الجمهـوريـــة الجزائـــريـــة الديمقـراطيـــة الشـعبيـــة
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التـــعلـيـــم العـــالـــي والبـحـــث العـلـمـــي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أ حمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département : Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et sécurité industrielles
Spécialité : Sécurité industrielle et environnement (SIE)

Thème

Evaluation et maîtrise des substances chimiques dangereuses en industrie

Présenté par :

OUZAA Abdelkader et BOUZEBOUDJA-RAFOR Ali

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
BELOUFA Khadija	MAA	IMSI, Université d'Oran 2	**Présidente**
BENOMAR Fatima	MCA	IMSI, Université d'Oran 2	**Examinatrice**
MOULESSEHOUL Atika	MCA	IMSI, Université d'Oran 2	**Encadrant**

Année 2025/2026

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents :

À ma mère, Fatima Zohra, qui a œuvré pour ma réussite par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils. Pour toute ton assistance et ta présence dans ma vie, reçois à travers ce travail, aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

À mon père, Belkheir, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte ses fruits ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venus de toi.

À mes trois sœurs, Wafaa, Radia et Amel, qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

À Ali, mon précieux binôme. Ce mémoire est le reflet de notre synergie, des heures de travail partagées et de notre détermination commune face à chaque obstacle.

À mes enseignants de l'Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle, qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

Abdelkader

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à ma réussite et qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours.

À mes très chers parents, **mon père Abdelkader** et **ma mère Lahmer Zwawia**, qui ont toujours été une source d'amour, de soutien, de sacrifice et d'encouragement. Aucun mot ne saurait exprimer ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont fait pour moi.

À mes grands-pères, qu'Allah leur accorde Sa miséricorde et les accueille dans Son vaste paradis.

À mes grands-mères, qu'Allah leur accorde une longue vie, une bonne santé et beaucoup de bonheur.

À mes chères sœurs, **Asma** et **Ikram**, pour leur affection, leur soutien et leurs encouragements.

À mon cher frère, **Abderrahmane**, pour sa présence et son soutien.

À tous ceux que j'ai eu l'honneur de connaître au sein de l'IMSI.

À mon binôme, **Abdelkader**, avec qui j'ai partagé les efforts, les difficultés et les satisfactions liés à la réalisation de ce mémoire.

À tous mes enseignants, qui m'ont accompagné et soutenu durant toutes mes années d'études et qui ont contribué à ma formation.

À mon encadreur, **Mme Atika**, pour son accompagnement, ses conseils et son soutien tout au long de ce travail.

Enfin, à toutes les personnes qui me sont chères et que je n'ai pas citées, mais qui occupent une place particulière dans mon cœur.

Je dédie ce travail avec toute ma reconnaissance et mon respect.

Ali

Remerciement

Avant tout, nous remercions Allah, le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, le courage et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous adressons notre profonde gratitude à nos parents pour leur soutien indéfectible, leurs encouragements constants et tous les sacrifices consentis tout au long de notre parcours universitaire.

Nous exprimons nos sincères remerciements à notre encadreur, **Mme Moulessehoul A.**, pour sa disponibilité, ses précieux conseils, son accompagnement, son soutien et son suivi rigoureux durant toute la période de réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble des enseignants du Département d'Hygiène, Sécurité Industrielle et Environnement, qui ont contribué à notre formation et à l'acquisition des connaissances nécessaires à l'élaboration de ce travail.

Nous remercions également les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce mémoire et pour l'intérêt qu'ils portent à notre travail.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

À tous, nous adressons nos plus sincères remerciements.

Ali & Abdelkader
Merci

Résumé :

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'évaluation du risque chimique au sein du complexe de liquéfaction GL2/Z d'Arzew. L'étude décrit d'abord le fonctionnement général du complexe et les principales zones de production, de traitement, de séparation, de liquéfaction, de compression, de stockage et de chargement, afin d'identifier les étapes où les substances chimiques sont les plus présentes.

Le travail se focalise sur l'exposition directe aux postes de travail et sur l'identification des agents chimiques dangereux utilisés ou générés dans l'installation. L'évaluation repose sur l'exploitation des fiches de données de sécurité, des informations d'étiquetage, des observations de terrain et de l'outil SEIRICH, associé à la méthode simplifiée ND 2233 de l'INRS pour hiérarchiser les risques et définir les priorités d'action.

L'étude met en évidence que les risques ne concernent pas seulement les produits de traitement comme la MEA ou les réfrigérants du procédé, mais aussi les opérations de manipulation, de stockage et de transfert. Elle aboutit à une proposition d'organisation du magasin de stockage et à des mesures de prévention destinées à renforcer la sécurité du personnel, la maîtrise des expositions et la conformité réglementaire dans le secteur des hydrocarbures en Algérie.

Mots-clés : risque chimique, GL2/Z, SEIRICH, ND 2233, exposition directe, FDS, stockage, prévention.

Abstract:

This thesis focuses on chemical risk assessment at the GL2/Z LNG complex in Arzew. The study first describes the main production, treatment, separation, liquefaction, compression, storage and loading areas in order to identify the stages where chemical substances are most present.

The work centers on direct occupational exposure at workstations and on the identification of hazardous chemical agents used or generated in the installation. The assessment is based on safety data sheets, labeling information, field observations, and the SEIRICH tool, combined with the INRS simplified ND 2233 method to rank risks and define priorities for action.

The study shows that the main concerns are not limited to process chemicals such as MEA or refrigerant mixtures, but also include handling, storage and transfer operations. It concludes with a proposal for reorganizing the storage warehouse and strengthening preventive measures to improve worker protection, exposure control, and regulatory compliance in the Algerian oil and gas sector.

Keywords: chemical risk, GL2/Z, SEIRICH, ND 2233, direct exposure, SDS, storage, prevention.

الملخص :

تندرج هذه المذكرة في إطار تقييم المخاطر الكيميائية على مستوى مركب تمييع الغاز الطبيعي GL2/Z بأرزيو. تتناول الدراسة في البداية الوصف العام لعمل المركب ومختلف مناطق الإنتاج والمعالجة والفصل والتسييل والضغط والتخزين والشحن، بهدف تحديد المراحل التي تتواجد فيها المواد الكيميائية بشكل أكبر.

يركز العمل على التعرض المباشر في مناصب العمل، وعلى تحديد العوامل الكيميائية الخطرة المستعملة أو المتولدة داخل المنشأة. وقد اعتمد التقييم على استغلال بطاقات بيانات السلامة(FDS) ، ومعلومات الوسم والتصنيف، والملاحظات الميدانية، بالإضافة إلى استخدام برنامج SEIRICHمقترناً بالطريقة المبسطة ND 2233 التابعة للمعهد الوطني للبحث والسلامة(INRS) ، من أجل ترتيب المخاطر حسب الأولوية وتحديد الإجراءات الواجب اتخاذها.

أظهرت الدراسة أن المخاطر لا تقتصر فقط على مواد المعالجة مثل الأمين الأحادي الإيثانول (MEA) أو مبرّدات العملية، بل تشمل أيضاً عمليات المناولة والتخزين والنقل والتحويل. كما توصلت إلى اقتراح تنظيم لمخزن المواد الكيميائية وإلى مجموعة من تدابير الوقاية الرامية إلى تعزيز سلامة العاملين، والتحكم في التعرضات المهنية، وضمان الامتثال للمتطلبات التنظيمية في قطاع المحروقات بالجزائر.

الكلمات المفتاحية: المخاطر الكيميائية، GL2/Z، SEIRICH، ND 2233، التعرض المباشر، بطاقات بيانات السلامة(FDS) ، التخزين، الوقاية.

Sommaire

Dédicace.....
Remerciement.....
Résumé .....
Liste des abréviations .....
Introduction générale 1
Chapitre I : Cadre général de la gestion du risque chimique dans le milieu industriel 3
Introduction..... 3
1. Les définitions..... 3
1.1. Le risque 3
1.2. Le risque chimique 3
1.3. Produit chimique 3
1.4. L'évaluation 3
1.5. Agent Chimique Dangereux (ACD) 3
1.6. Phénomène dangereux 4
1.7. Définition de l'effet toxique..... 4
1.8. Accident du travail 4
1.9. Une maladie professionnelle 4
1.10. Les pathologies professionnelles..... 4
1.11. Installation à risques d'accident majeur 4
2. Les composantes du risque chimique 4
2.1. Processus chronique 4
2.2. Le danger 5
2.3. L'exposition chimique..... 5
2.4. Le dommage..... 5
3. Processus accidentel 6
4. Facteurs de mécanisme accidentel..... 6
4.1. Situation dangereuse..... 6
4.2. Un événement dangereux..... 6
5. La réglementation algérienne concernant les produits chimiques 7
6. Classification des risques chimiques 7
6.1. Le risque d'intoxication..... 8
6.2. Réactions chimiques dangereuses 8
6.3. Risques d'asphyxie ou d'anoxie..... 8
6.4. Risques d'incendie et d'explosion..... 9
7. CLP..... 9
7.1. Le SGH..... 9
8. Les différentes caractéristiques des produits chimiques 10
8.1. L'état physique..... 10
8.2. L'odeur 10
8.3. Point de fusion 10
8.4. Point de congélation 10
8.5. Point initial d'ébullition..... 10
8.6. Point d'éclair..... 10
8.7. pH..... 10
8.8. Température d'auto-inflammation..... 10
8.9. Viscosité 11
8.10. Solubilité..... 11
8.11. LIE..... 11
8.12. LSE..... 11
9. Volet santé du produit chimique..... 11
9.1. Voies de pénétration..... 11
9.1.1. Voie respiratoire..... 12
9.1.2. Voie cutanée 12
9.1.3. Voie orale ou digestive..... 13
9.2. L'étiquetage 13
9.2.1. Anciens symboles / nouveaux pictogrammes 14
10. Les Fiches de Données de Sécurité (FDS)..... 21
10.1. Définition des FDS..... 21
10.2. Contenu des FDS..... 21

Chapitre II : Méthodes d'évaluation du risque chimique et outils d'évaluation 22
I. Les méthodes d'évaluation du risque chimique 22
2. Présentation de la méthode ND 2233 (INRS, 2005) 22
2.1. Inventaire des produits et des émissions 23
2.2. Hiérarchisation des Risques Potentiels (HPR) 24
2.2.1. Indicateur requis pour calculer un score de risque potentiel 24
2.2.2. Classe de danger 24
2.2.3. Quantité utilisée 26
2.2.4. Fréquence d'utilisation 26
2.2.5. Classes de potentiel d'exposition 26
2.2.6. Détermination et hiérarchisation du score de risque potentiel 27
2.3. Évaluation des risques 28
2.3.1. Évaluation de risque par inhalation 28
2.3.1.1. Calcul du score de risque par inhalation 28
2.3.2. Évaluation du risque par contact cutané 32
2.3.2.1. Score de risque cutané (Scut) 33
2.3.2.2. Caractérisation du risque cutané/inhalation 33
2.3.3. Évaluation simplifiée du risque d'incendie–explosion 34
2.3.3.1. Données nécessaires 34
2.3.3.2. Détermination du risque brut d'éclosion d'un foyer 35
2.3.3.3. Caractérisation du risque brut 35
2.3.4. Évaluation simplifiée des impacts environnementaux (ESIE) 35
2.3.4.1. Données nécessaires 36
2.3.4.2. Détermination des impacts environnementaux potentiels (IEP) 36
2.3.4.3. Impact potentiel par milieu 36
2.3.4.4. Caractérisation des impacts environnementaux 37
II. Les outils d'évaluations de risque chimique 37
L'outil Colibrisk 37
TDC Sécurité RC 37
OPERA 38
OiRA 38
Clarice (classeur du risque chimique en entreprise) 38
Previsoft 39
Seirich (Système d'évaluation et d'information sur les risques chimiques) 39
1. Caractérisation des dangers dans l'entreprise 39
2. Hiérarchisation des risques potentiels 39
3. Évaluation des risques résiduels 39
4. Planification et suivi des actions de prévention 39
Chapitre III : Présentation de SONATRACH et du complexe GL2/Z 41
Introduction 41
1. Activités de SONATRACH 41
1.1. Activité amont 41
1.2. Activité aval 41
1.3. Activité de transport par canalisations 41
1.4. Raffinage et Pétrochimie 41
1.5. Activité de commercialisation 41
2. Le GNL en Algérie 42
3. Principe de liquéfaction du gaz naturel 42
4. La composition du gaz naturel 43
5. Historique du Complexe 43
6. Description générale 44
6.1. La première Zone : Utilités 45
6.1.1. Sources d'énergie 45
6.1.2. Génération d'électricité 46
6.1.3. Unité de déminéralisation 46
6.1.4. Génération d'air comprimé 46
6.1.5. Unité d'azote 46
6.2. Description d'un train de procédé 47
6.2.1. Section traitement de gaz 48
6.2.1.1. Décarbonatation 48
6.2.1.2. Déshydratation 48
6.2.1.3. Démercurisation 48
6.2.2. Section séparation 49

6.2.3. Section liquéfaction 49
6.2.4. Section compression 50
6.2.4.1. Boucle propane 50
6.2.4.2. Boucle MCR 50
6.2.5. La section de séparation 51
6.3. Zone terminale 52
6.3.1. Zone de stockage 52
Conclusion 52
Chapitre IV : Application du logiciel SEIRICH au laboratoire du complexe GNL2/Z 53
Introduction 52
1. SEIRICH au laboratoire et GNL2/Z 53
1.1. Pourquoi le logiciel SEIRICH ? 54
2. Évaluation de risques chimiques dans laboratoire avec le logiciel SEIRICH 54
2.1. Caractérisation des dangers dans l'entreprise (cartographie et inventaire) 55
2.2. Hiérarchisation des risques potentiels 57
2.2.1. Hiérarchisation des analyses physico-chimiques 57
2.2.2. Hiérarchisation des manipulations sous sorbonne 57
2.2.3. Hiérarchisation des manipulations d'extraction et séparation 58
2.2.4. Risque potentiel sur laboratoire 58
2.3. Évaluation des risques résiduels 59
2.4. Planification et suivi des actions de prévention 61
2.4.1. Synthèse des résultats 62
2.4.2. Synthèse générale 62
2.4.3. Recommandations des actions préventives 63
Conclusion 66
Conclusion générale 67
Bibliographie 68
Webographie 70

Liste des abréviations

- **ACD** : Agent Chimique Dangereux.
- **ATEX** : Atmosphère explosive.
- **CE** : Communauté européenne.
- **CLP** : Classification, Labelling, Packaging (classification, étiquetage, emballage).
- **CMR** : Produits cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction.
- **COGIZ** : Filiale de Sonatrach responsable de la vente des gaz industriels.
- **ENGI** : Entreprise nationale des gaz industriels.
- **FDS** : Fiches de Données de Sécurité.
- **GL1/Z, GL2/Z, GL3/Z** : Installations de fabrication de GNL du complexe d'Arzew.
- **GN** : Gaz naturel.
- **GNL** : Gaz naturel liquéfié.
- **GNT** : Gaz naturel traité.
- **GP1/Z** : Complexe industriel recevant le propane et le butane par canalisations.
- **GPL** : Gaz de pétrole liquéfié.
- **INRS :** Institut national de recherche et de sécurité.
- **JT** : Joule Thomson (en référence à la valve ou détente Joule Thomson).
- **KV** : Kilovolt.
- **LIE** : Limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité.
- **LSE** : Limite supérieure d'inflammabilité ou d'explosivité.
- **MCR** : Réfrigérant Multi-Composants.
- **MEA** : Monoéthanolamine (solution aqueuse utilisée pour la décarbonatation).
- **MW** : Mégawatt.
- **OIT** : Organisation Internationale du Travail.
- **O.P.E.P.** : Organisation des pays exportateurs de pétrole.
- **PH** : Potentiel hydrogène.
- **Phrase R** : Phrases de risque.
- **Phrase S** : Phrases de sécurité.
- **Ppm** : Parties par million.
- **SGH** : Système général harmonisé de classification et d’étiquetage des produits chimiques.
- **SNTM HYPROC** : Filiale associée au transport maritime des hydrocarbures.
- **UE** : Union européenne.
- **UIG** : Union internationale du gaz.

Liste des figures et des tableaux

Partie bibliographique

Liste des figures

Figure I.1 : Schéma du processus chronique 5
Figure I.2 : Schéma du processus accidentel 6
Figure I.3 : Les voies de pénétration des substances toxiques dans le corps 12
Figure I.4 : Pénétration par voie respiratoire 12
Figure I.5 : Pénétration par voie cutanée 13
Figure I.6 : Pénétration par voie orale 13
Figure I.7 : Les 9 nouveaux pictogrammes pour le nouvel étiquetage réglementaire 14
Figure I.8 : Exemple d'étiquette selon le règlement 20
Figure I.9 : Exemple d'étiquette selon le règlement SGH 20
Figure II.1 : Organigramme de la méthodologie d'évaluation simplifiée des risques chimiques 23
Figure II.2 : Détermination de la classe de volatilité des produits liquides 29
Figure II.3 : Détermination de la classe de procédé et des scores associés 30
Figure II.4 : Détermination des classes de protection collective et des scores associés 31

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Classification des risques chimiques et les risques associés 8
Tableau I.2 : Nouveaux pictogrammes de danger et leur signification 14
Tableau I.3 : Classification des produits chimiques 18
Tableau II.1 : Classe de danger en fonction de l'étiquetage, des valeurs limites d'exposition professionnelle et de la nature des agents chimiques émis 25
Tableau II.2 : Détermination des classes de fréquence d'utilisation 26
Tableau II.3 : Détermination des classes de potentiel d'exposition 27
Tableau II.4 : Détermination du risque potentiel (score HRP) 27
Tableau II.5 : Caractérisation des priorités en fonction du score de risque potentiel par produit 28
Tableau II.6 : Score attribué à une classe de danger 29
Tableau II.7 : Détermination de la classe de danger pour les pulvérulents 29
Tableau II.8 : Détermination des scores de volatilité 30
Tableau II.9 : Détermination du score de surface exposée 33
Tableau II.10 : Détermination du score de fréquence d'exposition 33
Tableau II.11 : Caractérisation du risque par inhalation et cutané 34
Tableau II.12 : Détermination du score de risque potentiel d'éclosion d'un incendie 35
Tableau II.13 : Détermination des impacts environnementaux potentiels 36
Tableau II.14 : Valeurs des coefficients de transfert en fonction de l'état physique et du milieu 37

Partie expérimentale

Liste des figures

Figure III.01 : La composition du gaz naturel 42
Figure III.02 : Situation géographique du GN en Algérie 43
Figure III.03 : Les zones principales de GL2/Z 44
Figure III.04 : Chaudière IHI 45
Figure III.05 : Schéma synoptique d'un train de procédé 46
Figure III.06 : Schéma de process de GL2/Z 49
Figure III.07 : Section compression 50
Figure IV.1 : Fiche de produit 55
Figure IV.2 : Les analyses physico-chimiques 56
Figure IV.3 : Les manipulations sous sorbonne 56
Figure IV.4 : Les manipulations d'extraction et séparation au laboratoire 57
Figure IV.5 : Produit de laboratoire 58
Figure IV.6 : Score d'hiérarchisation des risques potentiels 58
Figure IV.7 : Évaluation des risques résiduels, Complexe GNL2/Z → Laboratoire 60
Figure IV.8 : Score d'évaluation des risques résiduels 60

Liste des tableaux

Tableau IV.1 : Produit de laboratoire 58
Tableau IV.2 : Score d'hiérarchisation des risques potentiels 58
Tableau IV.3 : Évaluation des risques résiduels, Complexe GNL2/Z → Laboratoire 60
Tableau IV.4 : Score d'évaluation des risques résiduels 60
Tableau IV.5 : Statistique de la hiérarchisation des risques potentiels 61
Tableau IV.6 : Statistique de la hiérarchisation des risques résiduels 61
Tableau IV.7 : Plan d'action de sécurité et recommandations pour la maîtrise du risque chimique au laboratoire du complexe GNL2/Z 63

Introduction générale

L'Algérie occupe le septième rang mondial et le premier rang africain en termes de capacité de production de gaz naturel liquéfié (GNL), avec 25,5 millions de tonnes/an jusqu'à fin février 2024.
Selon un rapport de l'Union internationale du gaz (UIG), l'Algérie s'est classée au septième rang mondial en termes de capacité de production de GNL, devançant, au niveau africain, le Nigeria (8e position) avec une capacité de production de près de 22,2 millions de tonnes/an et l'Egypte (10e position) avec 12,2 millions de tonnes. (Site web 11)
Le gaz naturel, étant l'énergie fossile la plus économe, présente des bénéfices notables en termes de conservation d'énergie lorsqu'il remplace le pétrole ou le charbon. En dépit de son usage principal comme source d'énergie, le gaz naturel est aussi une matière première pour la production d'hydrocarbures et constitue une source primordiale de soufre élémentaire, un produit chimique industriel de grande importance. On prévoit une hausse significative de sa popularité en tant que ressource énergétique dans les années à venir. En effet, le gaz naturel peut contribuer à la réalisation de deux objectifs cruciaux pour le XXIe siècle : assurer des approvisionnements et des services énergétiques durables indispensables au progrès socio-économique, tout en limitant les effets néfastes sur le climat global et l'environnement en général. **(Mokhatab,2019)**

Le gaz naturel, ressource énergétique à la croissance rapide depuis plus de vingt ans grâce à ses faibles émissions et son efficacité dans la production d'électricité, est transporté depuis près d'un siècle de manière sûre et économique par des pipelines. Ces derniers conviennent bien là où les réserves conventionnelles restent accessibles, assurant stabilité et sécurité d'approvisionnement. Cependant, les nouvelles réserves sont souvent isolées et difficiles d'accès, autrefois jugées trop coûteuses à exploiter. Pour ces gisements éloignés, le gaz naturel liquéfié (GNL) est la seule solution à grande échelle utilisée depuis trois décennies, permettant d'atteindre des marchés inaccessibles par pipeline, comme le Japon ou la Corée du Sud. Aujourd'hui, la diversification des chaînes d'approvisionnement en GNL introduit la concurrence sur des marchés auparavant dominés par les pipelines, renforçant la sécurité énergétique et réduisant les tensions géopolitiques mondiales. **(Mokhatab,2014)**

Dans notre travail, nous nous sommes focalisés sur l'évaluation du risque chimique due à l'exposition directe au niveau des **postes de travail**. Ce choix est dicté, d'une part, par la complexité de l'exposition indirecte qui nécessite des mesures métrologiques atmosphériques et une modélisation de la dispersion des fluides ; et d'autre part, par la disponibilité des données critiques au niveau des zones de transit des produits (quantités, fréquences de manipulation, fiches de données de sécurité - FDS).

