

Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires pour le traitement du gaz naturel

Introduction

Les Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires (Directives EHS) sont des documents de références techniques qui présentent des exemples de bonnes pratiques internationales¹, de portée générale ou concernant une branche d'activité particulière. Lorsqu'un ou plusieurs États membres participent à un projet du Groupe de la Banque mondiale, les Directives EHS doivent être suivies conformément aux politiques et normes de ces pays. Les Directives EHS établies pour les différentes branches d'activité sont conçues pour être utilisées conjointement avec les **Directives EHS générales**, qui présentent des principes directeurs environnementaux, sanitaires et sécuritaires applicables dans tous les domaines. Les projets complexes peuvent exiger l'application de plusieurs directives couvrant des branches d'activité différentes. La liste complète de ces directives figure à l'adresse suivante : <http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

Les Directives EHS indiquent les mesures et les niveaux de performances qui sont généralement considérés réalisables dans de nouvelles installations avec les technologies existantes à un coût raisonnable. L'application des Directives EHS dans des installations existantes peut nécessiter la définition

¹ C'est-à-dire les pratiques que l'on peut raisonnablement attendre d'experts qualifiés et chevronnés faisant preuve de compétence professionnelle, de diligence, de prudence et de prévoyance dans le cadre de la poursuite d'activités du même type dans des circonstances identiques ou similaires partout dans le monde. Les circonstances que des professionnels qualifiés et chevronnés peuvent rencontrer lorsqu'ils évaluent toute la gamme des techniques de prévention de la pollution et de dépollution applicables dans le cadre d'un projet peuvent inclure, sans toutefois s'y limiter, divers degrés de dégradation environnementale et de capacité d'assimilation de l'environnement ainsi que différents niveaux de faisabilité financière et technique.

d'objectifs spécifiques et l'établissement d'un calendrier adapté pour atteindre ces objectifs. Le champ d'application des Directives EHS doit être fonction des aléas et des risques identifiés pour chaque projet sur la base des résultats d'une évaluation environnementale qui prend en compte des éléments spécifiques au projet, comme les conditions en vigueur dans le pays dans lequel le projet est réalisé, la capacité d'assimilation de l'environnement, et d'autres facteurs propres au projet. La mise en œuvre de recommandations techniques particulières doit être établie sur base de l'opinion professionnelle des personnes ayant les qualifications et l'expérience nécessaires. Si les seuils et normes stipulés dans les réglementations du pays d'accueil diffèrent de ceux indiqués dans les Directives EHS, les plus rigoureuses seront retenues pour les projets menés dans ce pays. Si des niveaux moins contraignants que ceux des Directives EHS peuvent être retenus pour des raisons particulières dans le contexte du projet, une justification détaillée pour chacune de ces alternatives doit être présentée dans le cadre de l'évaluation environnementale du site considéré. Cette justification devra montrer que les niveaux de performance proposés permettent de protéger la santé de la population humaine et l'environnement.

Champ d'application

Les Directives EHS pour le traitement du gaz naturel concernent les installations utilisant le procédé « *Gas to Liquid* » (GTL) consistant à transformer le gaz en un carburant liquide, les installations de production de méthanol et celles de gaz de synthèse, un mélange de monoxyde de carbone et d'hydrogène. L'Annexe A décrit en détail cette branche d'activité. Les questions d'ordre environnemental, sanitaire et sécuritaire

concernant les réservoirs de stockage figurent dans les Directives EHS pour les terminaux pétroliers de pétrole brut et de produits pétroliers.

Section 1.0 — Description et gestion des impacts propres aux activités considérées

Section 2.0 — Indicateurs de performance et suivi des résultats

Section 3.0 - Bibliographie

Annexe A — Description générale des activités

Ce document se compose des sections ci-après :

1.0 Description et gestion des impacts propres aux activités considérées

Cette section résume les questions d'ordre environnemental, sanitaire et sécuritaire qui peuvent se poser aux cours de la phase d'exploitation des installations de traitement du gaz naturel, et elle présente des recommandations sur la manière de les gérer. Les recommandations relatives à la gestion des questions communes à la plupart des projets de grande envergure figurent dans les **Directives EHS générales**.

1.1 Environnement

Les problèmes environnementaux concernant le traitement du gaz naturel sont les suivants :

- Émissions atmosphériques
- Eaux Usées
- Matières dangereuses
- Déchets
- Bruit

Émissions atmosphériques

Émissions fugitives

Les émissions fugitives dans les installations de traitement du gaz naturel sont dues aux fuites provenant des tuyauteries,

vannes, raccords, brides, joints, conduites ouvertes, réservoirs de stockage à toit flottant, joints de pompes, joints de compresseurs, gazoducs, soupapes de détente, réservoirs ou puits ouverts et opérations de chargement/déchargement d'hydrocarbures.

Les principaux polluants sont les composés organiques volatils (COV). Ils peuvent être émis lors du remplissage et de la respiration des réservoirs de stockage ; ils peuvent provenir des joints des réservoirs de stockage à toit flottant, des installations de traitement des eaux usées et des unités de synthèse Fischer-Tropsch, de synthèse du méthanol et de valorisation des produits. Les autres pollutions émises par des sources diffuses sont l'azote gazeux contaminé par les vapeurs de méthanol provenant des installations de stockage du méthanol, le méthane (CH₄), le monoxyde de carbone (CO) et l'hydrogène émis lors de la production de gaz de synthèse et par les installations de synthèse Fischer-Tropsch ou de synthèse du méthanol.

