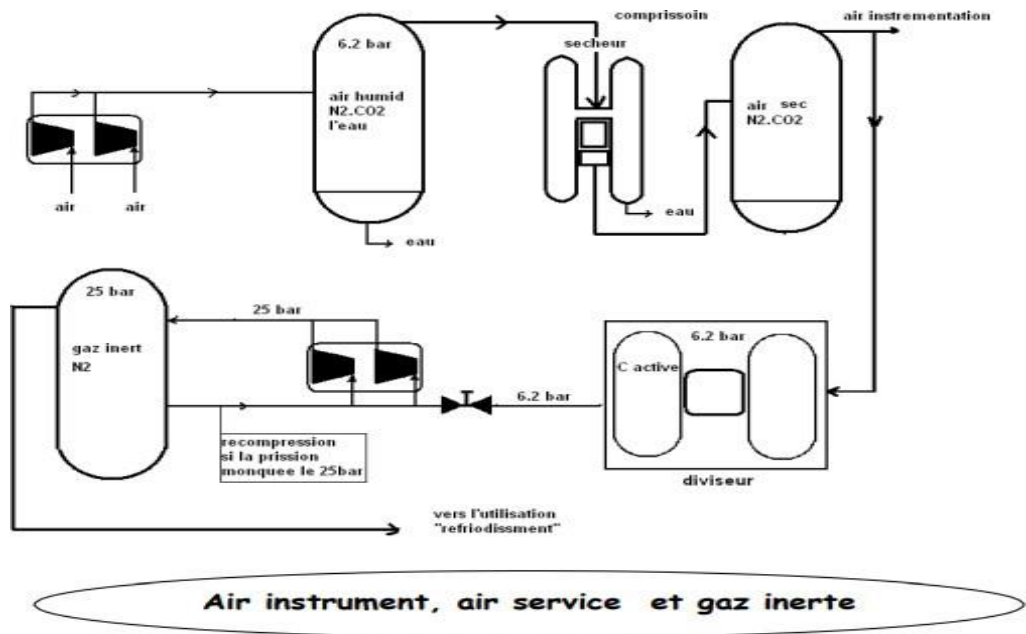


Figure II-16. Schéma d'installation d'air instrument, air service et gaz inerte [43].

### II.8.8.10. Unité 900 : Electricité

Cette unité assure l'alimentation électrique pour tous les équipements électriques (les pompes et le compresseur d'air) de l'unité GPL [34].

## II.9. Conclusion

Dans ce chapitre est consacré à la présentation générale de la SONATRACH ; la région Hassi R'Mel ; et la direction d'Oued Noumer ; la structure où s'est déroulé notre stage de mise en situation professionnelle, et particulièrement le service de sécurité.

# *Chapitre III*

*Evaluation et estimation du risque cas de  
four 20-F-01A*

### **III.1. Introduction**

Le risque industriel est aujourd'hui omniprésent dans notre vie quotidienne. En effet, la plupart des produits de grande consommation sont issus des industries pétrolières, qui sont génératrices de risques les substances dangereuses utilisées par ces industries, mais aussi les processus de fabrication, de manipulation ou de transport et les conditions de stockage de ces substances peuvent être à l'origine de phénomènes dangereux, qu'il va falloir maîtriser pour qu'il ne bascule vers des situations de crise.

La représentation nœud-papillon existe depuis plusieurs années, mais a suscité un grand intérêt dans les dernières années. Elle est utilisée dans de nombreux secteurs industriels et a été développée par la compagnie Shell. L'approche est de type dite arborescente ce qui permet de visualiser en un seul plan les causes possibles d'un accident, ses conséquences et les barrières de sécurité mises en place. L'événement non désiré (centre) peut être le résultat de plusieurs causes possibles (identifiées par une analyse de défaillance). À son tour, si celui-ci se matérialise, divers phénomènes dangereux peuvent engendrer des effets sur des éléments sensibles du milieu dans lequel on se trouve (identifiées par une analyse d'événements ou de conséquences).

Les études de dangers comportent ainsi une phase d'identification des scénarios d'accidents pouvant conduire à des phénomènes dangereux. Il est possible de représenter les différents scénarios d'accidents sous la forme d'un ou plusieurs nœuds-papillons.

C'est dans ce contexte que se fait ce travail qui a pour objectif la prévention et la maîtrise des risques au sein d'un site industriel par l'analyse et l'évaluation des risques d'un des équipements de ce site jugé générique de risque industriel important, il s'agit d'un réchauffeur de brute 20-F-01A au niveau de l'unité d'Oued Noumer.

### **III.2. Méthodologie**

La méthodologie que nous proposons pour enquêter sur les risques possibles de four de chauffe d'huile 20-F-01A) au niveau de l'unité d'Oued Noumer est la suivante : étape 1, dans cette étape on va introduire le système à étudier et réaliser une analyse fonctionnelle. Puis dans l'étape 2, L'identification des causes possibles et des événements dangereux ainsi que des scénarios accidentels associés et leur classement en fonction de leur effet de gravité sur la base d'une analyse HAZOP. En 3ème étape, le choix des scénarios les plus importants et les plus possibles qui ont la plus grande gravité comme scénarios représentatifs pour cette étude. En 4ème étape, c'est le calcul des fréquences d'occurrence des phénomène dangereux pour

Avoir une meilleure vision concernant le risque dans la région, en 4<sup>ème</sup>, classement des résultats précédents pour mesurer le risque en matière des fréquences et les gravités calculées respectivement. Enfin, la 5<sup>ème</sup> étape propose des recommandations de contrôle des risques pour diminuer ou minimiser les conséquences.

### **III.3. Analyse fonctionnelle du système**

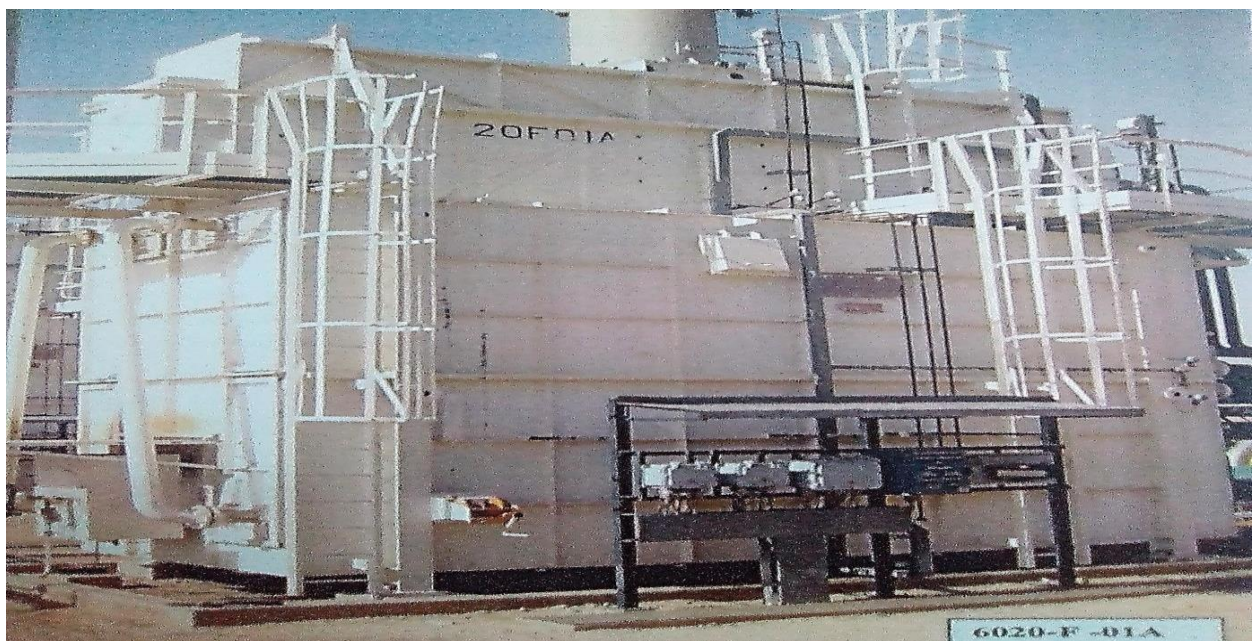
#### **III.3.1. Description du Four 20-F-01 A**