Pour ce faire, nous avons adopté une méthodologie s'appuyant sur l'outil numérique **SEIRICH** (Système d'Évaluation et d'Information sur les Risques Chimiques en Entreprise). Ce logiciel, développé par l'INRS, permet une approche structurée en trois niveaux de compétence. Il facilite l'inventaire numérique des substances, l'identification des dangers via les phrases de risque (H) et la hiérarchisation des risques potentiels. Cette évaluation informatique est complétée par la méthode simplifiée de l'**INRS**, largement validée dans le secteur de la chimie et de l'énergie, permettant de déterminer l'ordre de priorité des mesures de prévention.

L'objectif est de mettre au point une évaluation préliminaire du risque chimique sur les postes de travail pour estimer le niveau de risque réel, tout en respectant le déroulement concret des circonstances industrielles. Cette démarche repose sur l'analyse des rapports techniques, les fiches de données de sécurité et les observations effectuées sur le terrain afin de proposer des barrières de sécurité adaptées et conformes aux standards internationaux.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres. Le premier présente le cadre général de la gestion du risque chimique en milieu industriel. Le deuxième décrit les principales méthodes et outils d'évaluation du risque chimique, notamment la méthode ND 2233 et le logiciel SEIRICH. Le troisième est consacré à la présentation du complexe GL2/Z et de ses activités. Enfin, le quatrième chapitre porte sur l'application du logiciel SEIRICH au laboratoire et dans les zones de production du complexe GL2/Z, ainsi que sur l'analyse des résultats obtenus.

Chapitre 1 : Cadre général de la gestion du risque chimique en milieu industriel

Introduction :

Les produits chimiques envahissent progressivement l'environnement quotidien : vie professionnelle, vie privée, loisirs, etc. On les rencontre dans les habitations (produits de nettoyage, médicaments, produits de beauté, etc.), les lieux de travail (bureaux ou ateliers de fabrication), les lieux de loisirs (vacances, tourisme, bricolage). Utilisés dans de bonnes conditions, ces produits chimiques apportent bienfaits et santé ; ils facilitent la vie de tous les jours et sont devenus indispensables pour chacun. Dans le domaine des activités professionnelles, ces produits rendent possible la mise en œuvre de nombreuses techniques, facilitent des opérations diverses et réduisent souvent l'effort humain. Grâce aux produits chimiques, des millions de personnes travaillent, produisent et consomment des biens nécessaires à la vie. Par contre, mal utilisés, sans précaution élémentaire ou spéciale, un grand nombre de produits chimiques peuvent devenir dangereux et sont à l'origine d'accidents et de maladies. **(Nichan Margossian, 2006).**

I. Les définitions :

I.1. Le risque : est une notion abstraite, inobservable directement, une catégorie de statut intermédiaire entre celle des dangers et celle des dommages**,** donc est la probabilité que des dommages potentiels causés par ce danger se réalisent. **(INRS, 2017)**

I.2. Le risque chimique : est celui qu'engendre l'utilisation ou le contact avec un ou plusieurs produits chimiques. La directive 98/24 le définit comme « la probabilité que le potentiel de nuisance soit atteint dans les conditions d'utilisation et/ou d'exposition ». **(Guy Gautret de La Moricière, 2008).**

I.3. Produit chimique : Produit commercialisé ou non, d'origine naturelle ou fabriqué, utilisé ou émis sous différentes formes (solide, poudre, liquide, gaz, poussière, fumée, brouillard, particules, fibres…) **(INRS, 2023).**

I.4. L'évaluation : comme la définit la norme, désigne l'ensemble de la démarche qui va de l'identification à l'estimation. L'appréciation est la décision finale, tenant compte de l'évaluation, mais aussi d'autres facteurs étrangers au risque. » **(Guy Gautret de La Moricière, 2008).**

I.5. Agent Chimique Dangereux (ACD) : est un produit chimique, en général commercialisé et souvent soumis à étiquetage, mais aussi tout produit généré par l'activité, tel que poussière, vapeur, fumée, déchet. «Tout agent chimique qui répond aux critères de classement des substances ou mélanges dangereux, ou qui, même s'il ne répond pas à ces critères, peut présenter un risque pour la santé et la sécurité des travailleurs en

raison de ses propriétés physico-chimiques ou toxicologiques. » **(Code du travail, article R4412-3).**

I.6. Phénomène dangereux : « source potentielle de dommage» **(Guy Gautret de La Moricière, 2008).**

I.7. Définition de l'effet toxique : C'est la perturbation et le dysfonctionnement de l'équilibre des processus d'adaptations de l'organisme face à de nombreuses situation d'agression (biologique, chimique, physique). (**Site web 1)**

I.8. Accident du travail : quelle qu'en soit la cause, l'accident survenu par le fait ou à l'occasion du travail à toute personne salariée ou travaillant, à quelque titre ou en quelque lieu que ce soit, pour un ou plusieurs employeurs ou chefs d'entreprises **(Nichan Margossian , 2006).**

I.9. Une maladie professionnelle : est la conséquence de l'exposition plus ou moins prolongée à un risque qui existe lors de l'exercice habituel de la profession. Ce peut être, par exemple, l'absorption quotidienne de petites doses de poussières ou de vapeurs toxiques ou l'exposition répétée à des agents physiques (bruit, vibrations, etc..) (**INRS ,2009)**

I.10. Les pathologies professionnelles : Les pathologies professionnelles sont des atteintes à la santé suite à une exposition, en faibles quantités et pendant des durées relativement longues, à des nuisances rencontrées en milieu de travail. Il s'agit d'expositions chroniques à des nuisances physiques (bruits, vibrations, rayonnements ionisants), chimiques (produits toxiques) ou biologiques (micro-organismes pathogènes), ayant toutes une origine professionnelle **(Nichan Margossian, 2006).**

I.11. installation à risques d'accident majeur : désigne soit une installation industrielle servant au stockage, à la transformation ou à la production de produits dangereux sous une forme et en une quantité telles qu'ils sont susceptibles de provoquer un accident majeur, soit une installation dans l'enceinte de laquelle se trouve, en permanence ou provisoirement, une quantité de produits dangereux qui dépasse la quantité, dite quantité seuil, fixée par la législation ou la réglementation nationales concernant les risques d'accident majeur **(OIT, 2009).**

II. Les composantes du risque chimique :

II.1. Processus chronique : Le mécanisme chronique part d'une exposition, c'est-à-dire un contact de a personne, avec un agent chimique par voie respiratoire, cutanée ou digestive. Cet agent peut être présent dans l'environnement sous forme liquide, solide ou gazeuse, mais aussi sous forme de vapeurs, d'aérosols, de

poussières ou même de dépôts sur des surfaces, etc. Il n'y a pas de phénomène aléatoire dans ce cas et l'exposition est directement observable à partir du moment où l'agent chimique est identifié. Le passage au dommage, en l'occurrence une pathologie, se produit obligatoirement, mais après un certain temps, temps nécessaire pour qu'une quantité d'agent chimique soit absorbée par l'organisme, suffisante pour générer une pathologie. Cette quantité est variable selon les paramètres d'exposition et les facteurs personnels. Ce processus peut être représenté par le schéma suivant : **(Guy Gautret de La Moricière, 2008).**

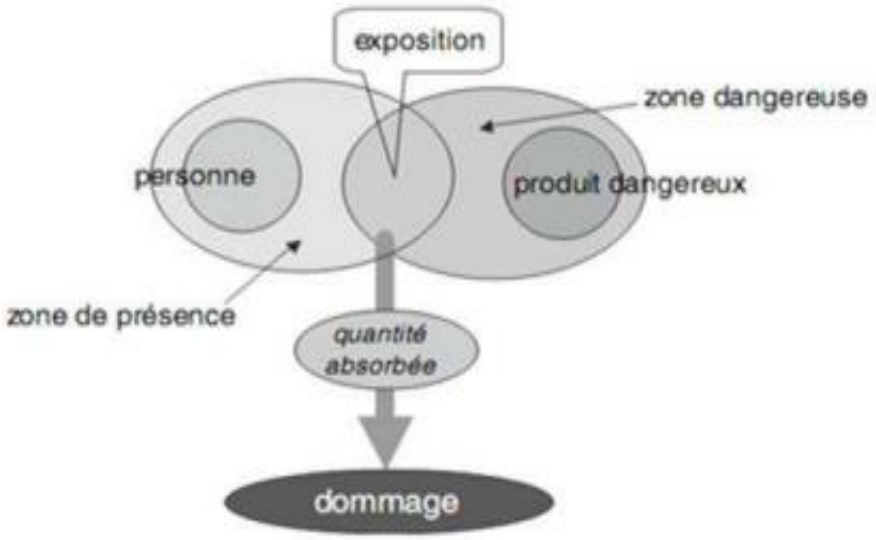


Figure I.1 Schéma du processus chronique (Guy Gautret de La Moricière, 2008)

II.2. Le danger : est la propriété **intrinsèque** d'un produit, d'un équipement, d'une situation susceptible de causer un dommage à l'intégrité mentale ou physique du salarié **(INRS, 2026)**.

Le danger d'un agent chimique est défini par le type de dommage qu'il peut causer. La directive 98/24 définit le danger comme une « propriété intrinsèque d'un agent chimique susceptible d'avoir un effet nuisible » **(Guy Gautret de La Moricière, 2006).**

II.3. L'exposition chimique est le contact entre un être humain (ou l'environnement) et une substance chimique solide, liquide ou gazeuse, pouvant entraîner des effets néfastes sur la santé. Elle survient principalement par inhalation, contact cutané (peau/yeux) ou ingestion, particulièrement en milieu professionnel lors de la manipulation ou la production de produits dangereux **(INRS, 2023).**

II.4. Le dommage : est une atteinte à l'intégrité mentale ou physique, c'est un évènement non souhaité. En pratique, soit une lésion issue d'un accident, soit une pathologie.**(INRS, 2017)**

III. Processus accidentel : Le mécanisme accidentel part d'une situation dangereuse créée par la présence d'une personne dans la zone où un agent chimique peut constituer une menace. Cette « zone de danger » n'est pas toujours facile à délimiter ou même à imaginer, puisqu'elle découle d'une certaine conscience de risque. En particulier, elle n'est pas directement visible tant que l'on ne s'est pas représenté quel événement dangereux pourrait survenir. Le passage au dommage, en l'occurrence une lésion, ne se produira qu'après survenue de cet événement, qui peut être un scénario complexe, partant d'un événement déclencheur suivi d'un enchaînement de faits conduisant à un dommage final. On retrouve en fait la logique de la construction d'un arbre des causes, après un accident. **(Guy Gautret de La Moricière, 2008)**

Ce processus peut être représenté par le schéma suivant :

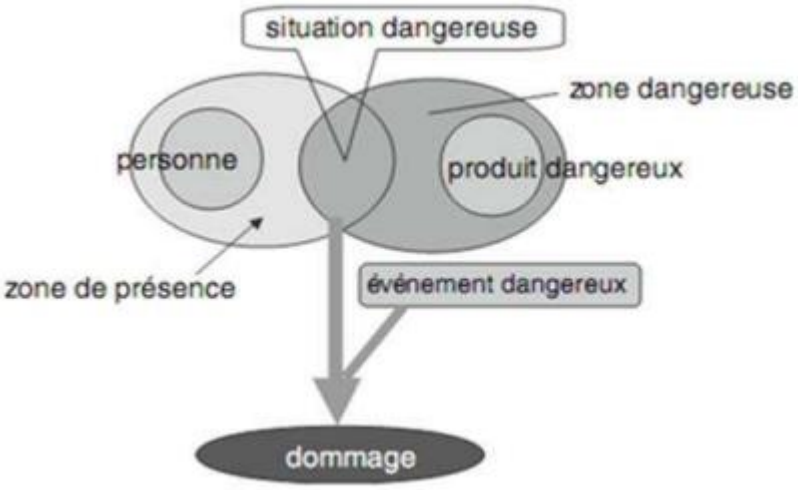


Figure I.2 : Schéma du processus accidentel **(Guy Gautret de La Moricière, 2006).**

IV. Facteurs de mécanisme accidentel : en plus du danger et des dommages, on trouve :

IV.1. Situation dangereuse : caractérise la localisation d'une personne dans une zone où elle subira un dommage soudain, direct ou indirect, en cas de survenue d'un événement dangereux. Un dommage est direct quand il est provoqué par l'entrée en contact de l'agent chimique avec le corps humain, Il est indirect si l'agent chimique provoque le déclenchement d'autres types de dommages **(Guy Gautret de La Moricière, 2006).**

IV.2. L'événement dangereux : est une « circonstance dans laquelle une situation dangereuse peut entraîner une blessure ou une atteinte à la santé » Selon la norme **(ISO /CD 12100-1)**

V. La réglementation algérienne concernant les produits chimiques :

V.1 Arrêté interministériel du 31 décembre 2008 : Arrêté interministériel du 3 Moharrem 1430 correspondant au 31 décembre 2008 modifiant l'arrêté interministériel du 28 Chaâbane 1418 correspondant au 28 décembre 1997 fixant la liste des produits de consommation présentant un caractère de toxicité ou un risque particulier ainsi que les listes des substances chimiques dont l'utilisation est interdit ou réglementée pour la fabrication desdits produits (Journal officiel d'Algérie, 2009).

V.2 Arrêté interministériel du 8 juillet 2014 (matières et produits chimiques dangereux) : Arrêté interministériel du 10 Ramadhan 1435 correspondant au 8 juillet 2014 fixant les conditions et modalités de délivrance de l'agrément des opérateurs pour l'exercice des activités nécessitant l'emploi des matières et produits chimiques dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression (Journal officiel d'Algérie, 2015).

V.3 Décret exécutif n 10-19 : Décret exécutif n° 10-19 du 26 Moharram 1431 correspondant au 12 janvier 2010 modifiant et complétant le décret exécutif n° 03-451 du 7 Chaoual 1424 correspondant au 1er décembre 2003 définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi qu'aux récipients de gaz sous pression **(Journal officiel d'Algérie, 2010).**

V.4 Arrêté interministériel du 8 juillet 2014 : Arrêté interministériel du 10 Ramadhan 1435 correspondant au 8 juillet 2014 fixant les conditions et modalités d'habilitation du personnel affecté aux tâches de stockage des matières et produits chimiques dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression **(Journal officiel d'Algérie, 2015).**

VI. Classification des risques chimiques : On distingue deux grandes familles de risques chimiques :
– Le risque d'intoxication,
– Le risque d'incendie-explosion auxquelles, il y a lieu d'ajouter le risque de réactions chimiques dangereuses susceptibles de donner naissance à des substances dangereuses, toxiques ou/et inflammables.

Tableau I.1 : Classification des risques chimiques et les risques associés **(Nichan Margossian ,2006)**

Risques chimiques	**Conséquences associées**
Intoxications	**Intoxications accidentelles**
	Pathologies professionnelles
	Maladies professionnelles
Réactions chimiques dangereuses	**Substances toxiques**
	Substances inflammables et toxiques
	Substances inflammables
Incendies-explosions	**Incendies**
	Explosions

VI.1. Le Risque d'intoxication :

Tout produit, pur ou en mélange, qui pénètre, par une voie quelconque, dans l'organisme humain, est susceptible de perturber voire modifier le fonctionnement normal du corps. Le produit absorbé se fixe préférentiellement sur un ou plusieurs organes du corps ; il y a alors dysfonctionnement plus ou moins important qui se traduit par l'apparition de pathologies **(INRS, 2024).**

VI.2. Réactions chimiques dangereuses :

Le mélange de produits chimiques incompatibles ou l'utilisation de produits instables (par échauffement, dégradation thermique, frottements ou chocs mécaniques) peut provoquer des émissions de vapeurs toxiques, des phénomènes dégageant de la chaleur se traduisant par une déflagration, une détonation, des projections de matières ou une inflammation **(INRS, 2024).**

VI.3. Risques d'asphyxie ou d'anoxie : Certains procédés peuvent utiliser ou générer de façon importante des gaz et diminuer ainsi la teneur en oxygène de l'air environnant, notamment dans les espaces confinés. Cette sous-oxygénation peut provoquer chez les travailleurs évoluant dans ce type d'environnement une perte de connaissance. Les suites peuvent être fatales si la personne n'est pas immédiatement secourue. **(INRS, 2024).**

VI.4. Risques d'incendie et d'explosion : Les produits chimiques peuvent jouer un rôle dans le

déclenchement d'un incendie par leur présence dans l'air ambiant ou en cas de mélange avec d'autres produits. Ils peuvent également aggraver l'ampleur d'un incendie. De nombreuses substances peuvent également, dans certaines conditions, former ce qu'on appelle une atmosphère explosive (ATEX) et provoquer des explosions.

Ce sont pour la plupart des gaz et des vapeurs, mais aussi des poussières inflammables et des composés particulièrement instables. **(INRS, 2024).**

VII. CLP : Le règlement (CE) n° 1272/2008 CLP aligne l'ancienne législation de l'UE sur le SGH (système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques), un système mis en place par les Nations unies pour identifier les produits chimiques dangereux et informer les utilisateurs de ces dangers. Il est également lié au règlement REACH. Le règlement CLP est entré en vigueur le **20 janvier 2009** et **a remplacé progressivement la classification et l'étiquetage** préconisés par les *directives relatives aux substances dangereuses (67/548/CEE)* et *aux préparations dangereuses (1999/45/CE)*. Ces directives ont été abrogées le 1er juin 2015. (**Site web 2)**

VII.1 Le SGH : est le sigle du Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques. Le SGH est un système visant à normaliser et harmoniser la classification et l'étiquetage des produits chimiques. Il représente une approche logique et détaillée pour :

- Définir les dangers sanitaires, physiques et environnementaux que représentent les produits chimiques.
- Créer des processus de classification utilisant les données disponibles sur les produits chimiques aux fins de comparaison avec les critères de danger définis.
- Communiquer des informations sur les dangers et les mesures de protection sur les étiquettes et les fiches de données de sécurité (FDS). **(Unitar,2010)**

VII.2 Phrase R : Les phrases de risque (R) sont des annotations présentes sur les étiquettes de produits chimiques qui indiquent les risques encourus lors de leur utilisation, de leur contact, de leur ingestion, de leur inhalation, de leur manipulation ou de leur rejet dans la nature ou l'environnement. (Sayah et Rahal,2023)

VII.3 Phrase S : Les phrases de sécurité informent sur les mesures de prévention à mettre en œuvre pour éviter les risques ainsi que la conduite à tenir en cas d'accident. Elles sont désignées par une série de 2 chiffres précédée de la lettre (Sayah et Rahal,2023)

VIII. Les différentes caractéristiques des produits chimiques :

VIII.1 L'état physique : L'état physique est la forme sous laquelle le produit se présente : gazeuse, liquide ou solide à la température ambiante (20 °C) et sous une pression atmosphérique normale (101,3 kPa (760 mm de Hg)). (**Site web 3)**

VIII.2. L'odeur : Le produit peut avoir une odeur caractéristique, distinctive ou être inodore. Cette odeur est décrite dans cet élément d'information dans le but de donner une certaine indication au travailleur sur la présence du produit dans le milieu de travail. Toutefois, il est rarement un bon indicateur de la concentration du produit dans l'air. (**Site web 3)**

VIII.3. Point de fusion : Le point de fusion est la température à laquelle le produit passe de l'état solide à l'état liquide sous une pression atmosphérique normale (101,3 kPa (760 mm de Hg). (**Site web 3)**

VIII.4. Point de congélation : Le point de congélation est la température à laquelle le produit passe de l'état liquide à l'état solide sous une pression atmosphérique normale (101,3 kPa (760 mm de Hg). Le point de congélation d'une substance pure est le même que son point de fusion. (**Site web 3)**

VIII.5. Point initial d'ébullition : Il s'agit de la température à laquelle le produit passe de l'état liquide à l'état gazeux sous une pression atmosphérique normale (101,3 kPa (760 mm de Hg)). Parfois, le point d'ébullition d'un mélange est exprimé sous la forme d'une plage de températures : le domaine d'ébullition. (**Site web 3)**

VIII.6. Point d'éclair : Le point d'éclair est la température la plus basse à laquelle un produit dégage assez de vapeurs pour former avec l'air un mélange inflammable au contact d'une flamme ou d'une étincelle. (**Site web 3)**

VIII.7. Ph : Le pH, exprimé par une valeur numérique, indique si une solution est acide ou basique. L'eau est neutre et a un pH de 7. Les acides ont un pH de 0 à 7 et les bases ont un pH de 7 à 14. (**Site web 3)**

VIII.8. Température d'auto-inflammation : C'est la température la plus basse à laquelle survient la combustion spontanée d'un produit, qui s'amorce d'elle-même en l'absence de toute flamme ou étincelle. Plus la température d'auto-ignition se rapproche de la température ambiante, plus le risque d'incendie est grand. (**Site web 3)**

VIII.9. Viscosité : Cette information décrit la difficulté qu'un fluide met à s'écouler. Cette propriété s'exprime sous la forme de la viscosité dynamique (mPa.s ou cP) ou cinématique (mm^2/s ou cSt). Ce paramètre varie en fonction de la température, c'est pourquoi celle-ci est toujours spécifiée.(**Site web 3)**

VIII.10 Solubilité : Il s'agit de la quantité maximale d'un produit qu'il est possible de dissoudre dans l'eau. Cette donnée s'exprime en grammes par litre, à une température de 20 °C. Si la solubilité n'est pas connue avec précision, le produit est qualifié par exemple d'« insoluble », de « peu soluble » ou de « très soluble ». (**Site web 3)**