Les mesures recommandées de prévention et de lutte contre les émissions fugitives consistent notamment à :

- Effectuer un suivi régulier des émissions fugitives provenant des tuyauteries, vannes, joints, réservoirs et autres éléments, à l'aide d'équipements de détection de vapeurs. Assurer en priorité la maintenance et le remplacement des composants, comme requis.
- Maintenir la pression dans les réservoirs et conserver un espace pour la vapeur comme indiqué ci-après :
 - Coordonner les opérations de remplissage et de soutirage et équilibrer la vapeur entre les réservoirs (à mesure que le réservoir se remplit, les vapeurs sont expulsées et renvoyées vers la citerne qui se vide ou dans toute autre enceinte de l'installation de récupération de vapeur).

- Utiliser une peinture de couleur blanche – ou toute autre couleur réfléchissante absorbant peu la chaleur – sur la surface externe des réservoirs de stockage de distillats légers (ex. essence, éthanol et méthanol) pour réduire l'absorption de chaleur. L'impact visuel de la couleur des réservoirs ne doit pas être négligé.
- Afin de réduire au minimum les pertes dues au stockage et à la manutention, choisir et concevoir les réservoirs conformément aux normes internationales et considérer par exemple la capacité de stockage et la pression de vapeur des produits stockés².
- Utiliser des systèmes de distribution avec retour des vapeurs, des tuyaux flexibles à récupération de vapeur et des camions-citernes, wagons-citernes et navires étanches pour éviter la dispersion de vapeur lors du chargement et du déchargement.
- Utiliser des quais de chargement par le bas pour le chargement des camions-citernes et wagons-citernes.
- Si les émissions de vapeur dégradent la qualité de l'air ambiant, ou contribuent à cette dégradation, dans des proportions incompatibles avec les normes sanitaires, procéder à des opérations de traitement des émissions secondaires, telles que condensation et récupération de

vapeur, traitements par oxydation catalytique, combustion de vapeur ou utilisation de matériaux absorbant les gaz.

Gaz à effet de serre (GES)

Les installations de production de gaz de synthèse émettent de grandes quantités de dioxyde de carbone (CO₂), en particulier lors de l'épuration du CO₂ et de la combustion (ex. production d'énergie électrique et incinération des sous-produits). Les mesures recommandées d'économie d'énergie et de gestion des émissions de gaz à effet de serre figurent dans les **Directives EHS générales**. Dans les installations intégrées, les opérateurs doivent adopter une démarche globale lors du choix des procédés et des technologies.

Gaz d'échappement

Les gaz d'échappement provenant de la combustion de gaz ou d'autres hydrocarbures dans les turbines, les chaudières, les compresseurs, les pompes et autres machines de production de chaleur et d'électricité sont une source importante d'émissions atmosphériques des installations de traitement du gaz naturel. L'incinération des sous-produits oxygénés dans les procédés GTL produit également du CO₂ et des oxydes d'azote (NO_x).

Les directives concernant les émissions produites par les opérations de combustion associées aux activités de cogénération d'énergie électrique ou mécanique, de vapeur et/ou de chaleur, indépendamment du type de carburant utilisé et dotées d'une capacité nominale totale de 50 mw, sont présentées dans les **Directives EHS générales**. Les recommandations relatives aux installations électriques de plus grande taille sont présentées dans les **Directives EHS pour l'électricité thermique**.

Les émissions liées au fonctionnement de ces installations doivent être réduites au minimum grâce à l'adoption d'une stratégie globale alliant réduction des besoins en énergie, utilisation de carburants plus propres et installation de dispositifs

² Exemples : norme api 620 : design and construction of large, welded, low-pressure storage tank (2002), norme api 650 : welded steel tanks for oil storage (1998) et norme de l'union européenne (ue) en 12285-2:2005. Réservoirs en acier fabriqués en atelier - Partie 2 : Réservoirs horizontaux cylindriques à simple et double paroi pour le stockage aérien de liquides inflammables et non inflammables polluant l'eau (2005). Exemple : selon la Norme API 650 (*Welded Steel Tanks for Oil Storage* – 1998), les réservoirs neufs, modifiés ou réaménagés d'une capacité supérieure ou égale à 40 000 gallons contenant des liquides dont la pression de vapeur est supérieure ou égale à 0,75 psi, mais inférieure à 11,1 psi, ou d'une capacité supérieure ou égale à 20 000 gallons contenant des liquides dont la pression de vapeur est supérieure ou égale à 4 psi, mais inférieure à 11,1 psi doivent être équipés : soit d'un toit fixe associé à un toit flottant interne avec un joint mécanique primaire hydrostatique, soit d'un toit flottant externe avec un joint mécanique primaire hydrostatique, un joint de bordure secondaire continu (les deux joints respectant des limites minimales d'écart) et des couvercles munis de joints d'étanchéité sur les raccords du toit, soit d'évents fermés et de dispositifs de contrôle à 95 % d'efficacité. Voir également la Norme 2610 de l'API (*American Petroleum Institute*) : *Design, Construction, Operation, and Maintenance of Terminal and Tank Facilities* (2005).

de lutte contre les émissions. Des recommandations sur l'utilisation rationnelle de l'énergie figurent dans les **Directives EHS générales**.