Le four étudié dans le cadre de cette étude est le four 20-F-01 A de type cabine à faisceau tubulaire, on peut classer ce four comme un four à chauffage direct, et aussi comme un four continu ou à passage, avec une basse température. C'est un réchauffeur qui utilise le fuel gaz comme combustible. Ce four comporte une zone de radiation et une zone de convection. Le fluide à réchauffer circule dans quatre (04) passes différentes réparties de la façon suivante :

A - zone de radiation : 32 tubes nus

B - zone de convection : 16 tubes dont 8 avec ailettes

Les deux (02) fours de stabilisation 020F01 A/B de conception strictement identique sont dimensionnés de façon à assurer chacun 100 % du débit total. La puissance de chaque four est calculée de manière à pouvoir ajuster la tension de vapeur REID (TVR) de l'huile brute à une valeur très faible (< 700 mb) pour prévenir tout risque de dégazage dans les bacs de stockage [46]. la figure suivante présente une vue externe du four 20-F-01 A :



**Figure III-1.** Vue externe du four 20-F-01 A [47].

Le tableau III-1 représente une description détaillée des équipements étudié.

**Tableau III-1.** État descriptif du four 20-F-01 A [48].

Marque	HEURTEY PETROCHEM
Repère de l'appareil	020F01A
N° Fabrication	1658/59-1660/61/62/63/64/65
Service	Réchauffeur de brut
Nom et adresse fabricant	S.E.C-36000 Châteauroux France
Année de construction	1983
Construction	ASME Section VIII- Division 1
Plan	FD 401 rev 1
Vendeur	SOFREGAZ

### III.3.2. Description technique

Ce tableau III-2 ci-dessous résume les différentes caractéristiques du four 20-F-01 A

**Tableau III-2.** Caractéristiques techniques du four 20-F-01A [48].

Type	Four
Réf	E1 RW 3105
Dénomination de l'appareil	Réchauffeur de brut
Forme générale	Faisceaux tubulaires horizontaux
Nature du fluide véhiculé	Hydrocarbures (pétrole+gaz+eau salée)
Poids à vide	510kg
Pression d'épreuve	15 bars
Pression de service	7,4 /4bars
Température d'entrée	18,7 °C
Température de sortie	54,5 °C
Nombre de brûleur	2
Débit	175908 kg/H
Viscosité	1.80/1.48
Type de combustible	Gaz
Excès d'air	15%
Isolation et revêtement	Oui
Encombrement (L*l*h) (mm)	14420*2710*7490
Tolérance de corrosion	3mm

- **Zone de radiation**

Dans ce type des fours la forme générale de la zone de radiation est celle d'un parallélépipède, dont la plus grande longueur est horizontale, de 2710 mm largeur, 5500 mm longueur, 4520mm hauteur, et enveloppée par des tôles de 5 mm d'épaisseur [47].

On trouve dans cette zone les composants suivants :

- (02) brûleurs à tirage induit à commande et allumage manuels disposés sur chaque pignon du four plus deux pilotes situés sur le fond du four pour assurer l'apport calorifique ;
- (02) détecteurs de flamme BS 02001 A et BS 020 02A ;
- Dispositif d'eau d'étouffement de 1/2" de deux points diffusion ;
- (32) tubes nus placés horizontalement le long des parois latérales ;
- (84) support de tube et (06) suspente support tubes ;
- (03) fibres céramiques dont deux 50mm de diamètre et 64 - 128 Kg/m<sup>3</sup>, et 25mm et 96 Kg/m<sup>3</sup> de l'autre pour assurer la protection thermique.

- **Zone de convection**

La surface de la zone convection est petite par rapport à la zone de radiation et même forme géométrique, de 1030 mm largeur, 5500 mm longueur, 2450 mm hauteur et enveloppée par des tôles de 5 mm d'épaisseur [47].

Dans cette zone on trouve les composants suivant :

- (16) tubes dont 8 avec ailettes ;
- (03) fibres céramiques dont deux 50mm de diamètre et 64 - 128 Kg/m<sup>3</sup>, et 25mm et 96 Kg/m<sup>3</sup> de l'autre pour assurer la protection thermique ;
- (01) plaque tubulaire intermédiaire ;
- (02) support plaque tubulaire ;
- (02) guide plaque tubulaire ;
- (02) support double pour tube.

- **Cheminée**

Cette zone se trouve dans la partie haute du four, et de forme cylindrique de 18510 mm de hauteur et de 1030 mm de diamètre et enveloppée par des tôles de 6 mm d'épaisseur.

Elle munie d'un registre à Commande manuelle par câble à partir du sol pour évacuer le gaz de combustion. Ces tableaux suivants résument les différentes caractéristiques techniques des deux zones du four 20-F-01 A en détaille [49].

**Tableau III-3.** Caractéristiques techniques du four 20-F-01 A parti radiation [48].

Température de calcul	205 <sup>0</sup> C
Température de service	55 <sup>0</sup> C
Température d'essai	Ambiante
Matériaux utilises	A106 Gr B/ A234 WPB/ AF 48
Diamètre des tubes	141,3mm
Epaisseur des tubes	6,55mm
Volume intérieur des tubes (en litre)	705 par passé
Charge limite de rupture	42,2 Kg/mm <sup>2</sup>
Limite d'élasticité	24,6 Kg/mm <sup>2</sup>
Contrainte admissible	13,77 Kg/mm <sup>2</sup>
Coefficient de joint	Sans
Radiographie de joint	10%
Essais non destructifs	Non
Nombre de tube	32
Nombre de passé	4

**Tableau III-4.** Caractéristiques techniques du four 20-F-01 A parti convection [48].

Température de calcul	165 <sup>0</sup> C
Température de service	31 <sup>0</sup> C
Température d'essai	Ambiante
Matériaux utilises	A106 Gr B/ A234 WPB/ AF 48
Diamètre des tubes	114,3mm
Epaisseur des tubes	6,02mm
Volume intérieur des tubes (en litre)	260 par passé
Charge limite de rupture	42,2 Kg/mm <sup>2</sup>
Limite d'élasticité	24,6 Kg/mm <sup>2</sup>
Contrainte admissible	13,77 Kg/mm <sup>2</sup>
Coefficient de joint	Sans
Radiographie de joint	10%
Essais non destructifs	Non
Nombre de tube	16
Nombre de passé	4

### III.4. Décomposition structurelle, fonctionnelle et temporelle du four 20-F-01 A

De façon à pouvoir conduire l'étude de sûreté de fonctionnement, la décomposition adéquate du système doit permettre de définir clairement les constituants du système et leurs fonctions. Cette décomposition sera consacrée à définir la structure de notre système étudié en précisant les fonctions des différents constituants (sous-systèmes, équipements et composants) de système global (20-F-01 A), en prenant en considération son aspect temporel (phase de fonctionnement, phase d'arrêt d'urgence) [50].