VIII.11 Limite inférieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LIE) : Il s'agit des concentrations minimales d'un produit dans l'air à laquelle peut se former un mélange inflammable ou explosif en présence d'une source d'ignition. Cette concentration est exprimée en pourcentage de volume dans l'air. (**Site web 3)**

VIII.12 Limite supérieure d'inflammabilité ou d'explosivité (LSE) : Il s'agit des concentrations maximales d'un produit dans l'air à laquelle peut se former un mélange inflammable ou explosif en présence d'une source d'ignition. Cette concentration est exprimée en pourcentage de volume dans l'air. (**Site web 3)**

IX. Volet santé du produit chimique :

IX.1. Voies de pénétration :

Les composés et mélanges dangereux entrent en contact puis s'infiltrent dans l'organisme par les trois voies présentées dans la figure ci-dessous :

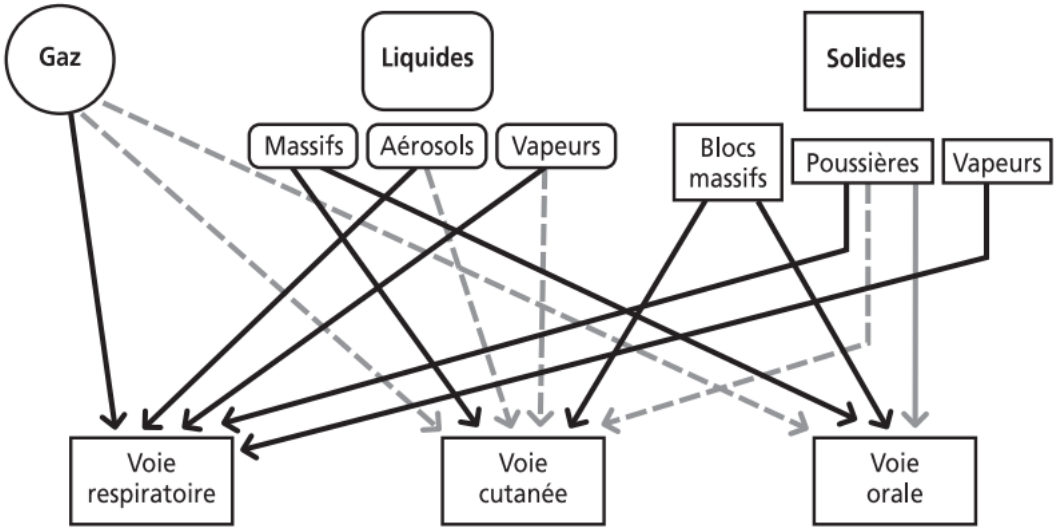


Figure I.3 : Les voies de pénétration des substances toxiques dans le corps **(Nichan Margossian,2006).**

IX.1.1. Voie respiratoire :

L'opérateur réalise une opération qui dégage de la fumée, de la poussière, des gaz, des vapeurs…, qu'il est susceptible de respirer. Les particules vont pénétrer dans l'organisme de l'opérateur par le nez et/ou la bouche et s'accumuler. **(Site web 4**)

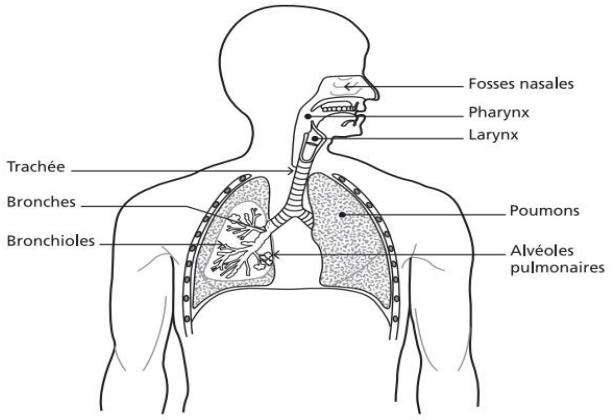


Figure 1.4 : Pénétration par voie respiratoire **(Nichan Margossian , 2006).**

IX.1.2. Voie cutanée

Lors de son travail, l'opérateur est amené à rentrer en contact avec une ou plusieurs substances qui sont susceptibles de passer à travers la peau et donc d'être absorbées dans le sang, pour ensuite être redistribuées vers les organes et provoquer des effets nocifs. Les effets seront dus soit au contact direct du produit, soit sa pénétration dans l'organisme. **(Site web 4)**

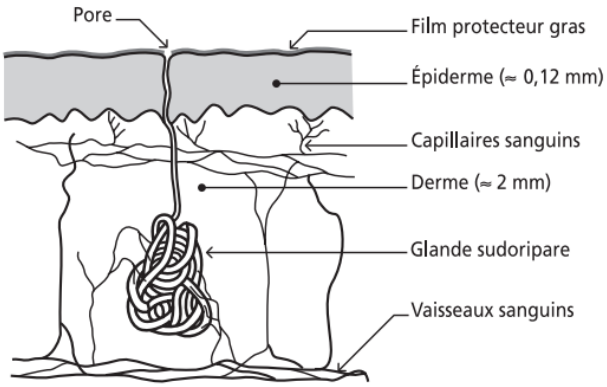


Figure I.5 : Pénétration par voie cutanée **(Nichan Margossian, 2006).**

IX.1.3. Voie orale ou digestive :

Dans ce cas, l'opérateur est soit exposé à une fumée ou à des particules de poussières qu'il est susceptible d'avaler lors de son travail, soit l'exposition est due à un manque d'hygiène (mains sales, alimentation présente sur le lieu de travail …). **(Site web 4**)

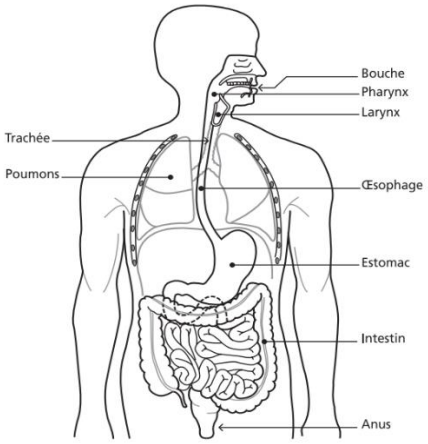


Figure I.6 : Pénétration par voie orale. **(Nichan Margossian, 2006).**

IX.2. L'étiquetage :

L'étiquetage est la première information qui est fournie à l'utilisateur sur le danger des produits et sur les précautions à prendre lors de l'utilisation. Un nouveau système de classification et d'étiquetage a été élaboré au niveau international. Le règlement CLP (Classification, Labelling, Packaging) entré en vigueur le 20 janvier 2009 (règlement CE n° 12/72/2008 du 16 décembre 2008) met progressivement en œuvre ce nouveau système en Europe, dans les secteurs du travail et de la consommation. Au niveau mondial, ce nouveau système s'intitule SGH. Le SGH (système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques) comprend un ensemble de recommandations dans le but d'harmoniser les règles de classification

des dangers et la communication sur ces derniers. **(Site web 5)**

IX.2.1. Anciens symboles/nouveaux pictogrammes :

Avant 2015, dans le système préexistant, les anciennes étiquettes étaient représentées par des pictogrammes carrés de couleur orange et noir et étaient utilisés pour prévenir des risques potentiels liés aux produits chimiques.

On dénombrait 10 pictogrammes dans l'ancien système de classification. **(Site web 6)**

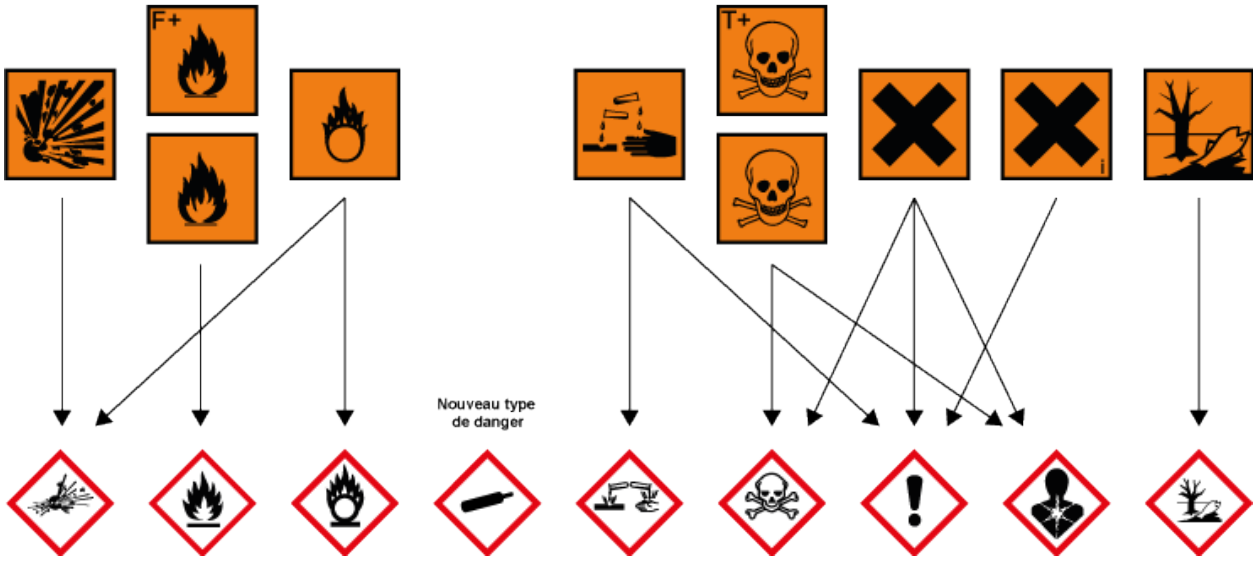


Figure I.7 : Les 9 nouveaux pictogrammes pour le nouvel étiquetage réglementaire **(Site web 5)**

Tableau I.2 : Nouveaux pictogrammes de danger et leur significations (Site web 7)

Pictogrammes CLP	Dangers signifiés
	Pictogramme SGH01 : explosif Ce pictogramme chimique identifie des produits explosifs instables et très réactifs. Ces derniers peuvent exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, sous l'effet de la chaleur, en cas de frottement ou en cas de choc. Exemple : trinitrotoluène, nitroglycérine, certains peroxydes organiques, certains produits autoréactifs.

	Pictogramme SGH02 (flamme) : danger d'incendie Le symbole de la flamme identifie des produits qui peuvent s'enflammer : • au contact d'une flamme, d'une étincelle (ex. : benzène, acétone, éthanol, éther) • au contact avec l'air • au contact de l'eau en produisant des gaz inflammables qui s'enflamment spontanément ou en présence d'une source d'énergie Les produits identifiés par ce symbole sont variés. Ce sont : • Les liquides inflammables, les matières solides inflammables, les gaz inflammables, les aérosols inflammables. • Les liquides et solides pyrophoriques, • Certains peroxydes organiques • Certains produits autoréactifs • Les hydroréactifs • Les auto-échauffants
	Pictogramme SGH04 : gaz sous pression Ce pictogramme chimique identifie les produits sous pression dans un récipient. En cas de chaleur, ce dernier peut exploser sous l'effet de la chaleur qui génère une expansion du gaz et une montée en pression. Les gaz sous pression sont classés en 4 catégories : • Les gaz comprimés non liquéfiés

	• Les gaz liquéfiés réfrigérés responsables de graves brûlures par le froid. Ce sont les fluides cryogéniques. (ex. : azote liquide) • Les gaz liquéfiés (ex. : chlore, propane) • Les gaz dissous (ex. : bouteille d'acétylène)
	Pictogramme SGH05 : corrosion Ce pictogramme de danger signale les produits chimiques pouvant : • Attaquer ou détruire les métaux • Ronger la peau et/ou les yeux en cas de contact ou projection Le symbole de corrosion identifie les produits corrosifs pour les yeux, la peau et/ou les métaux. Exemples : acide chlorhydrique, soude (hydroxyde de sodium), acide sulfurique.
	Pictogramme SGH06 (tête de mort sur deux tibias) : toxicité aiguë Ce pictogramme de danger identifie les produits chimiques toxiques aigus. Ils empoisonnent rapidement, même à faible dose, par inhalation, ingestion et/ou par contact cutané. Le symbole de toxicité aiguë identifie des produits chimiques capables de provoquer la mort quelques minutes, heures ou jours après l'exposition. Exemples : méthanol, sulfure d'hydrogène, acide fluorhydrique.

	Pictogramme SGH08 : effets graves sur la santé Ce pictogramme de danger signale au moins une des propriétés suivantes : • cancérogène (ex.: formaldéhyde). • mutagène sur les cellules germinales (susceptibles de provoquer des maladies génétiques héréditaires). • reprotoxique (atteinte des capacités de reproduction telle que la fertilité, le développement de l'enfant à naître). • toxique pour certains organes cibles, à la suite d'une exposition unique ou suite à des expositions répétées. • sensibilisant respiratoire (allergisant respiratoire). • Mortel par aspiration (ie. : mortel par ingestion puis pénétration dans les voies respiratoires).
	Pictogramme SGH07 (point d'exclamation) : altération de la santé humaine et nuit à la couche d'ozone Ce pictogramme de danger identifie un produit chimique : • nocif (capable d'empoisonner en cas d'exposition à forte dose) • irritant pour la peau, les yeux ou les voies respiratoires • qui provoque somnolence ou vertiges (ex. : acétone) • qui provoque une irritation des voies respiratoires • capable de détruire la couche d'ozone en haute atmosphère (ex. : CFC)

	• sensibilisant cutané (allergisant cutané) (Ex.: eczéma)
	• Pictogramme SGH09 : toxicité aquatique • Ce pictogramme de danger identifie les produits néfastes pour les organismes aquatiques (crustacés, algues, poissons). • Ce symbole de danger environnemental signale une toxicité à court terme (toxicité aiguë) ou des effets néfastes à long terme (toxicité chronique) sur les organismes aquatiques. • Exemples : eau de javel, isopentane, sodium azide.

Le deuxième tableau montre la classification des produits chimiques :

Tableau I.3: Classification des produits chimiques **(Guy Gautret de La Moricière, 2008)**

Grande catégorie	Classe	Classes de danger
Dangers physiques	2.1	Matières et objets explosibles
	2.2	Gaz inflammables
	2.3	Aérosols inflammables
	2.4	Gaz comburants
	2.5	Gaz sous pression
	2.6	Liquides inflammables
	2.7	Matières solides inflammables
	2.8	Matières autoréactives
	2.9	Liquides pyrophoriques
	2.10	Matières solides pyrophoriques
	2.11	Matières auto-échauffantes
	2.12	Matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables
	2.13	Liquides comburants
	2.14	Matières solides comburantes

	2.15	Peroxydes organiques
	2.16	Matières corrosives pour les métaux
	—	Poussières combustibles
	—	Asphyxiants simples
	—	Dangers physiques non classifiés ailleurs
	—	Produits chimiques sous pression
Dangers pour la santé	3.1	Toxicité aiguë
	3.2	Corrosion/Irritation cutanées
	3.3	Lésions oculaires graves/Irritation oculaire
	3.4	Sensibilisation respiratoire ou cutanée
	3.5	Mutagénicité pour les cellules germinales
	3.6	Cancérogénicité
	3.7	Toxicité pour la reproduction
	3.8	Toxicité systémique pour certains organes cibles, exposition unique
	3.9	Toxicité systémique pour certains organes cibles, expositions répétées
	3.10	Danger par aspiration
	—	Matières infectieuses présentant un danger biologique
	—	Dangers pour la santé non classifiés ailleurs
Dangers pour environnement	4.1	Danger pour le milieu aquatique

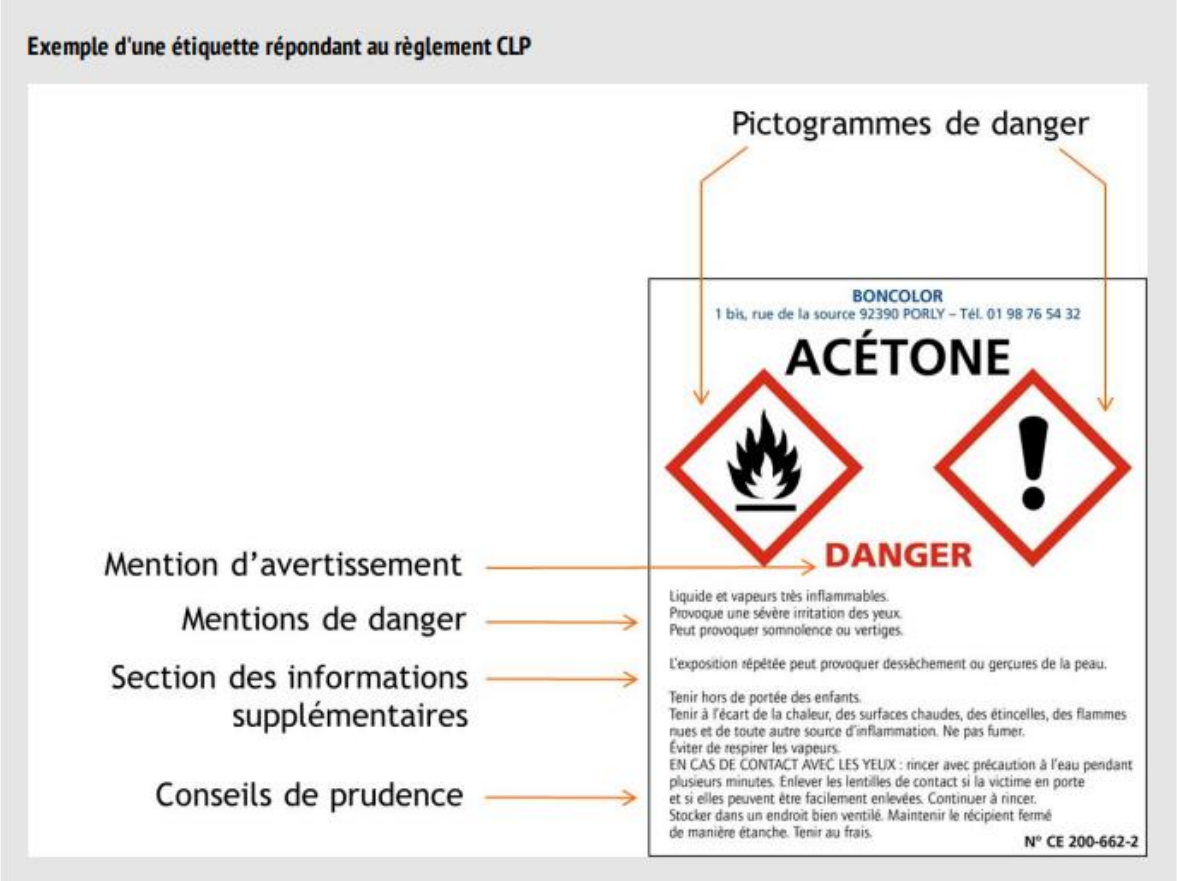


Figure I.8 : Exemple d'étiquette selon le règlement CLP **(Site web 8)**



Figure I.9 : Exemple d'étiquette selon le règlement SGH **(Site web 9)**

Chapitre 1 : Cadre général de la gestion du risque chimique en milieu industriel

X.1 Les Fiches de Données de Sécurité (FDS) :

X.1.1. La fiche de données de sécurité (FDS) :est un document récapitulatif qui réunit les renseignements relatifs aux dangers que pose un produit ainsi que des conseils concernant les mesures de précaution à prendre pour assurer sa sécurité. Les FDS, qui sont habituellement rédigées par le fabricant ou le fournisseur d'un produit, doivent être fournies par le fournisseur du produit dangereux au moment de la vente. Dans certaines circonstances, un employeur peut être tenu de préparer une FDS, p. ex. lorsque le produit est fabriqué et utilisé exclusivement sur un lieu de travail dont il est responsable.

Les FDS fournissent des renseignements sur les dangers présentés par un produit qui sont plus détaillés que ceux que l'on retrouve sur son étiquette. Les FDS constituent une importante source d'information sur les produits utilisés par les travailleurs dans les lieux de travail. Les travailleurs doivent se servir des renseignements qu'elles contiennent pour identifier les dangers posés par les produits qu'ils utilisent et prendre connaissance des consignes relatives à la manutention sécuritaire et des mesures d'urgence, de manière à pouvoir se protéger contre ces dangers. **(Site web 10)**

X.1.2. Le contenu de Fiches de Données de Sécurité (FDS) :

1. Identification
2. Identification du ou des dangers
3. Composition/information sur les composants
4. Premiers soins
5. Mesures à prendre en cas d'incendie
6. Mesures à prendre en cas de déversement accidentel
7. Manutention et stockage
8. Contrôles de l'exposition/protection individuelle
9. Propriétés physiques et chimiques
10. Stabilité et réactivité
11. Données toxicologiques
12. Données écologiques
13. Données sur l'élimination
14. Informations relatives au transport
15. Informations sur la réglementation
16. Autres informations **(Unece, 2013)**

Chapitre 2 : Les méthodes et outils d'évaluation du risque chimique

Introduction :

Les substances chimiques occupent une place centrale dans de nombreux secteurs industriels et participent largement à l'amélioration des conditions de vie ainsi qu'à l'efficacité des procédés de production. Néanmoins, leur utilisation peut présenter des risques pour la santé humaine et l'environnement, en particulier lors d'expositions à des produits dangereux. Il est donc essentiel de mettre en œuvre des moyens appropriés afin de maîtriser ces risques et d'assurer une protection efficace.

Dans ce cadre, l'évaluation des situations impliquant des agents chimiques en milieu industriel représente une étape fondamentale de la démarche de prévention. Elle s'appuie sur des méthodes et des outils adaptés permettant d'analyser les conditions de travail, d'évaluer les niveaux d'exposition et de classer les situations selon leur degré de criticité. L'ensemble de ces approches contribue à améliorer la fiabilité de l'analyse et à structurer la gestion du risque chimique, en facilitant l'identification des actions prioritaires et la mise en place de mesures de prévention appropriées.

