



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



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

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : *Sécurité Industrielle*

Spécialité: *Prévention – Intervention*

Thème

Danger lié au travail en espace confiné

Présenté et soutenu publiquement par :

BAROUDI MOHAMMED SALAH EL DINE
REGGANE ABDELKADER

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
BENOMAR FATIMA	MAA	IMSI	Président
LOUNIS ZOUBIDA	Pr	IMSI	Encadreur
BENATIA NOUR EDDINE	MAA	IMSI	Examineur
MESSABIH HABIB	MAA	IMSI	Examineur

Juin 2016

Remerciement

*Nous remercions notre dieu qui nous a donné la force et La patience
pour terminer ce travail.*

*Nous voudrions exprimer notre profonde gratitude envers notre
encadreur **Mme. LOUNIS ZOUBIDA** pour son aide et sa
contribution tout au long de l'élaboration de ce travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent également au corps professionnel
du département **SIE**.*

Un grand merci à tous ceux qui nous ont soutenus durant nos études

Toutes nos salutations aux membres de jury.

Dédicace

Avant tout c'est grâce à dieu que je suis arrivée là.

Je dédie ce simple travail à mes chers parents qui m'ont

Encouragé à donner le meilleur de moi-même, et qui m'ont

fournilles moyens d'être ce que je suis aujourd'hui,

*Je le dédie aussi à mes sœurs et mon frère **kourak Mohamed***

elamin.

Une carrière pleine de succès. Que dieu les garde tous.

A mes très chers amis,

Et mon cher binôme

A tous les êtres chers à mon cœur.

BAROUDI MOHAMED SALAH EDDINE

Dédicaces

Avant tout c'est grâce à dieu que je suis arrivée là.

Je dédie ce simple travail à mes chers parents qui m'ont

Encouragé à donner le meilleur de moi-même, et qui m'ont

fournies les moyens d'être ce que je suis aujourd'hui,

Je le dédie aussi à mes sœurs et mon frère.

Une carrière pleine de succès. Que dieu les garde tous.

A mes très chers amis,

Et mon cher binôme

A tous les êtres chers à mon cœur.

REGGANE Abdelkader

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT.....	
DEDICACE.....	
SOMMAIRE.....	
LISTE DES ABREVIATIONS.....	I
LISTE DES FIGURES	II
LISTE DES TABLEAUX.....	V
INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre 01 : Généralités sur les espaces confinés	
Introduction	3
I.1 - Espaces confinés courants.....	3
I.2-Espaces confinés particuliers.....	5
I.3 Nature des risques	5
I.3.1. Risques particuliers liés à l’atmosphère.....	6
I.3.1.1. Risque d’asphyxie.....	6
I.3.1.2. Risque d’intoxication.....	7
I.3.1.3. Risque d’explosion et incendie.....	8
I.3.2 Gaz dangereux.....	10
I.3.2.1 Rappel.....	10
I.3.2.2 Définitions.....	11
I.3.2.3 Caractéristiques de quelque gaz dangereux.....	11
I.3.3 Autres risques.....	13
I.3.3 Autres risques.....	13
I.3.4. Difficultés d’évacuation	15
I.4- Opérations préalables à l’accès	15
I.4.1 Consignation des installations dangereuses et des énergies.....	15
I.5 Cadre réglementaire	18
Chapitre 02 : Conditions d’accès aux espaces confinés	
Introduction.....	20
II. 1 ventilation.....	20
II. 1.1 Consignes Générales.....	21

II. 1.2 Les modes de ventilation.....	21
II .1.2.1 La ventilation naturelle	21
II. 1.2.2 La ventilation forcée	23
II.1. 3 Matériel utilisé.....	24
II. 1.4 Le choix du ventilateur.....	25
II. 2 La purge.....	26
II. 3 Inertage de l’atmosphère.....	26
II. 4 Contrôles d’atmosphère	27
II. 4.1 Règles générales – précaution	27
II. 4.2 Appareils de contrôles utilisés.....	29
II.4.3 Résultats des contrôles d’atmosphère.....	31
II.5 Autorisation de pénétrer	32
II.5 .1 Règles générales.....	32
II.5.2 Formation des intervenants	33
II.5.3 Permis d’Entrée en Espace Confiné	35
II.5.4 Pénétration avec appareils respiratoires isolants.....	36
II.5.4.1 Matériel utilisé.....	36
II.6 Intervention dans un espace confine	37
II.6 .1 Équipements et moyens de protection.....	37
II.6 .1.1 Procédures.....	37
II.6 .1.2 Equipements participant a la protection collective.....	38
II.6 .1.3 Equipements de protection individuelle et de détection.....	38
II.6 .1.4 Moyens de communication.....	39
II.6 .1.5 Équipements de signalisation.....	39
II.6 .2 Environnement de l’espace confiné.....	40
II.6 .3 Le cadenassage.....	40
II.6 .3 .1 L’isolation de l’espace clos.....	40
II.6 .3 .2 Précautions de base.....	40
II.6 .3 .3 Procédure de cadenassage.....	41
II.6.4 La procédure opérationnelle	42
II.6.4 .1 La liaison personnelle.....	42
II.6.4 .2 La ligne guide.....	42
II.6.4 .3 La Ligne de vie.....	43

II.6.4 .4 La Procédure Avant L'engagement.....	43
II.6.4 .5 La Procédure Pendant L'engagement.....	44
II.6.4 .6 La procédure après l'engagement.....	47
II.6.5 Surveillance de l'intervention.....	48
Conclusion.....	49

Chapitre 03 : Présentation du complexe FERTIAL

III.1 Présentation du complexe FERTIAL/SPA société des Fertilisants d'Algérie.....	50
III.1.1 Naissance de FERTIAL	50
III.1.2 Les activités du complexe FERTIAL.....	51
III.1.2 .1 L'ammoniac.....	52
III.1.2 .2 L'acide nitrique.....	53
III.1.2 .3 Le nitrate d'ammonium.....	53
III.1.3 Organigramme de FERTIAL Spa.....	54
III.1.4 Vue aérienne du complexe.....	55
III.2 Procédure de travail en espace confiné au niveau de FERTIAL.....	56
III.2.1 Séquences d'actions.....	56
III.2.2 Milieu d'application.....	58
III.2.3 Durée du Permis.....	58
III.2.4 Renouvellement.....	59
III.2.5 Annulation des permis de travail.....	59

Chapitre 04 : Étude de cas bac de stockage d'ammoniac liquide 2101F

IV.1 préambule.....	60
IV.2 Description de l'équipement.....	60
IV.3 L'emplacement géographique de l'équipement « bac 2101F ».....	61
IV .4 La démarche à suivre.....	62
IV .5 Les Mesures établies par le site FERTIAL/Arzew pour pénétrer au bac 2101F.....	62
IV .5 .1 Vidange du bac 2101F.....	62
IV.5 .2 L'inertage du bac 2101F.....	63
IV .5 .3 Suivie les analyses prises par le laboratoire.....	64
IV .5 .4 Démontage des soupes du bac.....	64
IV.6 La pénétration au bac 2101F.....	64
IV.6 .1 Établir un permis de pénétration.....	64
IV.6 .2 Ouverture du trou d'homme.....	65

IV.6 .3 Dotation du personnel par des masques à cartouche.....	65
IV.6 .4 Les analyses de laboratoire.....	65
IV.6 .5 Obligation du port des EPI.....	66
IV.7 Évaluations et propositions.....	66
IV.7 .1 La procédure de sauvetage.....	66
IV.7 .2 Une visite médicale.....	67
IV.7 .3 Découpage par meule pneumatique.....	67
IV.7 .4 Baliser la zone de travail.....	68
IV.7 .5 Système de badge à l'extérieur du bac.....	68
IV.7 .6 Panneau d'avertissement (signalisation).....	69
IV.7 .7 Dotation le personnel avec des masques à cartouche contre NOx et CO.....	69
IV.7 .8 Utilisation du Balise multi-gaz transportable.....	69
IV.7 .9 Proposition d'un outil de contrôle des travaux en espace confiné (informatisé).....	70
CONCLUSION GENERALE.....	
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

LISTE DES ABREVIATION

LIE : limite inférieure d'explosivité.

LES : limite supérieure d'explosivité.

VLE : valeur limite d'exposition.

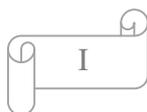
VME : valeur moyenne d'exposition.

EPI : équipement de protection individuelle.

ARI : d'appareils respiratoires isolants.

ATEX : atmosphère explosible.

COS : commandement d'opération secours.



Liste des figures

Figure I.1 pénétration dans un puits.

Figure I.2 pénétration dans un égout.

Figure I.3 pénétration dans une conduite.

Figure I.4 pénétration dans une citerne.

Figure I.5 Les limites d'explosion.

Figure II.1 Aération naturelle (ballon séparateur).

Figure II.2 Ventilation par extraction.

Figure II.3 Ventilation par soufflage.

Figure II. 4 Extraction par le haut d'une cuve.

Figure II. 5 Soufflage par le bas d'une cuve.

Figure II.6 Ventilateur indépendant (Entraînement par moteur électrique).

Figure II. 7 Ventilateur indépendant (Entraînement par air/vapeur/eau).

Figure II. 8 Ventilateur à poser sur trou d'homme (Entraînement par moteur électrique) .

Figure II. 9 Éjecteur (entraînement par air service).

Figure II. 10 Contrôle d'une capacité depuis l'extérieur (**Pompe à soufflet - Tube réactif**).

Figure II.11 Contrôles externes d'une colonne à distiller.

Figure II.12 Oxygénémetre-Explosimètre.

Figure II.13 Détecteur de gaz toxique.

Figure II.14 Détecteur de **COV**.

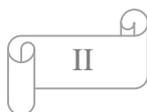


Figure II.15 Analyseur de benzène, par photoionisation.

Figure II.16 Appareil respiratoire isolant autonome à circuit ouvert.

Figure II.17 Appareil respiratoire isolant à adduction d'air comprimé (autonome).

Figure II.18 Appareil respiratoire isolant non autonome à adduction d'air.

Figure II.19 Danger espace confiné.

Figure II.20 Danger risque d'explosion.

Figure II.21 Danger risque d'asphyxie.

Figure II.22 Interdiction de téléphone portable.

Figure II.23 La ligne guide.

Figure II.24 Ligne de vie.

Figure II.25 Reconnaissance dans un espace clos.

Figure II.26 Ramification dispositif de dérivation.

Figure III.1 Evolution de production 2000 – 2009.

Figure III.2 Organigramme de **Fertial Spa**.

Figure III.3 Vue Aérienne du Complexe.

Figure IV.1 Emplacement géographique du bac **2101F**.

Figure IV.2 Cartouche du masque.

Figure IV.3 Meule pneumatique.

Figure IV.4 Balisage de la zone de travail.

Figure IV.5 Panneau de badge.

Figure IV.6 Panneau de signalisation.

Figure IV.7 Système de balise de détecteur multi-gaz.

Figure IV.8 Capture d'écran du Système de contrôle.

LISTE DES TABLEAUX

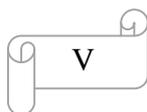
Tableau I. 1 Taux d'oxygène dans l'air et conséquences pour l'homme.

Tableau I. 2 Caractéristiques de quelque gaz dangereux.

Tableau II. 1 Appareils de contrôle utilisés.

Tableau II.2 Opérations d'assainissement à effectuer en fonction des résultats des contrôles.

Tableau IV.1 Caractéristique du bac **2101F**.



Introduction générale

Un espace confiné est un volume totalement fermé ou dans lequel la circulation de l'air et les échanges avec l'extérieur sont limités.

Les risques associés aux travaux dans les espaces confinés sont multiples et ce suite à l'accumulation des substances toxiques, inflammables et à la déficience d'oxygène. Ajouté à cela l'étroitesse des accès, l'inconfort des positions de travail, l'éclairage insuffisant, Les risques liés aux énergies, chutes en hauteur ou de plain-pied etc.

Les accidents liés au travail dans un espace confinés sont souvent des accidents graves ou mortels. La plupart de ces décès étaient liés à une déficience en oxygène ou à la présence de gaz toxiques ou inflammables. Ces victimes étaient des travailleurs qui ont essayé d'effectuer un sauvetage sans avoir les connaissances et les équipements nécessaires.

Alors, avant que les travailleurs s'introduisent dans un espace confiné, l'employeur doit veiller à ce qu'une évaluation adéquate des dangers propres à ces espaces ait été menée.

L'évaluation des dangers ne vise pas à démontrer qu'un espace particulier est ou n'est pas confiné. Se déroulant dans le cadre du processus de préparation à l'entrée sur les lieux, elle s'avère critique pour la reconnaissance des dangers réels ou potentiels propres à chaque espace confiné, ainsi que des dangers susceptibles de survenir pendant le travail à l'intérieur de l'espace confiné.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'établir la procédure d'application pour garantir des systèmes et des méthodes de travail dans des espaces confinés afin d'obtenir la sécurité maximale. Il s'agit d'informer, de prévoir et éviter toute cause d'accident ou situation de risque en assurant le suivi et le contrôle des travaux qui sont exécutés.

Ce travail est présenté, outre que l'introduction générale, il se forme de quatre chapitres :

- **Chapitre I** : Ce chapitre décrit les généralités sur les espaces confinés,
- **Chapitre II** : On a consacré ce chapitre pour les conditions d'accès aux espaces confinés où nous situons les différentes étapes essentiels tel que les mesures de contrôle, l'autorisation de pénétrer, ainsi que l'intervention dans les espaces confinés.
- **Chapitre III** : Nous avons commencé dans ce chapitre par présentation du complexe

Introduction générale

FERTIAL/SPA, après avoir identifié la procédure de travail en espace confiné au niveau de **FERTIAL**.

➤ **Chapitre IV** : Pour l'étude de cas bac de stockage d'ammoniac liquide **2101F**.

Et on finit ce travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur les espaces confinés

Introduction

Un espace confiné est un volume totalement ou partiellement fermé qui n'est pas destiné à une occupation continue des travailleurs.

Les espaces confinés peuvent être occupés essentiellement pour des travaux de nettoyage, d'entretien, de réparation, d'inspection ou tout simplement lors de leur construction. Toutes ces activités peuvent donc présenter des risques pour la santé et la sécurité des personnes qui y pénètrent en raison [1] :

- d'une insuffisance de ventilation naturelle.
- des matières qu'il contient ou des produits qui y sont utilisés.
- de sa conception.
- de son emplacement.
- des équipements qui y sont mis en œuvre.
- ou de la nature des travaux qui y sont effectués.

I.1 - Espaces confinés courants

On appelle espace confiné, un équipement habituellement clos, dans lequel il est nécessaire de pénétrer pour visite ou travaux.

Un espace confiné se caractérise par un rapport volume/ dimension, d'ouverture tels que les échanges naturels de l'air intérieur avec l'atmosphère extérieure sont particulièrement réduits et peuvent entraîner des risques **d'asphyxie, d'intoxication, d'incendie et d'explosion**. Dans ces espaces, les risques peuvent être aggravés par une arrivée accidentelle de gaz.

L'insuffisance de renouvellement d'air est due soit :

- à l'étroitesse du lieu par rapport à sa longueur ou sa profondeur. On parle d'espace confiné ouvert avec accès qui peut être relativement libre.
- à la nature fermée du lieu. On parle d'espace confiné fermé avec accès qui peut être difficile (dimensions restreintes...).

Exemples d'espaces confinés qui peuvent être ouverts ou fermés [2] :

- Puits, (**Figure I.1**)
- Fosses,
- Conduites, collecteurs visitables, (**Figure I.3**)
- Chambres de visite ou à vannes,
- Certains regards,
- Ouvrages enterrés : poste de relèvement,
- Galeries étroites et longues,
- Wagon citernes, (**Figure I.4**)
- Réservoirs,
- Cuve,
- Postes de dégrillage,
- Locaux de traitement ou de stockage des boues,
- Postes de chloration, d'ozonation,
- Locaux de stockage de certains produits chimiques.
- Egouts (**Figure I.2**).



Figure I.1 pénétration dans un puits.



Figure I.2 pénétration dans un égout.



Figure I.3 pénétration dans une conduite.

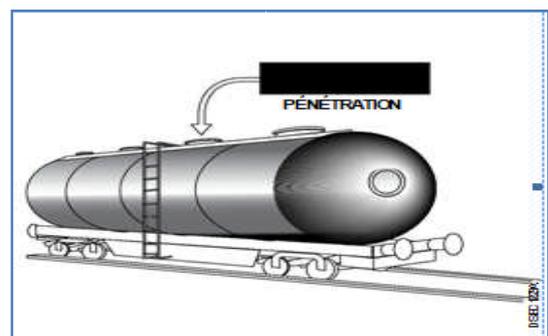


Figure I.4 pénétration dans une citerne.

I.2-Espaces confinés particuliers

- Réacteurs (industrie chimique),
- Silos,
- Vides sanitaires, caves,
- Cheminées.

Ces espaces confinés particuliers doivent faire l'objet de mesures et de procédures complémentaires basées sur une évaluation des risques spécifiques à chaque équipement [2].

I.3 Nature des risques

Les risques rencontrés lors de travaux dans des espaces confinés sont multiples. L'analyse des risques doit tout d'abord porter sur les risques liés à une atmosphère dangereuse qui sont démultipliés dans de telles conditions. Ceux-ci sont traités plus en détail au (point I.3.1) :

- **Risque d'asphyxie**
- **Risque d'intoxication**
- **Risque d'explosion et incendie**

En outre, ils s'ajoutent aux risques classiques que l'on peut rencontrer sur tout chantier et qui doivent également être investigués : chute en hauteur, électrocution, risques biologiques ou contraintes ergonomiques. (détail au point I.3.3).

Dans tous les cas, l'accessibilité réduite à ces espaces sera une difficulté supplémentaire qui pourra aggraver les conséquences de tout accident, aussi léger soit-il. En effet, le travailleur ne pourra évacuer les lieux rapidement s'il ressent des difficultés, étant donné que les moyens d'entrée et de sortie de ces espaces sont très limités ; et l'évacuation d'un blessé au fin fond d'une cuve sera inévitablement plus compliquée qu'à l'air libre... Sans parler du risque d'un second accident que peuvent subir les secours. Du matériel spécifique est nécessaire, de même que des procédures d'accès et de sauvetage clairement définies et appliquées par des personnes correctement formées [3].

I.3.1. Risques particuliers liés à l'atmosphère

Les premiers risques à évaluer lorsque l'on prévoit un travail dans un espace confiné sont les risques liés à une atmosphère sous-oxygénée, à des gaz ou vapeurs toxiques ou encore à un incendie ou une explosion. Ces atmosphères dangereuses peuvent être préexistantes ou bien apparaître en cours d'intervention. L'atmosphère étant très peu renouvelée dans ces espaces, les concentrations en substances dangereuses pourront s'accumuler très rapidement. Le raisonnement est identique en ce qui concerne la concentration en oxygène; celle-ci peut s'appauvrir très rapidement rendant ces risques particulièrement sournois.

En outre, certains gaz emprisonnés dans des 'poches' peuvent être libérés soudainement lors de certains travaux et exposer brusquement les travailleurs à de fortes concentrations de produits dangereux, ne leur laissant que très peu de temps pour réagir.

I.3.1.1. Risque d'asphyxie

L'air contient **21 % d'oxygène (O₂)**, ce qui est parfaitement adapté à notre respiration.