Dégazage et torchage

Dans les installations de traitement du gaz naturel, le torchage et le dégazage sont des mesures de sécurité importantes visant à assurer que les gaz sont éliminés en toute sécurité en cas d'urgence, de coupure d'électricité, de panne d'équipement ou autre situation de fonctionnement anormal des installations. Les matières premières inaltérées et les sous-produits combustibles gazeux sont également éliminés par dégazage et torchage. En règle générale, les gaz excédentaires ne doivent pas être rejetés dans l'atmosphère mais être acheminés vers un système efficace de torchage.

Les méthodes recommandées pour réduire au minimum les émissions atmosphériques dues au dégazage et au torchage sont les suivantes :

- Optimiser les contrôles au niveau de l'usine pour améliorer les taux de conversion des réactions.
- Recycler les matières premières inaltérées et les sous-produits combustibles gazeux dans les procédés ou, dans la mesure du possible, utiliser ces gaz pour la production d'énergie ou la récupération de chaleur.
- Prévoir des systèmes de secours pour assurer une fiabilité maximale de l'usine.
- Implanter le système de torchage à une distance suffisante des zones d'habitation ou autres récepteurs potentiels et assurer la maintenance du système pour le garder à un haut niveau d'efficacité.

Un rejet dans l'atmosphère en situation d'urgence peut être acceptable dans certaines conditions, lorsqu'il n'est pas possible de brûler le gaz à la torche. Le procédé GTL peut produire par exemple des effluents contenant de fortes

concentrations de dioxyde de carbone qui, s'ils étaient brûlés à la torche, conduiraient à l'extinction de la flamme. Le rejet dans l'atmosphère de ces effluents est donc acceptable, dans la mesure où les conditions de sécurité sont respectées. Les méthodes classiques d'évaluation des risques permettent d'analyser de telles situations. Si l'on décide de ne pas utiliser un système de torchage, il convient de justifier pleinement cette décision, documents à l'appui, avant d'envisager d'adopter un dispositif d'urgence de rejet des gaz.

Eaux Usées

Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles et autres eaux usées qui peuvent contenir des hydrocarbures dissous, des composés oxygénés et autres contaminants doivent être traitées sur site. Les mesures recommandées de gestion des eaux usées industrielles consistent notamment à :

- Prévenir et lutter contre les rejets accidentels de liquides grâce aux visites de contrôle et à la maintenance des systèmes de stockage et de convoyage, notamment au niveau des presse-étoupe des pompes et vannes et autres endroits susceptibles de présenter des fuites. Mettre en œuvre des plans de gestion des déversements.
- Prévoir des collectes suffisantes de fluides industriels pour maximiser leur recyclage dans la production et éviter leur rejet massif dans le système de drainage des eaux huileuses.
- Concevoir et construire, pour les eaux usées et les matières dangereuses, des bassins de confinement dont les surfaces sont étanches, afin de prévenir toute infiltration d'eau contaminée dans le sol et la nappe phréatique.

Les recommandations spécifiques à prendre en compte pour la gestion des flux individuels d'eaux usées sont les suivantes :

- Les amines résultant de l'épuration alcaline du dioxyde de carbone, située en aval de l'unité de gazéification, doivent être collectées dans un circuit d'évacuation fermé et réservé à cet effet. Après filtration, elles seront recyclées dans le procédé, dans la mesure où elles ne sont pas contaminées lors de leur déversement ou collecte.
- L'effluent aqueux provenant de la colonne de distillation de l'unité de synthèse Fischer-Tropsch contient des hydrocarbures dissous et des composés oxygénés, notamment des alcools, des acides organiques et des petites quantités de cétones. Il doit être recirculé/réinjecté (?) dans la ligne de synthèse afin de récupérer ces composés.
- Les effluents acides et alcalins provenant de la préparation d'eau déminéralisée dépendent de la qualité de l'eau brute que nécessite le procédé. Ils doivent être neutralisés avant d'être envoyés dans le système de traitement des eaux usées de l'unité.
- Les effluents résultant des purges des circuits de production de vapeur et des tours de refroidissement doivent être refroidis avant rejet. L'eau de refroidissement contenant des biocides ou autres additifs pourra nécessiter un ajustement des doses ou un traitement dans l'unité de l'usine avant rejet.
- Le nettoyage programmé lors de la révision de l'usine (ce nettoyage est généralement effectué une fois par an et peut durer quelques semaines) produit de l'eau contaminée par les hydrocarbures. Cet effluent ainsi que les effluents contenant des hydrocarbures provenant des fuites et les effluents contenant des métaux lourds provenant des lits fixes ou fluidisés doivent être décontaminés dans le système de traitement des eaux usées de l'usine.