I. Les méthodes d'évaluation du risque chimique :

Face à la diversité des situations industrielles, plusieurs méthodes d'évaluation du risque chimique ont été développées afin de répondre aux différents contextes d'exposition. Ces méthodes se distinguent par leurs approches, leurs critères d'analyse et leur niveau de complexité. Parmi elles, la méthode ND 2233 se distingue par son caractère structuré et sa facilité d'application en milieu industriel. Elle constitue ainsi une référence pertinente pour une première approche d'évaluation, avant de considérer d'autres méthodes complémentaires.

II. Présentation de la méthode ND 2233:

La méthode d'évaluation simplifiée du risque chimique fait appel à des critères simples et facilement accessibles. Une démarche itérative permet d'optimiser la collecte des informations et d'alléger la charge de travail. En effet, cette stratégie permet de limiter à chaque étape le nombre d'informations collectées et d'éviter une trop grande demande initiale d'informations parfois peu faciles à obtenir, ce qui pourrait d'emblée rebuter les acteurs en charge de l'évaluation.la démarche générale de la méthode est présentée à la figure **II.1** .

Elle comprend les phases principales suivantes :

1. Inventaire des produits et matériaux utilisés dans l'établissement, dans un atelier ou à un poste de travail ;
2. Hiérarchisation des risques potentiels (HRP) ;

3. Évaluation des risques **(INRS, 2005).**

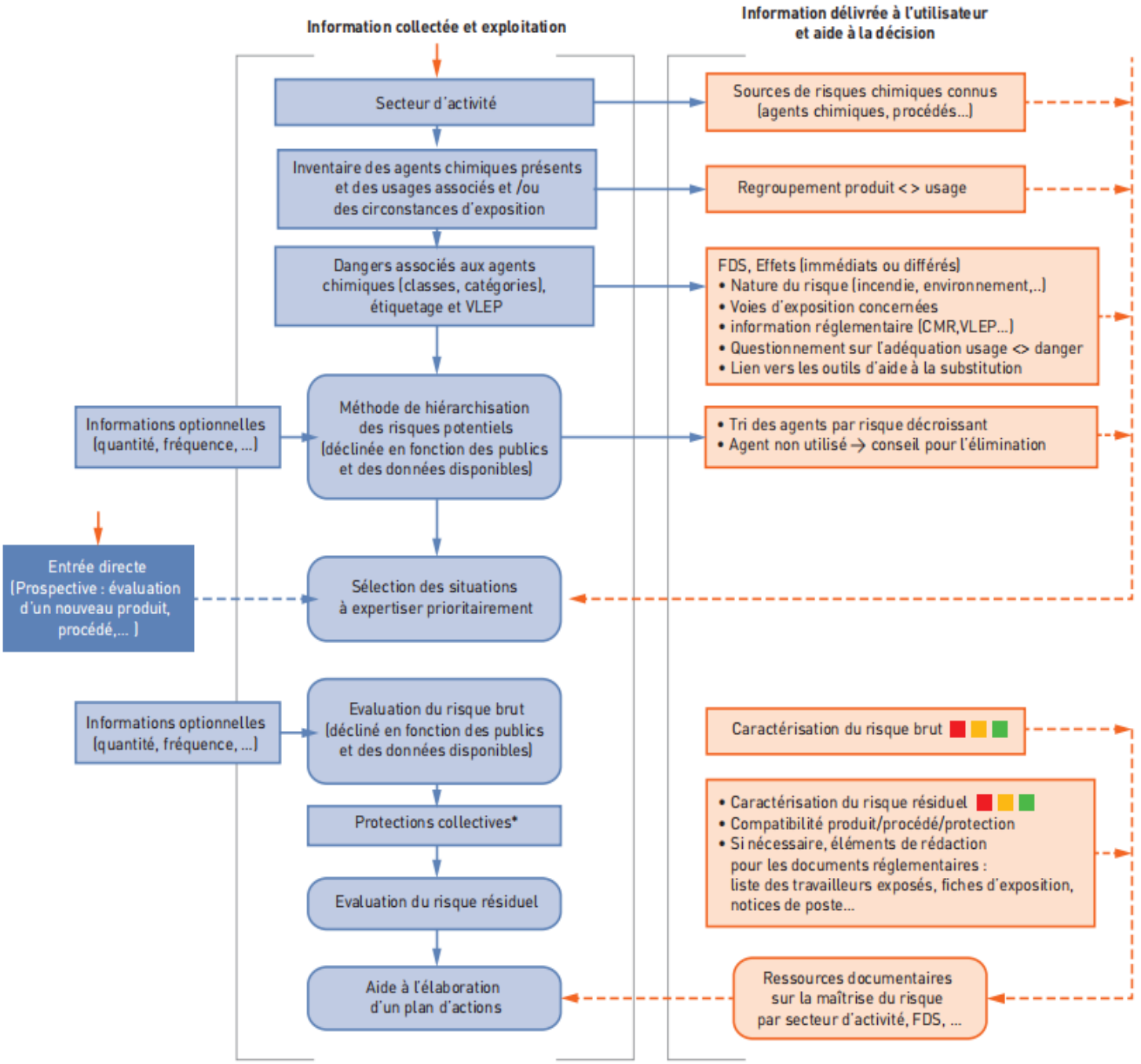


Figure II.1 : Organigramme de la méthodologie d'évaluation simplifié des risques chimique **(INRS,2011)**

II.1 Inventaire des produits et des émissions :

L'inventaire des produits chimiques utilisés ou émis et des matières premières (y compris les produits intermédiaires) doit être aussi exhaustif que possible. Cette étape représente une charge de travail importante. Elle s'appuie sur les données disponibles dans l'établissement : fiches de données de sécurité (FDS), relevés du service des achats, organigrammes des ateliers, procédures, etc. Au terme de cette étape, la liste complète des produits et matériaux mis en œuvre ou émis dans l'établissement aura été établie **(INRS, 2026).**

Les données collectées lors de cette étape sont les suivantes:

• référence ou nom du produit ;

• quantité utilisée (année, mois ,passés…) ;

• fréquence d'utilisation ;

• zone de travail où est utilisé le produit ;

• informations sur les dangers issus de l'étiquetage (pictogrammes, phrases de risque…) ;

• informations issues de la fiche de données de sécurité (dangers, proprié- tés physico-chimiques…)**(INRS, 2005)**.

II.2 Hiérarchisation Des Risques Potentiels (HPR) :

En raison du grand nombre de produits et de matières premières utilisés au sein d'un établissement, il est nécessaire de hiérarchiser les risques en fixant des priorités, par exemple en s'intéressant d'abord aux produits les plus dangereux La hiérarchisation des produits identifiés lors de l'inventaire s'effectue selon la méthode HRP : elle tient compte des dangers, de l'exposition potentielle d'allumage (incendie-explosion) et du transfert potentiel (impacts environnementaux). **(INRS, 2005)**.

II.2.1 Indicateur requis pour calculer un score de risque potentiel :

Nom/Référence de l'agent chimique, Classe de danger (selon règlement CLP),
Quantité utilisée, Fréquence et lieux(X) d'utilisation.

II.2.2 Classe de danger :

La classification du danger repose principalement sur les informations fournies par la fiche de données de sécurité (FDS). En l'absence de celle-ci, elle s'appuie sur les indications figurant sur l'étiquetage réglementaire ou sur les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP), généralement exprimées en mg/m³. Par ailleurs, les pictogrammes de danger constituent un outil essentiel pour l'identification et la catégorisation des risques associés aux substances chimiques. Enfin, la classification du danger des substances prend également en considération la nature des agents chimiques susceptibles d'être libérés au cours des procédés de mise en œuvre **(INRS, 2005)** : **(**Voir Tableau II.1**)**

Tableau II.1 : classe de danger en fonction de l'étiquetage, des valeurs limites d'expositions professionnelles et de la nature des agents chimiques émis. **(INRS, 2005)**

Classe de danger	Phrase de risque et combinaisons de phrase	Pictogramme	Valeur de la VLEP	Nature de l'agent chimique
1	Aucun	Aucun	>100 mg/m3	
2	R36 R37 R38	Xi – irritant 		Fer / Céréales et dérivés / Graphite / Matériaux de construction / Talc / Ciment
3	R20, R21, R22 R20/21, R20/22, R20/21/22, R21/22 R48/20/22, R48/21/22, R48/20/21/22	**Xn –nocif** 		Soudure inox /fibres céramiques Végétales/ peintures au plomb /Meules /sables/
4	R15/29 R23, R24, R25, R29, R31 R23/24,, R39/24/25, R48/23/24, R48/23/24/25	**T – toxique** 	**>0,1-1<** mg/m3	Bois et dérivés Plomb Métallique/Amiante et matériaux en contenant / Fonderie et Affinage du plomb
5	R26, R27, R28, R32 R26/27, R26/28, R26/27/28, R27/28,R39, R39/26, R39/27, R39/28, R39/26/27, R39/26/28,	T+ très toxique 		

II.2.3 Quantité utilisée :

Pour établir les classes de quantité, il est indispensable de fixer, en premier lieu, le référentiel temporel de consommation approprié : quotidien, hebdomadaire, mensuel, annuel…, La détermination des classes de quantité s'effectue, sur la base du référentiel temporel utilisé, en prenant la quantité consommée (Qi) de l'agent chimique considéré rapportée à la quantité de l'agent le plus consommé (QMax) .

II.2.4 Fréquence d'utilisation :

La fréquence d'utilisation est structurée en quatre classes (tableau **II.2**). Le paramètre « fréquence d'utilisation » permet de différencier les produits utilisés occasionnellement de ceux utilisés de façon continue **(INRS, 2000)**.

Tableau II.2 : Détermination des classes de fréquence d'utilisation (R409,2004)

Utilisation	Occasionnelle	Intermittente	Fréquente	Permanente
Jour	<30 minutes	>30 – 120 min	2 – 6 heures	>6 heures
Semaine	<2 heures	2 – 8 heures	1 – 3 jours	>3 jours
Mois	<1 jour	1 – 6 jours	6 – 15 jours	>15 jours
Année	<15 jours	15 jours – 2 mois	2 – 5 mois	>5 mois
Classe	1	2	3	4
	0 : l'agent chimique n'a pas été utilisé depuis au moins un an, l'agent chimique n'est plus utilisé.			

II.2.5 Classes de potentiel d'exposition :

Le potentiel d'exposition résulte de la combinaison des classes de quantité et fréquence pour un agent chimique (**R409,2004)**.

Tableau II.3 : Détermination des classes de potentiel d'exposition **(R409,2004)**

Classe de Quantité						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	Classe de fréquence

II.2.6 Détermination et hiérarchisation du score de risque potentiel :

Le score de risque potentiel chimique requiert la combinaison des classes de danger et les conditions d'exposition (quantité, fréquence) d'un agent chimique à partir de grille dédiée aux tableau **II.4**, et la

hiérarchisation aide à organiser les agents chimiques dangereux et à identifier ceux qui nécessitent une évaluation du risque chimique plus prioritaire et détaillée en utilisant tableau **II.5 (INRS, 2005)**.

Tableau II.4 : Détermination du risque potentiel (score HRP) **(INRS, 2005)**

Classe d'exposition potentielle						
5	100	1000	10000	100000	1000000	
4	30	300	3000	30000	300000	
3	10	100	1000	10000	100000	
2	3	30	300	3000	30000	
1	1	10	100	1000	10000	
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**Classe de danger**

Tableau II.5 : Caractérisation des priorités en fonction du score de risque potentiel par produit **(INRS, 2005)**

Score HRP / Produit	Priorité
≥10000	Forte
100 - 10000	Moyenne
<100	Faible

II.3 Évaluation des risques :

La méthode ND 2233 pour évaluer le risque consiste à examiner de manière structurée les risques réels liés à l'utilisation d'agents chimiques, en tenant compte de leurs effets sur la santé, la sécurité et l'environnement. Cette étape repose sur la collecte d'informations détaillées relatives aux conditions d'utilisation des produits chimiques, telles que les procédés, la fréquence et la durée d'exposition, ainsi que les mesures de prévention existantes. la démarche s'articule autour de trois axes principaux : l'évaluation du risque pour la santé, le risque environnemental et le risque d'incendie/explosion **(INRS, 2005)**.

II.3.1 Évaluation de risque par inhalation :

L'évaluation du risque par inhalation repose à la fois sur la nature dangereuse des agents chimiques utilisés et sur les conditions réelles d'exposition des travailleurs. Après une analyse des situations de travail, cette exposition est estimée en tenant compte de plusieurs facteurs, notamment : les propriétés physico-chimiques des substances (telles que leur volatilité), les conditions dans lesquelles elles sont mises en œuvre (comme le procédé utilisé ou la température), ainsi que les dispositifs de protection collective en place, notamment la ventilation **(INRS, 2005)**.

II.3.1.1 Calcul du score de risque par inhalation :

le **score** d'inhalation est un outil quantitatif qui permet de traduire l'exposition par inhalation en un niveau de risque, est calculé à l'aide de la formule suivante :

a- Score danger :

Un score est affecté à chaque agent chimique en fonction de la classe de danger qui lui a été attribuée, à l'aide de tableau **II.6 (INRS, 2005)**.

Tableau II.6 : Score attribué à une classe de danger **(INRS, 2005)**.

Classe de danger	Score de danger
5	**10000**
4	**1000**
3	**100**
2	**10**
1	**1**

b - Score volatilité :

La volatilité de l'agent chimique est déterminée en fonction de son état physique :

1- Pulvérulents (solides) : Voire Tableau **II.7**

Tableau II.7 : Détermination de la classe de danger pour les pulvérulents **(INRS, 2005)**.

Description de matériau solide	Classe de volatilité
Le matériau se présente sous forme de pastilles, granulés, écailles (plusieurs mm)	**1**
Le matériau se présente sous forme d'une poudre constituée de grains (1-2 mm)	**2**
Le matériau se présente sous forme d'une poudre fine	**3**

2- Liquides :

La détermination de la classe de volatilité d'un agent chimique liquide nécessite de connaître la température approximative d'utilisation de l'agent chimique et son point d'ébullition (rubrique 9 de la FDS).

Exemple : Pt ébullition = 120°C ; Température d'utilisation 25°C

⇒ Volatilité Classe 2.

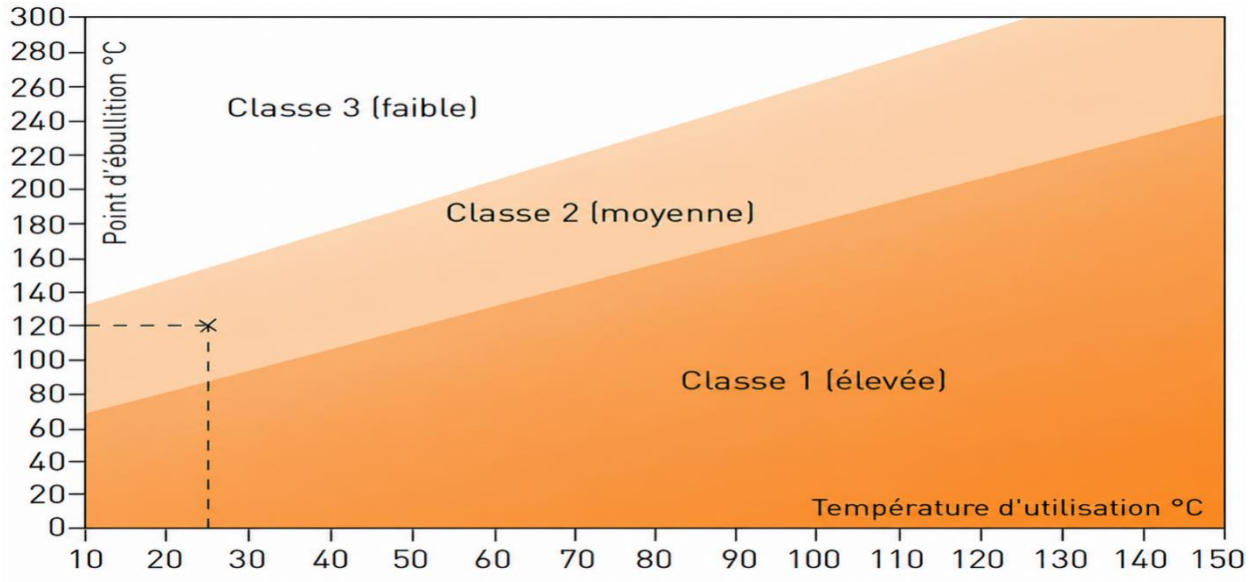


Figure II.2 : Détermination de la classe de volatilité des produits liquides **(INRS, 2005)**.

3 – Gazeux

Classe de volatilité 3, quelle que soit la température d'utilisation (**R409,2004)**.

chaque classe de volatilité se voit attribuer un score qui sera utilisé pour estimer l'exposition (tableau **II.8)**.

Tableau II.8 : Détermination des scores de volatilité **(INRS,2005)**

Classe de volatilité	Score de volatilité
1	**1**
2	**10**
3	**100**

C- Score procédé :

Détermine selon le type de procède

chaque classe de procédé se voit attribuer un score qui sera utilisé pour estimer l'exposition (**Figure II.3**).

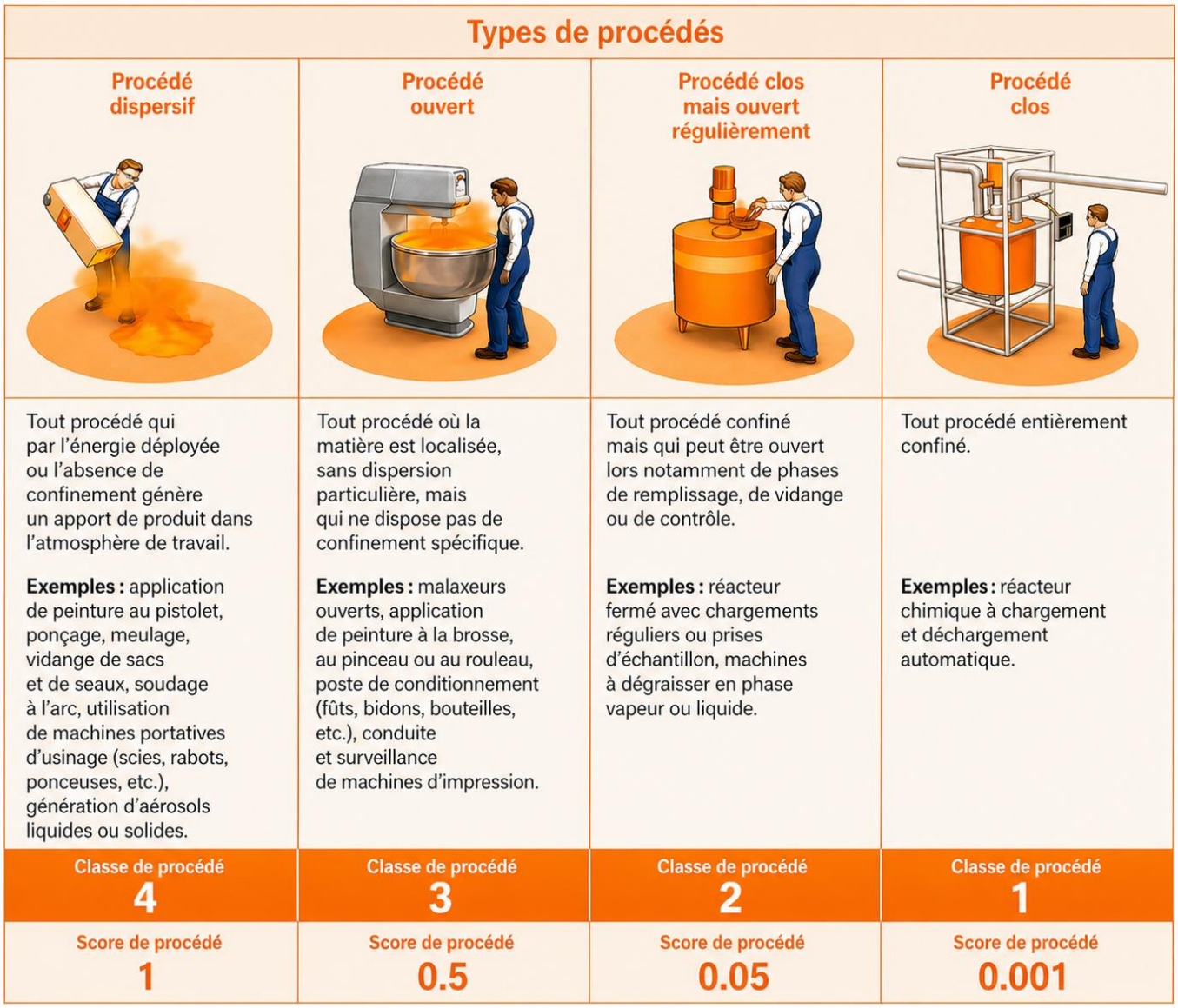


Figure II.3 : Détermination de la classe de procédé et des scores associés **(INRS,2026)**

d- Score de protection collective :

La mise en place d'une ventilation ou d'un captage contribue à la protection collective des salariés. Ces mesures permettent de faire baisser les concentrations des polluants dans l'air et donc les expositions. Dans le cas où une ventilation mécanique et un captage sont renseignés pour une combinaison poste de travail/tâche, la méthode prend en compte le plus efficace **(INRS,2021).** On distingue la figure **II.4**.