Dans un espace confiné, cette concentration peut être appauvrie et présenter un danger pour les intervenants. Les causes sont multiples et peuvent se conjuguer :

- **Par ventilation insuffisante**

Géométrie de l'espace, l'air vicié n'est pas évacué et les apports en air frais sont réduits

- **Par consommation de l'oxygène**

- **Par les activités** : la combustion (**p.ex. : lors de travaux de soudage, incendie**), par la simple respiration du travailleur, etc.

- **Par l'environnement** : par l'oxydation d'un métal (p.ex. : formation de rouille dans des cuves métalliques), par fermentation, par l'action de bactéries, l'adsorption sur certaines matières, etc.

- **Par substitution de l'oxygène :**

Des gaz peuvent chasser l'oxygène en dehors de l'espace confiné et le remplacer (**p.ex. : suite à un inertage**), c'est le cas des gaz inertes tels que : **l'argon**, l'azote ou le **CO₂**.

Tableau I.1 : Taux d'oxygène dans l'air et conséquences pour l'homme.

O ₂	effet sur le corps humain
> 23%	Aucun effet sur le corps humain. Notons toutefois une augmentation importante du risque d'inflammabilité et d'explosion.
> 21%	Concentration normale sans effet sur le corps humain.
19,5 %	Aucun effet sur le corps humain.
17 %	Difficultés respiratoires, respiration saccadée, fatigue anormale.
12 %	Accélération de la respiration et du rythme cardiaque, perte de conscience après quelques minutes. Sans secours, la mort est certaine.
< 6%	Perte de conscience immédiate, arrêt respiratoire. Suivi d'un arrêt cardiaque

Il est également à noter que certains gaz s'accompagnent d'une toxicité propre. C'est notamment le cas du CO₂.

Sous le seuil des **17 % d'O₂**, la déficience en oxygène se fait ressentir sur l'organisme. Cela peut entraîner la mort en quelques minutes lorsque le taux d'oxygène passe sous les **6 %**.

Il est interdit d'entrer dans un espace confiné lorsque la concentration en O₂ est inférieure à **19 %** sans protection respiratoire appropriée (**fourniture d'oxygène**) [3].

I.3.1.2. Risque d'intoxication

L'intoxication résulte de l'inhalation ou de l'ingestion ex : (par déglutition) d'une ou de plusieurs substances toxiques (**sulfure d'hydrogène, oxydes de carbone, cyanure d'hydrogène...**) ou du contact cutané avec de telles substances. Les troubles associés à l'intoxication dépendent de la toxicité de la substance introduite dans l'organisme et de la dose à laquelle la victime a été exposée : les effets peuvent aller de symptômes passagers et réversibles jusqu' à la mort.

Les espaces confinés sont également propices à l'accumulation de gaz ou de vapeurs toxiques et leurs concentrations peuvent y être très importantes.

Ces substances peuvent être préexistantes au travail et sont directement liées à l'environnement de travail. En effet, ces lieux peuvent contenir ou avoir contenu des substances toxiques (**p.ex. : cuves, réacteurs chimiques**). Des matières en décomposition peuvent libérer du **sulfure d'hydrogène (H_2S)**, risque très important dans les égouts. En outre, des installations peuvent exposer à des produits spécifiques.

Le risque peut aussi survenir en cours d'activité. Des travaux de peinture ou de nettoyage peuvent libérer des émanations toxiques (**p.ex. : solvants**). Le soudage et l'oxycoupage vont générer des vapeurs et fumées toxiques. Il faut également être attentif aux gaz d'échappement qui peuvent parfois venir de l'extérieur de l'espace confiné (p.ex. : moteur à proximité d'une ouverture).

On notera également que la densité des gaz et vapeurs conditionne leur répartition et leur circulation dans l'espace confiné. Cette remarque est d'ailleurs également d'application pour les gaz et vapeurs inflammables. S'il n'y a pas de mouvement d'air dans l'espace confiné, les gaz plus légers que l'air auront tendance à s'accumuler dans les parties hautes (**p.ex. : ammoniac NH_3 , méthane CH_4**) tandis que les gaz plus lourds stagneront dans les poches et zones basses (**p.ex. : dioxyde de carbone CO_2 , dioxyde de soufre SO_2 , sulfure d'hydrogène H_2S**). Les gaz peuvent ainsi former des strates ou stagner dans certains compartiments. Il sera alors essentiel de prendre des mesurages de gaz à plusieurs niveaux avant d'entrer et de vérifier les concentrations en agents dangereux au fur et à mesure de la progression dans l'espace confiné [3].

I.3.1.3. Risque d'explosion et incendie

Il importe tout d'abord de souligner que tout incendie, d'une ampleur aussi faible soit-elle, peut avoir des conséquences bien plus dramatiques dans un espace confiné qu'à l'air libre. D'une part à cause des fumées générées (**risque d'intoxication**) mais aussi et surtout par le feu même qui peut rapidement piéger les travailleurs, les empêchant d'atteindre l'accès par lequel ils étaient entrés sous une autre sortie.

En cas de présence de gaz, poussières ou vapeurs inflammables dans un espace confiné, les conditions peuvent être réunies pour provoquer un incendie, voire une explosion. Mais, avant d'aller plus loin, penchons-nous tout d'abord sur les mécanismes physico-chimiques à l'origine d'un incendie et d'une explosion.

Pour provoquer un incendie, trois éléments doivent être réunis :

- **L'énergie d'activation** : il s'agit de la source d'inflammation. C'est l'énergie suffisante pour démarrer la réaction de combustion. Cette énergie peut avoir plusieurs origines :
 - Une flamme nue (**briquet, allumette, chalumeaux...**).
 - Une température élevée, une surface chaude (attention à la conduction lors d'un travail par point chaud, principalement lors d'un travail sur ou à l'intérieur d'un réservoir).
 - Une étincelle (**choc métal/métal, étincelles mécaniques lors de l'emploi d'une disqueuse / meuleuse, électricité statique, arc électrique, soudage à l'arc...**).
- **Un combustible** : c'est la matière qui est inflammable. Dans un espace confiné, les dangers proviendront principalement des gaz, vapeurs ou poussières inflammables. Dans une plage de concentration déterminée, une source d'inflammation pourra déclencher un incendie.
- **Un comburant** : il s'agit de la substance qui va réagir avec le combustible pour provoquer et entretenir la combustion sous l'impulsion d'une source d'inflammation. C'est l'oxygène qui va jouer ce rôle.
- **De l'incendie à l'explosion** :

Compte tenu du caractère de confinement, de la mauvaise ventilation des lieux et comme les combustibles auxquels il faut prêter attention est sous forme de gaz, d'aérosols ou de poussières en suspension, ces derniers pourraient atteindre leur domaine d'explosivité et provoquer une explosion. La condition pour qu'elle se produise est que le combustible explosif soit présent dans l'atmosphère dans des concentrations comprises entre sa limite inférieure d'explosivité (**LIE**) et sa limite supérieure d'explosivité (**LSE**).

Les valeurs des **LIE** et **LSE** de quelques gaz inflammables sont renseignées aux **points I.3.1.4** dans des conditions standard de température et de pression.



Figure I.5 Les limites d'explosion

Lorsque la concentration en gaz, aérosols ou poussière est supérieure à **10 %** de sa **LIE**, l'atmosphère est considérée comme explosive.

Rq : Bien que l'on soit théoriquement en dehors du domaine d'explosivité à **10 %** de la **LIE**, la composition de l'atmosphère peut évoluer très rapidement dans un espace confiné pour atteindre le domaine d'explosivité. Les détecteurs de gaz doivent par conséquent avoir leur alarme réglée sur ce seuil.

Cette atmosphère explosive peut être préexistante, notamment dans les espaces où des gaz de fermentation s'accumulent (**p.ex. : dans les égouts**), dans une citerne mal dégazée et où des vapeurs d'hydrocarbures persistent. Cela peut notamment se produire suite à des opérations de nettoyage (**p.ex. : libération de méthane emprisonné dans les boues**) ou encore suite à une activité antérieure (**p.ex. : utilisation de solvants, déversement accidentel de produits chimiques...**) [3].

I.3.2 Gaz dangereux

I.3.2.1 Rappel :

L'air respirable contient environ **78 % d'azote**, **1 %** de gaz divers et **21 % d'oxygène** (**seuil minimal acceptable d'oxygène : 17 %**, voir **Tableau 1**).

En espace confiné la baisse de la teneur en **oxygène** peut avoir les origines suivantes :

- Remplacement de l'**oxygène** par un gaz inerte (**azote**) avec des conséquences mortelles en quelques minutes si la teneur en **oxygène** est inférieure à **6 %** .
- Remplacement de l'**oxygène** par un gaz toxique (**monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, sulfure d'hydrogène, chlore...**) avec des conséquences mortelles selon la nature du gaz toxique, sa teneur et la durée d'exposition du salarié.

Le port d'appareil de protection respiratoire autonome est indispensable dans une telle situation car la mesure de la teneur en gaz toxique n'est pas toujours possible. De plus, l'indication de la teneur en oxygène sera un renseignement erroné sur la respirabilité de l'air.

Selon leur densité, ces gaz dangereux, en absence de ventilation ou de mouvement de convection, peuvent se trouver à des niveaux différents [2].

I.3.2.2 Définitions

VLE (valeur limite d'exposition) exprimée en ppm (partie par million) : valeur limite d'exposition sur une durée maximum de **15 minutes** de la concentration d'une substance dans l'air qui ne doit pas être dépassée sans risque pour la santé.

VME (valeur moyenne d'exposition) exprimée en ppm : moyenne dans le temps des concentrations au-delà de laquelle un travailleur ne peut être exposé au cours d'un poste de travail de **8 heures** sans risque pour la santé.

LIE (limite inférieure d'explosivité) exprimée en % (1 % = 10 000 ppm) d'une substance inflammable concentration minimale dans le mélange au-dessus de laquelle il peut être enflammé.

LSE (limite supérieure d'explosivité) exprimée en % d'un gaz ou d'une vapeur dans l'air : concentration maximale dans le mélange au-dessous de laquelle il peut être enflammé.

Pour être dans son domaine d'explosivité, le mélange avec l'air doit remplir les conditions suivantes :

LIE < concentration de la substance inflammable dans le mélange < LES [2].

I.3.2.3 Caractéristiques de quelque gaz dangereux

Caractéristiques de quelque gaz dangereux sont résumés dans le tableau suivant (**tableau I.2**)

Tableau I.2 : Caractéristiques de quelque gaz dangereux. [4]

Gaz	Nom de gaz	Caractéristique d'aspect	Densité	Odeur / Seuil Olfactif	VME	VLE	LIE / LES	Remarques
CO	-oxyde de carbone, -Monoxyde de carbone	Incolore	0,968	Inodore	50 ppm = 55 mg/m ³ (valeur indicative)	Pas de VLE	12,5 / 74 %	F+, T
CO ₂ ⁴	- Dioxyde de carbone, - Anhydride carbonique	Incolore	1,53	Inodore	5 000 ppm = 9 g/m ³)	30 000 ppm = 54 g/m ³	Sans objet	Asphyxiant , présente une toxicité propre
H ₂ S	- Sulfure d'hydrogène, - Hydrogène sulfuré	Incolore	1,19	Odeur fétide d'œuf pourri Seuil olfactif : 0,02 - 0,1 ppm Anesthésie de l'odorat > 100 ppm	5 ppm = 7 mg/m ³ (valeur réglementaire)	10 ppm = 14 mg/m ³ (valeur réglementaire)	4 / 46 %	T+, F+, N
CH ₄	Méthane	Incolore	0,6	Inodore	Pas de VME	Pas de VLE	5 / 15 %	F+
NH ₃	- Ammoniac	Incolore	0,594	Odeur piquante	10 ppm = 7 mg/m ³ (valeur réglementaire)	20 ppm = 14 mg/m ³ (valeur réglementaire)	16 / 25 %	C,N
Cl ₂	-Chlore	Jaune verdâtre	2,49	Odeur piquante et suffocante Seuil olfactif < 1ppm	0,5 ppm	1 ppm = 3mg/m ³ (valeur indicative)		T, N
O ₃	-Ozone	Incolore à Bleuté	1,66	Odeur piquante caractéristique à 0,01 ppm	0,1 ppm = 0,2 mg/m ³ (valeur Indicative)	0,2 ppm = 0,4 mg/m ³ (valeur indicative)		
N	-Azote	Incolore	0,97	Inodore			Sans objet	Gaz inerte asphyxiant

I.3.3 Autres risques

Au-delà des risques liés à une atmosphère dangereuse, les travaux en espace confiné présentent leur lot de dangers supplémentaires et une analyse des risques détaillée est toujours nécessaire avant d'y pénétrer.

En outre, la méconnaissance des lieux, les difficultés à s'y déplacer, les conditions d'éclairage défavorables ou encore l'absence de dispositif de protection que l'on peut retrouver dans les lieux de travail classiques fait que la probabilité d'accident y est également plus élevée qu'à l'air libre.

À titre non exhaustif, les risques mentionnés ci-dessous doivent être investigués :

- **Les risques de chutes de hauteur ou de plain-pied** : elles peuvent être occasionnées par la forme et le contenu des espaces (**p.ex. : mauvais éclairage, différences de niveaux, sol glissant, désordre, accessibilité difficile...**). Une attention particulière doit être portée aux conditions d'accès
- **Les risques de coupures, heurts ou coincements** : ces risques proviennent principalement des équipements utilisés pour le travail. Soyez également attentif à la géométrie des lieux et aux installations présentes qui pourraient occasionner des blessures.
- **Les risques liés aux machines et installations en mouvement** : l'espace confiné peut contenir des équipements ou installations dangereux. En outre, il est parfois nécessaire d'intervenir à l'intérieur même de certains équipements dangereux (**p.ex. : toupie d'un camion malaxeur**). L'application d'une procédure de consignation sera indispensable pour garantir la sécurité des intervenants
- **Les risques liés aux énergies** : les dangers proviennent principalement des conduites de gaz ou d'eau, des canalisations sous pression ou du réseau électrique. Ici également, la consignation des énergies devra être appliquée avant toute intervention
- **Les risques d'électrisation ou d'électrocution** : lorsque l'on travaille dans un espace confiné avec des appareils électriques tels que de l'outillage à main, le risque d'électrocution dû à une mauvaise isolation de ce matériel ou une défectuosité est beaucoup plus grand. Une attention particulière est requise lors d'un travail sur ou dans une enceinte métallique conductrice, étant donné que les travailleurs seront en contact permanent avec un conducteur et ne pourront trouver aucun refuge en cas d'incident

électrique. En outre, un espace confiné est un local généralement humide saturé en vapeur d'eau ou contenant de l'eau, favorisant ainsi les risques d'électrisation ou d'électrocution.

- **Les risques de brûlure** : principalement lors du contact avec des surfaces chaudes ou très froides (**p.ex. : équipements utilisés, réseau de chaleur, etc.**).
- **Les risques liés aux conditions thermiques** : les espaces confinés sont des lieux où la température peut être très élevée ou très froide. En outre, ces lieux peuvent également être humides, voire en partie immergés, accentuant la sensation de froid.
- **Le risque de noyade** : il est présent dans tous les ouvrages hydrauliques. Les interventions dans des réseaux d'égouttage sont également dangereuses, particulièrement en cas de fortes pluies ou d'orage où les écoulements d'eau peuvent être soudains et très rapides.
- **Les risques biologiques** : les travailleurs peuvent être exposés à des micro-organismes dangereux (**germes, virus, bactéries...**) lors d'interventions dans certains espaces confinés, principalement lorsqu'ils peuvent être en contact avec des eaux usées ou de la terre (**p.ex. : matière organique en décomposition, animaux morts, moisissures...**). Complémentairement au port des **EPI** requis, certaines interventions requièrent que les intervenants soient vaccinés (**tétanos, ...**).
- **Les risques liés au bruit** : les espaces confinés sont propices à une réverbération importante qui peut fortement augmenter le niveau de bruit. (**p.ex. : nettoyage sous pression de l'intérieur d'une cuve, présence d'autres machines...**). Au-delà des risques auditifs, une attention est requise pour garantir une bonne communication du travailleur avec l'extérieur.
- **Les risques liés aux contraintes ergonomiques** : les conditions d'accessibilité et de progression dans un espace confiné sont généralement mauvaises (**p.ex. : le travailleur doit se déplacer le dos courbé, les lieux sont exigus...**). Le même problème se pose pour y introduire le matériel et l'outillage nécessaire aux travaux, sans parler des difficultés d'évacuation. S'ajoutent à cela une mauvaise visibilité et une certaine pénibilité du travail à réaliser, les manutentions étant moins aisées qu'à l'extérieur. En outre, ces conditions de travail entraînent un risque accru de contusions et de blessures en tout genre.
- **Les risques à l'extérieur de l'espace confiné** : les ouvertures d'accès à l'espace confiné peuvent présenter un risque de chute pour les personnes à l'extérieur de l'ouvrage si les ouvertures sont mal protégées. À la sortie de l'espace confiné, le travailleur peut être

exposé au trafic ou à d'autres dangers d'origine environnementale. Les interventions devront donc impérativement être signalées correctement.

- **Les risques psychologiques :** travailler dans un environnement sombre et/ou confiné peut être très stressant et déstabilisant. Certaines personnes peuvent être sujettes à de la claustrophobie et à des angoisses. En outre, un malaise peut vite conduire à un sentiment de panique quand le retour à l'air libre ne peut être immédiat.

Le comportement n'est pas toujours des plus rationnels suite à un incident ou accident et un sentiment de panique peut vite prendre le dessus avec pour conséquence un accident, voire un sur-accident.

- **Les autres risques spécifiques liés aux procédés de travail et équipements utilisés :** doivent être analysés au cas par cas en fonction des activités à réaliser [3].

I.3.4. Difficultés d'évacuation

Comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises, l'environnement confiné en tant que tel est source de nombreux risques. Mais au-delà des dangers inhérents à cet environnement de travail particulier, l'accessibilité restreinte à ces espaces est un facteur de risque à part entière. En cas d'accident, la progression des secours sera plus difficile qu'à l'extérieur et l'évacuation d'une victime beaucoup plus compliquée qu'à l'air libre si les mesures d'urgence et équipements spécifiques n'ont pas été prévus.

Chaque minute est pourtant cruciale dès que l'on parle d'asphyxie ou d'intoxication.

En outre, les personnes venant au secours d'un accidenté peuvent à leur tour être victimes d'un sur accident, le plus souvent par manque de formation ou en l'absence des équipements de protection adéquats [3].

I.4-Opérations préalables à l'accès

L'accès dans un espace confiné ne peut s'effectuer que si celui-ci a été consigné, c'est-à-dire que les différentes phases de la consignation ont été réalisées

I.4.1 Consignation des installations dangereuses et des énergies

Lors d'interventions sur ou dans des machines ou encore lorsque l'espace confiné contient des installations dangereuses, celles-ci doivent être mises à l'arrêt et consignées avant d'y pénétrer et/ou travailler.

En pratique, cela concerne principalement toutes les sources d'énergie et les pièces qui pourraient être en mouvement. À titre d'exemple, cela peut concerner :

- les pièces nues sous tension électrique (**p.ex. : câbles non protégés**).
- les conduites de fluides (**p.ex. : conduites de gaz, évacuation d'eaux contaminées, conduites de produits chimiques dangereux, d'huile sous pression, vapeur...**).
- les installations mécaniques, hydrauliques ou pneumatiques (**p.ex. : intervention à l'intérieur d'une machine, d'une turbine, d'un camion malaxeur, libération d'un ressort...**)

La procédure de consignation est définie comme un ensemble de mesures formalisées permettant de s'assurer de la sécurité d'un équipement ou d'une installation de sorte qu'un changement d'état (p.ex. : ouverture d'une vanne, remise en marche, mise sous tension, mouvement d'une partie mécanique...) soit impossible sans l'action volontaire d'intervenants désignés. L'objectif premier étant d'éviter qu'une personne non informée de la présence d'un intervenant remette en marche un dispositif à l'arrêt qui lui serait fatale.