**Tableau III-5.** Décomposition du four 20-F-01 A.

Phase de fonctionnement		
Sous-système [Fonction principale]	Équipement [Fonction intermédiaire]	Composant [Fonction élémentaire]
SS1 : Circuit d'alimentation [Alimentation du four 20-F-01 A]	E11 : Circuit Fuel Gaz [Assure l'alimentation en combustible]	C111: Vanne TCV 020 10 A [Régulation du débit de combustible en fonction de la température du brut]
		C112 : 02 Pilotes [Garantir une flamme continue pour l'amorçage du gaz]
		C113 : 02 Brûleurs [Assure le mélange air/combustible en vue d'obtenir une combustion complète]
		C114 : Vanne PCV 020 13 A [Régulation du débit de combustible pour les pilotes en fonction de pression]
	E12 : Circuit Liquide [Assure l'alimentation en liquide du four]	C121 : Vanne manuelle [Régulation du débit des effluents liquide]
		C122: Serpentin (faisceau tubulaire) [Assure la circulation du liquide]
SS2 : Sous-système de tirage [Assure l'arrivée et la circulation d'air]	E21: Registre d'arrivée [Assure l'introduction et le préchauffage d'air]	
	E22 : Registre de tirage [Créer une dépression dans la cheminée par la montée des gaz chauds fait appel d'air en amont du brûleur]	C221 : ZI 02001 A [Signalisation mécanique]
	E23 : Cheminée [Évacuation des fumées]	

Tableau III-.6 Décomposition du four 20-F-01 A

Phase de fonctionnement		
Sous-système [Fonction principale]	Équipement [Fonction intermédiaire]	Composant [Fonction élémentaire]
SS3 : Sous-système de contrôle [Contrôle les paramètres du procédé]	E31 : Équipement de contrôle (température de brute) [Contrôle la température du four]	C311: TSHH 02006 A [Température très haute sortie radiation] [coupant l'alimentation gaz des bruleurs et pilotes]
		C312 : TSH 02008 A [température haute de fumées sortie convection] [coupant l'alimentation gaz des bruleurs]
		C213 : TSL 02004 A/B/C [température de sortie de la charge] [ouvrant la vanne SV 2001 A de bruleurs]
	E32 : Équipement de contrôle de pression [Contrôle la pression à l'intérieur du four]	C322 : PDSL 02004A [pression différentielle basse sur la
		C322 : PDAL 02004A [Alarm pression basse sur la charge]
		C321 : PSL 02003 A [dépression trop faible sortie radiation]
		C323 : PAL 02002 [pression basse fuel gaz]
		C325 : PDSH 02003A [pression différentielle haute sur la charge]
		C325 : PDAH 02003A [Alarm pression haute sur la charge]
		C324 : PSH 02004 A [haute pression du gaz combustible] [ferme vanne SV 02001 A] [Arrêt bru-
		C326 : PAH 02004 [pression haute fuel gaz]
		C327 : Trappe d'explosion [s'ouvre en cas de montée en pression dans la chambre de combustion]

Tableau III-7. Décomposition du four 20-F-01 A

Phase d'arrêt d'urgence		
Sous-système [Fonction principale]	Équipement [Fonction intermédiaire]	Composant [Fonction élémentaire]
SS4 : Sous-système de prévention [Assure la sécurité du procédé]	E41 : Équipement d'arrêt d'urgence [Arrêt urgence avec une action sur le bouton poussoir local ou en salle de contrôle]	C411 : vanne MRV 02008 [coupant l'alimentation en gaz combustible]
		C 412 : intervention de l'opérateur pour fermer la vanne manuelle en amont du four de l'alimentation en huile brute
		C 413 : BS 02001 ET BS 02002 [par manque de flamme brûleurs]
		C 414 : TSHH 02006 A [Température très haute sortie radiation]
		C 415 : PSL 02003 A [Dépression trop faible sortie radiation]

Tableau III-8 Décomposition du four 20-F-01 A

Phase d'arrêt d'urgence		
Sous-système [Fonction principale]	Équipement [Fonction intermédiaire]	Composant [Fonction élémentaire]
SS5 : Sous-système de protection [Maîtriser le feu]	E51 : Equipement de Protection [système d'extinction à eau]	C 511 : vanne manuelle de la ligne [SI 02003 1" de l'eau d'étouffement]
		C 412 : action de l'opérateur
	E52 : Equipement de Protection [trappe d'explosion]	

- **Interprétation des tableaux de la décomposition structurelle et fonctionnelle du four 20-F-01A**

En cette partie, nous allons interpréter les tableaux précédents.

Tout d'abord, les premiers tableaux de la décomposition structurelle et fonctionnelle du système étudié permettent de regrouper des données techniques et les présenter de manière organisée. Aussi ils donnent la répartition des données selon les critères de la sûreté de fonctionnement des systèmes.

En premier exemple, il y a quatre tableaux présentés se forme des colonnes dont deux lors de la phase du fonctionnement normal et le reste lors d'arrêt d'urgence.

Chaque tableau présenté en trouve trois colonnes dont la première nous avons les sous-systèmes pour assurer la fonction principale, la deuxième il y a les équipements qui existe pour accomplir la fonction intermédiaire et la troisième colonne pour les composants des équipements avec les fonctions complémentaires.

Donc, nous pouvons voir par exemple que lors du fonctionnement normal du four 20-F01 A il est nécessaire d'assurer une fonction principale qui est contrôle des paramètres (sous-système), et ce contrôle fait par un organe spécifique à certain paramètre (équipement) c'est de la fonction intermédiaire, et l'équipement doit être équipé par des composants pour assurer la fonction complémentaire.

En prend Le cas de la température comme paramètre à contrôlé. Nous avons un TSH 02008A (425°C) (température switch high) détecte haute température des fumées zone convection, et la transmet au (DCS ELSAG BAILY), après le DCS (système distribution et de contrôle) envoyé l'information se forme d'alarme TAH 02008A (température alarme high), ensuite un signal électrique est transmet vers un convertisseur (I/P) pour convertir à un signal pneumatique dirigé vers la vanne SV02001A et TCV 02010A (température control valve) pour la fermeture circuit bruleur (arrêt partiel).

Et toujours le cas de la température, mais cette fois si la température augmente jusqu'à la sortie de la zone radiation. TSHH 02006A (900°C) transmet un signal au DCS, et ce dernier envoi l'ordre de fermeture de quatre vannes avec Alarme TAHH 02006A dont deux vannes de sécurité SV02001A et SV02002A, et deux vannes de control de TCV 02010A (circuit bruleurs) et PCV02013A (circuit pilotes). Donc c'est le cas d'arrêt total du four 20-F-01A.

Ensuite prenant la pression comme paramètre. Et le contrôle fait par le même équipement (DCS) que la température sauf il y a un autre programme et des composants différents. Dans ce cas nous avons un PSH 02004A (pressure switch high) détecte haute pression (1,6 bar) de fuel gaz suivant Alarme PAH 02004A, il ferme la vanne SV02001A arrêt bruleur. Et PSL 02002A (0,1 bar) en amont des vannes de sécurité suite à une basse pression de fuel gaz, il donne un signal pour la fermeture des vannes de sécurité (arrêt totale) avec une visualisation d'Alarme PAL 02002A, dès la disparition du PAH 02004A, il faut réarmer sur le panneau local pour ouvrir lavanne SV 02001A. Et nous avons aussi des PDSH 02003 (3,5bar) mesure (pression différentielle haute sur la charge) suivant par alarme PDAH 02003. PDSL 02004 (2,5bar) mesure (pression différentielle basse sur la charge) suivant par alarme PDAL 02004.

Et dans les deux derniers tableaux de la décomposition fonctionnelle du four 20-F-01A lors d'arrêt d'urgence. Il existe un équipement qui aura pour but d'assurer la fonction intermédiaire de sous système de prévention et un autre équipement pour le sous-système de protection. Un bouton poussoir local pour qu'il soit un signal transmet vers la vanne MRV 02008 (fermeture) pour couper l'alimentation du four en gaz combustible. Nous avons aussi un dispositif d'extinction à eau (équipement de protection) pour assurer la fonction élémentaire de protéger le four.

En effet, nous avons fait cette décomposition structurelle et fonctionnelle pour mener à bien notre étude d'évaluation des risques du four.

### **III.5. Analyse dysfonctionnelle**

L'analyse des dysfonctionnements des systèmes consiste à identifier les conditions qui peuvent conduire à des défaillances et de savoir leurs conséquences en cours de conception ou déjà opérationnelle.

### **III.6. Etablissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios à évaluer**

Dans notre cas, l'évaluation de l'acceptabilité et de sélection des scénarios d'accident sera faite à la base de la matrice de risque présentée ci-dessous.

<b>Gravité</b>	5					
	4					
	3					
	2					
	1					
		1(E)	2(D)	3(C)	4(B)	5(A)
		Probabilité				

Figure III.2. Matrice de risque [52]

Classification des risques	Description
	Acceptable
	ALARP – améliorable
	Inacceptable

Figure III.3. Niveau de risque [52]

### III.6.1. Principes d'évaluation de la gravité

De manière générale, l'objectif de la détermination de la gravité (par la détermination du nombre de personnes potentiellement exposées) est d'aboutir à une évaluation du niveau de gravité :

### III.6.2. Quantification de la fréquence

Le niveau de probabilité des phénomènes dangereux est déterminé selon l'échelle quantitative suivante :

Tableau III-9. L'échelle quantitative.