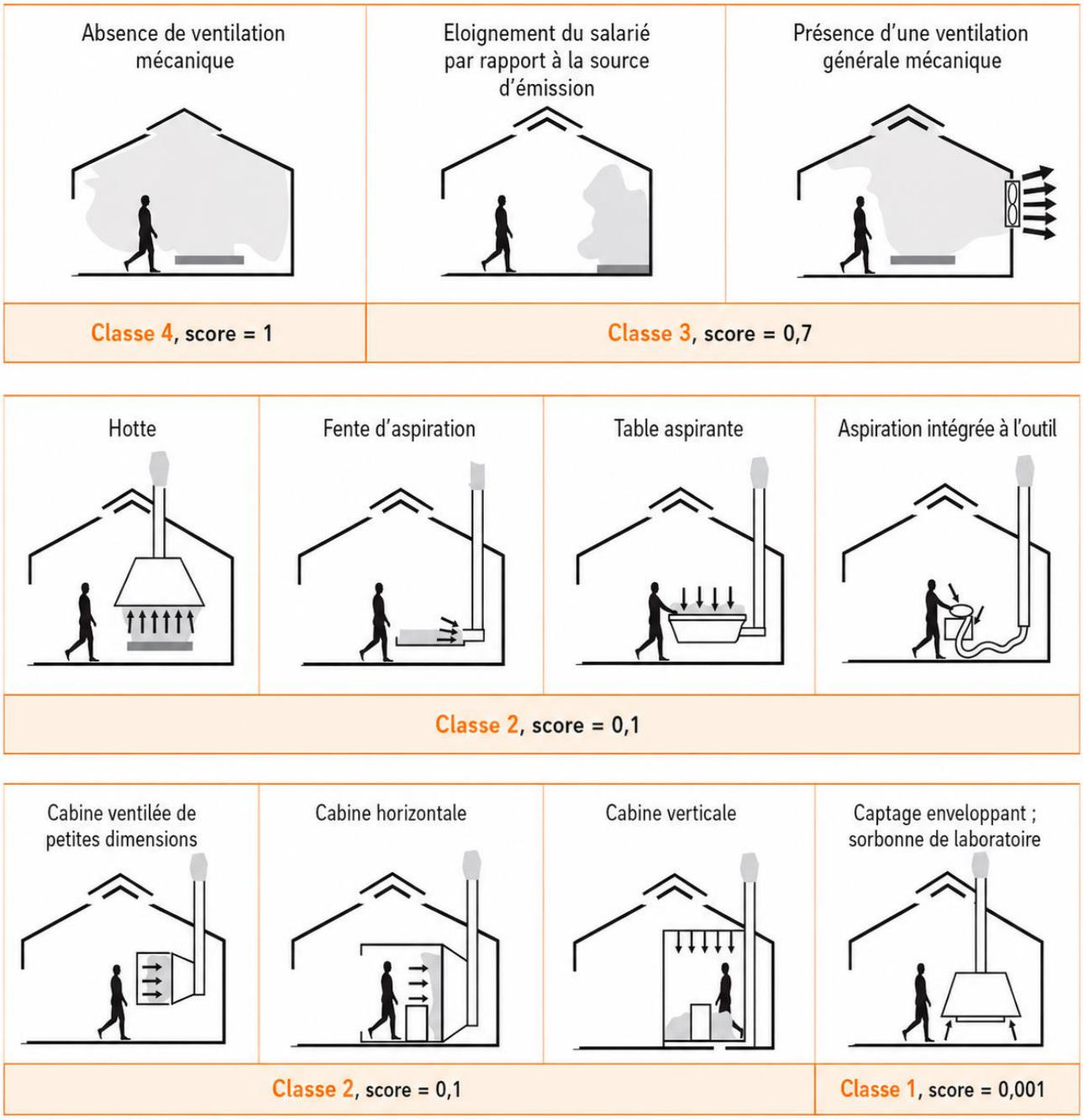


Figure II.4 : Détermination des classes de protection collective et des scores associés **(INRS,2026)**

II.3.2 Évaluation du risque par contact cutané :

Le risque résiduel cutané, pour une tâche effectuée lors d'une journée de travail, est évalué à partir des trois déterminants suivants :

1 - la classe de danger

2 - la surface du corps exposée

3 - la fréquence d'exposition

II.3.2.1 Score de risque cutané (Scut)

Le score de risque cutané est calculé selon les paramètres score de danger, score de surface exposée, score de fréquence d'exposition, est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$S_{cut} = \text{Score danger} \times \text{Score de surface exposée} \times \text{Score de fréquence d'exposition}$$

a - Score de surface exposée :

Le score de surface exposée est déterminé à l'aide de la grille proposée au Tableau

Tableau II.9 : Détermination du score de surface exposée **(INRS,2005).**

Surfaces exposées	Score de surface
Une main	**1**
Deux mains 2 où Une main + l'avant-bras	**2**
Deux mains + avant-bras Un bras complet	**3**
La surface en contact comprend les membres supérieurs et le torse, et/ou le bassin et/ou les jambes	**10**

b – Score de fréquence d'exposition :

Le score de fréquence d'exposition est déterminé à l'aide de la grille proposée au Tableau **II.10**.

Tableau II.10: Détermination du score de fréquence d'exposition **(INRS,2005).**

Fréquence d'exposition	Score de Fréquence
Occasionnelle : < 30 min / jour	**1**
Intermittente : 30 min - 2 h / jour	**2**
Fréquente : 2 h - 6 h / jour	**5**
Permanente : > 6 h / jour	**10**

II.3.2.2 Caractérisation du risque cutané/inhalation :

Le risque de chaque tâche est caractérisé selon la grille décisionnelle présentée au Tableau **II.11**

Tableau II.11 : caractérisation du risque par inhalation et cutané **(INRS,2005).**

Score de risque	Priorité d'action	Caractérisation du risque
≥1000	1	Risque probablement très élevé (mesures correctives immédiates)
100 - 1000	2	Risque modéré nécessitant probablement la mise en place de mesures correctives et une évaluation approfondie (métrologie)
<100	3	Risque a priori faible (pas de modification)

II.3.3 Évaluation simplifie du risque d'incendie – explosion :

L'évaluation des risques d'incendie est un aspect crucial de la protection d'entreprise. Il s'agit d'une évaluation complète des risques d'incendie potentiels sur votre lieu de travail et des mesures qui peuvent être prises pour atténuer ces risques. L'évaluation prend en considération tous les facteurs qui peuvent augmenter la probabilité d'un incendie, notamment le type de matériaux utilisés, l'équipement et la machinerie utilisés, ainsi que les processus de travail suivis

II.3.3.1 Données nécessaires :

Dans le cadre de l'évaluation simplifiée du risque d'incendie selon la méthode ND 2233, plusieurs paramètres essentiels doivent être pris en compte. Ces éléments permettent d'estimer de manière structurée la probabilité d'éclosion d'un incendie ainsi que son niveau de gravité.

Les principales données requises sont les suivantes :

a- Classes de danger (inflammabilité) :

Déterminé à partir des fiches de données de sécurité (FDS) ou des propriétés physico-chimiques, Lorsqu'un produit comprend plusieurs phrases de risque, la classe de danger la plus élevée sera sélectionnée.

b- Classes de quantité :

Les quantités utilisées sont déterminées en fonction de la consommation des substances inflammables sur une période de référence donnée (journalière, hebdomadaire, mensuelle, etc.). Elles sont évaluées en rapportant la quantité consommée de l'agent chimique considéré (Qi) à celle de l'agent chimique le plus consommé (QMax).

c- Classes de source d'allumage :

Tiennent compte de la présence et de la nature des sources potentielles d'inflammation.

d- Classes d'inflammabilité potentielle (IP) :

Le potentiel d'inflammabilité résulte de la combinaison des classes de danger et de quantité.

II.3.3.2 Détermination du risque brut d'éclosion d'un foyer :

À partir des paramètres précédents, il est possible de déterminer le **risque brut d'éclosion d'un foyer**. Cette étape consiste à croiser les différentes classes (danger, quantité, sources d'allumage et inflammabilité potentielle) afin d'obtenir un niveau de risque initial **Tableau II.12(INRS,2005).**

Tableau II.12 : Détermination du score de risque potentiel d'éclosion d'un incendie **(INRS,2005).**

Classe Inflammabilité Potentielle IP						
5	2000	5000	10000	30000	100000	
4	300	1000	2000	5000	10000	
3	30	100	300	1000	2000	
2	3	10	30	100	300	
1	1	1	3	10	30	
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**Classes de source d'allumage**

II.3.3.3 Caractérisation du risque brut :

La caractérisation du risque brut d'éclosion d'un foyer permet de classer le niveau de risque (faible, moyen, élevé, etc.). Cette classification sert de base pour définir les priorités d'action et mettre en place des mesures de prévention et de protection adaptées **(INRS,2005).**

II.3.4 Évaluation simplifié des impacts environnementaux (ESIE)

L'évaluation environnementale doit prendre en compte l'environnement dans son ensemble : la biodiversité, le climat, l'eau, l'air, le sol, le paysage, la santé humaine, ou encore le patrimoine culturel. Les projets de construction et d'aménagement peuvent avoir des effets négatifs sur tous ces éléments. Par exemple, la destruction d'habitats naturels pour construire une autoroute peut menacer des espèces protégées. Certains

projets produisent des déchets ou engendrent de la pollution de l'air, de l'eau ou des sols. Il faut également penser aux nuisances sonores et à la pollution visuelle**. Site web 12**

II.3.4.1 Données nécessaires :

le recueil de données précises sur les substances et leurs conditions d'utilisation pour hiérarchiser les impacts potentiels sur l'eau, le sol et l'air.

Les principales données requises sont les suivantes :

a- Classe de danger :

Phrases de risque (R-phrases ou H-phrases/CLP) identifiées sur l'étiquetage ou la FDS (ex: substances dangereuses pour l'environnement, toxiques pour les organismes aquatiques). Dans le cas de déchets, la classe de danger est déterminée en fonction des différentes catégories de danger fixées par le décret n° 2002-540 du 18 avril 2002.

b- Classe de quantité :

La classe de quantité est basée sur une quantité relative :

Qi : quantité du produit i .

Qmax : quantité du produit le plus utilisé (ou présent) dans l'inventaire.

II.3.4.2 Détermination des impacts environnementaux potentiels (IEP)

Selon la méthode ND 2233, l'impact environnemental potentiel (IEP) est déterminé par la combinaison de la classe de danger et de la quantité mise en œuvre ou générée. Sa valeur est évaluée à l'aide de la grille correspondante **Tableau II.13.** Il représente un score brut traduisant l'impact potentiel du produit ou du déchet, indépendamment du milieu récepteur.

Tableau II.13 : Détermination des impacts environnementaux potentiels **(INRS,2005)**

Classe de danger						
5	2000	5000	10000	30000	100000	
4	100	1000	2000	5000	10000	
3	10	30	100	1000	2000	
2	2	5	10	30	100	
1	1	1	2	5	10	
	1	2	3	4	5	Classe de quantité

II.3.4.3 Impact potentiel par milieu :

Le score brut représente **"ce que le produit peut faire"** (sa dangerosité), tandis que le score pondéré par le coefficient de transfert représente **"ce qu'il va probablement atteindre"** en cas de libération dans l'environnement. Cela permet de prioriser les actions de prévention (ex: mettre des bacs de rétention pour les liquides, ou des filtres pour les poussières)

Tableau II.14 : Valeurs des coefficients de transfert en fonction de l'état physique et du milieu **(INRS,2005)**

Etat physique	Eau	Air	Sol
GAZ	**0.05**	**0.95**	**0.001**
Liquide	**0.35**	**0.5**	**0.002**
Solide	**0.005**	**0.001**	**0.005**
Solide pulvérulent	**0.85**	**0.1**	**0.005**

II.3.4.4 Caractérisation des impacts environnementaux :

L'application de la méthode de hiérarchisation permet de se focaliser sur les produits, déchets et/ou les ateliers à traiter en priorité.

Chapitre 2 : Les méthodes et outils d'évaluation du risque chimique

III. Les outils d'évaluation du risque chimique :

III.1 L'outil Colibrisk:

Développé sous Excel depuis 2012, Colibrisk est un outil métier pensé pour faciliter la collecte, l'analyse et la formalisation de toutes les données nécessaires à l'évaluation du risque chimique.

Il accompagne les entreprises dans :

a- la constitution et la mise à jour de l'inventaire des produits chimiques ;

b- l'extraction et l'intégration des informations clés issues des **Fiches de Données de Sécurité** (FDS) ;

c- a centralisation et la traçabilité des données utiles pour répondre aux obligations réglementaires. **(Site web 13)**

III.2 TDC Sécurité RC:

Le logiciel TDC Sécurité Risques Chimiques vous vient en aide pour mener à bien cette évaluation et vous permettra de prioriser le traitement de vos risques, afin de garantir la santé et la sécurité de vos collaborateurs – tout en respectant les contraintes réglementaires et en automatisant l'impression des fiches d'expositions au risque chimique.

- Gérez vos inventaires de produits et leurs caractéristiques
- Evaluez les risques santé, environnement, incendie-explosion
- Pilotez votre plan d'actions de façon globale
- Disposez et complétez des bibliothèques standards : Substances, éléments d'étiquetage, pictogrammes, mentions,
- Répertoriez les mesurages réalisés sur vos activités
- Impression facilitée de documents et reporting : Fiches Individuelles d'exposition, Fiches de Données de Sécurité Simplifiée, Tableaux d'évaluations des risques chimiques Santé / Environnement /Incendie. **(Site web 13)**

III.3 OPER@ :

L'outil **OPER@** permet de quantifier le niveau de gravité du risque chimique et d'orienter sa réduction. C'est un outil d'évaluation préliminaire du risque chimique qui peut être complété par une métrologie.

IL peut aussi être utilisé pour réévaluer le risque, après actions correctives. La quantification du niveau de gravité du risque chimique est établie pour chaque opération à partir des :

- Informations relevées sur l'étiquette et la **FDS** du ou des produits :

- la nature des phrases **R** (annexe n 03) ou **(H)** (nouvelle classification (annexe n 01)) ;

– la nature des phrases **S** (annexe n 04) ou **(P)** (nouvelle classification (annexe n 02)).

- Conditions d'utilisation du ou des produits :

- l'étude du poste de travail ;
- le respect des phrases **S (P).Dahmane A., Sahnoune., 2019**

III.4 OIRA (Online interactive Risk Assessment):

Elaboré par l'Assurance maladie – Risques professionnels (INRS, Carsat/Cramif/CGSS) en partenariat avec les organisations professionnelles des métiers concernés, ces outils en ligne (OIRA) servent à réaliser de façon interactive l'évaluation des risques professionnels. Ils permettent d'éditer (imprimer ou télécharger) un **rapport** complet d'évaluation des risques et un **plan d'action** de prévention. **(Site web 14)**

III.5 Clarice (classeur du risque chimique en entreprise) :

Est un outil d'aide à la décision utilisant la méthode d'évaluation simplifiée des risques chimiques de l'INRS telle qu'elle est décrit dans la note documentaire 2233-200-05. Il permet la quantification du risque existant et aide à définir des mesures de prévention. Il traite des risques pouvant porter atteinte à la santé des travailleurs exposée à des agents chimiques utilisés ou émis par les procèdes de fabrication mais également du risque incendie explosion et de l'impact potentiel sur l'environnement. Il contribue à l'évaluation du risque et à l'élaboration du document unique. **(Site web 15)**

III.6 Previsoft :

Previsoft offre une solution complète de gestion des risques professionnels, conçue par des spécialistes de la prévention. Destinée aux entreprises de toutes tailles, cette solution permet d'évaluer, de gérer et de prévenir les risques liés au travail, notamment les accidents, les maladies professionnelles, les risques chimiques, etc. Grâce à son interface intuitive et modulaire, Previsoft s'adapte aux besoins spécifiques de chaque organisation, facilitant la conformité aux exigences réglementaires et l'amélioration continue des conditions de travail. Les fonctionnalités avancées de l'outil permettent une gestion centralisée et efficace des données de sécurité, renforçant ainsi la stratégie de prévention et de santé au travail. **(Site web 16)**

III.7 Seirich (Système d'évaluation et d'information sur les risques chimiques en milieu professionnel):

La démarche développée pour Seirich dans un but d'évaluation du risque chimique dans les domaines de la santé, de l'incendie/explosion et de l'environnement s'inscrit dans la démarche générale d'évaluation des risques. Elle permet de simplifier et d'optimiser la collecte des informations concernant les dangers des produits et les expositions en faisant appel à des données facilement accessibles figurant sur les étiquettes ou dans les fiches de données de sécurité (FDS) des produits, ou encore extraites de leurs conditions d'utilisation et de mise en œuvre. Elle peut être utilisée par l'employeur comme aide à l'évaluation afin de compléter son document unique d'évaluation des risques professionnels prévu par la réglementation.

La démarche comprend quatre étapes, détaillées dans chapitre 4 :

1. Caractérisation des dangers dans l'entreprise :

Description de l'activité et constitution de l'inventaire des produits utilisés et des émissions présentes dans l'entreprise, réalisé globalement au niveau de l'établissement pour un utilisateur de niveau 1 ou par zone de travail pour un utilisateur de niveau 2 ou 3 une fois la cartographie de l'entreprise établie ;

2. Hiérarchisation des risques potentiels :

Classement automatique, par le logiciel et par ordre de priorité, des situations (produits/zones de travail) nécessitant une évaluation complète ;

3. Evaluation des risques résiduels :

Prise en compte des conditions de mise en œuvre des produits et des émissions lors de la réalisation d'opérations de travail afin d'obtenir un classement, effectué par le logiciel et par ordre de priorité, des situations (produits/tâches) nécessitant la mise en place d'actions de prévention ;

4. Planification et suivi des actions de prévention :

Elaboration d'un plan d'actions afin d'améliorer les situations de travail les plus problématiques à partir de propositions du logiciel complétées par l'utilisateur, en accord avec les principes généraux prévention.**(INRS,2026)**

Chapitre 3 : Présentation du complexe GL2Z

Introduction :

L'Algérie occupe une position cruciale dans le domaine de l'exportation d'hydrocarbures, le gaz naturel liquéfié en constituant la majorité. Elle est un acteur clé du développement du commerce mondial du gaz.

Effectivement, dès ses premières années d'indépendance en tant que membre de l'O.P.E.P, l'Algérie a mobilisé ses ressources pétrolières et gazières pour soutenir le développement de son économie, malgré l'importance de ses réserves. Avec trois mille milliards de mètres cubes, l'Algérie occupe actuellement la quatrième position mondiale avec une part de 4%.

Le complexe industriel de GNL connu sous le nom de GL2/Z fait partie des plus grands accomplissements industriels en matière de transformation d'hydrocarbures, géré par SONATRACH en Algérie.

I. Activités de SONATRACH :

I.1. Activité amont :

Cette activité est responsable de la recherche, de l'exploitation et de la production des Hydrocarbures. Ses tâches se concentrent principalement sur l'exploitation des gisements identifiés, l'optimisation du taux de récupération et la révision des réserves.

I.2. Activité aval :

L'aval s'occupe de la conception et de l'application des politiques relatives au développement et à l'exploitation dans le secteur pétrolier et gazier. Ses tâches principales incluent l'utilisation des installations existantes, la liquéfaction du gaz naturel et la séparation du GPL, ainsi que le raffinage, la pétrochimie et la production de gaz industriels (Hélium et azote).

I.3. Activité de transport par canalisations :

La responsabilité du développement, de la gestion et de l'exploitation du réseau dédié au transport, au stockage, à la livraison et au chargement des hydrocarbures liquides et gazeux par pipelines incombe à cette entité.

I.4. Raffinage et Pétrochimie :

Transformation des hydrocarbures bruts en produits finis à haute valeur ajoutée (carburants, bitumes, lubrifiants) et développement de produits pétrochimiques pour réduire les importations et soutenir l'industrie.

I.5. Activité de commercialisation :

La Commercialisation est responsable de la gestion des opérations de vente et d'expédition, en collaborant étroitement avec les filiales comme NAFTAL pour la distribution de produits pétroliers, SNTM HYPROC pour le transport maritime des hydrocarbures et COGIZ pour la vente des gaz industriels.

II. Le GNL en Algérie :

L'industrie de fabrication de GNL comprend trois (03) installations identifiées par des codes : GL1/Z, GL2/Z et GL3/Z (cette dernière étant une installation récente). Leurs installations, qui constituent une composante du secteur pétrochimique et gazier d'Arzew, représentent l'une des plus grandes agglomérations industrielles de la nation.

À l'instar de toute production industrielle, le complexe GL/Z a connu des phases qui constituent autant étapes marquantes de son histoire récente.

Le 16 juin 1973, le regretté président Houari BOUMEDIENE a posé la première pierre de l'usine.

La société américaine PULLMAN KELLOGG, désignée par SONATRACH pour mener à bien le projet, a lancé les travaux de réalisation le 20 février 1978.

Cinq ans plus tard, le complexe a commencé sa production et les premières livraisons de GNL vers les États-Unis ont été réalisées.

Le projet de rénovation du complexe a démarré en janvier 1993, visant des objectifs tels que la fiabilité, la sécurité et une augmentation possible de la capacité de production de l'unité jusqu'à 115%.

Le complexe GL2/Z est conçu pour liquéfier 41,251 millions de m³a par jour de gaz naturel provenant des champs gaziers de Hassi R'mel. Le gaz est acheminé par pipeline vers l'usine où il y est traité, liquéfié puis stocké. Dans son procédé de liquéfaction, en plus de la quantité de GNL produite et stockée dans trois bacs de 100 000 m3 chacun, cette unité récupère annuellement en sous-produits :

- 410.000 T/M de propane acheminé par canalisations vers le complexe GP1/Z.
- 327.000 T/M de butane acheminé par canalisations vers le complexe GP1/Z.
- 196.000 T/M de gazoline stockée dans deux bacs de 14 500 m3 chacun.

L'usine comporte six trains ou modules de liquéfactions identiques, d'une capacité de production journalière de 9 000 m3 chacun.

III. Principe de liquéfaction du gaz naturel :

Le principal défi du transport du gaz naturel par voie maritime réside dans sa faible densité. La réponse à cette problématique est de le convertir en une forme liquide, donc plus dense et aisément transportable. Cette procédure implique de réfrigérer le gaz naturel jusqu'à une température de -162° C. Grâce à cette méthode, le volume du gaz est réduit par six cent vingt-cinq (625) fois. Il peut donc être acheminé par des navires munis de réservoirs cryogéniques qui le maintiennent sous forme liquide à une température extrêmement basse jusqu'à son port d'arrivée, où il sera restitué sous forme gazeuse.