Cette procédure comprend plusieurs phases successives dont l'ordre pourra être adapté selon la spécificité des installations en fonction de l'analyse des risques. Les personnes familières avec cette procédure parlent des **7** règles d'or de la consignation :

- Coordination
- Séparation
- Condamnation
- Vérification
- Notification
- Immobilisation
- Délimitation

Dans le contexte du travail en espace confiné et partant de ces **7** principes, il faut également tenir compte de la mise en place d'une ventilation efficace ainsi que des opérations de vidange et de nettoyage, de la purge ainsi que de l'inertage éventuel. La mise en sécurité peut alors se décomposer en **10** étapes concrètes :

- **La coordination** : cette première étape implique la concertation de tous les acteurs concernés dans le processus de 'mise en sécurité', leur coopération et la bonne

communication des informations essentielles entre tous les acteurs (**p.ex. : lieux, nature des travaux, personnes concernées, durée de l'intervention, équipements à consigner...**)

- **La séparation des sources d'énergie et des fluides** : cette étape consiste à couper et à neutraliser des sources de puissance pouvant provoquer le mouvement d'organes de machines, des électrocutions, intoxications, projections, incendies... Elle doit toujours être réalisée par une action directe sur le circuit de puissance ; une action sur le circuit de commande ou le dispositif d'arrêt d'urgence ne suffit pas. En pratique, cela peut consister par exemple à couper l'alimentation électrique ou fermer une vanne.
- **La libération/dissipation des énergies résiduelles** : cette étape consiste à libérer les énergies accumulées telles que la décharge de condensateurs, la libération de la pression résiduelle d'un réservoir, la détente d'un ressort sous tension, la chute de matières instables des parois d'un silo...etc.
- **La condamnation** : cette opération consiste à isoler les sources d'énergie et à les immobiliser en position de sécurité, par exemple en plaçant des obturateurs sur ou dans des conduites (**jointts pleins**), en verrouillant mécaniquement les interrupteurs ou vannes avec des cadenas.
- **La vidange et le nettoyage** : cette opération vise à nettoyer et vider des équipements ayant contenu des substances dangereuses afin d'éliminer les résidus. Cela concerne notamment les cuves, réservoirs ou conduites.
- **La ventilation** : Avant et pendant l'intervention, il sera toujours nécessaire (**et obligatoire**) de garantir une ventilation adéquate de l'espace confiné. Celle-ci a pour but de :
 - Contrôler les conditions présentes dans l'espace confiné en diluant et évacuant les contaminants présents, y compris ceux générés en cours de travaux ou ceux qui n'auraient pas été détectés
 - Assurer la présence d'oxygène.
- **La vérification** : cette étape consiste du contrôle effectif de la séparation. En pratique, la remise en marche des équipements sera testée pour s'assurer de l'absence d'énergie (**tension électrique, pression, etc.**) et autres dangers.
- **La notification de l'intervention** : il s'agit ici d'apposer une signalisation (**en pratique, des étiquettes bien visibles**) sur les sources de puissance coupées, les circuits de commande verrouillés et les accessoires de condamnation (**cadenas, obturateurs, etc.**)

informant que des interventions sont en cours et qu'il est interdit de déconsigner cet organe.

- **L'immobilisation** mécanique des parties potentiellement mobiles par verrouillage, blocage ou brochage destinée à constituer une entrave physique à une remise en route accidentelle. En pratique, cela consiste par exemple à bloquer des organes au moyen de broches, étançons... En outre, on veillera également à maintenir les ouvertures d'entrée/de sortie de l'espace confiné en position ouverte pour éviter leur fermeture accidentelle.
- **La délimitation** de la zone de travail interdisant l'accès aux personnes non autorisées et leur signalant les dangers éventuels (**p.ex. : ouverture dans le sol...**). Cette délimitation doit être matérialisée au moyen de la signalisation et du balisage approprié. En outre, des protections collectives antichute seront installées autour des ouvertures dangereuses.

Une fois le travail terminé et qu'il est formellement établi que tous les travailleurs sont sortis de l'espace confiné, la déconsignation s'effectue dans le sens inverse des étapes [3].

I.5 Cadre réglementaire

« Décret exécutif 91-05 du 19 janvier 1991 relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail ».

Art. 12 : les travaux effectués, en espaces fermés tels que galeries, citernes, réservoirs, conduite de gaz, cuves ou tout autre lieu analogue, ne peuvent être entrepris qu'après assainissement de l'atmosphère par un système de ventilation appropriée.

Le renouvellement de l'air et l'extraction de l'air vicié, doivent être assurés pendant toutes, la durée des travaux.

Les travailleurs appelés à intervenir dans les espaces fermés visés à l'alinéa premier doivent être protégés par des dispositifs de sécurité adéquats en liaison avec le type de risque auquel ils sont exposés.

En aucun cas, un travailleur exerçant dans ces conditions ne doit être laissé sans surveillance. Celle-ci doit être assurée par au moins un travailleur séjournant à l'extérieur de l'espace fermé.

« Arrêté du 29 Rabie El Aouel 1425 correspondant au 19 mai 2004 fixant les règles de sécurité relatives aux terrils, dépôts de stériles, espaces clos, silos et trémies » :

Art. 5 : Il est interdit d'entrer dans un réservoir, une fosse, un puisard ou un autre espace clos tant que: l'atmosphère à l'intérieur de l'espace clos n'a pas été analysée et évaluée par un agent qualifié désigné par l'exploitant ou un surveillant.

Les résultats des analyses sont consignés dans un registre ainsi que les mesures d'urgence et de sauvetage à prendre en cas d'incident dans l'espace clos.

Art. 6 : Il est interdit d'entrer dans un espace clos si les conditions suivantes n'ont pas été respectées :

- Il y a une sortie rapidement praticable à partir de toutes les parties accessibles de l'espace clos.
- L'espace est épuré et ventilé de manière à fournir et à maintenir une atmosphère saine
- Une autre personne située à l'extérieur de l'espace clos est constamment en contact avec la personne qui se trouve à l'intérieur.
- Des dispositions ont été prises pour retirer la personne de l'espace clos si elle a besoin d'aide.
- une personne apte à donner la respiration artificielle peut se rendre sur place rapidement [5].

Chapitre **II**

Conditions d'accès aux espaces confinés

Introduction

Il est indispensable en premier lieu de bien comprendre la “demande” avant d'envisager d'intervenir sur un ouvrage.

L'accès dans un espace confiné ne peut s'effectuer que si celui-ci a été consigné, c'est-à-dire que les différentes phases de la consignation et les mesures de contrôle ont été réalisées.

II. 1 ventilation

La ventilation est l'un des moyens les plus efficaces de contrôler les atmosphères dangereuses dans des espaces confinés. Dans cette procédure, l'air pur remplace l'air contaminé par ventilation naturelle ou forcée.

Lorsque la ventilation d'un espace confiné, les facteurs suivants doivent être pris en considération [6]:

- **Volume d'air:** Ceci détermine la capacité de la soufflerie ou éjecteur.
- **Type d'atmosphère:** Cela permettra de déterminer le type de ventilateur ou éjection utilisé et la longueur du temps nécessaire pour ventiler jusqu'à ce qu'il soit sûr pour les gens d'entrer dans l'espace.
- **Accès à l'espace:** Ceci détermine comment obtenir l'air de ventilation dans et hors de l'espace.
- **Exigences d'alimentation et la disponibilité:** Cela va influencer la source de puissance et la taille du moteur du ventilateur. Générateur portatif peut être nécessaire en tant que source de puissance.
- **Coût, l'efficacité et de la maintenance:** Cela peut avoir un effet sur le type d'appareil qui est sélectionné et ce qui est nécessaire pour qu'elle continue à fonctionner correctement.
- **Forme de l'espace:** Cela va affecter la directionnalité du dispositif directionnel nécessaire et la quantité de pression d'air requise pour assurer une ventilation suffisante.
- **Source de l'air pur:** Cela est nécessaire pour assurer une ventilation adéquate.
- **Longueur de la ventilation de temps est nécessaire:** Cela est déterminé par le type de contaminant et le travail qui doit être fait dans l'espace
- **Type de travail à faire:** Cela détermine si une ventilation locale ou une ventilation générale est nécessaire.

II. 1.1 Consignes Générales

- Sélectionnez ventilateur avec une capacité de remplacer rapidement l'air dans l'espace. Limitations sont collées sur le boîtier du ventilateur.
- Utilisez une alimentation électrique fiable, mise à la terre.
- Éliminer toute atmosphère dangereuse.
- Échappement d'air toxique et inflammable.
- fournir de l'air frais quand déficient en oxygène.
- Fournir une circulation constante d'air frais tandis que l'espace est occupé.
- La ventilation naturelle est permise uniquement sur les "**non-permis**" d'entrée.
- Ventilation d'alimentation à grande vitesse directe pour mélanger l'air dans l'espace.
- Ne jamais utiliser de l'oxygène en bouteille pour la ventilation. L'oxygène pur n'est pas «**l'air frais**».
- Situer l'apport de ventilateur d'alimentation abri de l'air inflammable ou toxique.
- Échappement sortie du ventilateur de position pour éviter la recirculation de l'air mauvaise ou en danger d'autrui en dehors de l'espace.
- Gardez conduits court et droit.
- Assurez-vous que l'air circule à travers l'espace entier et ne pas court-circuiter.
- Surveiller l'air pour assurer une ventilation est de garder l'air respirable.

II. 1.2 Les modes de ventilation

La façon de ventiler dépend essentiellement de la nature du contaminant, de la conception de l'espace (**divisions, dimensions, nombre d'ouvertures, etc.**) et du travail effectué.

II .1.2.1 La ventilation naturelle

La ventilation naturelle, c'est l'aération d'un local de façon naturelle (**effet de cheminée, effet du vent**). L'efficacité de la ventilation naturelle, comme technique de contrôle des contaminants, est variable et dépendante de plusieurs facteurs.

L'ouverture des accès peut éventuellement sans moyen particulier permettre la création d'un courant d'air et donc l'aération naturelle et le refroidissement de la capacité.

L'aération naturelle est efficace :

- Si la capacité comporte une ouverture en partie basse et une autre en partie haute
- S'il existe une différence de température entre l'atmosphère interne et l'atmosphère externe (**effet cheminée**).
- En l'absence de tout moyen de chauffage à l'intérieur de la capacité, cette différence de la température diminue et finit même par s'annuler à mesure que l'aération se poursuit.
- S'il existe un vent violent,

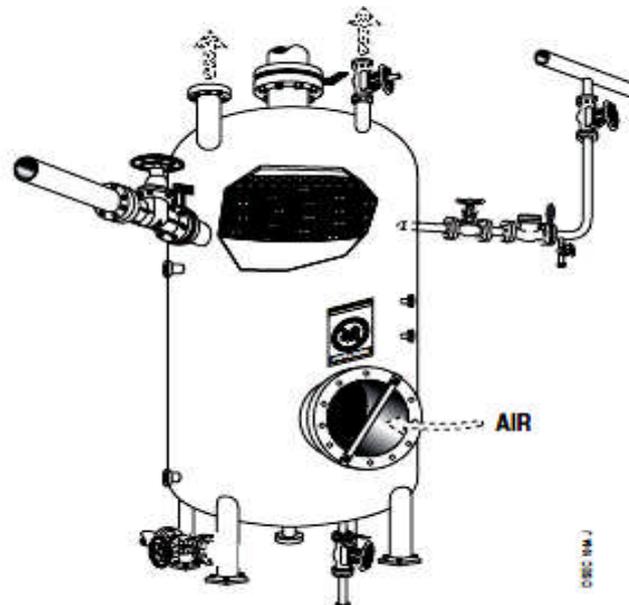


Figure II.1 Aération naturelle (**ballon séparateur**).

Bien que l'aération naturelle soit loin d'être négligeable, dans certains cas il est impossible de compter uniquement sur cette méthode.

En particulier :

- Lorsque la surface des orifices est faible par rapport au volume de la capacité
- Lorsqu'il n'existe qu'une seule ouverture
- Lorsque le travail ultérieur à exécuter entraîne des pollutions d'air même légères.

Il sera donc préférable de faire appel à la ventilation forcée [7].

II. 1.2.2 La ventilation forcée

La ventilation forcée peut se faire par extraction (**aspiration**), ou soufflage (**insufflation**) ou la combinaison des deux.

a- La ventilation par aspiration locale

Il s'agit de placer un capteur le plus près possible du point d'émission des contaminants de façon à limiter leur dispersion dans l'espace clos et de les évacuer à l'extérieur.

Cette technique est à prioriser lorsqu'une source ponctuelle de contaminants est connue. Il faut s'assurer d'une entrée d'air neuf équivalente et plus. Il est obligatoire de procéder ainsi pour les travaux de soudage et d'oxycoupage. (**Figure II.2**)

b- La ventilation générale par dilution

« Il s'agit d'introduire et d'évacuer mécaniquement de l'air afin de diluer les polluants. Cette technique réussit généralement et de manière satisfaisante à contrôler les contaminants de faible toxicité et à éviter la contrainte thermique. » **Figure II. 3)**

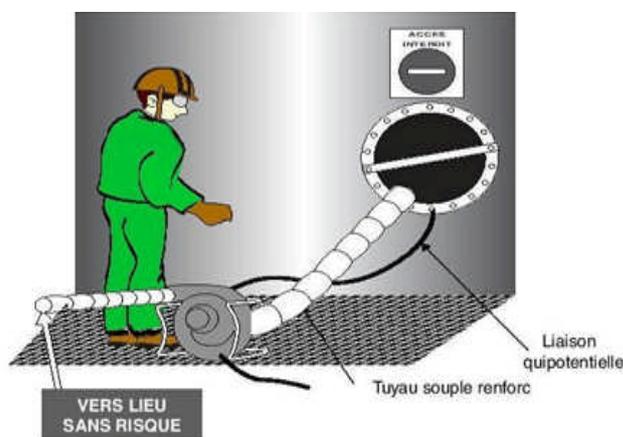


Figure II.2 Ventilation par extraction.

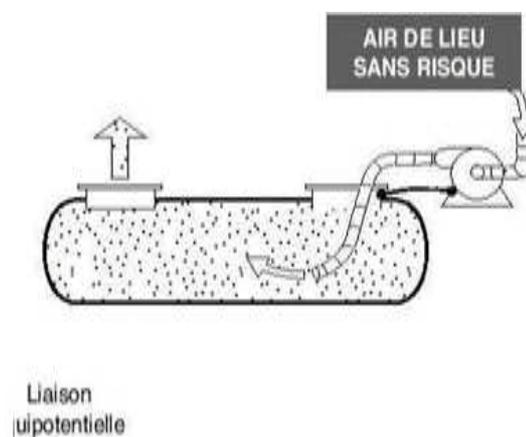


Figure II.3 Ventilation par soufflage.

Les trajets de l'air et des contaminants sont représentés sur les schémas ci-dessus, en fonction de la technique de ventilation utilisée, dans le cas particuliers de deux cuves ne comportant qu'une seule ouverture.

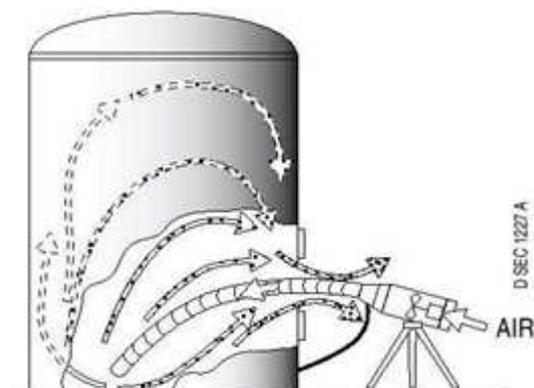
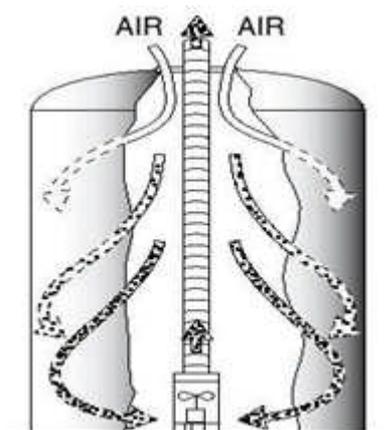


Figure II. 4 Extraction par le haut d'une cuve. **Figure II. 5** Soufflage par le bas d'une cuve.

.Il est formellement interdit d'insuffler de l'oxygène pur (risque très grave d'explosion en présence de matières combustibles même à l'état de traces) ou de l'air comprimé.

Les deux techniques, extraction ou soufflage, peuvent donner satisfaction et le choix du circuit de ventilation dépend de nombreux facteurs :

- Forme de l'espace confiné.
- Concentration et natures des polluants.
- Facilité d'installation du système de ventilation.
- Prise d'air frais située dans une zone hors contamination en particulier à contre sens du vent.
- Absence de création de nuages de poussières, de rouille ...
- Suppression de court-circuit entre les différentes ouvertures.
- Evacuation de l'air vicié sans possibilité de création d'un nuage de gaz toxique ou inflammable et sans risque d'aspiration (recyclage) dans la même ou une autre capacité.

D'une manière générale, on préfère la ventilation par extraction en partie haute ou basse en fonction de la densité par rapport à l'air des vapeurs à évacuer, en laissant ouvertes de larges entrées d'air aux autres extrémités [7].

II.1. 3 Matériel utilisé

Les appareils de ventilations les plus couramment utilisés sont :

- Les ventilateurs entraînés par moteur électrique ou par turbine de détente (**à air ou à eau**).

- Les éjecteurs dont le fluide moteur est l'air service.

Tous peuvent travailler par aspiration ou par soufflage.

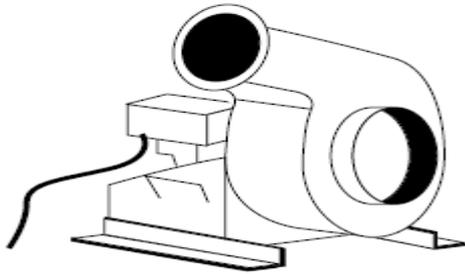


Figure II. 6 Ventilateur indépendant.
(Entraînement par moteur électrique)

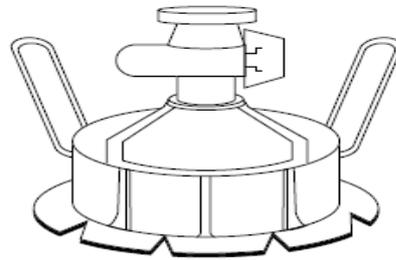


Figure II. 7 Ventilateur indépendant.
(Entraînement par air/vapeur/eau)

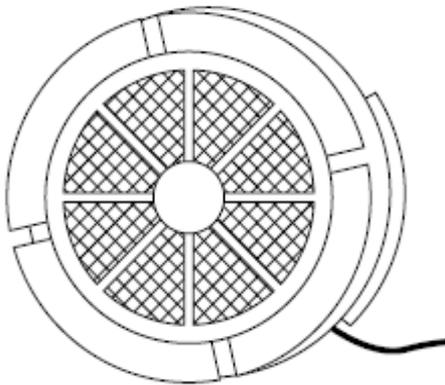


Figure II. 8 Ventilateur à poser sur trou d'homme
(Entraînement par moteur électrique)

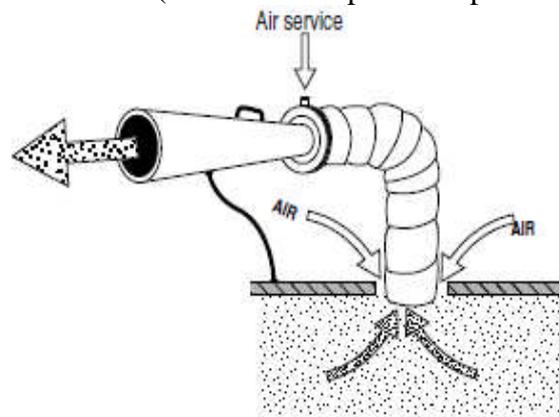


Figure II. 9 Éjecteur.
(Entraînement par air service)

Les principales vérifications à effectuer, lors de l'utilisation des ces appareils, concernant [7] :

- Les liaisons équipotentielle entre l'équipement et le système de ventilation.
- Les moteurs électriques qui doivent (sauf cas particulier) être agréés pour atmosphère explosive.
- Les pressions maximales admissibles des fluides moteurs.
- Les gaines souples qui ne doivent être ni percées, ni pliées ou écrasées.