Traitement des eaux usées industrielles

Les techniques de traitement des déchets liquides de cette branche d'activité sont la séparation à la source et le prétraitement des flux concentrés d'eaux usées. Le traitement des eaux usées donne généralement recours à : des bacs à graisses, des écumeurs, la flottation à air dissous, des séparateurs huile/eau qui permettent de séparer les huiles des solides flottables, des systèmes de filtration permettant de récupérer les solides filtrables, des systèmes de répartition des flux et des charges, la sédimentation des solides en suspension dans des clarificateurs, des traitements biologiques, le plus souvent aérobies, qui permettent de réduire la quantité de matière organique soluble (DBO), l'élimination des produits chimiques ou des nutriments biologiques en vue de la réduction des quantités d'azote et de phosphore, la chloration des effluents si une décontamination s'avère nécessaire, la déshumidification et l'élimination des résidus dans des décharges destinées spécifiquement aux déchets dangereux. Des mesures de contrôle d'ingénierie supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires pour : i) contenir et traiter les composés organiques volatils récupérés après traitement des eaux usées issues de diverses opérations industrielles ; ii) éliminer les composés organiques récalcitrants et les ingrédients actifs à l'aide de charbon actif ou par oxydation chimique avancée ; iii) réduire la toxicité des effluents à l'aide de technologies adaptées (osmose inversée, échange d'ions, charbon actif, etc.) ; iv) contenir et neutraliser les nuisances olfactives.

La gestion des eaux industrielles est traitée dans les **Directives EHS générales**, qui présentent des exemples de modes de traitement. En ayant recours à ces technologies et en suivant les bonnes pratiques en matière de gestion des eaux usées, les installations devraient satisfaire aux directives pour les valeurs des décharges des eaux usées portées dans le tableau pertinent de la section 2 du document pour cette branche d'activité. Des recommandations pour réduire la consommation

d'eau, en particulier dans les sites où les ressources naturelles en eau sont limitées, sont fournies dans les **Directives EHS générales**.

Autres eaux usées et consommation d'eau

Les directives sur la gestion des eaux usées non contaminées provenant des équipements sanitaires, des eaux de pluies non contaminées, et des eaux d'égout sont présentées dans les **Directives EHS générales**. Les écoulements d'eau contaminée doivent être acheminés de manière à passer par le système de traitement des eaux usées industrielles. Des directives spécifiques sont fournies dans les paragraphes suivants.

Eaux de ruissellement : La contamination des eaux de ruissellement peut être due aux déversements de liquides industriels. Les installations de traitement du gaz naturel doivent prévoir des enceintes de confinement secondaire dans les zones de manutention des liquides, séparer les eaux de ruissellement contaminées et non contaminées, mettre en œuvre des plans de contrôle des déversements et acheminer les eaux de ruissellement des zones de production vers le système de traitement des eaux usées.

Le refroidissement à l'eau peut entraîner une forte consommation d'eau, à quoi peuvent s'ajouter des rejets d'eau de température élevée ainsi que des résidus de biocides et d'autres agents antisalissure utilisés dans le procédé de refroidissement. Les stratégies recommandées pour la gestion de l'eau de refroidissement sont examinées dans les **Directives EHS générales**.

- Adopter des mesures d'économies d'eau pour les systèmes de refroidissement, comme mentionné dans les **Directives EHS générales**.
- Utiliser des méthodes de récupération de la chaleur (et améliorer les rendements énergétiques) ou autres méthodes de refroidissement permettant de réduire la

température de l'eau avant le rejet et s'assurer que la température de l'eau évacuée n'entraîne pas une augmentation de plus de 3°C de la température ambiante à la limite d'une zone de mélange définie scientifiquement et en tenant compte de la qualité de l'eau ambiante, de l'utilisation des eaux réceptrices, des récepteurs potentiels et de la capacité d'assimilation de l'environnement.

- Réduire au minimum l'utilisation d'agents antisalissures et de produits chimiques anticorrosion en captant l'eau à une profondeur appropriée et en utilisant des crépines. Choisir des solutions moins dangereuses en termes de toxicité, biodégradabilité, biodisponibilité et bioaccumulation et appliquer les doses conformément à la législation en vigueur et aux recommandations du fabricant.
- Effectuer des tests sur les résidus de biocides et autres polluants afin de déterminer si les doses doivent être ajustées ou si l'eau de refroidissement doit être traitée avant le rejet.

Eaux pour essais hydrostatiques : Les essais hydrostatiques consistent à mettre les équipements et tuyauteries sous pression d'eau (en général de l'eau brute filtrée) pour vérifier leur intégrité et détecter des fuites éventuelles. Des additifs chimiques (généralement un inhibiteur de corrosion, un désoxygénant et un colorant) sont souvent employés. Dans le cadre de la gestion des eaux des essais hydrostatiques, il importe de prendre des mesures de prévention et de dépollution qui consistent à :

- Économiser l'eau en la réutilisant pour plusieurs tests afin de réduire au minimum les rejets d'effluents potentiellement contaminés.
- Réduire l'emploi d'inhibiteurs de corrosion et autres produits chimiques en minimisant le temps pendant lequel l'eau des essais reste dans les équipements ou le gazoduc ;

- Choisir des solutions moins dangereuses en termes de toxicité, biodégradabilité, biodisponibilité et bioaccumulation et appliquer les doses conformément à la législation en vigueur et aux recommandations du fabricant.

Si l'immersion des eaux d'essais hydrostatiques en mer ou dans des eaux de surface est la seule option possible, il convient d'établir un plan d'évacuation de ces eaux couvrant l'emplacement des points d'immersion en mer ou dans les eaux de surface, le taux de déversement, l'utilisation (le cas échéant) de produits chimiques, les risques écologiques et les opérations de contrôle requises. L'immersion dans les eaux côtières peu profondes est à éviter.