Le gaz naturel est ensuite traité et liquéfié dans une installation de liquéfaction désignée sous le nom de : train de liquéfaction. Il est majoritairement constitué de méthane, d'éthane, de propane et d'azote.

Le gaz est tout d'abord purgé des petites quantités d'huile présentes dans les stations de compression, du

mercure, du dioxyde de carbone et de toute trace d'humidité qui se solidifient à des températures extrêmement basses, bloquant ainsi les équipements et les conduites, ce qui mènerait à un arrêt complet des installations. Les produits lourds (butane, propane, C5+) seront obtenus durant le processus de traitement pour être vendus. Par la suite, le gaz est liquéfié grâce à une diminution progressive et continue de la température jusqu'à -162°C en vue de son stockage et de son chargement.

IV. La composition du gaz naturel :

Table 1.1 Typical hydrocarbon composition of LNG from various locations

Component	Mole %, Source Location			
	Trinidad	Algeria[a]	Nigeria	Oman
Methane (C_1H_4)	96.9	87.93	91.692	87.876
Ethane (C_2H_6)	2.7	7.73	4.605	7.515
Propane (C_3H_8)	0.3	2.51	2.402	3.006
iso-Butane	0.1	0.50	1.301	1.603
n-Butane (C_4H_{10})	—	0.72	—	—
C5+	—	0.61	—	—
Total	100.0	100.00	100.00	100.00

[a]Skidka composition after removing nitrogen and helium.

Figure III.01: La composition du gaz naturel **(Woodward et Pitblado,2010)**

V. Historique du Complexe :

Le complexe GL2/Z est l'une des plus grandes réalisations industrielles de la chaîne de transformation des hydrocarbures, gérée par l'entreprise SONATRACH en Algérie.

Ce projet a été mené à bien par la compagnie américaine « Pullman Kellogg Plant Service Algeria Inc. », responsable de l'étude, de la construction et de la mise en service des diverses installations du complexe.

Le complexe GL2/Z liquéfie quotidiennement 41,25 millions de mètres cubes de gaz naturel provenant des champs gaziers de Hassi-R'mel, tout en procédant à l'extraction du propane et du butane de la gazoline.

- Signature du contrat : 09 février 1976,
- Date de mise en application : 01 avril 1976,
- Début de l'ingénierie : 15 avril 1976,
- Ouverture du site de construction : 15 mars 1977,
- Pose de la première pierre : 21 février 1978,
- Début de l'assemblage mécanique : 01 juillet 1981,
- Première livraison de GNL : 20 juillet 1981.



Figure III.02 : Situation géographique du GN en Algérie. **(Site web 12)**

VI. Description générale :

L'usine de liquéfaction de gaz naturel d'Arzew GL/2Z intègre six trains de liquéfaction identiques qui opèrent de manière simultanée. Le réseau de distribution fournit également du gaz naturel d'alimentation à chaque train.

Pour les six trains, le volume de gaz naturel distribué est approximativement de 1.500.000 m³/h, ce qui donne une moyenne d'environ 250.000 m³/h par train.

Le complexe GL2/Z comprend trois zones principales :

– Zone des utilités.

– Zone de procédé.

– Zone de stockage et de chargement.



Figure III.03 : Les zones principales de GL2/Z

VI.1. La première zone :

Utilités :

La zone des utilités est principalement destinée à fournir divers types d'énergie et à satisfaire les exigences des six lignes de production du complexe. C'est la zone la plus cruciale de l'usine, car elle garantit le lancement et le fonctionnement normal des trains.

Autrement dit, il s'agit de garantir la production de vapeur, d'énergie électrique, d'air, d'azote et d'eau de refroidissement tout en évacuant les effluents.

VI.1.1 Sources d'énergie :

Elle est fournie par un ensemble de six (06) chaudières de grand tonnage réparties comme suit :

Quatre (04) chaudières ABB et deux (02) chaudières IHI de 400 Tonnes/h avec une pression de 62 bars et une température de 440°C.

Le complexe est équipé de six pompes d'eau de mer qui garantissent l'approvisionnement en eau de mer pour les trains de liquéfaction et les systèmes utilitaires pour le refroidissement dans les échangeurs.



Figure III.04 : chaudière IHI

VI.1.2. Génération d'électricité :

Trois turbogénérateurs d'une puissance de 20 MW chacun, ainsi qu'une source SONELGAZ avec une tension de 60 KV, génèrent l'électricité. Cependant, pour un fonctionnement normal, seulement deux turbogénérateurs peuvent être nécessaires pour générer l'intégralité de la puissance requise, soit environ 36 MW.

VI.1.3. Unité de déminéralisation :

Cinq unités de dessalement, dotées d'une capacité de 45 m³/h chacune, sont intégrées au complexe, garantissant un approvisionnement constant en eau distillée pour la maintenance continue des chaudières.

VI.1.4. Génération d'air comprimé :

Pour des motifs de sécurité, le processus s'appuie en grande partie sur un contrôle pneumatique effectué par une série de quatre compresseurs. En outre, nous avons un compresseur de secours à disposition si nécessaire.

VI.1.5. Unité d'azote :

L'entreprise nationale des gaz industriels (ENGI) fournit l'azote, qui est utilisé pour l'inertage des installations en préparation des opérations de maintenance et des mises en service.

VI.2. Description d'un train de procédé :

Le complexe GL2/Z produit du GNL grâce à six trains autonomes, chacun comportant une série d'équipements principalement montés en série, ce qui permet la conversion du gaz naturel de l'état gazeux à l'état liquide.

Chaque train est divisé en cinq sections :

- Section traitement de gaz ;
- Section séparation ;
- Section liquéfaction ;
- Section compression ;
- Section fractionnement.

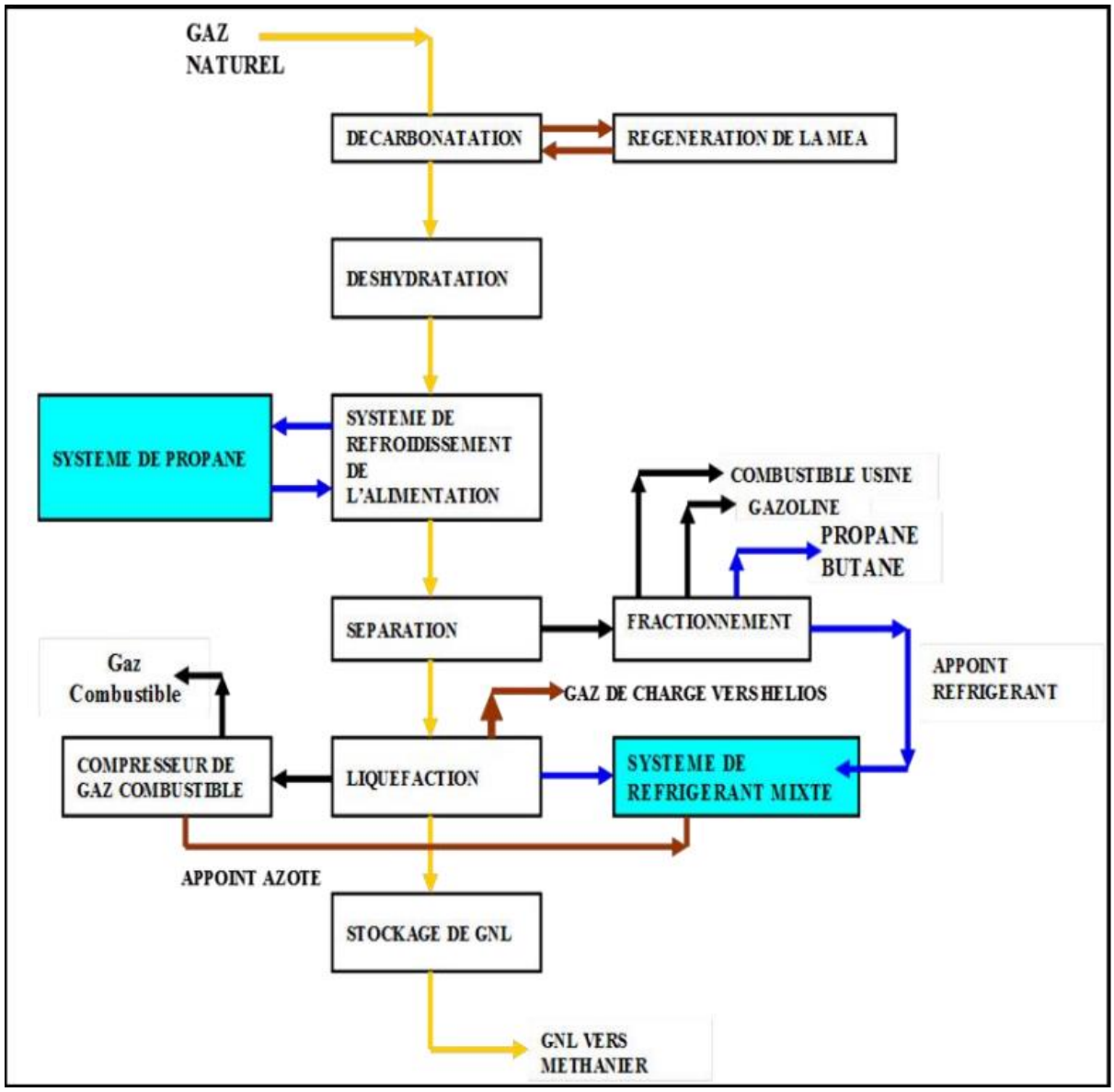


Figure III.05 : schéma synoptique d'un train de procédé

VI.2.1. Section traitement de gaz :

L'alimentation en gaz naturel s'effectue à une pression de 42 bars et à température ambiante. Il convient de procéder à son conditionnement avant sa liquéfaction à des températures cryogéniques. Cette configuration

comprend l'élimination des polluants tels que le mercure, le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau. La présence de ces composés dans le gaz engendrera des difficultés opérationnelles aux températures cryogéniques, provoquant notamment des obstructions au niveau des vannes et des échangeurs ainsi que la corrosion par le mercure des boîtiers froids en aluminium.

C'est la raison pour laquelle il convient d'éliminer ces composants :

VI.2.1.1. Décarbonatation :

Le dioxyde de carbone est séparé du gaz naturel par un lavage en contre-courant au sein d'une colonne, utilisant une solution aqueuse composée de 15 % de Monoéthanolamine (C2H7NO) .Cette élimination se réalise par le biais de la réaction réversible suivante :

$$OH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}NH2+CO_2+H_2O \rightleftharpoons (OH\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}NH_3)2CO_3+Q$$

Dans des conditions de température ambiante et d'une pression de 42 bars, la MEA et le CO2 s'associent pour former un mélange qui représente l'élément secondaire dans la réaction. Sous une pression basse et à haute température, le mélange se décompose en libérant du CO2, ce qui régénère la MEA.

Le MEA, lorsqu'il est sous forme de solution aqueuse, fonctionne comme un agent d'absorption dans le processus de décarbonatation visant à obtenir une concentration de gaz carbonique de 70 ppm.

VI.2.1.2. Déshydratation :

Le gaz naturel décarboné est imprégné d'eau, d'où l'importance de supprimer totalement les résidus aqueux pour obtenir une concentration inférieure à 1 ppm en sortie.

Le gaz, sous une pression de 41 bars, est introduit dans deux sécheurs actifs et passe à travers des tamis moléculaires qui éliminent progressivement son humidité, tandis qu'un troisième sécheur est en phase de régénération.

VI.2.1.3. Démercurisation

La démercurisation vise à capturer le mercure présent dans le gaz afin de prévenir la détérioration des équipements en aluminium, tel que l'échangeur principal de la section liquéfaction. Le charbon à base de soufre est l'adsorbant employé. Ensuite, le GN traverse deux filtres. Le gaz naturel traité (GNT) provenant de cette section, avec une concentration en mercure inférieure à 7 nanogrammes par nanomètre cube, est dirigé vers la partie de refroidissement. L'élimination du mercure se produit dans le démercuriseur (140D),

qui capture les résidus de mercure par adsorption moléculaire. Il renferme un lit de billes d'alumine Al2O3, revêtu de sulfate de cuivre (CuSO4).

VI.2.2. Section séparation

Le gaz naturel traité est refroidi grâce à quatre unités de refroidissement, utilisant du propane pour atteindre une température de -33 C°.

Le gaz traverse l'échangeur, ce qui permet un second refroidissement jusqu'à une température de -47°C.

Le gaz est par la suite introduit dans la tour de nettoyage au dixième niveau, où les produits plus lourds sont séparés du gaz naturel (éthane, propane, butane...) par le biais de la distillation.

VI.2.3. Section liquéfaction

Les vapeurs de tête issues de la colonne de lavage sont acheminées vers le ballon de reflux (108-F), puis dirigées vers le faisceau central du (116-C) où elles seront refroidies

par le MCR (Réfrigérant Multi-Composants). Ce flux se dirige vers le (116-C) en passant par le faisceau froid où il sera condensé par le MCR liquide provenant de l'expansion via la Joule Thomson (JT) froide.

Le GNL liquéfié est émis à -158 °C depuis le point (116-C) et se dirige vers l'échangeur de gaz d'évacuation (117-C). Dans cet échangeur à plaques, le GNL sera soumis à une température de -160 °C tout en réchauffant les vapeurs principales du déazoteur (102-E) et du ballon flash (110-F). Lorsqu'il sera lancé, il s'intègrera au flux des réinjections de C2 et C3. Ces deux flux, C2 et C3, sont également refroidis dans le (117-C) grâce aux vapeurs de tête du (110-F) et (102-E), et leur débit est contrôlé par les dispositifs (PV-503) et la (FV-512). Ce mélange est introduit dans le 110F où, suite à une détente, les vapeurs seront distinctes du liquide. Les vapeurs des (110-F) et (102-E) seront ainsi chauffées dans le (117-C) tout en refroidissant les réinjections C2, C3 et le GNL.

Les vapeurs de tête du (102-E) sont transférées vers le (104-J), tandis que celles du (110-F) seront orientées vers Hélios afin de générer de l'hélium liquide et de l'azote gazeux ou redirigées vers les réchauffeurs (157-CA/CB) pour être utilisées comme combustible pour les chaudières (fonctionnement perturbé).

Le GNL liquide qui sort du fond du (110-F) sera sous-refroidi dans le rebouilleur (124-C) grâce au GNL à -162°C provenant du fond de (102-E), avant d'être détendu via la (LV-506) et dirigé vers le déazoteur (102-E).

Un itinéraire de contournement avec la (TV-516) a été planifié autour du (124-C) pour contrôler la température.

Dans le (102-E), le courant de GNL en descente sera mis en contact avec les vapeurs ascendants pour dissocier l'azote du GNL dans le but de réguler les spécifications et la valeur calorifique.

Le GNL provenant du fond (102-E) sera transporté vers les réservoirs de stockage grâce à des pompes de

GNL (110-J/JA).

VI.2.4 Section compression :

VI.2.4.1 Boucle propane :

La boucle de propane est un processus à quatre niveaux qui facilite le refroidissement progressif du gaz n aturel et du MCR. Après sa compression et condensation, le propane passe par quatre phases de détente p our se refroidir progressivement, ce qui lui permet d'échanger sa capacité frigorifique avec le MCR.

VI.2.4.2 Boucle MCR :

La boucle MCR représente la seconde boucle de réfrigération de l'installation de liquéfaction. Le fluide frigorigène est une combinaison d'azote, de méthane, d'éthane et de propane. Il opère dans un cycle fermé à deux compresseurs MRC (I) et MCR (II), chacun étant actionné par une turbine. Le MCR est utilisé pour la liquéfaction du gaz naturel dans l'échangeur principal.

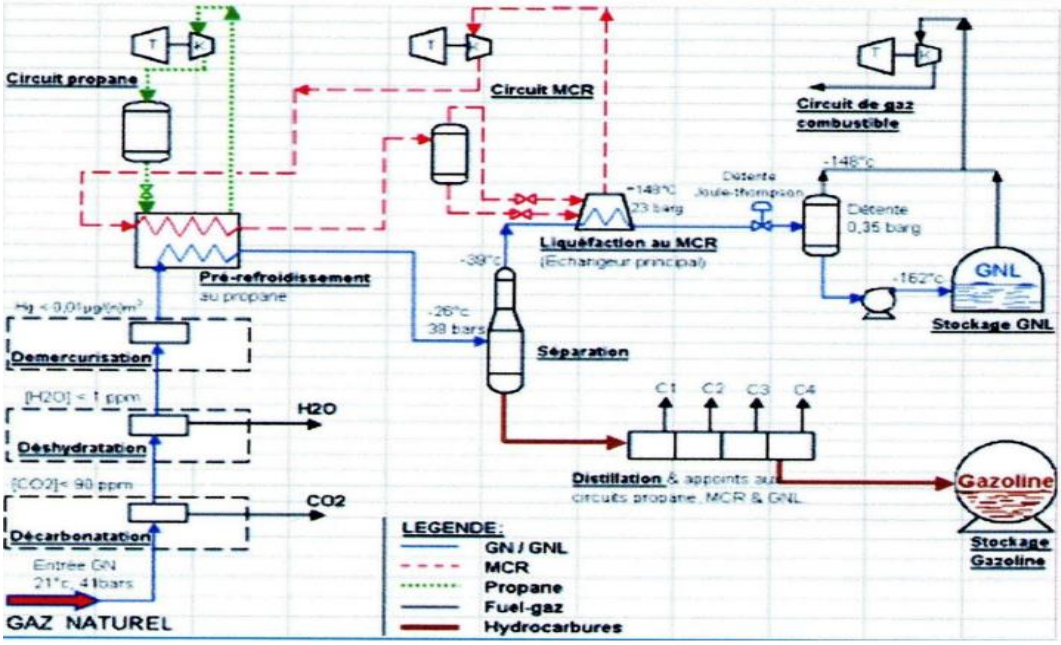


Figure III.06 : schéma de process de GL2/Z



Figure III.07 : Section compression

VI.2.5. La section de séparation :

reçoit les produits résiduels de la tour de lavage qui est située avant l'échangeur principal .

La section comprend trois colonnes :

Le dééthaniseur:

Il permet de récupérer l'éthane en haut de la colonne pour le réinjecter dans le GNL, tandis que tout surplus est employé comme combustible dans le système de fuel gaz. Les produits résiduels de l'éthanoliseur sont dirigés vers la colonne de dé-propanisation.

Le dépropaniseur:

C'est la seconde étape de séparation. Sa mission consiste à générer du propane au sommet de la colonne et à le transporter principalement vers GP1/Z pour sa vente ou sa réinjection dans le GNL. Une autre portion est utilisée en complément dans le circuit MCR et en tant que propane réfrigérant.

Les produits de fond sont dirigés vers colonne de débutanisation.

Le débutaniseur:

C'est le troisième niveau de séparation. Le produit en tête de colonne est du butane à 98,8%, tandis que le produit « commercial » est dirigé vers GP/Z pour être vendu ou réintégré dans le GNL. Le produit de fond de colonne est la gazoline.qui est acheminée vers le stockage pour être mise en vente.

VI.3. Zone terminale

VI.3.1 Zone de stockage :

L'emplacement de la zone de stockage GNL, en bord de mer, rend son chargement sur des méthaniers plus aisé.le GNL est transféré de la zone de traitement vers la zone d'entreposage à une température de -162. Chaque réservoir de stockage de GNL peut contenir jusqu'à 100 000 M3. Les trois bacs interagissent entre eux de manière communicante.

VI.3.2 Chargement :

Les installations de chargement facilitent le passage du GNL contenu dans les réservoirs vers les citernes des méthaniers.les cinq pompes de chargement réalisent le pompage du GNL, qui est ensuite refoulé à tr avers un collecteur partagé vers les quatre bras de chargement montés sur l'appontement.

Ces bras sont conçus avec des articulations pour faciliter la connexion aux brides du navire, offrant ainsi à ce dernier une certaine flexibilité de mouvement.

Un cinquième bras est prévu pour capter les vapeurs du méthanier pendant le refroidissement de la cargai son.durant les phases sans chargement, la régulation thermique des conduites est garantie par le passage du GNL via l'une des deux pompes 2103 J/Ja.

VII. Conclusion :

En, le complexe industriel **GL2/Z** s'impose comme un pilier stratégique de l'économie algérienne, assurant la transformation et la valorisation du gaz naturel à une échelle mondiale. L'analyse des procédés de cette infrastructure complexe met en évidence l'omniprésence de divers produits chimiques indispensables aux opérations de traitement, de purification et de mise en sécurité des installations. La manipulation, le stockage et la gestion globale de ces différents agents de procédé imposent des exigences strictes en matière de prévention des risques industriels. C'est précisément en raison de ces produits chimiques que nous menons nos recherche

Chapitre 4 : Application de logiciel SEIRICH sur le laboratoire et zone de production de complexe GL2Z

Introduction :

Dans le cadre de la maîtrise des risques chimiques au sein des installations industrielles, l'identification et l'évaluation des dangers liés à l'utilisation des substances chimiques constituent une étape essentielle pour assurer la protection des travailleurs, des équipements et de l'environnement. À cet effet, le logiciel SEIRICH (Système d'Évaluation et d'Information sur les Risques Chimiques en milieu professionnel) représente un outil performant permettant de recenser les produits chimiques, d'évaluer les risques associés et de proposer des mesures de prévention adaptées.

Cette partie pratique est consacrée à l'application du logiciel SEIRICH au niveau du laboratoire GNL2/Z. L'objectif principal est d'établir un inventaire des substances chimiques présentes, d'analyser les conditions de leur utilisation et de déterminer le niveau de risque chimique auquel les travailleurs peuvent être exposés.

La démarche adoptée repose sur la collecte des fiches de données de sécurité (FDS), l'identification des postes de travail concernés, le recensement des produits chimiques utilisés ainsi que l'intégration des données dans le logiciel SEIRICH. L'évaluation réalisée permettra de mettre en évidence les substances les plus préoccupantes et de proposer des mesures de prévention et de maîtrise adaptées aux risques identifiés.

Cette étude vise ainsi à démontrer l'intérêt de l'utilisation de SEIRICH comme outil d'aide à la gestion du risque chimique et à contribuer à l'amélioration des conditions de santé et de sécurité au travail au sein du complexe GNL2/Z.