II. 1.4 Le choix du ventilateur

a- Les critères de sélection :

- Type de ventilation : générale par dilution ou par aspiration locale ou les deux;
- capacité du ventilateur;

- longueur et diamètre des conduites nécessaires;
- alimentation : électrique, pneumatique ou à essence;
- protection antidéflagrante.

b-La capacité des ventilateurs

Vous devez d'abord estimer le volume de l'espace confiné et ensuite déterminer la capacité du ventilateur à effectuer une ventilation générale de dilution en tenant compte des pertes de charge (coude, conduite, etc.). Il est important de savoir que la poussée de l'air se fait généralement sur une distance beaucoup plus grande que pour l'aspiration [8].

II. 2 La purge

Dans certaines conditions, il est important de vider l'espace confiné de son contenu (purger) afin d'y faire pénétrer de l'air sain et ce, avant d'y pénétrer. On doit le faire lorsque on détecte soit :

- Un manque ou un surplus d'oxygène.
- Des concentrations d'un contaminant élevé.

On soupçonne la présence de contaminants (ex. : égouts, réaction chimique, etc.).

On désire évacuer un gaz inerte (azote, argon) ayant servi à l'inertage de l'atmosphère.

Lorsque l'atmosphère est contaminée par la présence d'un liquide volatil, il est parfois plus efficace d'effectuer d'abord un remplissage partiel (avec de l'eau ou une autre substance neutralisante) suivi d'une vidange complète. Ensuite, on peut purger l'air de l'espace confiné plus rapidement (ex. : dosage d'eau fortement chlorée dans une station de production d'eau potable) [8].

II. 3 Inertage de l'espace confiné

Lorsque l'atmosphère peut être explosive (p.ex. : espace contenant ou ayant contenu des produits inflammables, travaux générant des émanations inflammables...), il est parfois nécessaire de maintenir une atmosphère appauvrie en oxygène afin de prévenir le risque d'incendie (par suppression du comburant). Après nettoyage et purge, l'espace clos devra

alors être ventilé au moyen d'un gaz inerte (**p.ex. : azote, CO₂, argon**). Cette technique est connue sous le nom d'inertage.

L'atmosphère résultante présentant ainsi un risque d'asphyxie, les travailleurs qui s'introduiront dans l'espace confiné devront porter les **EPI** respiratoires appropriés pour leur garantir un approvisionnement en oxygène [3].

II. 4 Contrôles d'atmosphère

II. 4.1 Règles générales - précaution

Après ventilation et refroidissement éventuel une série de contrôles de l'atmosphère interne de l'espace confiné est indispensable avant de délivrer l'autorisation de pénétrer.

Il s'agit des contrôles :

- d'oxygène.
- d'explosivité.
- de toxicité.
- de **pH**.

L'atmosphère doit être contrôlée par le Contrôleur d'Entrée ou l'Administrateur du Programme de l'extérieur de l'espace à permis afin de déterminer si celui-ci a été assez ventilé. Lorsqu'il est possible, le contrôle atmosphérique doit être effectué à trois niveaux différents, haut, milieu et bas de l'espace confiné. Des précautions spéciales doivent être prises en cas d'inaccessibilité des trois niveaux pour obtenir les mesures (telles que ventilation complémentaire/continue ou protection respiratoire).

Le contrôle doit être effectué dans l'ordre suivant et répondre aux Conditions Acceptable d'Entrée ci-après:

- Concentration d'oxygène **19,5% - 23,5%** par volume.
- Limite Inférieure d'Explosibilité (**LIE**) de **0% (ou 10% lorsque autorisé)**
- Contaminants dangereux inférieurs aux limites d'exposition autorisées

De plus, les températures à l'intérieur de l'espace doivent être inférieures à **38°C**.

Si l'un des critères n'est pas satisfait, des précautions spéciales doivent être prises telles que ventilation supplémentaire, ventilation d'extraction, fourniture d'air ou d'autres protections respiratoires, etc.... Si, dans l'usine, il n'y a pas les ressources nécessaires pour effectuer de telles précautions alors l'entrée doit être effectuée par des entrepreneurs qualifiés.

Avant toute mesure, il y a lieu :

- d'arrêter la ventilation forcée (**minimum 15 min avant**).
- de connaître la constitution interne et le "**passé**" de la capacité ou de l'enceinte. Aussi appartient-il à l'exploitant de préciser la nature des produits qui ont circulé (et qui peuvent demeurer) et les risques de réactions chimiques inattendues.

Ces mesures sont effectuées par du personnel agréé (**habilité**) : agent de sécurité, "chargé de consignation", opérateur d'exploitation, conducteur d'atelier, ...

Les contrôles d'atmosphère s'effectuent dans un premier temps de l'extérieur, dans toute la zone accessible à l'appareil de mesure.

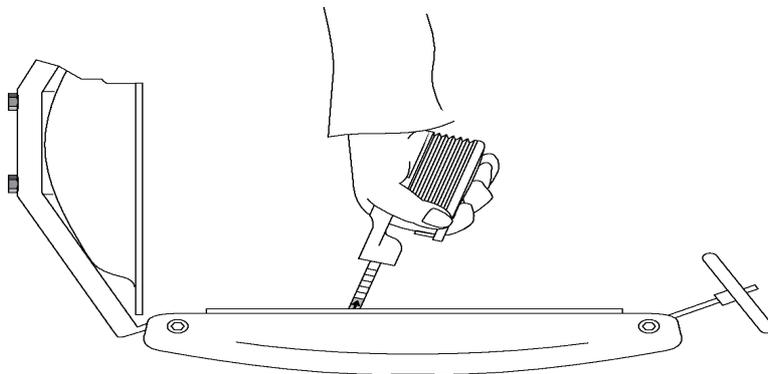


Figure II. 10 Contrôle d'une capacité depuis l'extérieur (**Pompe à soufflet - Tube réactif**)

Dans le cas d'équipements complexes les contrôles doivent être effectués en plusieurs points, car il peut y avoir des poches de gaz piégés ou se déplaçant suivant les courants d'air.

Le schéma ci-dessous d'une colonne à distiller illustre les contrôles à effectuer à chaque trou d'homme.

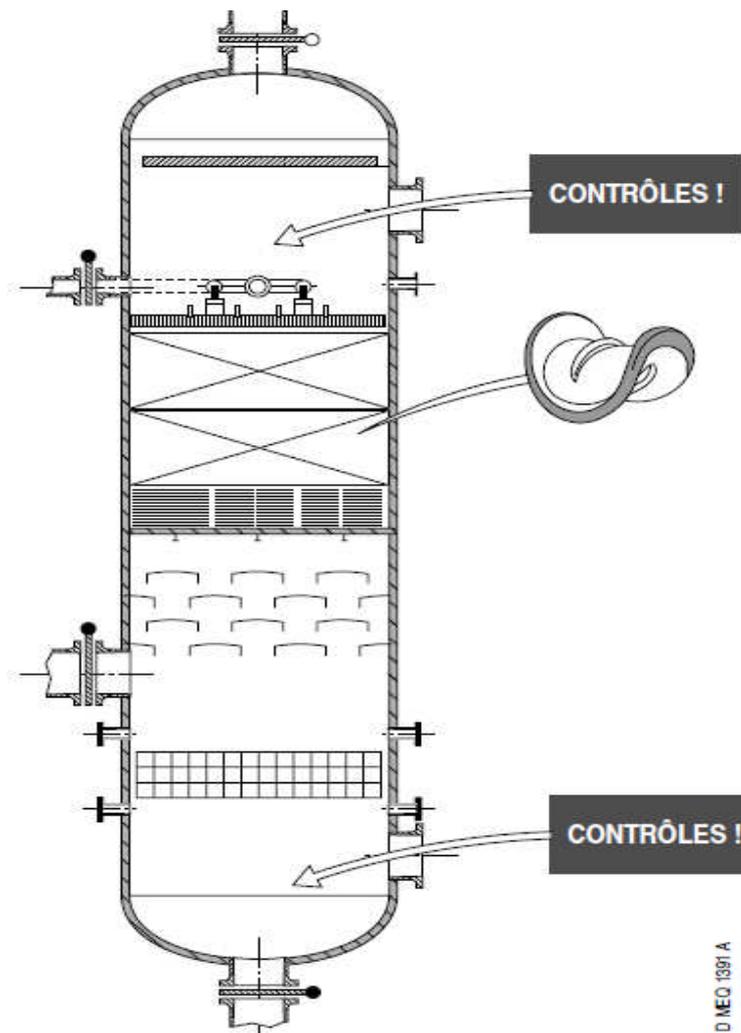


Figure II.11 Contrôles externes d'une colonne à distiller.

La présence de gaz inflammables ou toxiques généralement plus lourds que l'air doit être également suspectée en des points bas tels que : fosses, locaux en sous-sol, tranchées, égouts, dessous de ponceaux, et même dans les récipients à paroi supérieure ouverte [7].(voir annexe 02,03)

II. 4.2 Appareils de contrôles utilisés

Suivant les contrôles à effectuer, les appareils couramment utilisés sont les suivants :

Tableau II. 1 Appareils de contrôle utilisés.

CONTRÔLES À EFFECTUER	APPAREILS DE CONTRÔLE
Respirabilité	Oxygénémetre
Inflammabilité	Explosimètre Oxygénémetre + Explosimètre
Toxicité	Tubes réactifs Papiers réactifs Appareils de mesure spécifique
Neutralité	Papier PH



Figure II.12 Oxygénémetre-Explosimètre



Figure II.13 Détecteur de gaz toxique



Figure II.14 Détecteur de COV



Figure II.15 Analyseur de benzène, par photoionisation

II.4.3 Résultats des contrôles d'atmosphère

Si l'un des contrôles donne des résultats incorrects, on referme (si nécessaire) l'équipement et on renouvelle l'assainissement [7]:

L'entrée reste interdite !

Tableau II.2 : Opérations d'assainissement à effectuer en fonction des résultats des contrôles

RÉSULTATS DES CONTRÔLES D'ATMOSPHERE	OPÉRATIONS D'ASSAINISSEMENT À EFFECTUER
Oxygène < 20 %	Ventilation à poursuivre (1)
Teneur en gaz combustible > 10 % de la LIE	Dégazage à reprendre (2)
Teneur en gaz toxique > VLE	Dégazage à reprendre
pH < 6 ou pH > 8	Rinçage ou neutralisation à reprendre
Température ≥ 50°	Refroidissement à poursuivre

- (1) Ou pénétration ultérieure par du personnel très spécialisé (ex : plongeur professionnel) équipé d'appareils respiratoires isolants (ARI).
- (2) À cause des risques d'électricité statique, le dégazage à la vapeur est déconseillé en présence d'air et d'éléments combustibles. Toutefois, si la vitesse d'injection est faible on peut, à défaut d'autres moyens, admettre cette méthode.

II.5 Autorisation de pénétrer

II.5 .1 Règles générales

Si les contrôles effectués sont conformes aux exigences du tableau précédent, l'Autorisation de pénétrer ou "**Permis de pénétrer**" peut être délivrée par le service compétent.

La signalisation d'interdiction de pénétrer est remplacée par une signalisation adaptée ("Entrée réglementée avec équipements spéciaux" ou "**Entrée réglementée**").

Il est formellement interdit de pénétrer dans un espace confiné :

- Sans avoir reçu " l'Autorisation de pénétrer", même si celui-ci est ouvert depuis des mois.
- S'il n'y a pas de concordance entre l'autorisation et la signalisation en place.

Le plan de platinage est joint au "**Permis de pénétrer**".

Le "**Permis de pénétrer**" fait référence à l'action d'entrer dans une capacité. Il n'inclut pas le nettoyage ou tout autre travail, à l'exception de l'inspection visuelle.

Pour effectuer un travail dans une capacité (**exemple : nettoyage**), il faut de plus un "**Permis de Travail**" avec ou sans feu.

L'option de pénétrer avec ou sans appareils respiratoires isolants (**ARI**) est décidée en fonction des limites de tolérance éventuelles fixées par les règlements de sécurité spécifiques à chaque usine [7].

II.5.2 Formation des intervenants

Les intervenants en espace confiné doivent bénéficier, en sus des formations de base à la sécurité, d'une formation renforcée, spécifique aux risques rencontrés.

Il est recommandé que le personnel d'encadrement suive la même formation.

Le médecin du travail doit être informé de la mission d'intervention en atmosphère confinée de manière à vérifier l'aptitude du salarié à l'exécution de cette tâche.

La formation en espace confiné doit permettre aux participants d'acquérir les connaissances nécessaires non seulement à leur propre sécurité mais aussi à celle des personnes avec qui ils sont amenés à intervenir et d'être capables :

- d'analyser l'environnement de l'intervention.
- de préparer et d'organiser leur intervention.
- de sécuriser la zone d'intervention.
- d'intervenir en sécurité dans un espace confiné.
- de mettre en œuvre les moyens de secours en cas d'accident.

La formation comprend trois parties :

- le savoir (connaissance).
- le savoir-faire (compétence).
- le savoir-être (comportement).

Elle doit comporter une partie théorique et une partie pratique en situation de travail avec utilisation des équipements de protection.

Savoir

- Les définitions (espace confiné, analyse des risques...).
- La problématique des interventions en espace confiné (en s'appuyant sur les statistiques, les accidents de travail...).
- Les types d'ouvrage comportant des espaces confinés.
- Les principaux dangers et risques.
- Les principaux gaz susceptibles d'être émis en espace confiné et leurs dangers.

- Les différents équipements de travail et de protection.
- Les exigences réglementaires.
- L'intérêt de disposer de procédures de travail et d'évacuation de l'ouvrage en rappelant le rôle et les responsabilités de chaque agent (intervenant, surveillant...).

Savoir-faire

- L'analyse des travaux à effectuer et de l'environnement du travail.
- L'identification des dangers et l'évaluation des risques.
- La préparation et l'organisation de l'intervention.
- L'utilisation des différents équipements de travail et de protection :
 - C contrôleur d'atmosphère.
 - Harnais, longe, stop-chute, trépied.
 - S système de ventilation.
 - Moyens de communication.
- L'élaboration et l'application d'un mode opératoire, des procédures d'intervention.
- La conduite à tenir en cas d'accident.

Savoir-être

- Le comportement : en cas de malaise de l'opérateur intervenant dans l'espace confiné, aucune intervention dans cet espace sans l'équipement de protection respiratoire nécessaire
- Le respect des règles de sécurité
- La prise en compte du temps nécessaire pour se mettre en sécurité
- L'anticipation, l'évaluation, le dialogue, la remontée d'information en cas de problème

En fin de session, la formation doit faire l'objet d'un contrôle des connaissances théoriques et pratiques [9].

II.5.3 Permis d'Entrée en Espace Confiné

Avant de pénétrer dans un espace confiné nécessitant un permis, un **Permis d'Entrée** en Espace Confiné doit être complété, signé et approuvé par toutes les personnes habilitées.

Le permis doit comporter les éléments suivants :

- a) L'espace à permis en question.
- b) La date, l'heure, et la durée autorisée du permis.
- c) Le motif de l'entrée.
- d) Les noms des individus suivants doivent figurer sur le permis:
 - Toute personne entrante.
 - Surveillant (s).
 - Contrôleur d'Entrée (qui doit également signer le permis).
- e) Les dangers liés à l'espace.
- f) Les mesures prises afin de préparer l'espace (**isolation et contrôle des dangers**).
- g) Les conditions acceptables d'entrée (**contrôle atmosphérique**) les résultats des tests initiaux et périodiques.
- h) Les conditions d'entrée et les équipements nécessaires (**ventilation, EPI, essais, etc.**)
- i) Les moyens de secours et les services d'urgence.
- j) Les procédures de communication.
- k) D'autres informations spécifiques à l'entrée y compris d'autres permis de travail.

Le permis est valable pour la durée d'une seule équipe de travail. En cas de prolongement du travail jusqu'à l'équipe suivante, l'obtention d'un nouveau permis est nécessaire.

L'original du permis doit être affiché à l'emplacement du travail et une copie conservée par le contrôleur d'entrée. Lorsque le travail en espace confiné est terminé, le permis original périmé doit être retourné à l'administrateur du programme et conservé pendant une période minimum d'un an.

En cas de problèmes rencontrés pendant une opération d'entrée ceux-ci doivent être notés sur le verso du permis. avant de les classer, l'administrateur du programme doit examiner chaque permis périmé et évaluer les commentaires afin de déterminer s'il y a lieu de modifier les entrées en espace confiné nécessitant un permis et/ou le programme d'entrée en espace confiné [10].

II.5.4 Pénétration avec appareils respiratoires isolants

II.5.4.1 Matériel utilisé

En fonction de divers paramètres (accessibilité, temps d'intervention prévu, ...) les appareils respiratoires volants (ARI) sont :

- **Autonomes** avec bouteilles d'air comprimé sur le dos (**Figure II.16**)
- **Non autonomes** à adduction d'air, alimentés de préférence par des bouteilles d'air comprimé sur chariot ou à défaut par un réseau d'air respirable (risque non négligeable de présence de polluants dans le réseau) (**Figure II.18**) [11].

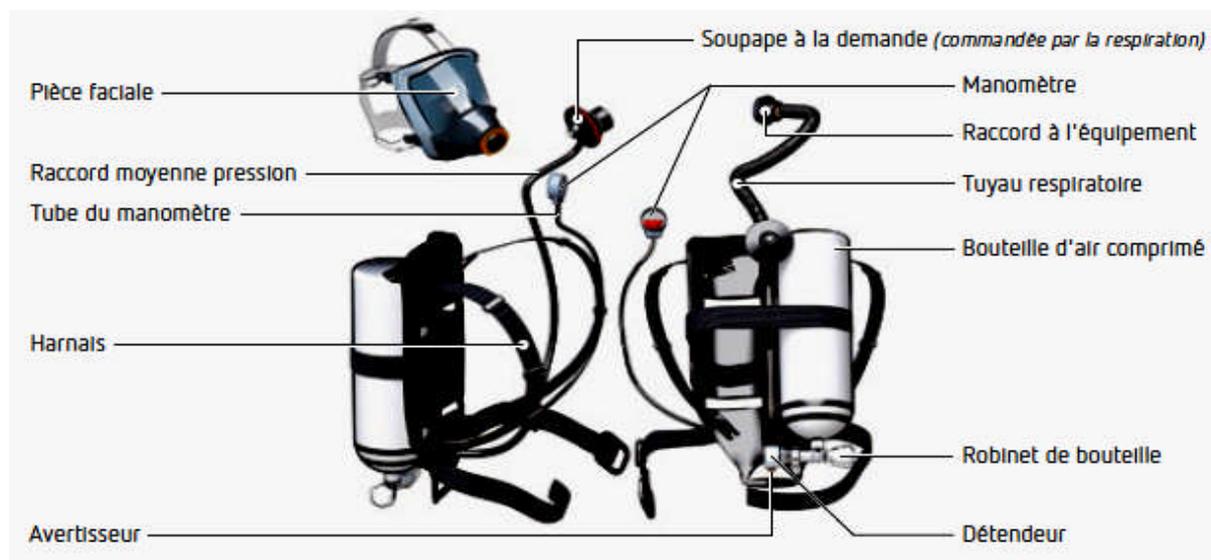


Figure II.16 Appareil respiratoire isolant autonome à circuit ouvert.