Matières dangereuses

Les installations de traitement du gaz naturel consomment et produisent des quantités importantes de matières dangereuses, qu'il s'agisse de matières premières ou intermédiaires ou de produits finis. La manutention, le stockage et le transport de ces matières doivent s'effectuer dans des conditions appropriées, afin de prévenir ou de limiter tout impact sur l'environnement et la santé. Les pratiques recommandées en matière de gestion et en particulier de manutention, de stockage et de transport des matières dangereuses sont présentées dans les **Directives EHS générales**.

Déchets

Déchets non dangereux

Les déchets industriels non dangereux sont en particulier les tamis moléculaires usagés des installations de séparation des gaz de l'air et les déchets domestiques. Le contenu des poubelles de bureau, les emballages usagés, les gravats de construction et la ferraille sont également des déchets non dangereux. Les pratiques recommandées en matière de gestion, de stockage et d'élimination des déchets non

dangereux sont présentées dans les **Directives EHS générales**.

Déchets dangereux

Les déchets sont classifiés comme dangereux en fonction de leurs caractéristiques, de leur source et de la réglementation en vigueur. Dans les procédés GTL, les déchets dangereux sont par exemple les boues biologiques, les catalyseurs et huiles usagés, les solvants et les filtres (ex. filtres à charbon actif et boues huileuses des séparateurs huile/eau), les récipients usagés et les chiffons huileux, le white-spirit, les adoucissants usagés, les amines ayant servi à l'élimination du CO₂ et les déchets de laboratoire. Les pratiques recommandées en matière de gestion des déchets dangereux sont présentées dans les **Directives EHS générales**. Les mesures spécifiques à cette branche d'activité sont décrites dans ce qui suit.

Catalyseurs usagés : les catalyseurs usagés résultant des procédés GTL sont produits lors des remplacements programmés dans les réacteurs de désulfuration du gaz naturel, les réacteurs et fours de reformage, les réacteurs de synthèse Fischer-Tropsch et les réacteurs d'hydrocraquage doux. Les catalyseurs usagés peuvent contenir du zinc, du nickel, du fer, du cobalt, du platine, du palladium et du cuivre, selon le procédé dans lequel ils sont utilisés. Les stratégies de gestion recommandées pour les catalyseurs usés sont les suivantes :

- Bonne gestion du site, notamment immersion des catalyseurs pyrophoriques usés durant l'entreposage temporaire et le transport jusqu'au site du traitement ultime pour éviter des réactions exothermiques incontrôlées ; et
- Retour au fabricant pour régénération.
- Gestion sur le site par des entreprises spécialisées qui peuvent soit récupérer les métaux lourds ou les métaux précieux en utilisant dans la mesure du possible des procédés de récupération et de recyclage, soit gérer les catalyseurs usés ou leurs composants non récupérables

suivant les méthodes de gestion des déchets industriels dangereux et non dangereux recommandées dans les **Directives EHS générales**. Les catalyseurs contenant du platine ou du palladium doivent être envoyés dans une installation de récupération des métaux précieux.

Fractions lourdes : Les fractions lourdes issues de la purification du méthanol sont en général brûlées dans des chaudières à vapeur, à l'aide d'un brûleur spécial.

Bruit

Les sources de bruit les plus courantes dans les installations de traitement de gaz naturel sont les machines tournantes de grande taille (telles que compresseurs et turbines, pompes, moteurs électriques, refroidisseurs d'air, réchauffeurs à combustibles). Lors de dépressurisations en urgence, les niveaux élevés de bruit sont dus aux gaz sous haute pression envoyés dans les torches, ou aux rejets de vapeur dans l'atmosphère. Les pratiques recommandées en matière de gestion du bruit sont présentées dans les **Directives EHS générales**.

1.2 Hygiène et sécurité au travail

Les risques qui peuvent se poser dans le domaine de l'hygiène et de la sécurité au travail propres à l'installation doivent être identifiés dans le cadre d'une analyse de la sécurité au travail ou d'une évaluation globale des dangers et des risques effectuées par des méthodes approuvées, par exemple une étude d'identification des risques [HAZID], une étude de risques et d'opérabilité [HAZOP], ou une évaluation quantitative des risques [QRA].

De manière générale, la planification des mesures de gestion de la santé et de la sécurité doit suivre une démarche systématique et structurée visant à prévenir et à maîtriser les risques physiques, chimiques et biologique pour la santé et la sécurité,

tels qu'ils sont décrits dans les **Directives EHS générales** (Hygiène et sécurité au travail).

Les risques les plus significatifs en matière d'hygiène et de sécurité au travail sont associés à l'exploitation des installations de traitement de gaz naturel et rentrent dans les catégories suivantes :

- Sécurité des opérations
- Rejets gazeux enrichis en oxygène
- Atmosphères pauvres en oxygène
- Risques chimiques

Sécurité des opérations

Des protocoles garants de la sécurité des opérations doivent être suivis en raison des caractéristiques propres à cette branche d'activité, qui fait intervenir des réactions chimiques complexes, l'utilisation de matières dangereuses (ex. matières toxiques, réactives, inflammables ou explosives) et des réactions organiques à plusieurs étapes. Pour gérer la sécurité des opérations, il importe de prendre des mesures pour :

- Évaluer les dangers physiques que les matériaux utilisés et les réactions chimiques peuvent présenter ;
- Réaliser des analyses des risques liés aux pratiques de chimie industrielle et d'ingénierie utilisées, y compris en matière de thermodynamique et de cinétique ;
- Examiner les procédures d'entretien préventif et l'intégrité mécanique des installations et des équipements industriels ;
- Former les opérateurs.
- Formuler des consignes d'exploitation et des procédures d'intervention d'urgence.