I. seirich au laboratoire et GNL2/Z

Le choix du laboratoire du complexe GNL2/Z pour l'application du logiciel SEIRICH repose sur l'importance des activités d'analyse et de contrôle impliquant l'utilisation régulière de substances chimiques. Le laboratoire constitue un environnement de travail où les opérateurs manipulent quotidiennement différents réactifs chimiques nécessaires aux analyses physico-chimiques et aux contrôles de qualité.

Ces opérations impliquent l'utilisation de produits pouvant présenter des dangers pour la santé et la sécurité, tels que les acides, les solvants organiques et certaines substances toxiques ou corrosives. Bien que les quantités manipulées soient généralement limitées, la fréquence des manipulations et la diversité des produits utilisés peuvent engendrer des risques d'exposition par inhalation, contact cutané ou projection accidentelle.

Le laboratoire représente ainsi un cadre particulièrement adapté pour l'application de la démarche SEIRICH, car il regroupe plusieurs situations de travail mettant en jeu des agents chimiques dangereux. L'utilisation de

cet outil permet d'identifier les dangers associés aux produits utilisés, d'évaluer les risques chimiques auxquels sont exposés les travailleurs et de proposer des mesures de prévention adaptées.

Par conséquent, l'étude du laboratoire du complexe GNL2/Z offre une approche concrète et représentative de l'évaluation du risque chimique en milieu industriel. Elle permet également de mettre en évidence l'intérêt du logiciel SEIRICH comme outil d'aide à la gestion et à la maîtrise des risques liés aux substances chimiques au sein de l'entreprise..

I.1 Pourquoi le logiciel SEIRICH ?

- Aide à la réalisation d'un inventaire des produits étiquetés et des agents chimiques dangereux émis par les procédés (fumées de soudage, poussières…) .
- Aide à la hiérarchisation des priorités d'actions .
- Facilite l'évaluation des risques aux postes de travail, informations réglementaires et Techniques .
- Prise en compte des équipements de protection individuelle (EPI) .
- Tableaux de bord pour synthétiser les résultats des évaluations .
- Création et suivi d'un plan d'actions de prévention dans l'entreprise.
- Simulations pour tester l'impact d'une substitution de produit ou d'une modification de procédé.
- Élaboration de documents type notices de postes, étiquettes en cas de fractionnement de produit, traçabilité collective des expositions professionnelles… Import,
- Mise à jour et export de données **(Clerc et al., 2022).**

II. Évaluation de risques chimiques dans laboratoire avec le logiciel SEIRICH :

La démarche d'évaluation comprend quatre étapes :

1. Caractérisation des dangers : faire l'inventaire des produits étiquetés et des agents chimiques émis dans son entreprise (à réaliser par zone pour les utilisateurs des niveaux 2 et3)

2. Hiérarchisation des risques potentiels : classer les situations nécessitant une évaluation plus détaillée ;

3. Evaluation des risques résiduels : affiner la hiérarchisation des risques potentiels en prenant en compte le contexte d'utilisation, et, à partir du niveau 2 d'utilisation du logiciel, cette évaluation se fait par tâche de travail et des informations techniques supplémentaires sont requises ;

4. Planification des actions de prévention : supprimer, ou à défaut, réduire les risques pour

améliorer la santé des salariés et la sécurité.

II.1 Caractérisation des dangers dans l'entreprise (cartographie et inventaire) :

A. Définition des zones et des tâches de travail (cartographie) :

Il s'agit d'établir une cartographie des différentes zones d'utilisation des produits et des tâches réalisées. Ce découpage permet une évaluation des risques la plus fine possible et la plus représentative de la réalité**. (INRS,2026)**

Pour cette étape nous avons besoin de remplir ces paramètres sur le logiciel Seirich.

- L'**établissement** : à la création d'un nouveau fichier Seirich, un établissement est automatiquement créé. Il est possible de définir plusieurs établissements. Ceci permet de construire une base « produits » commune à ces établissements et de dupliquer éventuellement des postes de travail et des tâches qui sont similaires.**(INRS,2021)**

- L'**unité de travail** : ce terme générique regroupe toutes les zones intermédiaires qui ne sont ni un établissement, ni un poste de travail (par exemple un atelier, un bâtiment…). Une unité de travail peut comprendre plusieurs postes de travail. Les unités de travail sont optionnelles et il n'est donc pas nécessaire d'en créer pour réaliser une évaluation. Elles facilitent cependant son organisation. **(INRS,2021)**

- Le **poste de travail** : il représente une zone dans laquelle un opérateur dispose des ressources matérielles lui permettant d'effectuer différentes tâches (par exemple, une zone de préparation de produits ou une zone de maintenance). Chaque poste de travail dispose de ses propres procédures et caractéristiques (ventilation, procédure de stockage…).**(INRS,2021)**

- La **tâche** une tâche est une opération unitaire réalisée par un opérateur qui peut mettre en œuvre plusieurs produits chimiques. chaque tâche dispose de ses propres procédures et de ses propres caractéristiques (type de procédé, captage, etc.). Une tâche est obligatoirement rattachée à un poste de travail. **(INRS,2026)**

B. Inventaire :

L'inventaire des produits chimiques utilisés ou émis et des matières premières (y compris les produits intermédiaires) doit être aussi exhaustif que possible. Cette étape représente une charge de travail importante. Elle s'appuie sur les données disponibles dans l'établissement : fiches de données de sécurité (FDS), relevés du service des achats, organigrammes des ateliers, procédures, etc. Au terme de cette étape, la liste complète

des produits et matériaux mis en œuvre ou émis dans l'établissement aura été établie.**(INRS,2026)**

Pour faire notre inventaire nous avons besoin des informations suivantes :

1-Produit étiqueté : tous les produits qui sont concernés par l'étiquetage CLP, y compris ceux qui ne sont pas classés dangereux. **(Florian et al, INRS 2022).**

2-Agent chimique émis : C'est le cas, par exemple, des denrées alimentaires (farine, sucre, céréales, etc.), des produits cosmétiques (dissolvants pour vernis à ongles, produits de coiffure, etc.) ou l'émission des agents chimiques dangereux par les procédés **(Florian et al, INRS, 2022).**

Ensuite, nous procédons directement à une identification du produit (le nom, le nom et les coordonnées du fournisseur ainsi que la FDS du produit au format électronique…), On mentionne le danger H et les mentions additionnelles de danger EUH figurant sur l'étiquette ou dans les pictogrammes, mention d'avertissement, les conseils de prudence ainsi que les classes et les catégories de danger, aussi la consommation du produit annuelle **(Florian et al, 2022)**., par ces informations le logiciel crée une fiche produit (**Voir figure IV.1)**.

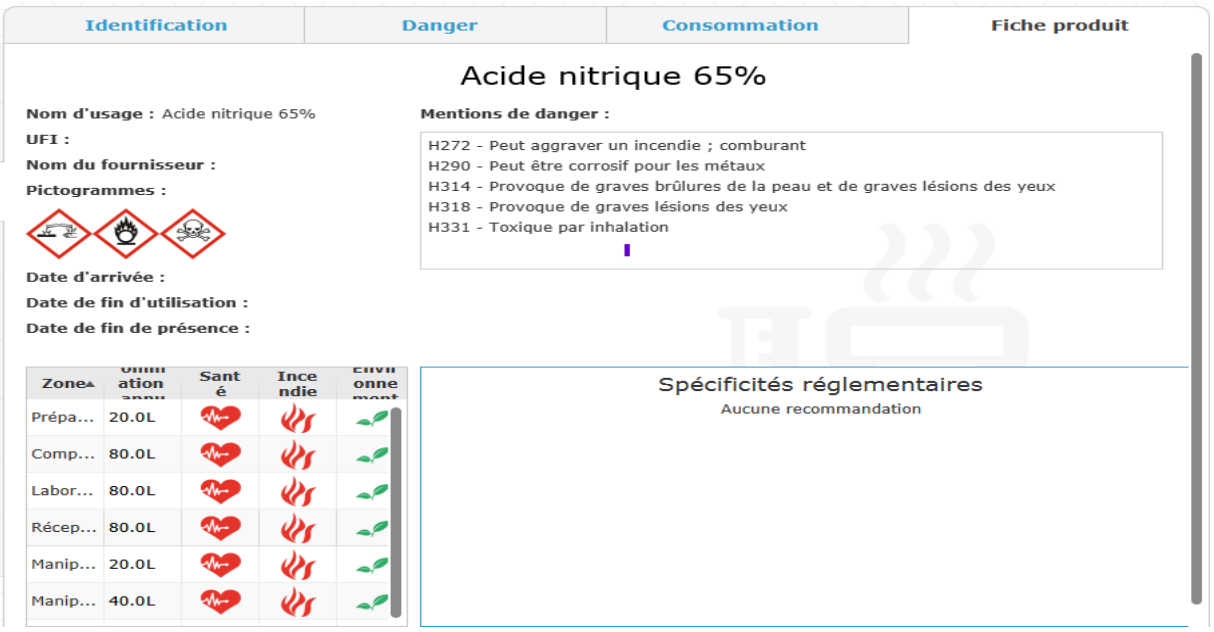


Figure IV.1 : Fiche de produit

II.2. Hiérarchisation des risques potentiels :

En raison du grand nombre possible de produits et de matières premières utilisées ou émis au sein de laboratoire, il est nécessaire d'établir des priorités d'évaluation complémentaire ou d'action en traitant, dans un premier temps, les risques potentiels les plus importants.

Dans la partie suivante nous allons citer la hiérarchisation que nous avons effectué pour :

Analyses physico-chimiques, Manipulation sous sorbonne, Extraction et séparation,

Réception et stockage des réactifs.

Chapitre 4 : Application de logiciel SEIRICH sur le laboratoire et zone de production de complexe GL2Z

II.2.1. Hiérarchisation des analyses physico chimiques :

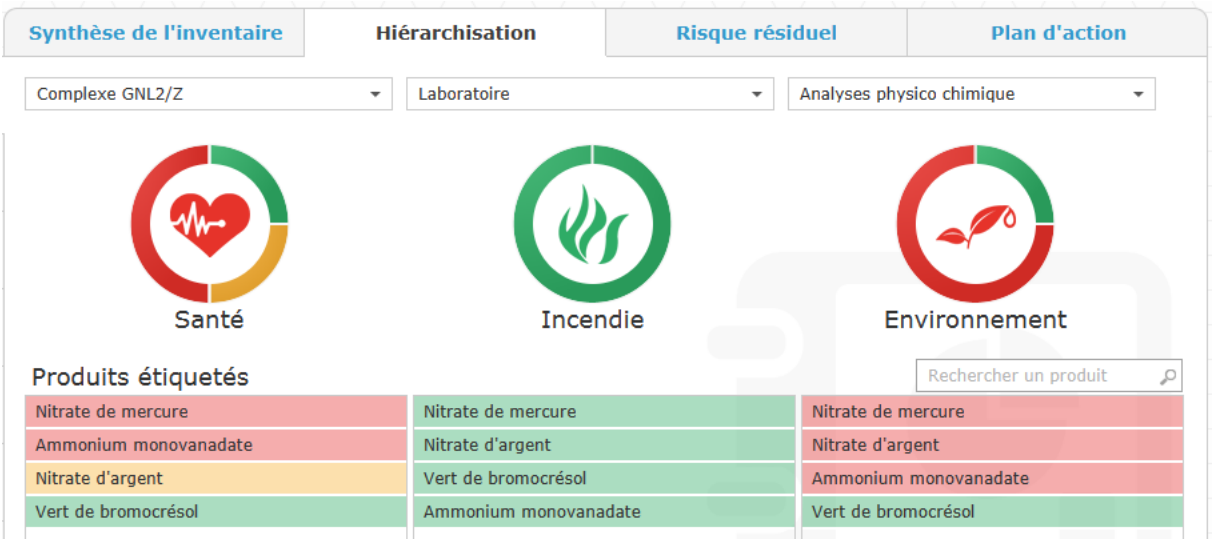


Figure IV.2 Les analyses physico chimiques

II.2.2. Hiérarchisation des Manipulations sous sorbonne :

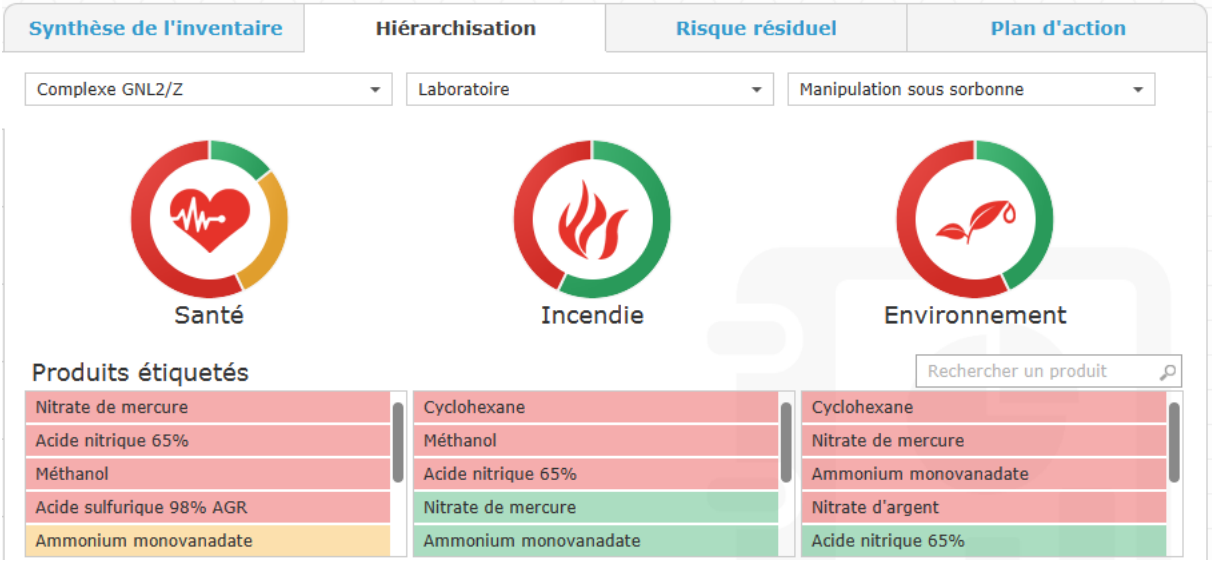


Figure IV.3 Les Manipulations sous sorbonne

Chapitre 4 : Application de logiciel SEIRICH sur le laboratoire et zone de production de complexe GL2Z

II.2.3. Hiérarchisation des manipulations d'extraction et séparation :

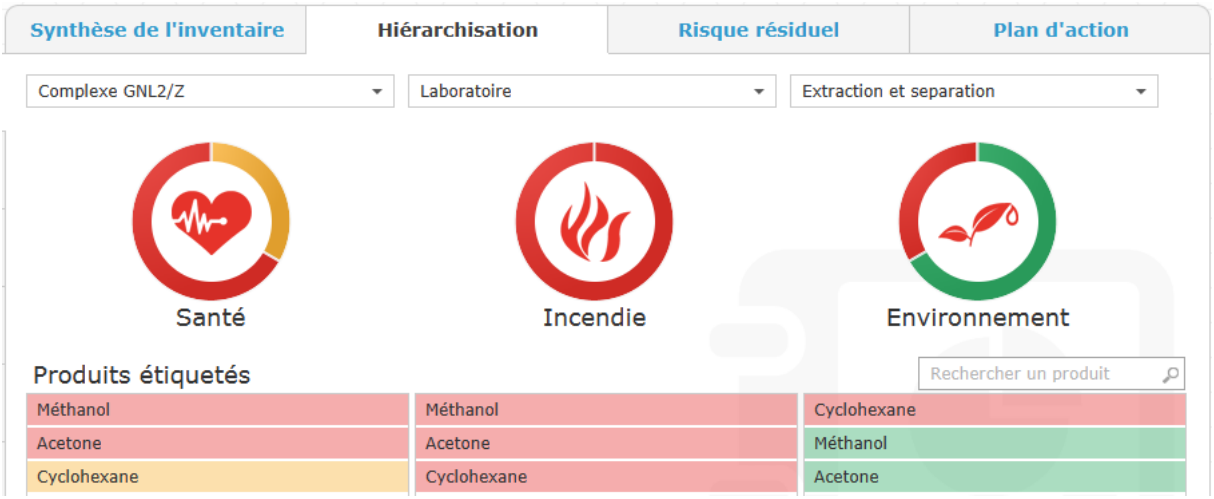


Figure IV.4 Les manipulations d'extraction et séparation au laboratoire

II.2.4 Risque Potentiel au laboratoire :

Tableau IV.1 Produit de laboratoire



Santé	Incendie	Environnement
Produits étiquetés		
Nitrate de mercure	Acétone	Nitrate de mercure
Acide nitrique 65%	Méthanol	Nitrate d'argent
Hydroxyde de sodium	Cyclohexane	Ammonium monovanadate
Acide borique	Acide nitrique 65%	Sodium Plombite solution
Méthanol	Acide sulfurique 98% AGR	Cyclohexane
Ammonium monovanadate	Ammonium monovanadate	Hydroxyde de sodium
Sodium Plombite solution	Nitrate de mercure	Acétone
Acide sulfurique 98% AGR	nITRIVER	Acide nitrique 65%
Acétone	Phénolphtaléine	Acide sulfurique 98% AGR
Phénolphtaléine	Sodium Plombite solution	Nitriver

Chapitre 4 : Application de logiciel SEIRICH sur le laboratoire et zone de production de complexe GL2Z

Cyclohexane	Nitrate d'argent	Phénolphtaléine
Nitrate d'argent	Vert de bromocrésol	Vert de bromocrésol
nITRIVER	Hydroxyde de sodium	Acide borique
Vert de bromocrésol	Acide borique	Méthanol

Tableau IV.2 Score d'Hiérarchisation des risques potentiels

Identification			Informations		Risque potentiel		
Produit étiqueté	Zone		C.A		Risques		
Nom du produit	Nom de la zone	Zones parentes	Valeur	Unité	Santé	Incendie	Environnement
Nitrate de mercure(II) mor	Analyses physico chimiqu	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	600	g			
Ammonium monovanadat	Analyses physico chimiqu	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	150	g			
Nitrate d'argent	Analyses physico chimiqu	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	200	g			
Vert de bromocresol	Analyses physico chimiqu	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	200	g			
Méthanol	Extraction et separation	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	18	L			
Acetone	Extraction et separation	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	10	L			
Cyclohexane	Extraction et separation	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	2	L			
Hydroxyde de sodium	Manipulation des réactifs	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	8000	g			
Acide borique	Manipulation des réactifs	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	15	L			
Sodium Plombite solution	Manipulation des réactifs	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	4	L			
Phénolphtaléine	Manipulation des réactifs	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	400	g			
nITRIVER	Manipulation des réactifs	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	100	g			
Acide nitrique 65%	Manipulation sous sorbon	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	40	L			
Méthanol	Manipulation sous sorbon	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	12	L			
Nitrate de mercure(II) mor	Manipulation sous sorbon	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	900	g			
Acide sulfurique 98% AGI	Manipulation sous sorbon	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	4	L			
Cyclohexane	Manipulation sous sorbon	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	3	L			
Ammonium monovanadat	Manipulation sous sorbon	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	250	g			
Nitrate d'argent	Manipulation sous sorbon	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	100	g			
Nitrate de mercure(II) mor	pesée des reactifs solides	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	550	g			
Ammonium monovanadat	pesée des reactifs solides	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	100	g			
Nitrate d'argent	pesée des reactifs solides	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	100	g			
Vert de bromocresol	pesée des reactifs solides	Complexe GNL2/Z - Laboratoire	150	g			

II.3 Évaluation des risques résiduels

Tableau IV.3 : d'évaluation des risques résiduels, Complexe GNL2/Z -> Laboratoire



Inhalation



Cutané - Oculaire



Incendie

Extraction liquide-liquide, traitement des échantillons par solvants - Méthanol	Réception des produits - Hydroxyde de sodium	Réception des produits - Phénolphtaléine
	Réception des produits - Sodium Plombite solution	

Chapitre 4 : Application de logiciel SEIRICH sur le laboratoire et zone de production de complexe GL2Z

Réception des produits - Hydroxyde de sodium	Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Nitrate de mercure	Extraction liquide-liquide, traitement des échantillons par solvants - Acétone
Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Nitrate de mercure	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Acide nitrique 65%	Extraction liquide-liquide, traitement des échantillons par solvants - Cyclohexane
Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Ammonium monovanadate	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Acide sulfurique 98% AGR	Extraction liquide-liquide, traitement des échantillons par solvants - Méthanol
Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Ammonium monovanadate	Réception des produits - Phénolphtaléine	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Nitrate de mercure
Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Nitrate de mercure	Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Nitrate de mercure	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Ammonium monovanadate
Extraction liquide-liquide, traitement des échantillons par solvants - Acétone	Réception des produits - Acide borique	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Acide sulfurique 98% AGR
Extraction liquide-liquide, traitement des échantillons par solvants - Cyclohexane	Extraction liquide-liquide, traitement des échantillons par solvants - Méthanol	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Nitrate d'argent
Réception des produits - Sodium Plombite solution	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Nitrate de mercure	Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Ammonium monovanadate
Réception des produits - Phénolphtaléine	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Méthanol	Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Nitrate d'argent
préparation de solutions toxiques ou corrosives - Méthanol	Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Nitrate d'argent	Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Nitrate de mercure
Réception des produits - Acide borique	Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Nitrate d'argent	Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Vert de bromocrésol
préparation de solutions toxiques ou corrosives - Acide nitrique 65%	Extraction liquide-liquide, traitement des échantillons par solvants - Acétone	Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Ammonium monovanadate
préparation de solutions toxiques ou corrosives - Cyclohexane	Extraction liquide-liquide, traitement des échantillons par solvants - Cyclohexane	Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Nitrate d'argent
préparation de solutions toxiques ou corrosives - Nitrate de mercure	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Nitrate d'argent	Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Nitrate de mercure
préparation de solutions toxiques ou corrosives - Ammonium monovanadate	Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Ammonium monovanadate	Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Vert de bromocrésol
Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Nitrate d'argent	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Cyclohexane	Réception des produits - Acide borique
Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Nitrate d'argent	Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Ammonium monovanadate	Réception des produits - Hydroxyde de sodium
Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Vert de bromocrésol		