Echelle	1(E)	2(D)	3(C)	4(B)	5(A)
Quantitative (par unité et par an)	$F < 10^{-5}$	$10^{-4} > F > 10^{-5}$	$10^{-3} > F > 10^{-4}$	$10^{-2} > F > 10^{-3}$	$F > 10^{-2}$

Tableau III-10. L'échelle des Gravités.

Niveau de gravité	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs (SELS)	Zone délimitée par le seuil des effets létaux (SEL)	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine (SEI)
<b>5. Désastreux</b>	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées	Plus de 10 000 personnes exposées
<b>4. Catastrophique</b>	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées	Entre 1 000 et 10000 personnes exposées
<b>3. Important</b>	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
<b>2. Sérieux</b>	Au plus 1 personnes exposées	Au plus 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
<b>1. Modéré</b>	Aucunes personnes exposées	Au plus 1 personnes exposées	Moins de 10 personnes exposées

### III.7. Élaboration d'une étude HAZOP sur le système

L'intérêt de l'application de la méthode HAZOP est qu'elle une étude de base permettant de recenser les différentes causes et conséquences des scénarios d'accidents fournissent. Toutes ces informations seront utilisées dans la méthode nœud-papillon. Le tableau de HAZOP montre ces différentes causes et conséquences et barrières de sécurités existantes au niveau du système étudié.

Le tableau (III. 11) présenté l'application de la méthode HAZOP pour les trois déviations critique susceptibles de provoquer des accidents [51].

TITRE DE L'ÉTUDE : RECHAUFFEUR DE BRUTE 20-F-01 A									
PARTIE CONSIDÉRÉE : serpentín du 20-F-01 A					ATTENTION DE CONCEPTION : Entrées : Alimentation en huile brute Activités : réchauffement				
N°	Mot clé	Paramètre	Déviatió	Causes possibles	Conséquences	Protections	ED	G	Mesures à prendre
1	Plus	Température	Haute Température d'huile brute	-Mauvais fonctionnement de la vanne TCV 02010 A (coincé ouverte)	Endommagement possible du serpentín avec incendie -Explosion interne du four -arrêt unité	TSHH 02006 A température très haute sortie radiation (coupant l'alimentation gaz des bruleurs et pilotes) -TSH 02008 A [température haute de fumées sortie convection] [coupant L'alimentation gaz desbruleurs -TSH 02005 haute température huile à la sortie -PDSH 02003A haute pression d'huile à la sortie - PSH 02004A haute	Explosion	5	
							Feu de flash	2	

						Pression du gaz combustible [ferme vanne SV 02001 A Arrêt bruleurs] -Système d’extinction à eau -Trappe d’explosion	Boule de feu	3	
--	--	--	--	--	--	---	--------------	---	--

N°	Mot clé	Paramètre	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Protections	ED	G	Mesures à prendre
2	Moins	Température	Basse Température d'huile brute	-Mauvais fonctionnement de la vanne TCV 02010 A (Coincé fermée) -Mauvais fonctionnement de la vanne PCV 02013 A (coincé fermée) -Faible combustion dans le Four par présence des liquides dans les bruleurs -Enveloppe carbonique (encrassement) des tubes empêche le réchauffement par rayonnement -rétrécissement de la section des faisceaux -Le soufflage de flamme suivi d'un rallumage	- TVR élevé d'huile brute (produit OFF SPEC) -Présence de nuage explosif à l'intérieur du four -Explosion interne du four en cas de rallumage le four	-TSL 02004 A/B/C [Température de sortie de la charge] [ouvrant la vanne SV 2001 A de bruleurs] - BS 02001 ET BS 02002 Indiquent l'absence de flamme	Explosion	4	
							Feu de flash	2	
							Boule de feu	2	

N°	Mot clé	Paramètre	Déviation	Causes possibles	Conséquences	Protections	ED	G	Mesures à prendre
3	Moins	Débit	Basse débit fuel gaz	-Mauvais fonctionnement de la vanne TCV 02010 A (Coincé fermée) -Mauvais fonctionnement de la vanne PCV 02013A (coincé fermée) -la vanne SV02001A bloquée fermée (Détendeur coincé) -bouchage dans la ligne	-Faible combustion -Basse température d'huile à la sortie -Présence de nuage explosif -Explosion du four en cas de rallumage le four	-TSL 02004 A/B/C [Température de sortie de la charge] [Ouvrant la vanne SV02001 A de bruleurs] - BS 02001 ET BS02002 Indiquent l'absence de flamme	Feu de torche	4	
							Feu de flash	2	
							Boule de feu	4	
4	Plus	Débit	Haut Débit Fuel gaz	Mauvais fonctionnement de la vanne TCV 02010 A (Coincé ouverte) - Mauvais fonctionnement de la vanne PCV 02013 A (Coincé ouverte)	-Augmentation de la température du four -Augmentation de la pression de la pression de fuel gaz -Endommagement possible du serpentín avec incendie -Explosion interne du Four -arrêt unité	(Coupant l'alimentation gaz des bruleurs et pilotes) -TSH 02008 A [Température haute de fumées sortie convection] [Coupant l'alimentation gaz des bruleurs -TSH 02005 haute température huile à la sortie -PDSH 02003A haute pression d'huile à la sortie - PSH 02004A haute pression du gaz combustible	Feu de torche	3	
							Feu de Flash	2	

						[Ferme vanne SV 02001 A Arrêt bruleurs] -Système d'extinction à eau -Trappe d'explosion	Boule de feu	3	
--	--	--	--	--	--	--	--------------	---	--

N°	Mot Clé	Paramètre	Déviati on	Causes possibles	Conséquences	Protections	ED	G	Mesures à prendre
2	Autre		Fatigue	- Fatigue mécanique des tubes (contacte de flamme avec surface des tubes) -fatigue mécanique des supports des tubes (détérioration des tubes) -fatigue mécanique des fibres céramique (fissure)	-Rupture des faisceaux tubulaires -fuite d'huile -Incendie -Explosion interne du four - Arrêt unité	-Système extinction à eau -arrêt d'urgence AU	Explosion	3	
							Feu de flash	3	
							Feu de torche	4	

**III.8. Scénarios retenus pour l'évaluation des risques**

La gravité des dommages ont conduit à choisir perte de confinement d'un tube de pétrole brut et l'accumulation d'un nuage de fuel gaz à l'intérieur de la chambre de combustion, la surpression du four 20-F-01.

- **Sélection des scénarios à évaluer**

À partir de l'étape précédente, les scénarios à évaluer par nœud-papillon sont les suivants :

Les scénarios	Les évènements redoutés
1 <sup>er</sup> scénario	- Accumulation du nuage de fuel gaz
2 <sup>ème</sup> scénario	- Surpression du four
3 <sup>ème</sup> scénario	- Perte de confinement dans tube d'huile