Rejets gazeux enrichis en oxygène

Les fuites de gaz enrichi en oxygène provenant des installations de séparation des gaz de l'air peuvent présenter un risque d'incendie. Les atmosphères enrichies imprègnent d'oxygène les matériaux, les cheveux et les vêtements, qui peuvent alors s'enflammer brusquement en présence d'une étincelle. Les techniques recommandées de prévention et de lutte contre les expositions sur site et hors site à des atmosphères enrichies en oxygène consistent à :

- Installer un système d'arrêt d'urgence automatique qui détecte et rapporte tout dégagement incontrôlé d'oxygène (notamment dans les zones de travail³). Ce système permet de limiter la durée des dégagements et élimine les sources potentielles d'inflammation.
- Concevoir les installations et les composants conformément aux normes de sécurité industrielle applicables : éviter d'installer les conduites d'oxygène dans des endroits confinés, utiliser des installations électriques à sécurité intrinsèque et utiliser dans toute l'usine des systèmes d'extraction d'oxygène qui prennent en compte les effets potentiels des gaz extraits.
- Mettre en œuvre des procédures de permis pour tout travail à chaud ou accès dans des espaces confinés qui prennent spécifiquement en compte le dégagement potentiel d'oxygène.
- Mettre en œuvre les bonnes pratiques de nettoyage afin d'éviter toute accumulation de matières combustibles.
- Planifier et mettre en œuvre des mesures de préparation et de réponse d'urgence qui comportent spécifiquement des procédures de gestion des rejets d'oxygène non contrôlés.

³ Les zones de travail présentant un risque d'être exposées à des atmosphères enrichies en oxygène doivent être équipées de système de surveillance capables de détecter ces situations. Les opérateurs devront également être équipés de systèmes personnels de détection. Ces deux types d'équipements doivent comporter un seuil d'alarme réglé à une concentration de 23,5 % O₂ dans l'air.

- Fournir des équipements appropriés de protection et de lutte contre les incendies (voir Section « Incendie et explosion »).

Atmosphères pauvres en oxygène

Les rejets et l'accumulation d'azote gazeux dans les zones de travail peuvent créer une atmosphère asphyxiante due au déplacement de l'oxygène, chassé par l'azote. Les mesures recommandées de prévention et de contrôle des dégagements de gaz asphyxiants consistent notamment à :

- Concevoir et installer les systèmes d'extraction d'azote conformément aux normes industrielles applicables.
- Installer un système d'arrêt d'urgence automatique qui détecte et rapporte tout dégagement incontrôlé d'azote (notamment la présence d'une atmosphère pauvre en oxygène dans les zones de travail⁴), déclenche la ventilation forcée et limite la durée des dégagements.
- Mettre en œuvre des procédures d'accès dans les espaces confinés comme stipulé dans les **Directives EHS générales** en prenant en compte les dangers spécifiques à l'unité.

Risques chimiques

Les expositions aux produits chimiques dans les installations de traitement du gaz naturel proviennent en particulier des dégagements de monoxyde de carbone et de méthanol. Les risques d'exposition aux substances et composés chimiques durant l'exploitation normale des installations doivent être gérés à la lumière des résultats d'une étude sur la sécurité et l'hygiène du travail et conformément aux directives en la matière qui figurent dans les **Directives EHS générales**. Les mesures de protection comprennent la formation du personnel, l'octroi d'un

⁴ Les zones de travail présentant un risque d'être exposées à des atmosphères pauvres en oxygène doivent être équipées de système de surveillance capables de détecter ces situations. Les opérateurs devront également être équipés de systèmes personnels de détection. Ces deux types d'équipements doivent comporter un seuil d'alarme réglé à une concentration de 19,5 % O₂ dans l'air.

permis de travail, l'utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI) et l'installation de systèmes de détection des gaz dotés d'alarmes.

Incendie et explosion

Les risques d'incendie et d'explosion sont dus au dégagement accidentel de gaz de synthèse (composé de monoxyde de carbone et d'hydrogène), d'oxygène et de méthanol. Les dégagements de gaz de synthèse sous haute pression peuvent déclencher des « feux propulsés », l'explosion d'un nuage de gaz, des boules de feu ou des incendies instantanés, en fonction de la quantité de matières inflammables présentes et du degré de confinement du nuage. L'hydrogène, le méthane et le monoxyde de carbone à l'état gazeux peuvent s'enflammer spontanément, si leurs températures dépassent les points d'auto-inflammation de 500 °C, 580 °C et 609 °C, respectivement. Les déversements de liquides inflammables peuvent déclencher des feux en nappe.