Chapitre 4 : Application de logiciel SEIRICH sur le laboratoire et zone de production de complexe GL2Z

Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Vert de bromocrésol	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Ammonium monovanadate	Réception des produits - Sodium Plombite solution
préparation de solutions toxiques ou corrosives - Acide sulfurique 98% AGR	Dosages, titrages, analyses colorimétriques et contrôles qualité - Vert de bromocrésol	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Méthanol
préparation de solutions toxiques ou corrosives - Nitrate d'argent	Pesée des poudres et préparation des quantités nécessaires aux analyses - Vert de bromocrésol	préparation de solutions toxiques ou corrosives - Cyclohexane
		préparation de solutions toxiques ou corrosives - Acide nitrique 65%

Tableau IV.4 Score d'évaluation des risques résiduel

Identification			nformation				Risque résiduel		
Produit étiqueté	Tâche		C.Q		T		Risques		
Nom du produit	Nom de la tâche	Zones parentes	V	U	V	U	Inhalation	Cutané / Oculaire	Incendie
Acide nitrique 65%	préparation de solutions	Manipulation sous sorbonne	##	mL	25	°C			
Nitrate de mercure(II) m	préparation de solutions	Manipulation sous sorbonne	5	g	28	°C			
Ammonium monovanad	préparation de solutions	Manipulation sous sorbonne	2	g	25	°C			
Cyclohexane	préparation de solutions	Manipulation sous sorbonne	10	mL	40	°C			
Acide sulfurique 98% AC	préparation de solutions	Manipulation sous sorbonne	20	mL	25	°C			
Méthanol	préparation de solutions	Manipulation sous sorbonne	##	mL	35	°C			
Nitrate d'argent	préparation de solutions	Manipulation sous sorbonne	0	g	37	°C			
Ammonium monovanad	Dosages, titrages, analy	Analyses physico chimique	1	g	25	°C			
Nitrate d'argent	Dosages, titrages, analy	Analyses physico chimique	2	g	25	°C			
Nitrate de mercure(II) m	Dosages, titrages, analy	Analyses physico chimique	3	g	25	°C			
Vert de bromocresol	Dosages, titrages, analy	Analyses physico chimique	3	g	25	°C			
Ammonium monovanad	Pesée des poudres et p	pesée des reactifs solides	1	g	25	°C			
Nitrate d'argent	Pesée des poudres et p	pesée des reactifs solides	3	g	40	°C			
Nitrate de mercure(II) m	Pesée des poudres et p	pesée des reactifs solides	20	g	50	°C			
Vert de bromocresol	Pesée des poudres et p	pesée des reactifs solides	3	g	60	°C			
Acetone	Extraction liquide-liquide	Extraction et separation	50	mL	28	°C			
Cyclohexane	Extraction liquide-liquide	Extraction et separation	10	mL	35	°C			
Méthanol	Extraction liquide-liquide	Extraction et separation	80	mL	35	°C			
Acide borique	Réception des produits	Manipulation des réactifs	##	mL	20	°C			
Hydroxyde de sodium	Réception des produits	Manipulation des réactifs	70	g	20	°C			
Phénolphtaléine	Réception des produits	Manipulation des réactifs	2	kg	28	°C			
Sodium Plombite soluti	Réception des produits	Manipulation des réactifs	15	mL	25	°C			

II.4 Planification et suivi des actions de prévention :

Après cette étape nous somme apte pour prendre des décisions de détermination dessituations qui nécessitant une évaluation des risques plus précise grâce aux éléments objectifs qu'elle fournit.

Cette hiérarchisation des priorités liées aux risques potentiels dans SEIRICH est associée à un code couleur :

II.4.1 Synthèse des résultats :

a- Les résultats de la hiérarchisation des risques potentiel des quatorze produits que nous avons choisis d'étudier par Seirich sont les suivants :

- 30 produits de priorité modérée avec couleur verte
- 7 produits de priorité forte avec couleur orange.
- 32 produits de priorité très forte avec une couleur rouge.

Tableau IV.5 : Statistique de la hiérarchisation des risques potentiels

	Priorité modéré	Fort priorité	Très fort priorité
Santé	3	7	13
Incendie	17	0	6
Environnement	10	0	13

b- les résultats du tableau de la hiérarchisation des risques résiduels par rapport aux dangers par inhalation, risques cutanés/oculaires et d'incendie nous avons:

- 40 produits de priorité modérée avec couleur verte
- 21 produits de priorité forte avec couleur orange.
- 5 produits de priorité très forte avec une couleur rouge.

Tableau IV.6 : Statistique de la hiérarchisation des risques résiduels

		Priorité modéré	Fort priorité	Très fort priorité
Inhalation		12	8	2
Cutané/Oculaire		10	10	2
Incendie		18	3	1

II.4.2. Synthèse générale :

L'évaluation des risques chimiques réalisée à l'aide du logiciel SEIRICH au sein du laboratoire du complexe GNL2/Z a permis d'identifier et de hiérarchiser les dangers associés aux différentes substances chimiques utilisées lors des activités d'analyses physico-chimiques, de préparation des solutions, d'extraction et de manipulation des réactifs.

Les résultats obtenus montrent une diversité importante des niveaux de risques selon les produits, les quantités manipulées et les tâches réalisées. L'analyse des risques potentiels a mis en évidence plusieurs substances présentant des niveaux de priorité élevés à très élevés pour la santé des travailleurs, notamment le nitrate de mercure (II), l'acide nitrique, l'acide sulfurique, l'hydroxyde de sodium, le méthanol et certains solvants organiques. Des risques importants liés à l'incendie ont également été observés pour les produits

inflammables tels que le méthanol, l'acétone et le cyclohexane. Par ailleurs, plusieurs substances présentent un impact potentiel significatif sur l'environnement en cas de rejet accidentel.

L'évaluation des risques résiduels a montré une diminution notable du niveau de risque grâce aux mesures de maîtrise existantes dans le laboratoire. L'utilisation des sorbonnes lors des manipulations, le port des équipements de protection individuelle, les procédures de stockage adaptées et le respect des consignes de sécurité contribuent efficacement à la réduction de l'exposition des travailleurs. Néanmoins, certains produits conservent un niveau de risque résiduel nécessitant une vigilance particulière, notamment lors des opérations de pesée, de préparation des solutions et de manipulation des réactifs les plus dangereux.

Les résultats obtenus confirment que la hiérarchisation des risques varie selon plusieurs facteurs, notamment les quantités utilisées ou stockées, les propriétés physico-chimiques et toxicologiques des substances, les conditions de travail, la fréquence d'exposition ainsi que l'efficacité des mesures de prévention mises en œuvre. Une même substance peut ainsi présenter des niveaux de priorité différents selon la tâche réalisée ou la zone de travail concernée.

En conclusion, l'application du logiciel SEIRICH au laboratoire du complexe GNL2/Z a permis de disposer d'une vision globale et structurée des risques chimiques présents. Cette démarche constitue un outil d'aide à la décision pour la prévention des risques professionnels, permettant d'orienter les actions de maîtrise vers les situations les plus critiques et de renforcer continuellement la protection des travailleurs et de l'environnement.

II.4.3 Recommandations des actions préventives :

À l’issue de l’évaluation du risque chimique réalisée à l’aide du logiciel SEIRICH au sein du laboratoire du complexe GNL2/Z, et afin d’améliorer continuellement la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs, de garantir l’intégrité des installations et de réduire les impacts potentiels sur l’environnement, un ensemble d’actions préventives a été proposé. Ces recommandations ont été établies sur la base des résultats de l’identification et de la hiérarchisation des risques chimiques, qui ont permis de mettre en évidence les substances et les activités présentant les niveaux de risque les plus significatifs. Elles visent à renforcer les mesures de prévention existantes, à optimiser les conditions de manipulation et de stockage des produits chimiques et à assurer une meilleure maîtrise des situations à risque. L’ensemble de ces actions est présenté sous forme d’un plan d’action permettant d’orienter les efforts de prévention et d’amélioration continue de la gestion du risque chimique au sein du laboratoire.

Tableau IV.7 : Plan d'action de sécurité et recommandations pour la maîtrise du risque chimique au laboratoire du complexe GNL2/Z.

Type de risque	Priorité identifiée	Recommandation	Priorité après action
Santé	Acide nitrique 65	• Renforcer le contrôle du port • Réaliser des audits HSE périodiques. • Afficher les consignes de sécurité à proximité des postes de travail. • Mettre à jour régulièrement les FDS. • Élaborer des procédures écrites pour les opérations critiques. • Assurer un suivi médical adapté aux travailleurs exposés. • Organiser des formations de recyclage sur le risque chimique • Utiliser des outils d'intelligence artificielle pour l'analyse des FDS et l'identification rapide des dangers associés aux produits chimiques.	Acide nitrique 65
	Acide sulfurique 98 %		Acide sulfurique 98 %
	Hydroxyde de sodium		Hydroxyde de sodium
	Nitrate de mercure		Nitrate de mercure
	Nitrate d'argent		Nitrate d'argent
	Sodium plombite		Sodium plombite
	Ammonium monovanadate		Ammonium monovanadate
	Phénolphtaléine		Phénolphtaléine
	Méthanol		Méthanol
Incendie	Méthanol	• Stocker les solvants inflammables dans les armoires dédiées. • Limiter les quantités présentes sur les postes de travail. • Éliminer toute source d'ignition à proximité des manipulations. • Installer un système numérique de suivi des inspections et contrôles des équipements de sécurité. • Former le personnel à la lutte contre l'incendie. • Mettre à jour le plan d'évacuation du laboratoire. • Contrôler périodiquement les extincteurs CO_2 et poudre.	Méthanol
	Acétone		Acétone
	Cyclohexane		Cyclohexane

	Acide nitrique 65 %	• Réaliser des exercices d'évacuation périodiques.	Acide nitrique 65 %
Environnement	Nitrate de mercure	• Mettre en place un tri rigoureux des déchets chimiques.	Nitrate de mercure
	Nitrate d'argent	• Interdire tout rejet direct dans le réseau d'assainissement.	Nitrate d'argent
	Sodium plombite	• Assurer la collecte séparée des déchets contenant des métaux lourds	Sodium plombite
	Ammonium monovanadate	• Vérifier régulièrement l'état des contenants de déchets.	Ammonium monovanadate
	Hydroxyde de sodium	• Mettre en place un registre de suivi des déchets dangereux.	Hydroxyde de sodium
	Acide nitrique 65 %	• Sensibiliser le personnel aux impacts environnementaux des substances chimiques.	Acide nitrique 65 %
	Acide sulfurique 98 %	• Utiliser des outils numériques ou d'intelligence artificielle pour le suivi des stocks et la prévention des incompatibilités chimiques.	Acide sulfurique 98 %
Inhalation	Acide nitrique 65 %	• Rendre obligatoire l'utilisation des sorbonnes pour toutes les manipulations générant des vapeurs ou poussières.	Acide nitrique 65 %
	Ammonium monovanadate	• Utiliser des systèmes d'intelligence artificielle pour le suivi des concentrations atmosphériques et la détection précoce d'anomalies.	Ammonium monovanadate
	Nitrate de mercure	• Contrôler régulièrement le système de ventilation générale	Nitrate de mercure
	Hydroxyde de sodium	• Vérifier le bon fonctionnement des détecteurs de gaz.	Hydroxyde de sodium
	Méthanol	• Vérifier périodiquement l'efficacité des deux sorbonnes	Méthanol
	Cyclohexane	• Limiter les quantités manipulées sur les paillasses.	Cyclohexane
	Acétone	• Réduire le temps d'exposition des opérateurs	Acétone
	Sodium plombite	• Mettre en place une surveillance atmosphérique périodique	Sodium plombite
	Acide nitrique 65 %	• Porter systématiquement des gants adaptés aux produits manipulés	Acide nitrique 65 %

Cutané / Oculaire	Acide sulfurique 98 %	• Porter des lunettes de sécurité et un écran facial lors des manipulations corrosives •Vérifier périodiquement l'état de la douche de sécurité et du rince-œil • Mettre à disposition des kits de premiers secours à proximité • Former le personnel aux gestes d'urgence en cas de projection • Afficher les procédures de premiers secours près des postes de travail • Afficher les procédures de premiers secours près des postes de travail • Réaliser des exercices d'intervention d'urgence	Acide sulfurique 98 %
	Hydroxyde de sodium		Hydroxyde de sodium
	Nitrate d'argent		Nitrate d'argent
	, Nitrate de mercure		, Nitrate de mercure
	Sodium plombite		Sodium plombite
	Ammonium monovanadate		Ammonium monovanadate
	Acide borique		Acide borique

Conclusion

L'application du logiciel SEIRICH au laboratoire du complexe GNL2/Z a permis de réaliser une évaluation structurée et approfondie des risques chimiques liés aux activités de manipulation, d'analyse et de stockage des substances chimiques. Cette démarche a mis en évidence la présence de plusieurs dangers susceptibles d'affecter la santé et la sécurité des travailleurs, de compromettre l'intégrité des installations et de générer des impacts négatifs sur l'environnement en l'absence de mesures de prévention adaptées.

L'exploitation des résultats obtenus a permis d'identifier et de hiérarchiser les risques chimiques selon leur niveau de priorité, en tenant compte des propriétés intrinsèques des produits, des quantités manipulées, des conditions d'utilisation ainsi que des modes d'exposition. L'analyse a révélé des niveaux de risque variables, allant de modérés à très élevés, notamment pour certains produits corrosifs, toxiques, inflammables et dangereux pour l'environnement.

Par ailleurs, l'évaluation des risques résiduels a démontré l'importance des mesures de prévention déjà mises en place au sein du laboratoire, telles que l'utilisation des sorbonnes, la ventilation générale, les équipements de protection individuelle, les détecteurs de gaz ainsi que les dispositifs de secours. Toutefois, les résultats obtenus soulignent également la nécessité de renforcer certaines actions préventives, notamment en matière de procédures d'urgence, de gestion des déversements accidentels, de sensibilisation du personnel et de suivi des bonnes pratiques de sécurité.

En définitive, l'utilisation du logiciel SEIRICH s'est révélée être un outil efficace d'aide à la décision pour la

gestion du risque chimique au laboratoire du complexe GNL2/Z. Elle a permis non seulement d'améliorer la connaissance des dangers présents mais également de proposer des actions correctives et préventives visant à réduire l'exposition des travailleurs, à renforcer la sécurité des installations et à garantir une meilleure protection de l'environnement dans une démarche d'amélioration continue.

Conclusion générale

L'utilisation des produits chimiques est indispensable au bon fonctionnement des activités industrielles et des laboratoires d'analyse. Toutefois, leur présence et leur manipulation peuvent constituer une source importante de risques pour la santé des travailleurs, la sécurité des installations et la protection de l'environnement lorsqu'elles ne sont pas maîtrisées de manière adéquate.

L'étude réalisée au sein du complexe GNL2/Z a permis de mettre en évidence la diversité et l'importance des substances chimiques utilisées dans les différentes activités du complexe, en particulier au niveau du laboratoire. Cette situation souligne la nécessité d'adopter une démarche rigoureuse d'identification, d'évaluation et de maîtrise des risques chimiques afin de garantir un environnement de travail sûr et conforme aux exigences réglementaires.

L'application du logiciel SEIRICH a démontré son efficacité en tant qu'outil d'aide à la gestion du risque chimique. Il a permis d'obtenir une vision claire des niveaux de risques associés aux différents produits chimiques, de hiérarchiser les priorités d'action et d'orienter les mesures de prévention vers les situations les plus critiques. Les résultats obtenus ont également montré que le niveau de risque ne dépend pas uniquement de la dangerosité intrinsèque des substances, mais également des quantités manipulées, des conditions d'utilisation, des moyens de protection disponibles et du comportement des travailleurs.

Cette étude a ainsi confirmé l'importance d'une démarche préventive fondée sur l'évaluation continue des risques, la sensibilisation du personnel, le respect des procédures de sécurité et l'amélioration permanente des mesures de protection collective et individuelle. Elle met également en évidence l'intérêt de l'intégration des outils numériques spécialisés dans la gestion des risques chimiques afin d'améliorer la prise de décision et de renforcer la culture de prévention au sein des entreprises industrielles.

En perspective, l'extension de cette démarche à l'ensemble des unités du complexe GNL2/Z permettrait d'obtenir une vision globale du risque chimique et contribuerait davantage à l'amélioration des performances en matière de santé, de sécurité et de protection de l'environnement dans une logique de développement durable et d'amélioration continue.

Bibliographique

C

1. Cadet et al,2022
Guide des risques chimique / les risques chimiques : LES cahiers de prévention :santé sécurité environnement, octobre 2022

D

1. Dahmane A., Sahnoune., 2019- L'évaluation du risque chimique par la méthode OPERA
au sein du Laboratoire Central Aviation Marine NAFTAL Dar El Beida. Mémoire de Master, Hygiène et Sécurité Industrielle, Université M'Hamed Bougara- Boumerdès.

F

1. Florian et al ,2022
Démarche d'évaluation des risques chimiques. Méthode développée pour le logiciel Seirich, juillet 2022.

G

1. Guy Gautret de La Moricière, 2008
Guy Gautret de La Moricière, Les risques chimiques professionnels, Dunod, 2008.

I

1. INRS, 2005
Documents sur méthodologie D'évaluation simplifiée du risque chimique : un outil d'aide à la décision,2005

2. INRS,2011
Documents sur évaluations des risques chimiques cahier des charges – préconisations pour le développement d'applications informatiques,2011.

3. INRS,2026
Documents sur démarche d'évaluation des risques chimiques - méthode développée pour le logiciel Seirich, janvier 2026.

4. INRS,2000
Documents sur évaluation du risque chimique - Hiérarchisation des "risques
Potentiels,2000.

5. INRS, 2017

INRS, Vocabulaire de base de la démarche de prévention, 2017.

6. INRS, 2024

INRS, Le risque chimique, ED 6541, 2024.

7. INRS, 2009

INRS, TJ19 Aide-mémoire juridique, 2009.

8 . INRS,2021
Démarche d'évaluation des risques utilisée dans Seirich, Le 02/06/2021.

9. ISO/CD 12100-1

Sécurité des machines – Notions fondamentales – Principes généraux de conception – Partie 1 : Terminologie de base, méthodologie, 1998.

M

1.Mokhatab,2019 :
Handbook of natural gas transmission and processing By Saeid Mokhatab

2. Mokhatab,2014:

Handbook of liquified natural gas—A review (2014). By Saeid Mokhatab

O

1. OIT, 2009

Organisation Internationale du Travail, Prévention des accidents industriels majeurs, 2009.

P

1. Phil Hughes et Ed Ferrett, 2015

Phil Hughes & Ed Ferrett, Introduction to Health and Safety at Work, Routledge, 2015.

R

1.R409,2004
Recommandations adoptées par le Comité technique national (CTN)
de la chimie, du caoutchouc et de la plasturgie, le 23/06/2004.

S

1. Sayah et Rahal,2023
SAYAH Rekia et RAHAL Imane Bouchra, Gestion et évaluation des risques chimiques au sein de la société d'industries mécaniques et accessoires ORSIM, 2023.

U

1. Unece, 2013
UNECE, Annexe 4 – Document guide sur l'élaboration de fiches de données de sécurité (FDS), 2013.
2. Unitar, 2010
UNITAR, Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH), 2010.

N

1. Nichan Margossian, 2006

Nichan Margossian, Risques chimiques et sécurité, Dunod, 2006.

W

1.Woodward et Pitblado,2010

Woodward, John L._ Pitblado, Robin M. - LNG Risk Based Safety,2010

Webographie :

Site web 1: https://fac.umc.edu.dz/vet/Cours_Ligne/Cours/BASES_FONDAMENTALES.pdf

Site web 2: https://osha.europa.eu/fr/themes/dangerous-substances/clp-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures

Site web 3 : REPTOX CNESST – Propriétés physiques et chimiques

https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/simdut-2015/guide-utilisation-fiche-donnees-securite/Pages/14-proprietes-physiques-chimiques.aspx#Chap1

Site web 4 : UVED – Voies de pénétration des produits chimiques

https://uved.univ-nantes.fr/GRCPB/sequence3/html/chap1_part1_4.html

Site web 5 : UVED – Étiquetage des produits chimiques

https://uved.univ-nantes.fr/GRCPB/squence3/html/chap1_part1_2.html#sspart1

Site web 6 : Virages – Étiquetage des produits chimiques

https://www.virages.com/Blog/Etiquetage-Produits-Chimiques

Site web 7 : Orme Conseil – Pictogrammes chimiques

https://orme-conseil.com/pictogramme-chimique/

Site web 8 : INRS – Comprendre les systèmes d'étiquetage des produits chimiques

https://www.inrs.fr/risques/classification-etiquetage-produits-chimiques/comprendre-systemes-etiquetage-produits-chimiques.html

Site web 9 : CADE Environnement – Classification et étiquetage des produits chimiques

https://www.cade-environnement.org/files/2016/02/Classification-et-%C3%A9tiquetage-des-produits-chimiques.pdf

Site web 10 : CCHST – Fiches de données de sécurité (FDS)

https://www.cchst.ca/oshanswers/chemicals/whmis_ghs/sds.html

Site web 11: LNG Algeria rank

https://embmoscow.mfa.gov.dz/fr/news-and-press-releases/lng-algeria-ranked-7th-in-the-world-in-terms-of-production-capacity

Site web 12 : https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/evaluation/article/l-evaluation-environnementale

Site web 13: https://www.st72.org/

Site web 14: https://www.tdc-securite.fr/

Site web 15: https://www.inrs.fr/metiers/oira-outil-tpe.html

Site web 16: https://www.previsoft.fr/

Site web 17: https://sonatrach.com/wp-content/uploads/2025/06/ENERGY-MAP-OF-ALGERIA-1-4.pdf,2024)