Figure II.17 Appareil respiratoire isolant à adduction d'air comprimé (Autonome).

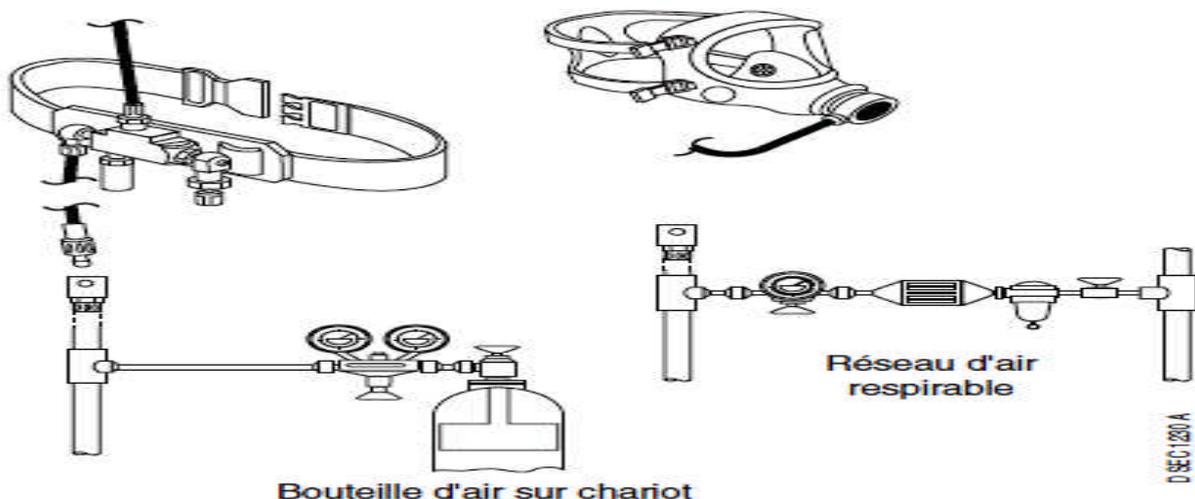


Figure II.18 Appareil respiratoire isolant non autonome à adduction d'air.

II.6 Intervention dans un espace confiné

II.6 .1 Équipements et moyens de protection

II.6 .1.1 Procédures

- Recenser les matériels et les équipements de travail nécessaires.
- Si l'intervention a lieu dans une zone dans laquelle peut apparaître une atmosphère explosible (ATEX), les matériels doivent être protégés contre le risque d'explosion

(conformité a la réglementation relative a la conception des appareils et systèmes de protection destines a être utilises en atmosphère explosible).

En particulier, les matériels doivent être en adéquation avec la zone **ATEX** ou ils sont mis en œuvre

Vérifier :

- le bon état des matériels et équipements et particulièrement de ceux soumis a des vérifications périodiques réglementaires ;
- l'absence de défaut des appareils de contrôle d'atmosphère ;
- la date du dernier contrôle figurant sur l'appareil.
- des installations électriques conformes aux règles techniques applicables,
- un outillage en bon état et correspondant aux besoins...

II.6 .1.2 Equipements participant a la protection collective

Fournir et faire mettre en place :

- des appareils d'apport d'air neuf ;
- des équipements destines a la prévention des chutes de hauteurs (garde-corps, faux tampons...);
- des équipements pour le balisage du chantier.

Tous ces équipements doivent être contrôlés régulièrement suivant les instructions du constructeur/fournisseur et en application des dispositions réglementaires qui les concernent.

II.6 .1.3 Equipements de protection individuelle et de détection

Mettre a disposition des intervenants et veiller a l'utilisation systématique :

- des équipements de travail adaptés (**casque, gants, chaussures de sécurité, bottes...**) ;
- un détecteur d'atmosphère portatif adapté aux risques évalués (**Oxygénomètre, explosimètre, détecteurs de gaz et vapeurs dangereux...**).

Mettre a disposition des intervenants et veiller a l'utilisation selon les cas

- des lunettes ou une visière de protection faciale.
- un casque antibruit ou des bouchons d'oreilles.
- un harnais avec stop-chute ;
- un trépied.
- un appareil de protection respiratoire isolant de travail à adduction d'air comprimé ou autonome (bouteilles d'air comprimé) ;
- un masque auto sauveteur [9]. (voir annexe 01)

II.6 .1.4 Moyens de communication

Radiotéléphone, radio-émetteur portable, téléphone cellulaire, etc. (à sécurité intrinsèque et antidéflagrant, si nécessaire)

II.6 .1.5 Équipements de signalisation

Assurez-vous d'être bien visibles [12]:

- Camion identifié muni de gyrophares (ou flèche clignotante).
- Cônes de signalisation.
- Panneaux de signalisation.
- Dossard pour le surveillant.



Figure II.19 Danger espace confiné.



Figure II.20 Danger risque d'explosion.



Figure II.21 Danger risque d'asphyxie.



Figure II.22 Interdiction de téléphone portable.

II.6 .2 Environnement de l'espace confiné

- Baliser la zone de travail.
- Prendre en compte la protection non seulement des intervenants mais aussi du public éventuel. La zone de travail est interdite au personnel non autorisé.
- Mettre en place les équipements de protection collective contre les chutes de hauteur (**faux tampons d'égouts, grilles, barrières rigides...**).
- Installer soigneusement le chantier et déployer judicieusement les matériels nécessaires à l'intervention.

II.6 .3 Le cadenassage

Avant qu'un travailleur n'entre dans un espace clos, celui-ci doit être isolé de toute source de danger et tous les équipements doivent être cadenassés. Pour chaque espace clos, sur la fiche de contrôle ou sur une fiche de cadenassage jointe à la fiche de contrôle, on devrait y retrouver la liste de toutes les conduites à isoler, si applicable.

II.6 .3 .1 L'isolation de l'espace clos

Les travailleurs doivent être protégés contre l'arrivée subite d'éléments dangereux (**produits chimiques, eau, effluents, gaz, vapeur**) par des conduits d'arrivée dans l'espace clos.

II.6 .3 .2 Précautions de base

Dans la mesure du possible, tous les équipements permettant l'isolation (**ballon, bride d'obturation, etc.**) doivent être installés ou manipulés de l'extérieur, sans pénétrer dans l'espace clos. Sinon, des mesures particulières doivent être prises.

- ❖ Fermer les équipements (**vannes, pompes d'injection, etc.**) en amont et en aval et vidanger les conduites si possible.
- ❖ Faire l'obturation le plus près possible de l'espace clos de façon à minimiser la présence de résidus.
- Les brides d'obturation doivent être capables de supporter une pression subite, une variation de température et ne pas réagir avec son contenu.
- Lorsque cela s'avère nécessaire, il faut installer un joint d'étanchéité du côté de la bride subissant une pression pour éviter les fuites.
- Fermer et cadenasser les vannes et les mécanismes de contrôle qui peuvent relâcher des substances dangereuses avant que les procédures pour vider l'espace clos ne soient commencées.

II.6 .3 .3 Procédure de cadenassage

Une procédure de cadenassage doit comprendre plusieurs éléments dont les suivants:

- . Prévenir les personnes concernées des travaux exécutés.
- Avant d'entrer, les équipements doivent être arrêtés, toutes les sources d'énergie doivent être immobilisées. les mécanismes produisant des radiations, comme des indicateurs de densité et de niveau, doivent aussi être fermés et cadenassés avant de permettre le travail à proximité.
- . Désamorcer l'énergie résiduelle emmagasinée (**air comprimé, ressort, etc.**).
- . Si un équipement cadenassé ou un élément de celui-ci (**pales, turbines, etc.**) peut se mettre en mouvement lors du travail, on doit voir à le contrôler.
- . Les points d'entrée de l'espace clos doivent être cadenassés en position ouverte si leur fermeture accidentelle compromet la sortie ou l'évacuation rapide des travailleurs.
- Chaque employé doit travailler sous la protection de son ou de ses cadenas personnels.
- . Si les travaux ne sont pas terminés à la fin du quart de travail, il doit y avoir une continuité du cadenassage entre les quarts [13].

II.6.4 La procédure opérationnelle

II.6.4 .1 La liaison personnelle

Elle permet :

- de se déplacer le long de la ligne guide.
- au personnel du binôme d'être en liaison constante.

La liaison personnelle du porteur est d'une longueur totale de **6 mètres** et d'un diamètre de **4 mm**. L'extrémité courante est équipée d'un mousqueton de taille supérieure à celui de la ligne guide. L'autre extrémité est équipée d'un mousqueton pour attacher la liaison sur le porteur. Un système solidaire de la liaison personnelle doit être mis à **1,25 mètre** de l'extrémité **courante** pour permettre l'utilisation d'une liaison courte ou longue.

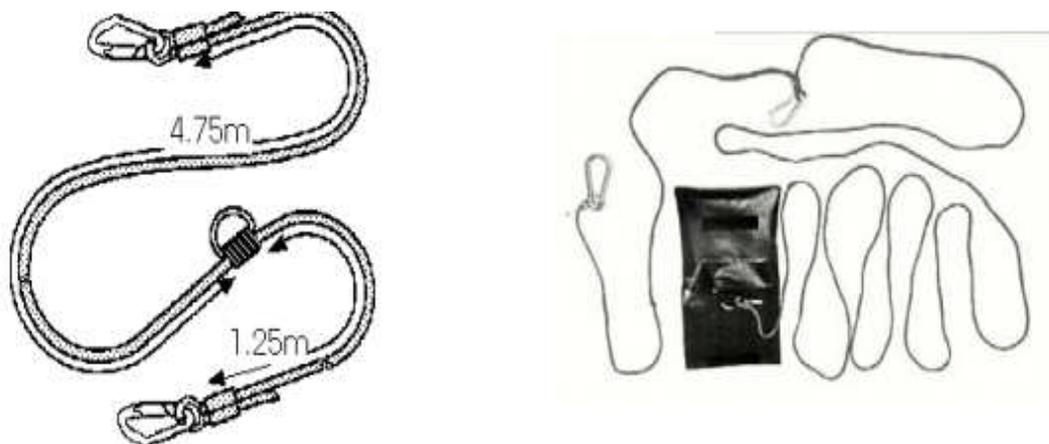


Figure II.19 liaison personnelle

II.6.4 .2 La ligne guide

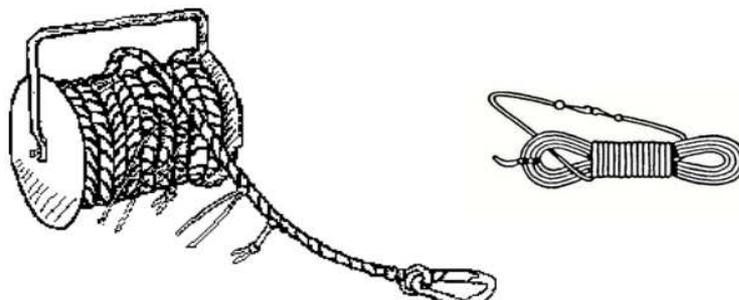


Figure II.23 La ligne guide

- Elle relie les porteurs **d'ARI** avec l'extérieur.
- Elle est munie, à une extrémité, d'un mousqueton avec une plaque numérotée et à l'autre d'un anneau

Cette ligne, d'une longueur de **50 à 60 m** et d'un diamètre de **6 à 8 mm**, est enroulée sur un tambour ou lovée dans un sac. Elle peut-être dotée d'un système anti-chute. Elle peut comporter des repères de progression qui facilitent le travail des binômes. L'extrémité de la ligne doit-être fixée au touret ou au sac.

II.6.4 .3 La Ligne de vie

Installée par le binôme de reconnaissance ou d'attaque, elle leur permet :

- D'avoir une liaison avec le contrôleur resté à l'extérieur.
- De revenir facilement au point d'entrée.

Ligne de vie = ligne guide + liaison personnelle

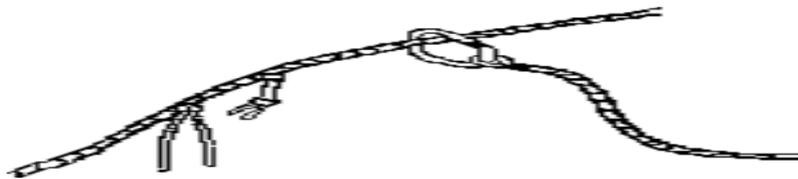


Figure II.24 Ligne de vie

II.6.4 .4 La Procédure Avant L'engagement

a- Le Chef d'agrès (Désignation du personnel)

Après la reconnaissance initiale, le chef d'agrès définit la technique opérationnelle, décide d'engager du personnel sous **ARI** et désigne :

- Les porteurs **d'ARI**.
- Le point d'entrée.
- Le contrôleur responsable de la gestion des porteurs.

Le chef d'agrès doit connaître l'aptitude au port de **l'ARI** de ces personnels afin que les binômes formés soient homogènes et efficaces.

Les personnels les plus performants au port de **l'ARI** sont chargés, en priorité, des reconnaissances.

Pour des raisons opérationnelles, une première reconnaissance sous **ARI** peut-être conduite sans la présence du binôme de sécurité. Toutefois, celui-ci devra être mis en place le plus rapidement possible.

b- Le Contrôleur :

- Enregistrement du personnel : Enregistre les binômes équipés **d'ARI** avant qu'ils ne s'engagent dans la zone à risque.
- Regroupe et renseigne les plaques de contrôle.
- Etablit un code de communication avec les binômes.
- Désigne la fonction des binômes (**exploration ou sécurité**).
- Vérifie le bon équipement des porteurs (**lampe, ligne de vie.....**).
- Vérifie que les **ARI** d'un même binôme sont de même type (**contenance, pression**).

c- Les porteurs :

Chaque porteur vérifie :

- Son **A.R.I (appareil respiratoire isolant)**.
- Ajustement du harnais.
- Pression au manomètre.
- Armement du système sonore de détresse (**sifflet + Balise sonore de localisation**).
- Etanchéité du masque.
- Vérifier le matériel d'exploration (Lampe portative - Ligne guide - Liaison personnelle- Dispositif de dérivation).

II.6.4 .5 La Procédure Pendant L'engagement

a- Missions de contrôleur :

- Contrôle un seul point d'accès.
- Supervise au maximum **10 porteurs**, soit **5 binômes** dont le binôme de sécurité.
- Fait assurer l'approvisionnement en bouteilles de recharge.

- Garde toujours à proximité immédiate un binôme prêt à intervenir pour porter secours aux binômes engagés.
- Reste constamment en relation avec le **COS** et le tient informé du déroulement de l'opération.
- Prend les mesures d'urgence en cas de besoin.

Lorsqu'un signal de détresse retentit, tous les binômes engagés doivent rejoindre à la sortie. Le contrôleur engage immédiatement le binôme de sécurité pour retrouver le binôme en difficulté.

b- Les porteurs

▪ Utilisation de la ligne de vie

Lors des reconnaissances, le binôme doit rester solidaire. Les deux porteurs restent reliés entre eux par la liaison personnelle du chef. L'équipier est relié à la ligne guide.

Le chef, équipé de la lampe et d'un moyen de communication, progresse suivi de l'équipier qui dispose la ligne guide de façon à garantir un retour sûr et rapide.

Le chef du binôme signale la fin de la reconnaissance au moyen du code de communication préétabli. Il amarre l'extrémité de la ligne guide à un point fixe. Il utilise le code de communication de retour à l'air libre.

Le binôme rebrousse chemin en remontant la ligne guide. Au cours de la progression, les porteurs doivent faire demi-tour, soit lorsque le manomètre indique la moitié de la pression de départ, soit sur la demande de contrôleur.

Lors de l'attaque, une plus grande liberté de mouvement peut être nécessaire. Dans ce cas, les deux porteurs s'accrochent individuellement à la ligne guide par leur liaison personnelle. Le chef du binôme se positionne le plus en avant, les porteurs gardent les mains libres et ne perdent pas le lien avec la sortie. Ils travaillent dans de meilleures conditions.

Le binôme doit ressortir impérativement en cas de déclenchement du sifflet de fin de charge ou du système sonore de détresse.

Si l'équipe doit se retirer avant la fin de la reconnaissance (ex : binômes ne disposant plus que de l'air nécessaire pour le retour), elle doit amarrer la ligne guide avant de faire demi tour.

▪ Reconnaissance latérale

La ligne guide est déroulée dans le couloir ; la liaison personnelle longue permet d'explorer les pièces latérales sans se désolidariser de la ligne guide.

Le chef est relié à l'équipier par les **6 m** de sa liaison personnelle.

L'équipier est relié à la ligne guide par sa liaison personnelle courte (**Figure II.22**).

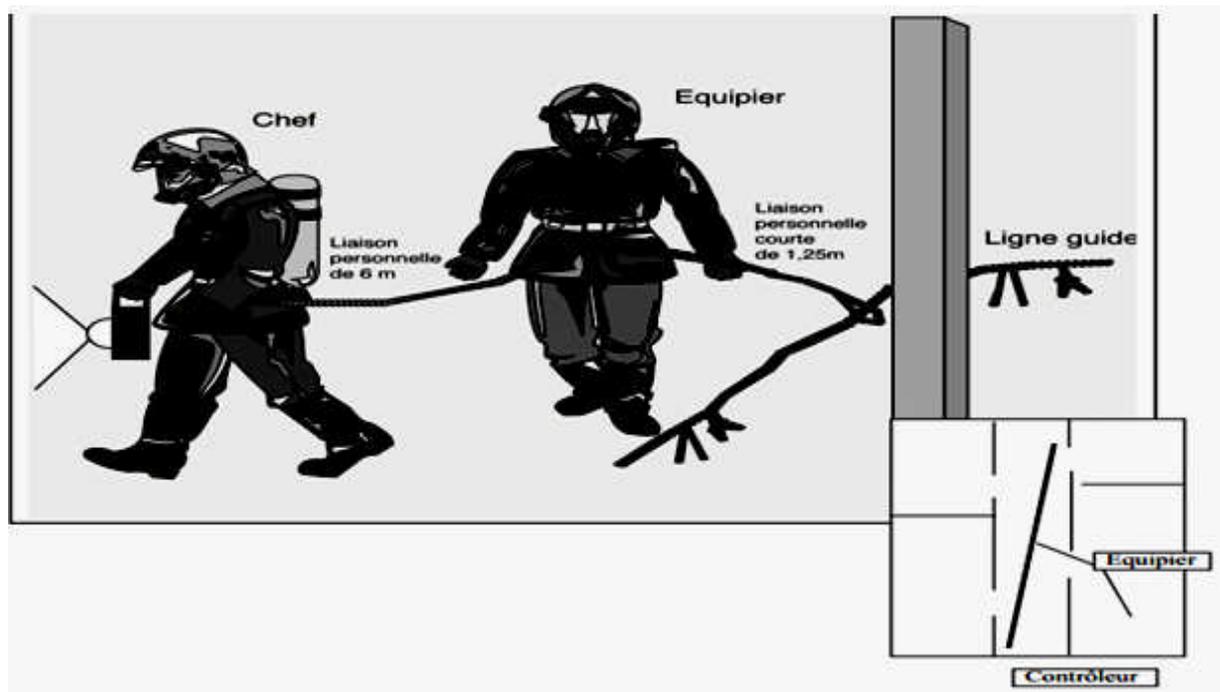


Figure II.25 Reconnaissance dans un espace clos

▪ Opération complexe

- Les équipes qui sortent sont prioritaires sur les équipes qui pénètrent.
- Des ramifications peuvent être installées à partir de la ligne guide à l'aide des dispositifs de dérivation (**Figure II. 23**).