Les mesures recommandées de prévention et de contrôle des incendies et des explosions dus aux opérations de transformation consistent notamment à :

- Installer des moyens de détection précoce des dégagements, comme le suivi de la pression dans les circuits de transport des gaz et des liquides, en complément des détecteurs de fumée et de chaleur des systèmes anti-incendie.
- Limiter les fuites en provenance des stocks : séparer dans l'usine les zones de production et celles de stockage important de produits.
- Supprimer les sources potentielles d'inflammation (ex. concevoir le tracé des tuyauteries de manière à éviter les déversements sur des tuyaux ou équipements à haute température ou des machines rotatives).
- Limiter les conséquences des incendies ou des explosions en séparant les zones de production, les zones de

stockage, les utilités et les zones sécurisées. Concevoir, construire et faire fonctionner les installations conformément aux normes internationales⁵ de prévention et de contrôle des risques d'incendies et d'explosions : respecter les distances de sécurité entre les réservoirs de l'installation et entre l'installation et les bâtiments voisins, prévoir une réserve d'eau de refroidissement supplémentaire pour les réservoirs adjacents ou mettre en œuvre toute autre méthode de gestion des risques⁶.

- Limiter les zones pouvant être accidentellement touchées par les déversements :
 - Définir des zones de feu et équiper ces zones d'un système de drainage permettant de récupérer les rejets accidentels de liquides inflammables pour les acheminer vers une zone sécurisée comprenant des réservoirs de stockage munis d'enceintes de confinement secondaire.
 - Installer des murs de séparation contre les incendies et les explosions dans les zones où il est impossible de respecter les distances de sécurité.
 - Concevoir les réseaux d'évacuation des eaux usées huileuses de manière à éviter la propagation des incendies.

1.3 Santé et sécurité de la population

Les risques les plus graves que les installations de traitement du gaz naturel présentent pour la santé et la sécurité de la population se posent lors de la phase opérationnelle et sont dus aux risques d'incendies et d'explosions dans l'usine ainsi qu'aux rejets accidentels de matières premières ou de produits finis lors du transport hors de l'unité de fabrication. Les directives

⁵ D'autres recommandations visant à limiter les expositions à l'électricité statique et à la foudre sont présentées dans api recommended practice 2003: protection against ignitions arising out of static, lightning, and stray currents (1998).

⁶ Les distances à respecter à des fins de sécurité peuvent aussi être basées sur les normes des associations professionnelles et commerciales, des prestataires de services d'assurance et les chiffres établis par des analyses de sécurité spécifiques.

concernant la gestion de ces questions sont présentées dans les sections pertinentes des **Directives EHS générales**, à savoir : sécurité du transport, transport de matières dangereuses et préparation à des situations d'urgence et interventions en cas d'urgence.

De plus amples recommandations concernant les transports par mer et les transports ferroviaires ainsi que les installations côtières figurent dans les directives EHS pour les transports maritimes, pour les transports ferroviaires, pour les ports et les terminaux et pour les terminaux pétroliers de pétrole brut et de produits pétroliers.

2.0 Indicateurs de performance et suivi des résultats

2.1 Environnement

Directives pour les émissions et les effluents

Les tableaux 1 et 2 présentent les directives pour les émissions et les effluents dans cette branche d'activité. Les valeurs indiquées pour les émissions et les effluents industriels dans cette branche d'activité correspondent aux bonnes pratiques internationales dans ce domaine, telles qu'exprimées par les normes pertinentes des pays qui ont des cadres réglementaires reconnus. Ces directives sont réalisables, dans des conditions d'exploitation normales, dans les établissements conçus et exploités de manière appropriée qui appliquent les techniques de prévention et de contrôle de la pollution examinées dans les sections précédentes de ce document. Les directives concernant les émissions produites par les opérations de combustion associées aux activités de cogénération de centrales ayant une puissance installée ne dépassant pas 50 MWth figurent dans les **Directives EHS générales** ; les émissions des centrales électriques de plus grande taille sont présentées dans les **Directives EHS pour l'électricité thermique**. Des informations sur les conditions ambiantes

basées sur la charge totale des émissions sont présentées dans les **Directives EHS générales**.

Les valeurs de référence relatives aux effluents s'appliquent aux effluents traités directement rejetés dans les eaux de surface destinées à un usage général. Des niveaux de rejet propres à chaque site peuvent être définis en fonction des conditions d'utilisation des systèmes publics de collecte et de traitement des eaux d'égout, le cas échéant, ou, dans le cas des effluents rejetés directement dans les eaux de surface, sur la base de la classification des usages des ressources en eau décrites dans les directives EHS générales. Les valeurs indiquées au tableau 1 doivent être relevées, pour des effluents non dilués, pendant au moins 95 % du temps d'exploitation de l'usine ou de l'unité considérée, calculé sur la base du nombre annuel d'heures d'exploitation. Tout écart par rapport à ces valeurs limites qui tiendrait à des conditions locales propres au projet considéré doit être justifié dans l'évaluation environnementale.

Suivi des impacts environnementaux

Des programmes de suivi des impacts environnementaux dans cette branche d'activité doivent être mis en place de manière à couvrir toutes les activités susceptibles d'avoir des impacts environnementaux importants dans des conditions normales ou anormales d'exploitation. Les activités de suivi des impacts environnementaux doivent être basées sur des indicateurs directs ou indirects d'émissions, d'effluents, et d'utilisation des ressources applicables au projet considéré.

Les activités de suivi doivent être suffisamment fréquentes pour fournir des données représentatives sur les paramètres considérés. Elles doivent être menées par des personnes ayant reçu la formation nécessaire à cet effet, suivant des procédures de suivi et de tenue des statistiques et utilisant des instruments bien calibrés et entretenus. Les données produites par les activités de suivi doivent être analysées et examinées à intervalles réguliers et comparées aux normes d'exploitation afin

de permettre l'adoption de toute mesure corrective nécessaire.