**III.9. Estimation des fréquences d'occurrence des phénomènes dangereux**

**III.9.1.1. Construction de l'ADD pour le 1<sup>er</sup> scénario**

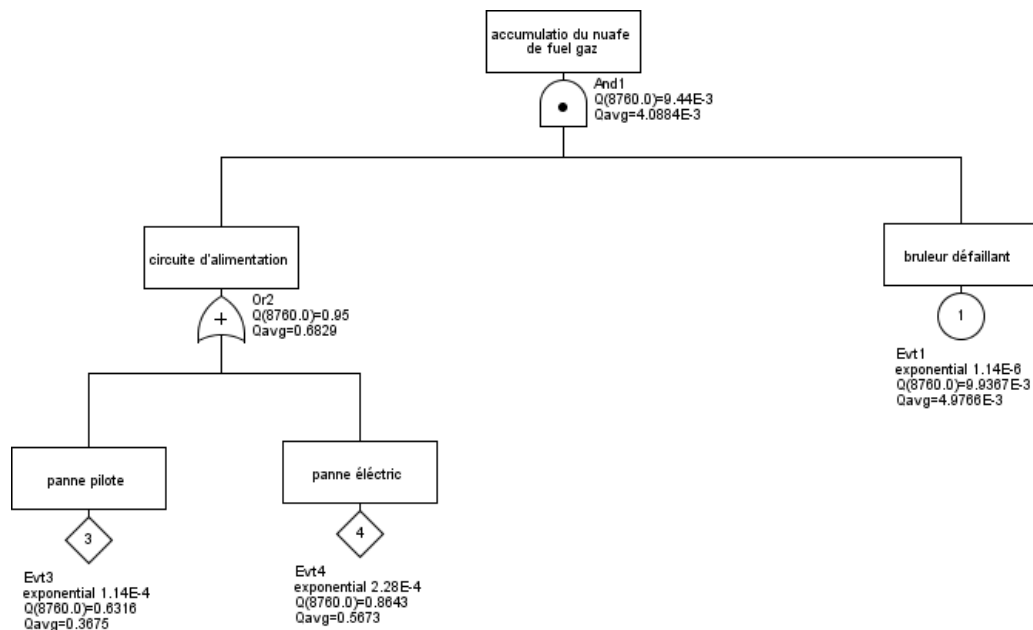


Figure III-4. Arbre de défaillance de scénario 1

III.9.1.2. Construction ADE pour le 1<sup>er</sup> scénario

Les scénarios d’accidents de (ADD) sont représentés sous forme des ADE. Le choix de ce modèle nous permet davantage de donner une représentation claire de l’enchaînement des événements en précisant leurs fréquences et par conséquent la fréquence de chaque scénario.

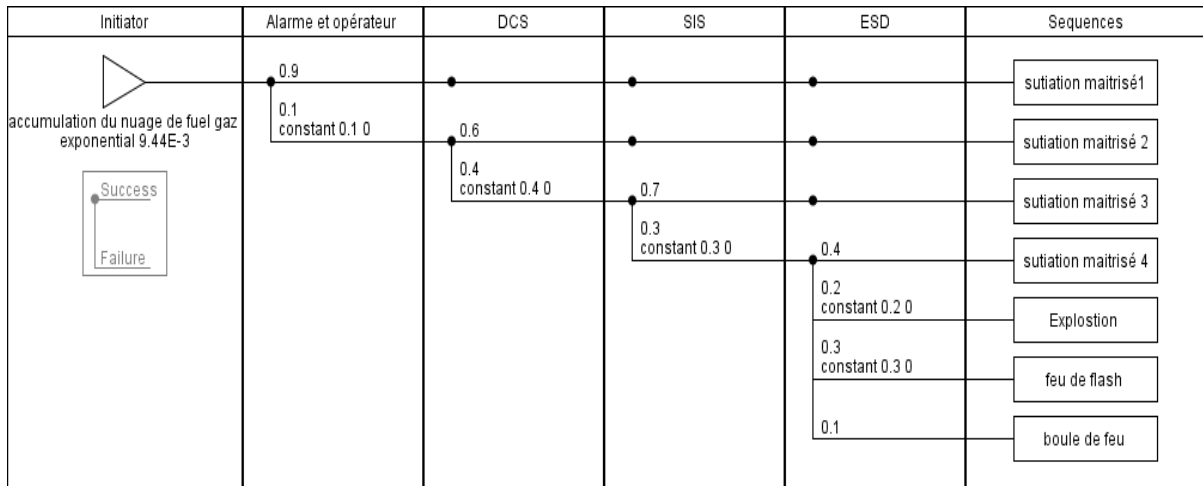


Figure III-5. ADE du scénario 1 construite par logiciel GRIF

III.9.1.3. Interprétation des résultats

Drapées les calculs par la méthode ADE (Arbre d’évènements) nous avons trouvé les fréquences des événements dangereux.

Tableau III-11. Les fréquences des phénomènes dangereux de scénario 1

Evénement	Fréquence
Explosion	2.26*10 <sup>-5</sup>
Feu de flash	3.39*10 <sup>-5</sup>
Boule de feu	1.13*10 <sup>-5</sup>

III.9.2.1. Construction de l'ADD pour le 2<sup>ème</sup> scénario

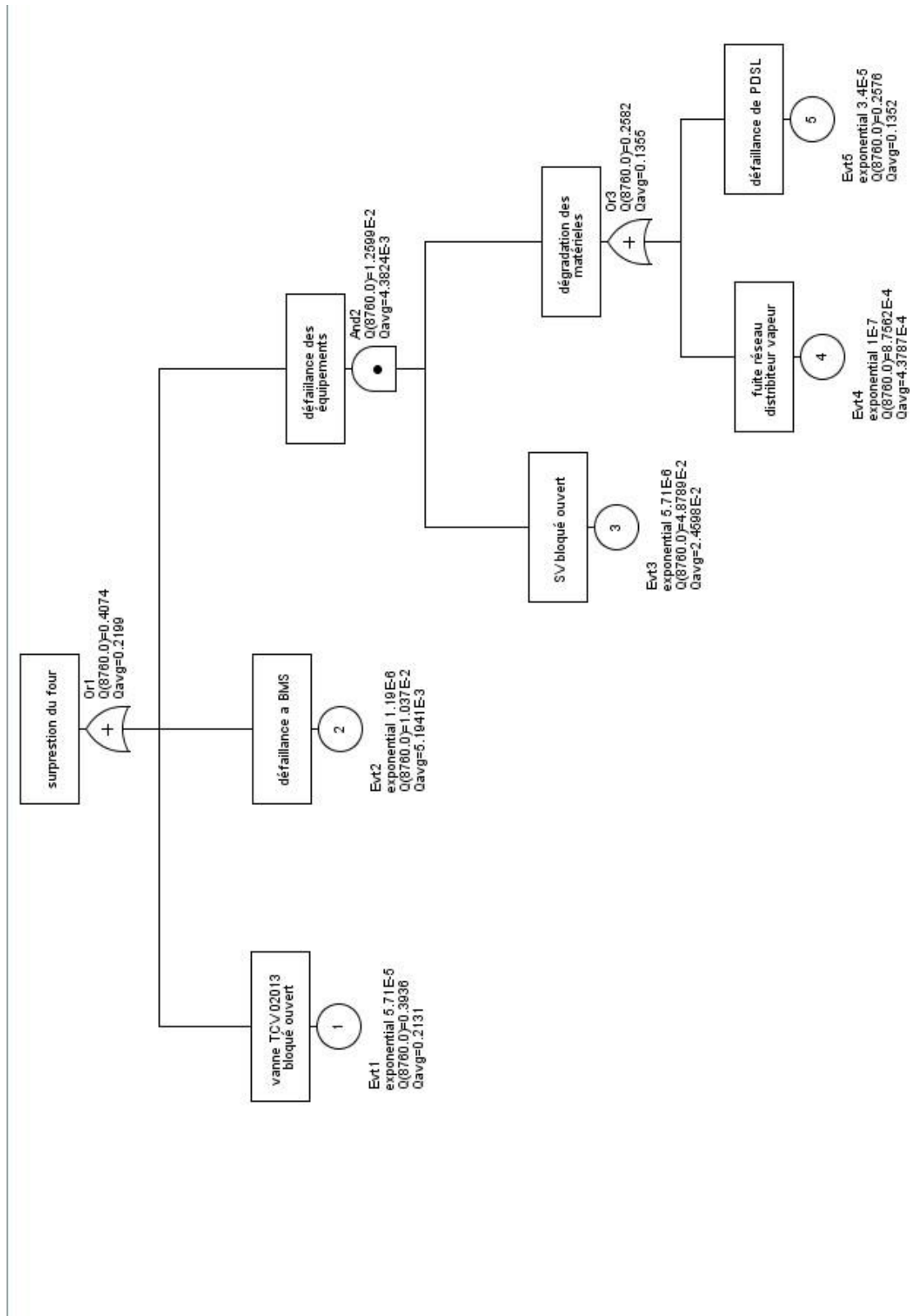


Figure III-6. Arbre de défaillance de scénario 2

III.9.2.2. Construction ADE pour le 2<sup>ème</sup> scénario

Les scénarios d'accidents de (ADD) sont représentés sous forme des ADE. Le choix de ce modèle nous permet davantage de donner une représentation claire de l'enchaînement des événements en précisant leurs fréquences et par conséquent la fréquence de chaque scénario.