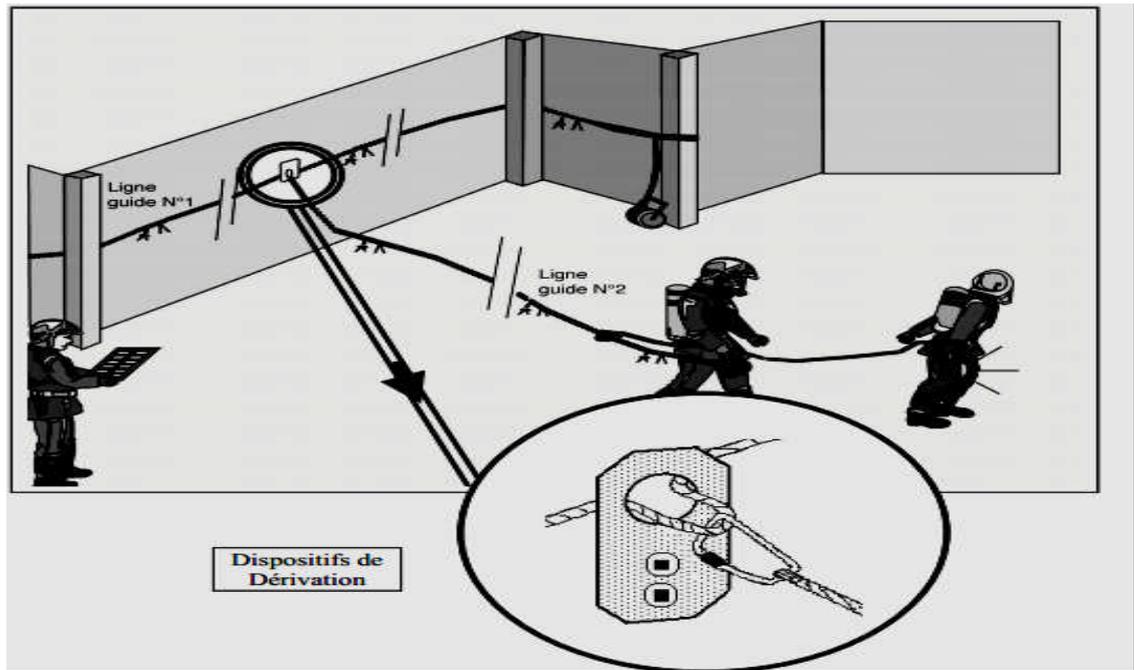


Figure II.26 Ramification dispositif de dérivation

II.6.4.6 La procédure après l'engagement

a- Le contrôleur :

Vérification du matériel.

b- porteurs :

Pointage et regroupement du matériel.

c- personnels doivent :

- Remettre en service l'ARI et le matériel (**tableau....etc.**).
- Procéder au contrôle visuel des masques.
- Plomber et remettre les bouchons si nécessaire sur toutes les bouteilles opérationnelles.
- Remettre les masques dans des housses de protection.
- Ranger le matériel à son emplacement d'origine.
- Signaler toute anomalie sur le fonctionnement de l'ARI.[7]

II.6.5 Surveillance de l'intervention

Aucune intervention dans un espace confiné ne peut être confiée à un travailleur isolé. Ce type de travaux doit toujours se faire sous la surveillance permanente d'un garde de sécurité compétent âgé d'au moins **18 ans** et dont les missions légales sont les suivantes :

- surveiller en permanence le personnel intervenant en espace confiné et maintenir une communication permanente avec ces derniers.
- vérifier le bon fonctionnement du dispositif de ventilation.
- donner l'alarme en cas de problème.

Au-delà de ces obligations légales, il est recommandé que le surveillant soit formé au sauvetage (**intervention de première ligne**) et qu'il dispose des équipements de protection nécessaires, notamment un masque isolant autonome ou à adduction d'air pour pouvoir intervenir en toute sécurité directement après avoir prévenu les secours. Il pourra alors secourir une victime d'asphyxie ou d'intoxication et l'approvisionner en air en attendant les secours ou dans les cas les plus urgents, l'extraire de l'espace confiné et gagner ainsi de précieuses minutes.

Il est toutefois très important d'évaluer correctement les dangers avant de pénétrer dans l'espace confiné. Sans formation spécifique ou à défaut des **EPI** nécessaires, le surveillant ne pourra pénétrer dans l'espace confiné sous peine de mettre sa propre vie en danger. Il en va de même s'il constate un risque important d'incendie ou d'explosion qu'il ne peut maîtriser seul. En outre, si le garde de sécurité joue également le rôle de secouriste, il devra s'assurer qu'une personne le relaye pour guider l'arrivée des secours.

D'un point de vue pratique, toutes ces responsabilités impliquent dès lors une formation particulière permettant au garde de sécurité :

- de connaître les dangers, de déceler les signes d'une anomalie, les symptômes et conséquences d'une exposition à des contaminants.
- d'avoir une connaissance suffisante de la géométrie des lieux (**plans, localisation des sorties...**) afin de pouvoir guider l'intervenant ou les secours en cas d'incident.
- de vérifier la présence et le bon fonctionnement des équipements indispensables à la sécurité. Il doit notamment être capable :

- de mettre en place et de vérifier le bon fonctionnement du dispositif de ventilation.
- d'utiliser un détecteur de gaz, d'interpréter les mesures et de vérifier en permanence que l'atmosphère ne présente pas de danger
- de communiquer efficacement avec les intervenants.
- d'assister les personnes entrantes et sortantes.
- d'appliquer correctement les systèmes de permis de travail et procédures d'accès
- de connaître et d'appliquer les procédures de secours et d'évacuation (**alerter les secours...**).
- d'utiliser le matériel de sauvetage (**harnais, trépied, masque...**).
- de réaliser l'intervention de première ligne s'il est autorisé à jouer ce double rôle. Le surveillant n'est autorisé à pénétrer dans l'espace confiné que s'il dispose des **EPI** nécessaires à sa propre sécurité et qu'il sait les utiliser.

Une telle formation doit bien évidemment comporter un volet pratique et doit être répétée périodiquement [3].

Conclusion

Les espaces confinés sont des lieux dangereux à plus d'un titre, il ressort également que de nombreuses solutions permettent d'y faire face. Une bonne préparation du travail permet de maîtriser les risques et d'y travailler en sécurité : communication, formation, surveillance, équipements de travail spécifiques et procédures de travail bien établies en sont les piliers. Ici encore, plus qu'à l'air libre, le travail ne s'improvise pas.

Chapitre III

Présentation du complexe FERTIAL

III.1 Présentation du complexe FERTIAL/SPA société des Fertilisants d'Algérie

La société nationale **SONATRACH** lance en **novembre 1965** un appel d'offres international pour la réalisation d'un complexe d'ammoniac et d'engrais azotés à **Arzew** : le **28 juillet 1966**, elle confie au groupe français **Technic-ensa** la réalisation clé en main de l'usine qui sera inaugurée par le président défunt **Boumediene le 19 juin 1970**. L'industrie chimique algérienne vient de naître. Elle se développe avec la signature de deux contrats : le premier signé en **1971** entre la **SONATRACH** et la société française **Creusot Loire Entreprise** pour la construction de l'unité d'ammoniac selon le procédé **Kellogg** et le deuxième signé en **juillet 1974** avec la société autrichienne **Voest alpine** pour la construction de deux unités d'acide nitrique et de deux unités de nitrate d'ammonium et deux autres unités d'utilités. Toutes ces unités fonctionnent selon le procédé de la firme Chimico (Amonniac1).

La réalisation du complexe de production d'ammoniac NH_3 de l'acide nitrique HNO_3 , De nitrate d'ammonium NH_4NO_3 et de l'urée $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ devait répondre aux besoins sans cesse croissants en matière d'engrais à l'échelle nationale.

En **1984**, la restructuration de l'Entreprise nationale '**SONATRACH**' a donné naissance à **13** entreprises dont l'entreprise nationale des engrais et des produits phytosanitaire « **Asmidal** » qui englobe le complexe d'ammoniac et d'engrais azotés d'**Arzew**. **Asmidal** a été érigée en société par action (**SPA**) en **1996**. Son capital social est de **2.300.000.000 DA**. Elle possède les compétences et l'expérience permettent de la situer comme un partenaire incontournable. Elle arrive largement à satisfaire les besoins de l'agriculture algérienne et occuper une place importante en matière d'exportation hors hydrocarbures grâce à sa large gamme d'engrais de qualité.

III.1.1 Naissance de FERTIAL

Fleuron national de l'industrie pétrochimique, **FERTIAL, Société des Fertilisants d'Algérie**, est une société issue d'un partenariat signé en **août 2005** entre le Groupe **Algérien Asmidal** et le Groupe **espagnol GrupoVillar Mir**. Ils détiennent respectivement **34% et 66%** du capital.

L'outil de production, installé dans les sites industriels d'**Annaba** et d'**Arzew**, a une capacité annuelle **d'un million de tonnes** d'ammoniac.

Une partie de cette production est réutilisée pour la production d'une large gamme d'engrais azotés et phosphatés.

Après un investissement de plus de **170 millions de dollars** ayant permis de rénover l'outil industriel, **FERTIAL** a gagné des parts de marché considérables tant à l'export que sur le marché intérieur.

Ainsi, ses exportations de l'ordre de **74%** de sa production place **FERTIAL** comme leader dans le bassin méditerranéen et deuxième dans le monde arabe, derrière **l'Arabie Saoudite**.

Elle occupe par ailleurs une confortable septième place au niveau mondial.

Si à l'export **FERTIAL** est dans le peloton de tête des entreprises productrices d'ammoniac, sur le marché intérieur elle n'est pas en reste, puisqu'elle est leader dans la production d'engrais fertilisants. Ainsi, nous pourrions à tous les besoins de l'agriculture algérienne en la matière.

III.1.2 Les activités du complexe FERTIAL

➤ **FERTIAL a été conçu pour atteindre trois objectifs essentiels :**

- Valoriser les hydrocarbures par traitement local;
- Dégager un surplus pour l'exportation des engrais et de l'ammoniac ;
- Satisfaire la demande nationale en matière d'engrais azote.

➤ **Infrastructures de production :**

- Deux unités de production de l'ammoniac (**U10**), avec une capacité de production de **1000 tonne /j /unité**.
- Trois unités de production de l'acide nitrique (**U20**), avec une capacité de production est de **400 tonnes /j/unité**.
- Trois unités de nitrate d'ammonium (**U30**) avec une capacité de production **500 tonnes/j/unité**.
- Trois centres utilities pour le traitement d'eau de mer et la production d'eau distillée, de vapeur d'eau (**U50**).
- Deux unités de stockages et de conditionnement des engrais (**U70**).
- Un centre pour le stockage d'ammoniac (**U80**).
- Un groupe turbo alternateur pour la production d'énergie électrique.

- Un laboratoire pour les analyses chimique et physique.
- Un laboratoire agronomique.

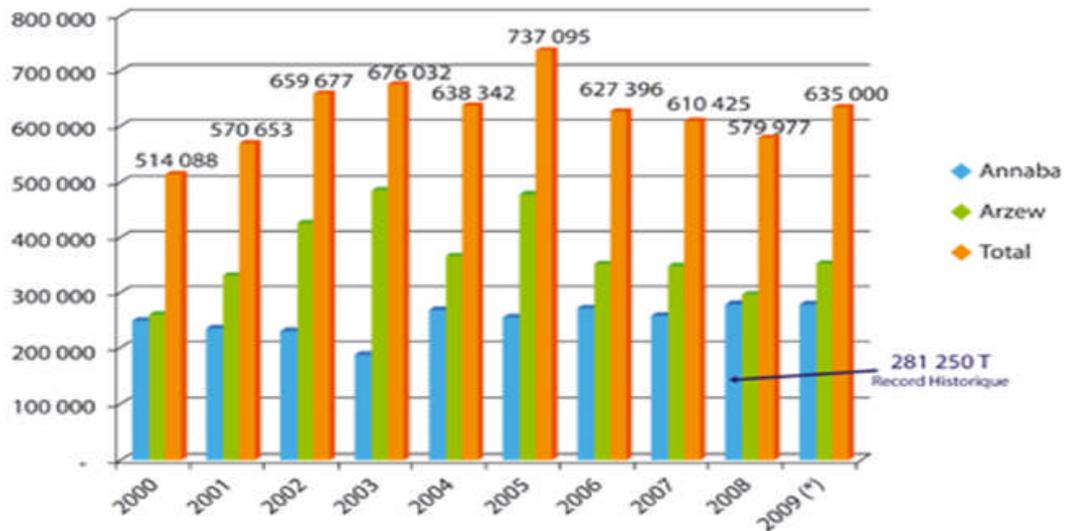


Figure III.1 évolution de production 2000 – 2009

III.1.2 .1 L'ammoniac

L'ammoniac est un composé chimique toxique, de formule NH_3 et dégageant une odeur très forte et désagréable. C'est une molécule pyramidale trigonale : l'**azote (N)** est au centre tandis que l'**hydrogène (H)** occupe trois des quatre sommets, le quatrième étant occupé par **2 électrons**.

➤ Propriétés physiques:

- Masse moléculaire : **17 g/mole**.
- Température de fusion : **195 °K (-78,5 °C)**.
- Température de vaporisation : **240 °K (-33,5 °C)** à P=1 ATM.
- Solubilité : **46 g dans 100g d'eau**.
- Densité : **0,6813 (gaz)**.
- Température d'auto inflammation : **651 °C**.
- Limites d'explosivité dans l'air : Inférieure : **15,5**, Supérieure : **27%**.

➤ **Utilisation**

Sous forme gazeuse, l'ammoniac est utilisé par l'industrie pour la fabrication d'engrais, d'explosifs et de polymères. L'ammoniac gazeux, qui donne **82 % d'azote**, sert aussi d'engrais azoté ; il est injecté directement dans le sol sous forme d'ammoniac liquéfié sous pression. On le trouve aussi dans la cigarette.

III.1.2 .2 L'acide nitrique

L'acide nitrique ou parfois appelé acide azotique est un composé chimique liquide très corrosif. C'est un acide fort, généralement utilisé en solution aqueuse, communément appelée eau-forte par les alchimistes puis les graveurs sur cuivre. Si la concentration est supérieure à **86%**, il est baptisé acide nitrique fumant. L'acide nitrique est aussi un composant des pluies acides. Sa formule est **HNO₃**.

III.1.2 .3 Le nitrate d'ammonium

Le nitrate d'ammonium est un composé chimique comburant apolaire de formule brute **NH₄NO₃**, principalement utilisé comme engrais hautement azoté. Dans ce cas, il est plus connu sous le nom d'**ammonitrate**.

Dans certaines conditions de stockage le nitrate d'ammonium devient explosif (ex : détonation d'un entrepôt de nitrate d'ammonium au niveau de **LA WEST FERTILIZER COMPANY** en **avril 2013 à Texas**).

III.1.3 Organigramme de FERTIAL Spa

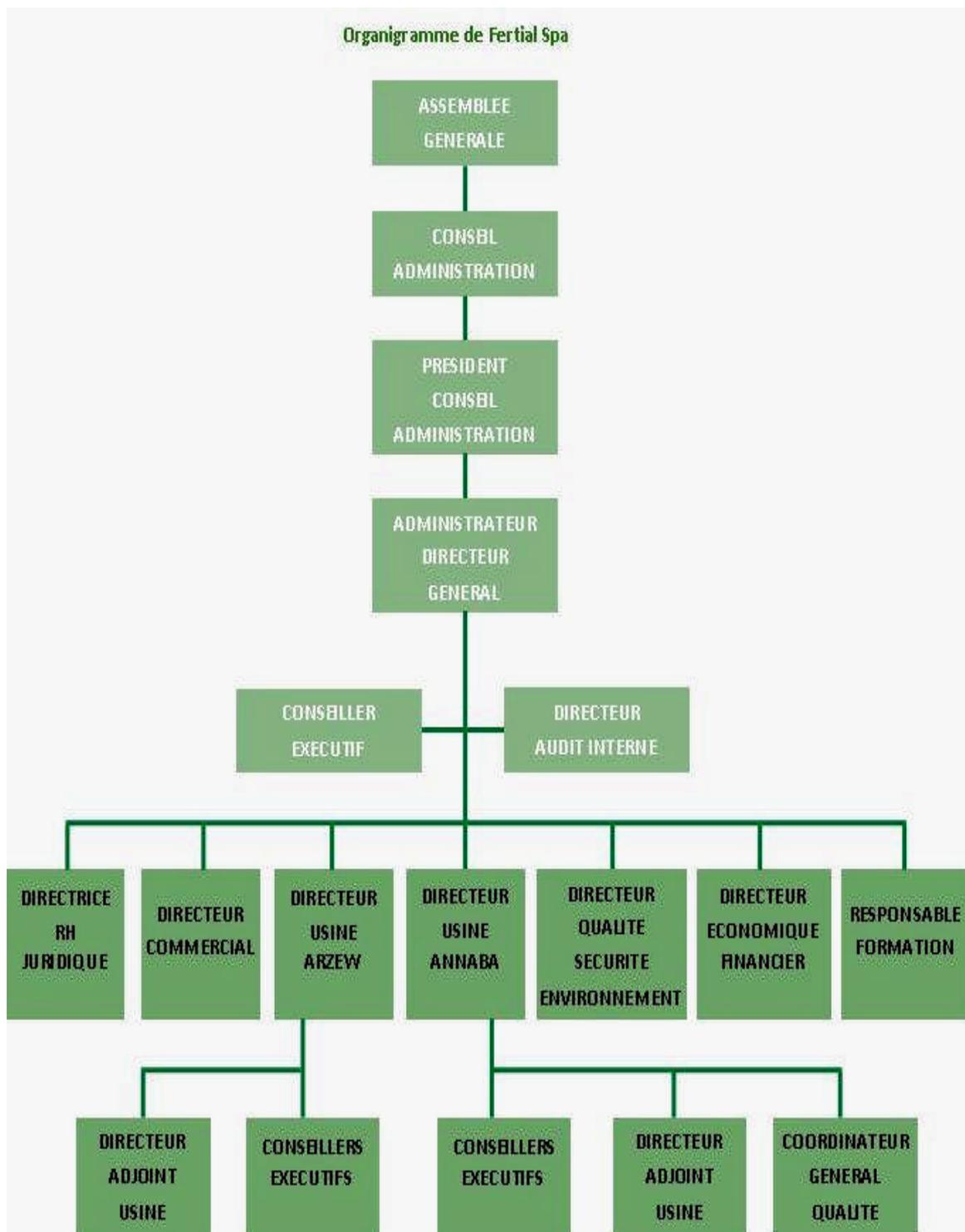


Figure III.2 Organigramme de Ferial Spa.

III.1.4 Vue aérienne du complexe



Figure III.3 Vue Aérienne du Complexe.