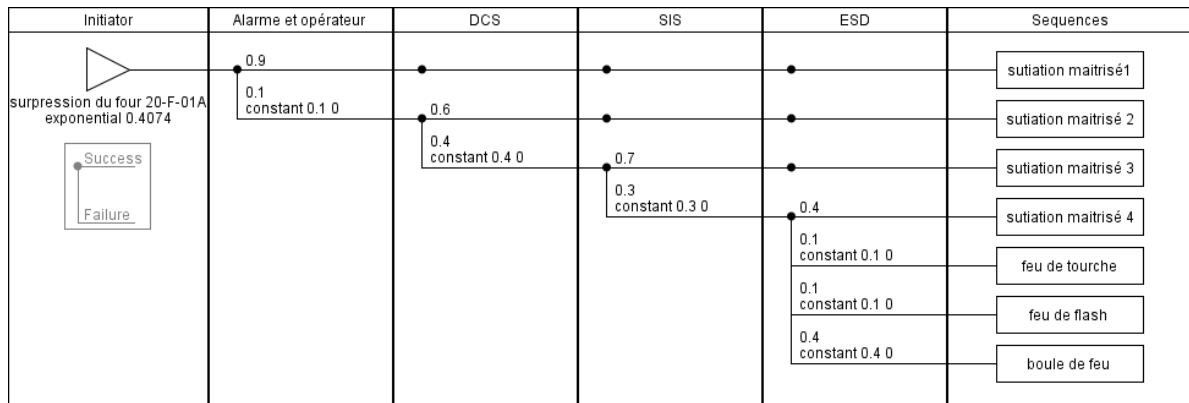


Figure III-7. ADE du scénario 2 construite par logiciel GRIF

III.9.2.3. Interprétation des résultats

Drapées les calculs par la méthode ADE (Arbre d'évènement) nous avons trouvé les fréquences des événements dangereux.

Tableau III-12. Les fréquences des phénomènes dangereux de scénario 2

Evénement	Fréquence
Feu de torche	$4.88 \cdot 10^{-4}$
Feu de flash	$4.88 \cdot 10^{-4}$
Boule de feu	$1.95 \cdot 10^{-3}$

III.9.3.1. Construction de l'ADD pour le 3<sup>ème</sup> scénario

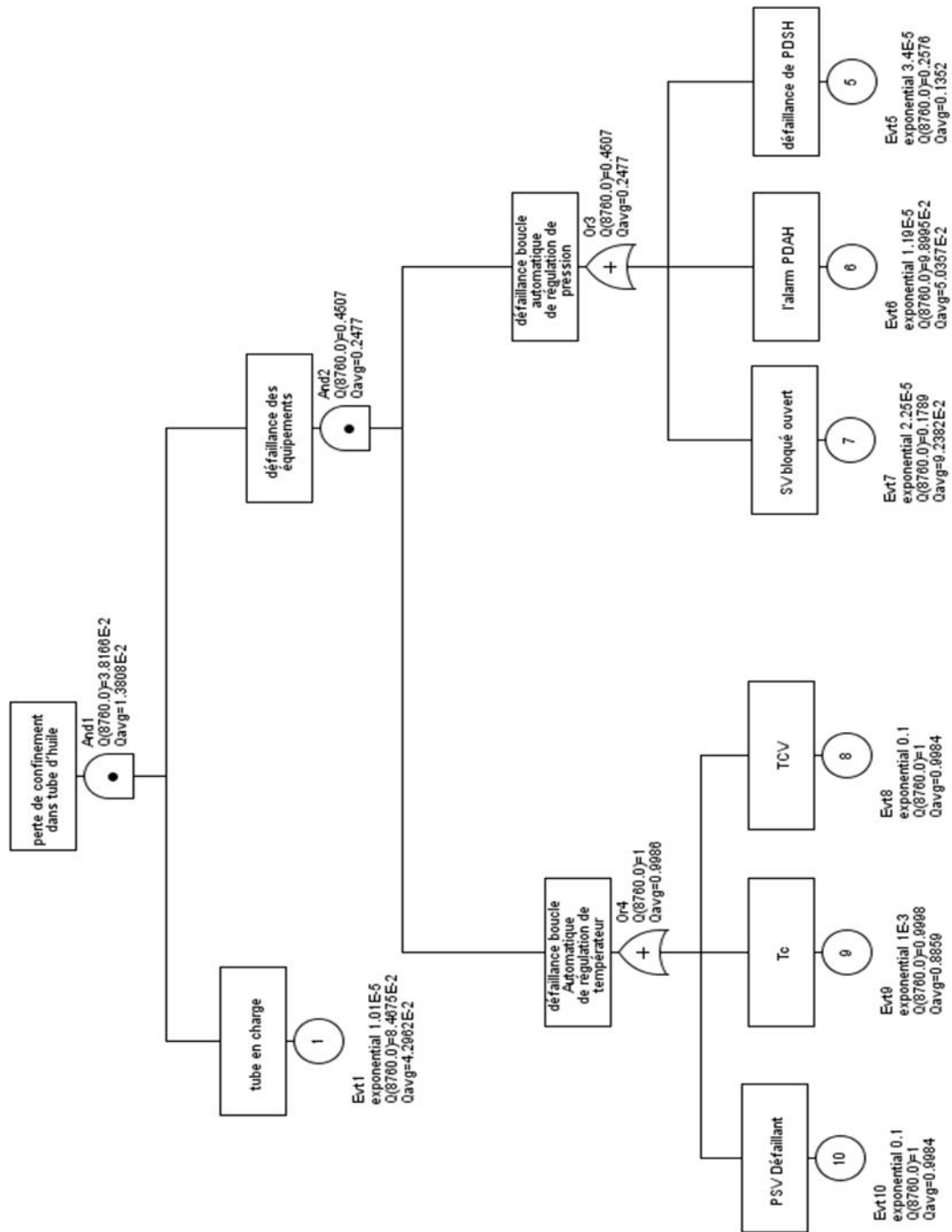


Figure III-8. Arbre de défaillance de scénario 3

III.9.3.2. Construction ADE pour le 3<sup>ème</sup> scénario

Les scénarios d'accidents de (ADD) sont représentés sous forme des ADE. Le choix de ce modèle nous permet davantage de donner une représentation claire de l'enchaînement des événements en précisant leurs fréquences et par conséquent la fréquence de chaque scénario.

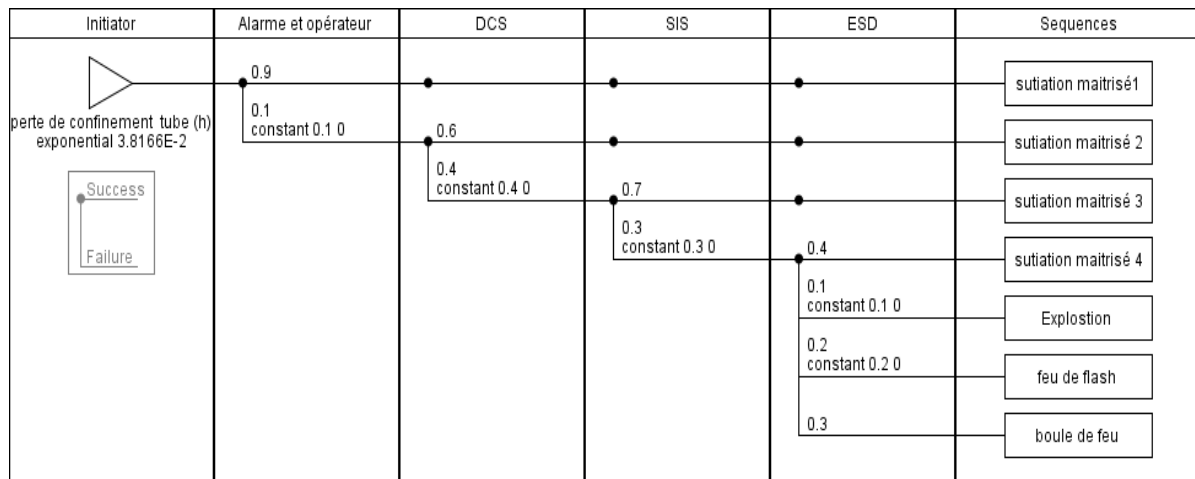


Figure III-9. ADE du scénario 3 construite par logiciel GRIF

III.9.3.3. Interprétation des résultats

Drapées les calculs par la méthode ADE (Arbre d'évènement) nous avons trouvé les fréquences des événements dangereux.