III.2 Procédure de travail en espace confiné au niveau de FERTIAL

Les risques associés aux travaux dans les espaces confinés sont multiples et ce suite à l'accumulation des substances toxiques, inflammables et à la déficience d'oxygène. Ajouté à cela l'étroitesse des accès, l'inconfort des positions de travail, l'éclairage insuffisant, l'amplification de quelques risques comme celui du bruit qui devient important par rapport à celui généré par le même équipement dans un espace ouvert ainsi que la transmission des vibrations, ... etc.

Une des caractéristiques des accidents dans ces espaces est la gravité de ses conséquences, tant sur la personne qui effectue le travail que les personnes qui l'aident de façon immédiate sans adopter les mesures de sécurité nécessaires, générant ainsi chaque année de accidents mortelles.

En général, on peut dire que les travaux dans les espaces confinés entraînent une problématique de risques additionnels qui nous oblige à être plus exigeant sur tout ce qui est abordé dans les paragraphes de cette procédure[14].

➤ **Objet**

Le présent document établit la procédure d'application pour garantir des systèmes et des méthodes de travail dans des espaces confinés afin d'obtenir la sécurité maximale. Il s'agit d'informer, de prévoir et éviter toute cause d'accident ou situation de risque en assurant le suivi et le contrôle des travaux qui sont exécutés.

III.2.1 Séquences d'actions

- La section correspondante émet un ordre de travail qui requiert une autorisation travail normale et autorisation de travail dans des enceintes confinées.
- Le demandeur vérifierait s'il existe une pratique opérationnelle pour la réalisation du travail. S'il n'y a pas, il contacterait l'ordonnateur ou le responsable de l'unité fonctionnelle où se situe l'équipement en question et l'établira. Pendant l'élaboration, il consultera la sécurité. Dans la **P.O.** on considérerait tous les risques qui peuvent se produire pendant l'exécution du travail, et on identifierait les mesures préventives à implanter pour les éliminer ou les diminuer. Si dans cette dernière spécifiquement, on

indiquera les procédures d'évacuation d'urgences, les équipes de protection individuelle et collective à utiliser et les systèmes de communication entre l'intérieur et l'extérieur.

- Le Demandeur choisirait l'entreprise exécutante pour ce travail avec anticipation suffisante au début de ce dernier, et le sollicitera, en étant une entreprise étrangère à **FERTIAL**, le listing de personnes à effectuer ce travail, avec indication exprimé de la personne qui a la fonction de chef de travail et de la personne qui a la fonction de ressource préventive. Le demandeur lui livrera une copie de la pratique opérationnelle et expliquera les détails de cette dernière au Chef de Travail. Lequel ce dernier transférerait toutes ces informations contenues dans la procédure à ses ouvriers. Le demandeur vérifiera que ces ouvriers ont été soumis à un protocole spécifique de surveillance de la santé pour la réalisation de ce type de travaux et ont été considérées aptes pour ce travail et que tous les ouvriers ont reçu la formation nécessaire et connaissent la pratique opérationnelle en question. Tout cela avec anticipation au début des travaux.
- Une fois les points précédents accomplis le demandeur remplirait sa partie dans les formats d'autorisation travail normale et autorisation de travail dans des enceintes confinées et les transmettra au chef de travail de l'exécutant.
- Le chef de travail et la ressource préventive de l'exécutant, comparâtraient devant ce qui est donnant l'autorisation, lequel vérifierait et analyserait ce qui était précédemment rempli, s'il est nécessaire il comparâtrait dans le lieu où on va effectuer le travail, l'étudierait et requerra les préparatifs correspondants, qui seraient repris dans l'autorisation de travail normal de même.
- Décidera la convenance d'effectuer les mesures pour vérifier ou détecter les possibles atmosphères asphyxiantes, toxiques ou inflammables et la périodicité de ces dernières pour garantir la sécurité des personnes qui travaillent et les solliciterait de la structure correspondante, l'indiquant dans l'autorisation de travail pour enceintes confinées. Dans ce qu'il indiquerait de même tout autre risque ou aggravant avec indication des mesures à adopter. Pourra demander la consultation d'autres structures s il le considère nécessaire.
- Ce qui est donnant l'autorisation, une fois vérifiée que tout a été compris par le chef de travail et la ressource préventive, il solliciterait qu'ils remplissent les espaces qu'ils leur ont été réservés dans l'autorisation de travail normal et dans celui d'enceintes confinées et ils le signent.
- La ressource présente sera le signataire préventif pendant l'exécution du travail, et superviserait l'accomplissement des activités préventives.

- ce qui est donnant l'autorisation signerait dans son espace correspondant, une fois il a vérifié que toutes les mesures nécessaires ont été prises. seulement alors pourra entamer le travail.
- Fini le travail et le nettoyage la zone, l'exécutante informerait ce qui est donnant l'autorisation avec la plus grande rapidité possible.
- Une fois vérifiée la finalisation du travail, ce qui est donnant l'autorisation solliciterait la connexion électrique, si procède, pour vérifier le bon fonctionnement de l'installation. Ce qui est électrique signerait la case de connexion. Tant qu'on n'effectue pas la connexion, l'autorisation serait suspendue.
- Le Donnant l'autorisation solliciterait pour retirer des blocus, comme il a été précédemment exposé, en permettant la traçabilité et en rendant compte dans a case correspondante.
- Si tout est conforme, le donnant l'autorisation signerait la finalisation le travail et la zone propre.[14].

III.2.2 Milieu d'application

Cette procédure est observée dans toutes les unités de **FERTIAL**. Les travaux dans ces zones sont conditionnés par une autorisation de travail dans des espaces confinés et qui sera associé au permis de travail. Elle affecte le demandeur, l'ordonnateur et les exécutants des travaux dans les espaces confinés que se soit pour le personnel de **FERTIAL** ou celui des entreprises de sous-traitances [14].

III.2.3 Durée du Permis

Comme caractère général, le principe de la durée d'une autorisation de travail sera égal à la journée de travail de ce qui est donnant l'autorisation.

L'autorisation serait annulée automatiquement dès qu'il ya un changement de conditions précédentes et on renouvelerait,

Non sera considéré autorisation quand on n'accomplira pas la périodicité de mesures indiquée par ce qui est donnant l'autorisation.

III.2.4 Renouvellement

Quand la durée d'un travail est plus grande que celle autorisée ou si les conditions ont changé, on renouvellerait l'autorisation, en tenant compte des circonstances qu'ils pourraient avoir changées en ce qui concerne ce qui est original. On remplirait les cases correspondantes de renouvellement dans l'original du permis de travail, et une feuille nouvelle d'autorisation de travail dans des enceintes confinées et au moins dans la première et seconde copie, en adoptant les mesures correctives préalables à la réalisation du travail de sorte qu'il soit effectué de manière sûre. Pour le renouvellement de l'autorisation de travail, la signature de l'autorisant et de l'exécutant sera nécessaire. Si on considère nécessaire, on demande la signature du demandeur [14].

III.2.5 Annulation des permis de travail

La mission des sections ceux qui autorisent, ceux qui demandent de surveiller les travaux. Les commandes de ces sections devront interdire ou arrêter, le cas échéant les dits travaux dans lesquels on signale un risque qui est hors de contrôle. Le reste du personnel qui signale une certaine condition de danger, devra le notifier aux responsables de ces sections. Dans ces cas, les Autorisations seraient annulées et on renouvellerait une fois les conditions sûres reconstituées [14].

Chapitre **IV**

Étude de cas bac de
stockage d'ammoniac liquide 2101F

IV. Étude de cas bac de stockage d'ammoniac liquide 2101F

IV.1 préambule

L'opération de stockage d'ammoniac s'effectue dans deux bacs **T8101** et **2101F**, la capacité de chacun est **20.000 tonnes**, les deux bacs sont équipés d'indicateurs de niveau et de pression. L'ammoniac y est stocké à pression atmosphérique et à une température de **-33°C** ; notre étude s'appuyant sur le bac **II 2101F**.

IV.2 Description de l'équipement

Le bac de stockage **2101F** est situé au niveau de l'unité **U 80II**, Les caractéristiques du bac de stockage d'ammoniac **2101F** figurent ci-dessous.

Tableau IV.1 caractéristique du bac **2101F**.

Caractéristique	Stockage ammoniac
Type d'installation	Bac de stockage à toit fixe
Substance	Ammoniac
Capacité (t)	20 000
Pression (bar)	Atmosphérique
Diamètre de la plus grande connexion (pouces)	14
Densité	0.6705
T service (°C)	-33
Surface d'épanchement maximale (m2)	10.000

IV.3 L'emplacement géographique de l'équipement « bac 2101F »

Le bac est situé au **Nord-Ouest** du complexe comme figuré au-dessous



Figure IV.1 emplacement géographique du bac 2101F

IV .4 La démarche à suivre

Il est indispensable en premier lieu de bien préparer avant d'intervenir dans un espace confiné, plusieurs étapes ont été établie pour faire une pénétration en toute sécurité; après la préparation de pénétration et lors de d'ouverture du trou d'homme du bac, le chef d'entreprise doit analyser avec pertinence les outils de travail susceptibles d'être mis en œuvre en cas d'accident ou incident.

Il y'a eu une intervention au niveau du **bac 2101F (unité de stockage II)** pendant une période de **5 mois (depuis septembre 2015)**.

Il y a plusieurs types de travaux ont été réalisé dans le bac **2101F**, et chaque travail comprend un risque, le cas pratique de notre étude évaluera les mesures préventives/protectives établies par le site **FERTIAL/Arzew**, et également proposera des mesures supplémentaires dans le cadre d'amélioration continue pour des prochaines interventions dans des espaces confinés tel que les bacs de stockages, réacteurs, colonnes...

IV .5 Les Mesures établies par le site FERTIAL/Arzew pour pénétrer au bac 2101F

IV .5 .1 Vidange du bac 2101F

➤ Par bac à bac

- Disposer le circuit de transfert bac à bac.
- Faire la mise à froid des pompes.
- Ouvrir la vanne de refoulement.
- Aviser l'unité **80I**.
- Démarrer la pompe.
- Contrôler le manomètre de refoulement.
- Contrôler l'ampérage de la pompe.
- surveillez la pompe.
- Arrêter la pompe de transfert jusqu'à cavitation.
- Isoler la pompe.

➤ **Par une pompe mobile**

- Vérifier le circuit de transfert Par la pompe.
- Mise à froid de l'installation :
 - Ouvrir les vannes d'aspiration de la pompe et refoulement.
 - Décoller 2eme refoulement
- Démarrage de la pompe :
 - disposer le circuit de la pompe mobile vers le Urne refoulement de la pompe transfert bac à bac
 - Démarrer la pompe.
- Contrôler l'ampérage de la pompe.
- Surveiller la pompe.

➤ **Par une torche mobile**

- Après cavitation de la pompe arrêter cette dernière.
- Isoler la pompe.
- Brancher la torche mobile vers la ligne d'aspiration du compresseur.
- Si les personnes de la torche est prés disposer la vanne vers torche,
- Surveillez le vidange.
- Faire un enregistrement des paramètres de vidange
Après une pression basse dans le bac commencer à inhunifuger le bac à partir du point bas selon les calculs.
- Si la tendance de la pression est diminuée inhunifuger plus de surface du bac.

IV.5 .2 L'inertage du bac 2101F

- Lorsque toute la surface du bac soit enlevé et la tendance de la pression est diminuée brancher l'évaporateur d'azote vers la ligne de purge 2" du bac.
- Disposer tout doucement l'azote vers le bac pour maintenir une pression dans le bac jusqu'à l'extinction de la torche.
- Après l'extinction de la torche arrêter l'injection d'azote.
- Débrancher la torche mobile.
- Reprenez l'injection d'azote (sortie d'azote à partir ligie aspiration des compresseurs).
- Contrôler la pression du bac.
- Contacter laboratoire pour prendre des analyses aux points :

- aspiration pompes.
- aspiration compresseur.

IV .5 .3 Suivre les analyses prises par le laboratoire.

- Si les analyses sont bonnes arrêter l'inertage
- Contacter les mécaniciens pour poser les joints pleins.

IV .5 .4 Démontage des soupes du bac.

- Maintenir l'introduction de l'azote vers le bac
- Fermer la vanne d'isolement des soupapes.
- Démontez les soupapes du bac.

IV.6 La pénétration au bac 2101F

IV.6 .1 Établir un permis de pénétration

Avant toute exécution de travail il faut délivrer un permis de travail qui sert à :

- Identification et l'évaluation des risques.
- Établissement des mesures de prévention, de protection, d'organisation et de coordination.

Il faut joindre un permis de pénétration avec le permis de travail pour la réalisation des tâches au sein du bac.

Exemple d'un permis de travail au niveau de **FERTIAL/Spa (voir Annexe 04)**.

IV.6.2 Ouverture du trou d'homme

- Placer un ventilateur sur le trou d'homme pour introduire l'air dans le bac.
- Ouvrir la vanne d'isolement des soupapes de sécurité pour faire sortir l'air.

IV.6.3 Dotation du personnel par des masques à cartouche

Les gaz et vapeurs tels que NH_3 , H_2S , SO_2 et autres gaz acides (ex. acide sulfurique, chlorhydrique, nitrique) sont retirés de l'air ambiant par adsorption/ absorption (charbon actif imprégné), les particules sont filtrées par le filtre en microfibres de verre.

Le choix du filtre est lié à la nature du danger auquel le travailleur est exposé. On distingue les filtres anti-aérosols (poussières et liquides) et les filtres anti-gaz. Ci-après est visualisée une cartouche combinée: anti-aérosol et anti-gaz.

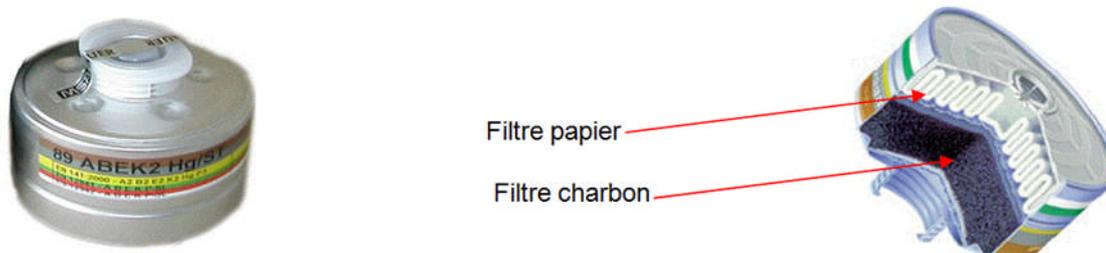


Figure IV.2 Cartouche du masque

IV.6.4 Les analyses de laboratoire

Le chef d'unité fonctionnel demande l'analyse de laboratoire pour assurer une atmosphère saine et pour autoriser la pénétration, il doit avoir :

- Entre **21-23% d'oxygène**.
- **LIE : 0%**.
- **Toxicité : >10% VLE**.

IV.6.5 Obligation du port des EPI

Les **EPI** sont définies par « dispositifs ou moyens destinés à être portés ou tenus par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ou sa sécurité ».

Une procédure a été établie par l'entreprise **FERTIAL** exige à tous les travailleurs le port des **EPI**, adéquat à chaque activité exercée.

IV.7 Évaluations et propositions

FERTIAL a vécu plusieurs accidents dans des espaces confinés tel que la colonne **102EA** au niveau d'unité ammoniac il est également au niveau du **Four F1100** de l'unité ammoniac, après chaque investigation d'accident on trouve une déficience du système de contrôle, de formation et communication...et pour empêcher la reproduire des causes racines de ces accident, il est indispensable d'évaluer les mesures existantes et proposer d'autres mesures comme suivant :

IV.7.1 La procédure de sauvetage

Avant toute intervention en espace confiné, il est indispensable de définir les mesures à mettre en œuvre en cas d'urgence, d'incident ou d'accident. Il est notamment nécessaire d'élaborer une procédure de sauvetage adaptée et de définir les règles d'évacuation du personnel.

Préalablement à toute intervention en espace confiné, les mesures à mettre en œuvre en cas d'urgence, d'incident ou d'accident dû à la présence d'agents chimiques dangereux et notamment les règles d'évacuation du personnel doivent être définies par écrit.

L'employeur ne doit pas délivrer de permis de pénétrer pour un espace confiné tant qu'une procédure de sauvetage adaptée à ce type d'espace confiné n'a pas été élaborée et validée par des exercices pratiques. Une telle procédure doit prévoir :

- les équipements de sauvetage nécessaires qui devront être présents sur place en cas d'accident (équipements de protection individuelle, harnais de sécurité et cordes d'assurance, équipements de récupération, trousse et appareils de premiers secours...),

- par quelle équipe de sauveteurs, bien formés, réalisant des exercices réguliers et connaissant bien les types d'espaces confinés dans lesquels ils pourraient intervenir, le sauvetage sera effectué,
- un plan d'évacuation,
- des appareils d'alarme et de communication.
- Des exercices de sécurité pertinents doivent être organisés à intervalles réguliers.

En cas d'accident consécutif à la présence d'un agent chimique dangereux dans l'espace confiné, seul le personnel formé et régulièrement entraîné pour effectuer un sauvetage dans un espace clos et disposant de tous les équipements de protection individuelle requis pourra pénétrer dans cet espace pour porter secours à une victime s'il est assuré de sa propre sécurité pour cette intervention.

Si l'inspection préalable de la zone d'intervention met en évidence que l'on ne peut extraire une personne inconsciente ou blessée à l'aide d'une longe et en lui laissant son appareil respiratoire, le chef d'entreprise doit prévoir une procédure permettant de garantir un apport respirable à cette personne jusqu'à l'intervention des secours.

Il est recommandé que les personnes autorisées à pénétrer dans un espace confiné aient été formées pour pouvoir donner les premiers soins et assurer une réanimation cardio-respiratoire.

Lors de l'élaboration de la procédure de sauvetage, il faut prendre en compte les difficultés d'intervention dues à un éclairage insuffisant ou inexistant, à la topographie des lieux (dimensions) et les difficultés d'évacuer une victime immobilisée ou inconsciente [15].

IV.7.2 Une visite médicale

- Il faut réaliser des visites médicales régulières.
- Il faut établir en collaboration avec le Médecin du Travail, une fiche individuelle d'exposition par salarié et tenir à jour une liste du personnel exposé.

IV.7.3 Découpage par meule pneumatique

La meuleuse pneumatique fonctionne avec de l'air comprimé provenant d'un compresseur. Avant l'utilisation, elle est raccordée au compresseur chargé en air grâce à un flexible.

Permet un travail facile et sécuritaire ainsi que le meulage sans peine et la séparation de presque toutes les matières [16].



Figure IV.3 meule pneumatique.

IV.7 .4 Baliser la zone de travail

La délimitation de la zone est indispensable lors des travaux dans des espaces confinés,



Figure IV.4 balisage de la zone de travail.

IV.7 .5 Système de badge à l'extérieur du bac

Placer un panneau à l'extérieur du récipient afin que chaque travailleur puisse mettre son badge dedans, pour savoir le nombre des personnes, sa fonction et l'heure de l'entrée

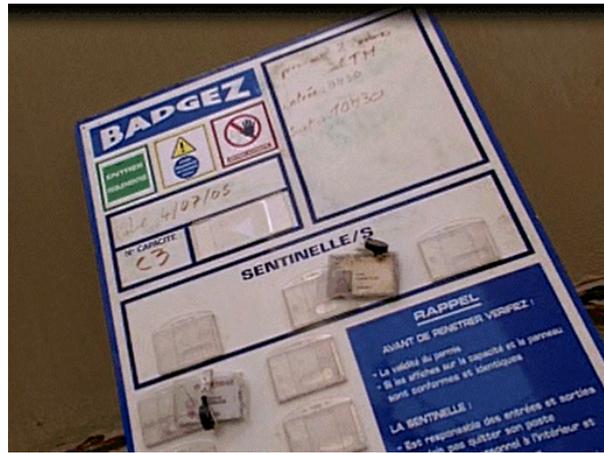


Figure IV.5 panneau de badge.