Tableau III-13. Les fréquences des phénomènes dangereux de scénario 3

Evénement	Fréquence
Explosion	4.57*10 <sup>-5</sup>
Feu de flash	9.15*10 <sup>-5</sup>
Boule de feu	1.37*10 <sup>-4</sup>

### III.10. Détermination de la gravité

Tableau III-14. Niveau de gravité des conséquences indésirable.

Scenario	Phénomène dangereux	Fréquence	Abr	Classe	Seuil retenu pour l'estimation de la gravité	Niveau de gravité
1	Explosion	2.26E-5	A1	D	SELS	5
	Feu de flash	3.39E-5	A2	D	SELS	2
	Boule de feu	1.13E-5	A3	D	SELS	3
2	Feu de torche	4.88E-4	B1	C	SELS	4
	Feu de flash	4.88E-4	B2	C	SELS	2
	Boule de feu	1.95E-3	B3	B	SELS	4
3	Explosion	4.57E-5	C1	D	SELS	3
	Feu de flash	9.15E-4	C2	C	SELS	3
	Boule de feu	1.37E-4	C3	C	SELS	4

### III.11. Placement des Phénomènes dangereux dans la matrice de criticité

Tableau III-15. Matrice de criticité.

Gravité	Fréquences				
	1 (E)	2 (D)	3 (C)	4 (B)	5 (A)
5. Désastreuse		A1			
4. Catastrophique			B1/C3	B3	
3. Importante		A3/C1	C2		
2. Sérieuse		A2	B2		
1. Modérée					

### III.12. Discussion des résultats

Cette section offre une synthèse générale des résultats obtenus pour dériver les conséquences inacceptable associées aux scénarios définis.

On a présenté d'une manière complète la méthodologie de travail avec une application réelle sur four 20-F-01A a Oued Noumer, mais ça n'ait pas suffisant pour comprendre les évènements indésirables possible dans la totalité de site et leurs conséquences sur la population environnante et sur l'installation.

Pour cela il est nécessaire à analyser complètement toutes les unités à risque présentes sur site. Pour la 1<sup>ère</sup> étape de ce travail on a effectué une analyse qualitative des risques par l'élaboration de la méthode HAZOP pour l'identification des risques sur toutes scenarios choisis, on trouve aussi les Tableaux des fréquences dérivées des nœuds papillon, les Tableaux de gravité, la matrice des risques. Ces résultats sont finalement regroupés dans une matrice globale des risques du four 20-F-01A. Les descriptions dans ce chapitre reposent sur les résultats finaux des différents types de danger, tel que les Explosions, Feu de torche, Feu de nappe, Feu de nuage et Boule de feu.

D'après les résultats dans la matrice de risque, nous constatons qu'il existe un certain nombre de risques liés à certaines activités tel que (explosion dans le scenario 1, feu de torche et boule de feu dans le scenario 2 et feu de torche dans le scenario 3) qui sont dangereux et qui nécessitent une grande attention en matière de réduction des risques d'une manière ou d'une autre en diminuant la fréquence d'occurrence ou leurs effets (gravité) sur la population environnante ainsi que sur les installations par le principe ALARP (as low as reasonably practice), ce qui ne pourrait être fait qu'en utilisant des outils de prévention et de protection respectivement. Ces phénomènes dangereux ne peuvent être pas négligé et n'est pas possible d'effectuer des travaux au voisinage sans amélioration de la situation pour réduire le risque a une zone acceptable.

Pour les phénomènes qui situe dans la zone jaune tel que (boule de feu dans le scenario 1, feu de flash dans le scénario 2, explosion et boule de feu dans le scenario 3) ils sont considérés comme gérable selon le principe ALARP, il suffit de prendre en considération les moyens préventive et corrective présente sur le site pour gérer la situation.

Pour le phénomène feu de flash du scenario 1 est dans la zone vert considérer comme minimal il ne requiert aucune attention cependant il va falloir être vigilant car un risque peut évoluer dans le temps et passer d'une zone a l'autre

La meilleure pratique est un prérequis pour démontrer que les risques sont conformes au principe ALARP, quelles que soient les valeurs de risque effectives dérivées, sans oublier que les résultats au niveau du risque suggèrent que toutes les mesures pratiques de réduction du risque doivent être envisagées.

**III.13. Recommandations**

Voici quelques recommandations pour éviter les risques et les dangers d'explosion d'un Four 20-F-01 A :

1. Assurez-vous de suivre les instructions d'utilisation du fabricant pour le fonctionnement et l'entretien du four.
2. Ne surchargez pas le four avec des matériaux ou des produits inflammables qui pourraient déclencher une explosion.
3. Vérifiez régulièrement l'état du four en particulier les joints d'étanchéité les brûleurs et les conduits. Si vous constatez une détérioration ou une usure arrêtez immédiatement l'utilisation du four et faites-le réparer par un professionnel.
4. Évitez de placer des objets sur ou près du four qui pourraient tomber et bloquer les orifices de ventilation.
5. Respectez les limites de température et de temps de cuisson recommandée pour les différents aliments ou matériaux que vous utilisez dans le four.
6. Assurez-vous que le four est correctement ventilé pour éviter l'accumulation de gaz combustibles à l'intérieur de l'enceinte.
7. Évitez de modifier le fonctionnement ou les réglages du four sans l'approbation du fabricant ou d'un professionnel qualifié.
8. En somme la prudence et le bon sens s'avèrent primordiaux pour éviter les risques et les dangers d'explosion d'un Four 20-F-01 A.
9. L'amélioration des barrières de sécurité du four
10. Diminuer la gravité des risques avec des actions de prévention et protection réduction la probabilité d'occurrence.

**III.14. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons appliqué une méthodologie d'évaluation quantitative des risques à un système opérationnel (Four de chauffe de brute 20-F-01A), nous avons pris trois scénarios d'accident 1 (Accumulation du nuage de fuel gaz), 2 (Surpression du four) et 3 (Perte de confinement dans tube d'huile) comme des événements indésirables, nous avons passé par toute une analyse fonctionnelle du système étudié et dysfonctionnelle par l'utilisation des méthodes tel que HAZOP pour l'identification et nœud papillon pour l'estimation de risque qui font l'objet de comprendre les modes fonctionnement du système et la détermination des événements indésirables.

En combinant ces méthodes, il est possible d'obtenir une évaluation complète et détaillée des risques, en identifiant les scénarios de défaillance potentiels, leurs causes et leurs conséquences, ainsi que les mesures à prendre pour les prévenir ou les atténuer. Cela permet d'améliorer la sécurité, la fiabilité et l'efficacité des systèmes.

Enfin, on a donné des recommandations pour gérer les risques de manière proactive, réduire les incidents, protéger la sécurité des personnes et des biens, et assurer le bon fonctionnement de leurs systèmes.

## **Conclusion générale**

---

### **Conclusion générale**

Le risque zéro n'existe pas. Impossible de savoir avec certitude ce qui se produira et à quel moment. Pour prévenir la survenue d'accidents majeurs, les industriels réalisent des analyses de risques. Le retour d'expérience permet de mettre en évidence le fait que les accidents industriels majeurs sont généralement la conséquence d'un enchaînement d'événements indésirables combiné à des défaillances de barrières de sécurité. Pour analyser de tels accidents, il est nécessaire de disposer de méthodes d'analyse suffisamment fines et détaillées pour identifier l'ensemble des séquences accidentelles sans en écarter aucune à priori. Le nœud papillon permet de répondre à ce besoin en fournissant une arborescence détaillée capable d'explicitier le déroulement chronologique d'un accident.

La méthode du nœud papillon est un très bon argument en tant que tel, représentant les causalités et les conséquences d'un éventuel évènement. Elle nous permet d'avoir une vue d'ensemble sur le processus d'un accident et ainsi modéliser la nécessité des barrières et leurs champs d'action pour éviter un évènement indésirable. La matrice des risques est un outil d'analyse qui permet d'évaluer en amont la probabilité et la gravité des risques. Une fois ces deux éléments évalués, on peut alors représenter chaque risque de manière visuelle dans la matrice afin d'en calculer les éventuelles répercussions. Ces résultats aideront les industrielles et les décideurs de à hiérarchiser les risques du projet plus facilement et à les gérer efficacement.

### *Bibliographié*

- [01] BOUGOFA MOHAMMED et AHMED AMEZIANE ANWAR « *Evaluation des PFD dans un cadre d'une analyse des couches de protection* ». Université Hadj-Lakhdar, Batna (2015).
- [02] A. Desroches, Concepts et méthodes probabilistes de base de la sécurité. Lavoisier ; France ; 1995.
- [03] Norme CEI 61508, Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques / électroniques / électroniques programmables relatifs à la sécurité – Parties 1 à 7, octobre 1998-2000. Commission Electrotechnique Internationale, Genève, Suisse.
- [04] OHSAS 18001, Système de management de la santé et de la sécurité au travail – Spécification. BSI, AFNOR ; 2007.
- [05] A. Villemeur, Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels. Eyrolles, Paris, France ; 1988.
- [06] OHSAS 18001. Système de management de la santé et de la sécurité au travail - Spécification. BSI, AFNOR
- [07] F.R Farmer, Sitting criteria: a new approach. Atom, 1967
- [08] F. INNAL, Contribution à la modélisation des systèmes instrumentés de sécurité et à l'évaluation de leurs performances *Analyse critique de la norme CEI 61508*, Thèse de Docteur de L'Université BORDEAUX 1 ; 2008.
- [09,] Ouddai Roukai « Étude des relations entre les coûts d'accidents et la performance en sécurité » Thèse de doctorat, Institut d'Hygiène et sécurité Industrielle, Université de Batna, 2013.
- [10] INERIS-DRA35. Outils d'analyse des risques générés par une installation
- [11], ISO/CEI Guide 51. Aspects liés à la sécurité : Principes directeurs pour les inclure dans les normes. Organisation internationale de normalisation (ISO).
- [12] ISO, « Aspects liés à la sécurité : Principes directeurs pour les inclure dans les normes », Organisation internationale de normalisation, 1999.
- [13] Norme CEI 61511. Sécurité fonctionnelle - Systèmes instrumentés de sécurité
- [14] On the use of probabilistic and deterministic methods in risk
- [15] ROYER. M, "HAZOP : une méthode d'analyse des risques," Tech. L'ingénieur Systèmes d'information Commun.,” 2009.
- [16] CEI, *études de danger et d'exploitabilité (étude HAZOP) \_guide d'application*.2001.

## Bibliographié

---

- [17] INERIS, *Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle* (DRA). 2006.
- [18] INERIS, *Outils d'analyse des risques générés par l'installation industrielle, direction des risques accidentels* (DRA). 2003.
- [19] ENSPM, *Sécurité Des Systèmes-Analyse Des Risques*. 2005.
- [20] KHELOUFI.DJ and MEDJDOUB.J, “Analyse de la Surete de Fonctionnement pour la Maitrise des Risques de la Chaudiere de Tchîn-Lait,” Université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2013.
- [21] MILWAUKEE.D, KLEETLAAN.C, and BOMBARDIER.B, “Sécurité fonctionnelle dans l'industrie des procédés Principes, normes et mise en oeuvre,” 2013.
- [22] *Méthodes d'analyse des risques génères par une installation industrielle. Rapport d'étude. L'institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.*
- [23] <https://www.arbre-analyste.fr/>
- [24] *Sécurité des systèmes – analyse de risques. Institut français de pétrole.*
- [25] *L'arbre d'événements : une méthode d'analyse des risques.*
- [26] *Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité - Ω 20*
- [27] Innal F., Bourarache M, Chebila M, Simohammed A. « Treatment of Uncertainty in Probabilistic Risk Assessment Using Monte Carlo Analysis» Proceedings of the 3rd International Conference on Systems and Control, 978-1-4799-0275-IEEE Algiers, Algeria, 2013.
- [28] M. M. Merad, « Analyse de l'état de l'art sur les grilles de criticité », rapport INERIS- DRA638, 16 Mars 2004.
- [29] J. Guiochet, « Maîtrise de la sécurité des systèmes de la robotique de service », PhD thesis, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 2003.
- [30] C. Lievens, « Sécurité des systèmes », Cepadues-éditions. 1976.
- [31] US Department of Defense, « System Safety Program Requirements », DC-USDepartment of Defense, MIL-STD-882C, 1991.
- [32] Documentation interne SONATRACH
- [33] N° Rég. DNV : 128ZHR8-22 Rapport EP002718 – N° 18

## Bibliographié

---

- [34] Yakoub. Allaoua. GOUFFI, "Exploitation, amélioration du rendement et correction de la perte de flamme aux fours de stabilisation", Mémoire de fin de formation de SONATRACH à Oued Noumer, Janvier 2018.
- [35] Larbi. BELDJOUDI, "Optimisation des paramètres de service des sécheurs gaz (T, P, Q, t) pour une meilleure efficacité", Mémoire de fin de formation de SONATRACH à Oued Noumer, Mai 2017.
- [36] Manuel opératoire de l'unité de séparation et compression de gaz, unités 20 et 30.
- [37] C. Bonnet, Le Raffinage du Pétrole : Matériels et Équipements, Technip, Institut français du pétrole. Paris, 1999, Tome 4
- [38] Mohammed (2014) : « Etude lithologique et pétro physique du champ d'Oued Noumer du Trias Argileux-Gréseux. ». Mémoire interne de SONATRACH
- [39] Mémoire fin de formation préparé par Mr BAYOUCEF Boudjemaa, thème : Vérification des paramètres de fonctionnement du sécheur de gaz lourd au niveau de ROURDE NOUSS année 2014
- [40] BAYOUCEF Boudjemaa ET BENDAHOU Abd Allah (2019) : MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN GENIE CHIMIQUE. « Optimisation des paramètres de fonctionnement de débutaniseur GPL. »
- [41] Conférence sur Le GPL (1997). Hassi Messaoud. Janvier2000 « Séminaire sur ledéveloppement et la production du GPL ».
- [42] Manuel opératoire de l'ancienne unité du centre de production d'OUED NOUMER.
- [43] Boubekeur omar (2020) : « Etude de l'influence des paramètres actuels sur le rendement de débuthaniseur » MÉMOIRE DE MASTER
- [44] Manuel opératoire de l'unité GPL du centre de production d'OUED NOUMER.
- [45] TALBI Abdessamad 2018 : Mémoire de fin de formation/induction « Optimisation des Barrières Techniques de Sécurité de four de stabilisation 20 F 01 A » Régionale Hassi-R'mel Direction Oued Noumer
- [46] Manuel Opératoire - Oued Noumer – Récupération de Gaz Associés contrat SONATRACH – SOFREGAZ E 81 – ENC 03
- [47] Dossier Technique du Four 20-F-01A
- [48] Document MINIMAX (Expert in fire protection)
- [49] Documentation (VIASONE SA) par Alexandre Andreini

## **Bibliographié**

---

[50] BOUREKDA, 2008 Centre Etudes Supérieure Industrielles

[51] Norme CEI 61 882 – 2001 (Etude de Danger et Exploitabilité « Etude HAZOP »  
Guide d'Application

[52] Rapport DNV Energy Etudes, « Risk Assessment » des unités industrielles  
de la Division Production « Analyse de risques », SONATRACH DP-Haoud  
Berkaoui N° Rapport EP002715 -N° 16 Rév. 0.