IV.7 .6 Panneau d'avertissement (signalisation)

Un panneau inhiber l'entrée des personnes non autorisés comme suivant :



Figure IV.6 panneau de signalisation.

IV.7 .7 Dotation le personnel avec des masques à cartouche contre NO_x et CO

Les gaz nitreux (NO & NO₂) ainsi que le monoxyde de carbone (CO) sont retirés par un catalyseur.

IV.7 .8 Utilisation du Balise multi-gaz transportable

La balise multi-gaz transportable est capable de détecter jusqu'à **5 gaz**, concentrant les avantages d'un détecteur fixe dans un appareil transportable, robuste et simple d'utilisation.

Elle est conçue pour protéger les équipes d'intervention aux espaces confinés à risques "gaz" lors de travaux d'inspection, nettoyage industriel, aménagement ou de maintenance.

La balise est dotée d'un feu flash intense à **360°**, ainsi que d'une alarme sonore.

La balise peut également être utilisée en réseau et transmettre ainsi les alarmes d'un appareil à un autre afin d'assurer par exemple un périmètre de sécurité.

Elle peut également commander un relai interne et ordonner aux autres balises de répéter l'alarme [17].



Figure IV.7 Système de balise de détecteur multi-gaz.

IV.7 .9 Proposition d'un outil de contrôle des travaux en espace confiné (informatisé)

À la fin de ce mémoire on a proposé un système asservie de contrôler tous les travaux dans les espaces confinés à un instant **X**, c'est une base de données sur un fichier Excel contenant tous les équipements à espace confiné.

➤ **Avantage de système**

- Facilite la recherche sur l'historique des travaux dans espaces confinés.
- Permettre à la sécurité industrielle de savoir toutes les conditions de travail en cas d'accident de travail dans un espace confiné.
- Eliminer l'enregistrement traditionnel sur papier des permis de pénétration.
- L'outil reste à développer pour réaliser un permis de travail ordinaire format électronique.

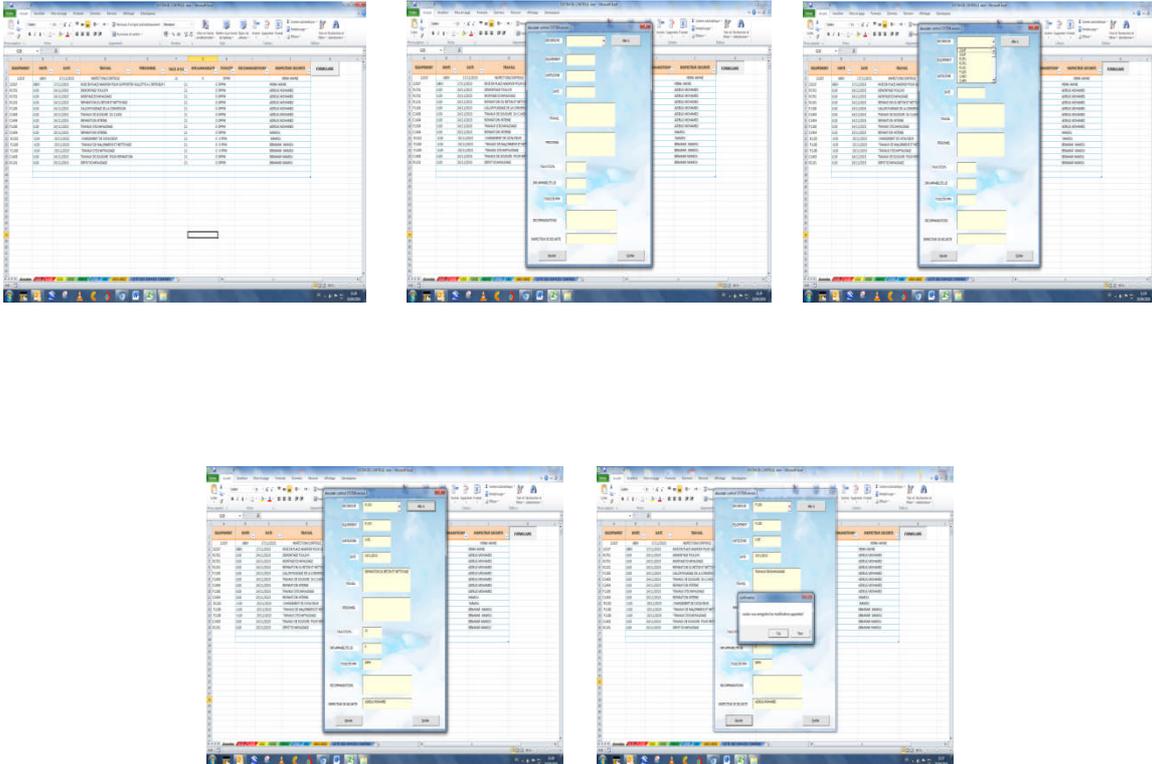


Figure IV.8 Capture d'écran du Système de contrôle.

Conclusion générale

Conclusion générale

Des nombreux personnes sont concernés par les accidents liés au travail en espace confiné dans nombreux secteur d'activités et ces derniers sont exposés aux plusieurs risques à cause d'une atmosphère appauvrie en oxygène, explosive et notamment toxique qui peut provoquer des accidents graves ou mortels.

Pour cela on a choisi ce thème « danger lies aux travaux en espace confiné » pour définir le terme « espace confiné » et quels sont ces types et les risques liés à ce travail et comment intervenir de façon sécuritaire pour éviter les accidents et quelles sont les mesures de prévention et de protection à mettre en œuvre pour diminuer les risques ou tout au moins limiter les conséquences dommageables.

Comme cas pratique on a choisi un bac de stockage d'ammoniac au niveau du complexe des fertilisants d'Algérie « Fertial Arzew », on a situé dans notre travail la démarche d'intervention à cet équipement et ce qu'on a remarqué c'est l'absence de la procédure de sauvetage en cas d'accident ou incident.

En fin de notre mémoire on a proposé un outil informatique qui sert à l'enregistrement des travaux en espace confiné au niveau du complexe Fertial Arzew, on espérant l'amélioration de cet outil pour la délivrance d'un permis de travail électronique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] L' institut national de recherche et de sécurité (INRS) –guide pratique de ventilation N° 8 - ED 703.02/2015 page 4
- [2] Les espaces confinés. INRS, ED 967, 2006. page 5
- [3] Luc Christiaens et al, “ Travaux en espace confiné ”, Comité National d'Action pour la sécurité et l'hygiène dans la Construction, CNAC Dossier N° 141, Bruxelles, navb-cnac Constructiv, 02/2014.
- [4] Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France, INRS ,ND 2098.
- [5] Décret exécutif 91-05 du 19 janvier 1991 relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail
- [6] Principe généraux de ventilation. guide pratique N°0, INRS, ED 695
- [7] ENSPM Formation Industrie - IFP Training H.1.6, 26/04/2005 (SE OPE - 01817_A_F - Rév. 1)
- [8] Beudet, Maurice, Louis Lazure et Luc Ménard. Qualité de l'air en milieu industriel : guide de ventilation. [Québec] : Commission de la santé et la sécurité du travail du Québec, 1998.
- [9] Annabelle Guilleux, Roland Werlé.les espaces confinés « la sécurité et la protection de la santé des personnels intervenants », INRS, ED 6184, août 2014
- [10] Directives concernant les espaces confinés. septembre 2006 (ISBN 1-4249-2315-8)
- [11] Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation, ED 6106, INRS, 2011.
- [12] Signalisation de santé et de sécurité au travail. Réglementation, ED 777.

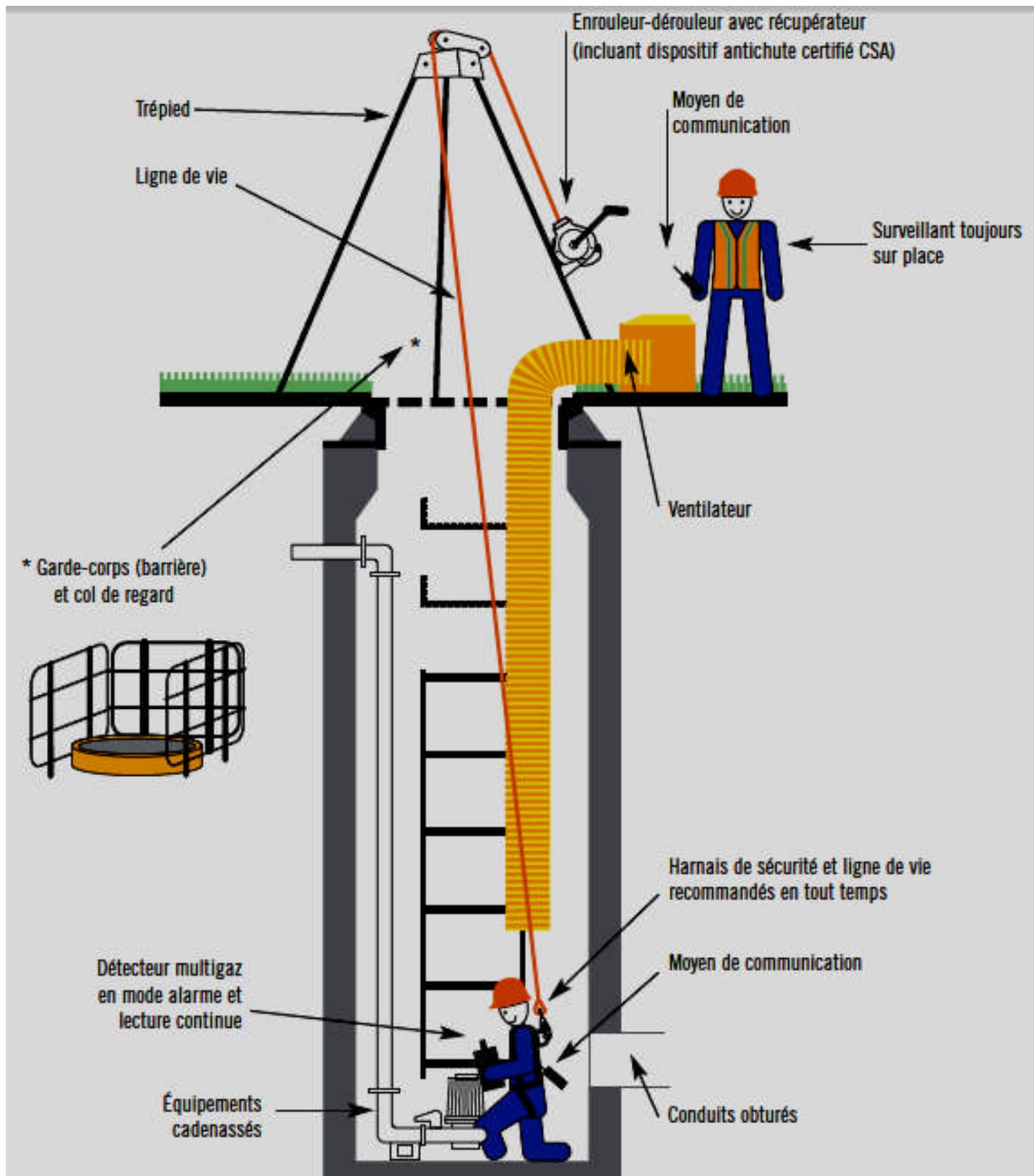
[13] Poulin, Sylvie. Le cadenassage. « Fiche technique / APSAM », no 20. Montréal : APSAM, 2004. 6 p.

[14] Espace confiné, 2DQE 025-S, Sécurité, coordinateur de sécurité (Fertial Arzew/Annaba)

[15] Surveillance et sauvetage lors de l'introduction dans des espaces confinés, administration de la sécurité de travail. Inspection technique, direction des risques chimiques, recommandation suite à un accident Janvier 2002

[16] Liens : <https://meuleuse.ooreka.fr/comprendre/meuleuse-pneumatique>

[17] Liens : <http://www.oldhamgas.com/fr/detecteur-gaz-transmetteur-bm25>



Annexe 01

E X E M P L E

FICHE D'ÉVALUATION DES DANGERS D'UN ESPACE CLOS

Identification de l'espace clos :

1. Entrées et sorties

Emplacement de l'espace clos :

L'entrée est-elle obligatoire?

Options :

À quelle fréquence?

Dimensions des accès :

Dimensions intérieures :

Nombre et emplacements des accès :

Équipements requis pour permettre une évacuation :

Système antichute requis :

Nombre de divisions :

Quelles en sont les dimensions?

Signalisation requise :

Toutes les mesures ont-elles été prises pour interdire l'entrée à une personne non autorisée?

Est-ce que la conception de l'espace clos présente des dangers particuliers (croquis à l'endos, si nécessaire) :

a) pour les travailleurs?

b) pour le sauvetage?

2. Cadenassage des équipements et obturation des conduits

Identification de l'équipement

Type d'énergie

Éléments à cadenasser ou à obturer

1.

2.

3.

Toutes les énergies (électrique, mécanique, hydraulique, chimique, thermique, pneumatique, radioactive, potentielle ou résiduelle) doivent être éliminées, isolées ou dissipées de manière à ne pas porter atteinte à la santé, à la sécurité ou à l'intégrité physique des travailleurs.

3. Évaluation de l'atmosphère

Contenu de l'espace clos (vérifier la fiche signalétique – SIMDUT) :

Atmosphère Inflammable ou combustible LIE ≥ 10 % Poussières Irritante Oxygène ≤ 19,5 % Oxygène ≥ 23 % Gaz toxique

Contaminants spécifiques à détecter :

Doit-on vider l'espace clos?

Doit-on nettoyer l'espace clos?

Doit-on purger l'espace clos?

Ventilation générale requise

Quel est le débit de la ventilation naturelle?

Débit de ventilation de dilution requis :

Nombre, type, capacité et position des ventilateurs requis :

4. Travaux à effectuer

Produits chimiques utilisés (vérifier la fiche signalétique – SIMDUT)

Équipements et outils utilisés

1.

1.

2.

2.

3.

3.

Si soudure ou coupage, détection en continu obligatoire.

Ventilation locale

Débit de ventilation d'extraction requis :

Nombre, type, capacité et position des ventilateurs :

5. Autres dangers évalués dans l'espace clos

Risques biologiques

Autres

Eaux usées Sédiments

Chute

Noyade

Bioaérosols Poussières

Projections

Bruit

Moisissures Rongeurs

Matière à écoulement libre

Équipements

Protection individuelle particulière requise :

Protection respiratoire nécessaire :

Type de respirateur :

Nom et signature de la personne qualifiée responsable :

Date :

EXEMPLE

FICHE DE CONTRÔLE

Localisation et accès des lieux : _____

Profondeur : _____

Nombre de divisions et superficie : _____

Travail à faire : _____ Dangers spécifiques : _____

Vérifications

Fiche d'évaluation des dangers consultée Communications vérifiées

Stratégie d'intervention établie Vidange de l'espace clos effectuée

Fiche de cadenassage consultée Cadenassage exécuté

Ventilation permanente en fonction Temps minimum avant l'entrée : _____ minutes

Signalisation installée

Analyse de l'atmosphère

	Lors d'une alarme	Avant l'ouverture	Après l'ouverture	Après la purge	À l'intérieur
Nombre de prélèvements, fréquence :					
Taux d'oxygène ($19,5\% \leq O_2 \leq 23\%$)					
Gaz inflammables ou combustibles ($\leq 10\%$ LIE)					
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S) (max. 10 ppm)					
Monoxyde de carbone (CO) (max. 35 ppm)					
Autres :					

Ouverture de l'espace clos Installation de moyens d'accès et de sortie

Ventilation

Ventilation mécanique Ventilateurs :

Purge, temps d'attente : _____ minutes Forcée : _____ changements d'air / h

D'extraction Ventilation naturelle

Équipements de protection individuelle

Dispositif de remontée d'urgence Protection respiratoire (spécifier) :

Dispositif antichute Harnais de sécurité pour chacun

Ligne de vie Casque, lunettes, gants, bottes, vêtements de travail

Autres :

Équipements de travail

Machinerie ou outillage

Mesures d'urgence :

Remarques :

Nom et signature des travailleurs

Nom et signature du surveillant

Date

Exemple de permis de travail espace confiné - Référence

1. Renseignements généraux

Fiche d'identification - référence : _____

Localisation et description de l'espace confiné : _____

Description générale des lieux : _____

Travaux à réaliser : _____

Valable duh..... auh.....

Demandé par : _____ Tél. : _____ Signature : _____

Garde de sécurité : _____ Tél. : _____ Signature : _____

Intervenants 1 : _____ Tél. : _____ Signature : _____

2 : _____ Tél. : _____ Signature : _____

3 : _____ Tél. : _____ Signature : _____

8

2. Risques

- Atmosphère: Oxygène < 19% Oxygène > 23 %
- Substance toxique _____ VLE: _____
_____ VLE: _____
- Substance irritante _____ VLE: _____
- Substance explosive _____ LIE: _____
- Hauteur Glissade Électricité Bruit Vibrations Noyade
- Matière pouvant s'écrouler Sédiments putrescibles
- Coincements Contraintes ergonomiques : _____
- Température excessive Froid Humidité Éclairage insuffisant
- Eaux usées Animaux et déjections
- Installations/équipements dangereux Fluides dangereux
- Autres : _____

3. Équipements de protection individuels requis

Protection respiratoire de type : _____ OK Pas OK

Masque isolant de secours à la ceinture OK Pas OK

Harnais + longe OK Pas OK

Lampe frontale OK Pas OK

Casque OK Pas OK

Bottes de sécurité étanches OK Pas OK

Gants de protection OK Pas OK

Veste fluo réfléchissante OK Pas OK

Autre : _____

4. Vérifications préalables à l'intervention

Procédure de secours OK Pas OK

(procédure spécifique)

En cas d'urgence, appelez : _____

Disponibilité des équipements

Ventilateurs OK Pas OK

Détecteurs de gaz OK Pas OK

Potence / Trépied / Point d'ancrage OK Pas OK

Treuil / Enrouleur à récupération OK Pas OK

Harnais + longe OK Pas OK

Chariot à roulettes OK Pas OK

Trousse de secours OK Pas OK

Civière OK Pas OK

Perche OK Pas OK

Outils sur batteries OK Pas OK

Moyens de communication OK Pas OK

Préparation de l'espace

Balisage OK Pas OK

Protection collective antichute OK Pas OK

Installation des moyens d'accès OK Pas OK

Consignations OK Pas OK

(procédure spécifique)

Vidange OK Pas OK

Nettoyage OK Pas OK

Inertage OK Pas OK

5. Mesures spécifiques avant et pendant l'intervention

Ventilation continue

Ventilation mécanique OK Pas OK

Débit requis : m³/min

Durée minimale de purge avant entrée : min

Contrôle de l'atmosphère en continu

Heure	Oxygène min. 19% max 23%	H2S max. 10ppm	CO max. 35 ppm	Substance explosive max. 10% LIE	Autre

6. Après l'intervention

Check out équipements et intervenants OK Pas OK

Fermeture de l'espace confiné OK Pas OK

Déconsignation OK Pas OK

7. Feedback - problèmes éventuels rencontrés