De plus amples informations sur les méthodes
d'échantillonnage et d'analyse des émissions et des effluents
applicables figurent dans les **Directives EHS générales**.

publiées par les États membres de l'Union européenne¹⁰, ou d'autres sources similaires.

Tableau 1. Émissions atmosphériques applicables aux installations de traitement du gaz naturel^a

Polluant	Unité	Valeur donnée dans les directives
NOX	mg/Nm ³	150 ^b 50 ^c
SO ₂	mg/Nm ³	75
Particules en suspension (PM ₁₀)	mg/Nm ³	10
COV	mg/Nm ³	150
CO	mg/Nm ³	100
a. Gaz sec à 15 % d'oxygène b. La valeur de 150 mg/NM ³ de NO _x est applicable aux unités ayant une puissance calorifique totale ne dépassant pas 300 MW. c. La valeur de 50 mg/NM ³ de NO _x est applicable aux unités ayant une puissance calorifique totale supérieure à 300 MW.		

2.2 Hygiène et sécurité au travail

Directives sur l'hygiène et la sécurité au travail

Les résultats obtenus dans le domaine de l'hygiène et de la sécurité au travail doivent être évalués par rapport aux valeurs limites d'exposition professionnelle publiées à l'échelle internationale, comme les directives sur les valeurs limites d'exposition (TLV®) et les indices d'exposition à des agents biologiques (BEIs®) publiés par American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)⁷, *Pocket Guide to Chemical Hazards* publié par United States National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH)⁸, les valeurs plafonds autorisées (PEL) publiées par Occupational Safety and Health Administration of the United States (OSHA)⁹, les valeurs limites d'exposition professionnelle de caractère indicatif

⁷ Consulter: <http://www.acgih.org/TLV/> et <http://www.acgih.org/store/>

⁸ Consulter: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

⁹ Consulter : http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

Table 2. Effluents applicables aux installations de traitement du gaz naturel

Polluant	Unité	Valeur donnée dans les directives
Ph	--	6-9
DBO ₅	mg/l	50
DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE (DCO)	mg/l	150
MES	mg/l	50
Huiles et graisses	mg/l	10
Cadmium	mg/l	0.1
Chlore total résiduel	mg/l	0.2
Chrome (total)	mg/l	0.5
Cuivre	mg/l	0.5
Fer	mg/l	3
Zinc	mg/l	1
Cyanure Libre Total	mg/l	0.1 1
Plomb	mg/l	0.1
Nickel	mg/l	1.5
Métaux lourds totaux	mg/l	5
Phénol	mg/l	0.5
Azote	mg/l	40
Phosphore	mg/l	3

Fréquence des accidents mortels et non mortels

Il faut s'efforcer de ramener à zéro le nombre d'accidents du travail dont peuvent être victimes les travailleurs (employés et sous-traitants) dans le cadre d'un projet, en particulier les accidents qui peuvent entraîner des jours de travail perdus, des lésions d'une gravité plus ou moins grande, ou qui peuvent être mortels. Il est possible de comparer les chiffres enregistrés pour les installations des projets à ceux d'installations de pays développés opérant dans la même branche d'activité présentés

¹⁰ Consulter: http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

dans des publications statistiques (par exemple US Bureau of Labor Statistics et UK Health and Safety Executive)¹¹.

Suivi de l'hygiène et de la sécurité au travail

Il est nécessaire d'assurer le suivi des risques professionnels posés par les conditions de travail dans le cadre du projet considéré. Ces activités doivent être conçues et poursuivies par des professionnels agréés¹² dans le contexte d'un programme de suivi de l'hygiène et de la sécurité au travail. Les installations doivent par ailleurs tenir un registre des accidents du travail, des maladies, des événements dangereux et autres incidents. De plus amples informations sur les programmes de suivi de l'hygiène et de la sécurité au travail sont données dans les **Directives EHS générales**.

¹¹ Consulter: <http://www.bls.gov/iif/> and <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

¹² Les professionnels agréés peuvent être des hygiénistes industriels diplômés, des hygiénistes du travail diplômés, des professionnels de la sécurité brevetés ou tout titulaire de qualifications équivalentes.

3.0 Bibliographie et sources d'informations supplémentaires

Commission européenne. 2003. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). BAT Techniques Reference (BREF) Document on Mineral Oil and Gas Refineries. EIPPCB: Séville, Espagne. Disponible à <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

Compressed Gas Association Inc. (CGA). 2001. CGA G-4.6, Oxygen Compressor Installation and Operation Guide. First Edition. Arlington, VA: CGA. Disponible à <http://www.cganet.com/>

European Industrial Gases Association (EIGA). 1999. Safe Operation of Reboilers/Condensers in Air Separation Units. IGC Document 65/99/EFD. Bruxelles: EIGA.

European Industrial Gases Association (EIGA). 2002. Oxygen Pipeline Systems. IGC Document 13/02/E. Bruxelles: EIGA.

European Industrial Gases Association. 2001 Centrifugal Compressor for Oxygen Service. Code of Practice. IGC Document 27/01/E. Bruxelles: EIGA.

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2004. Promulgation of the New Version of the Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters (Waste Water Ordinance - AbwV) of 17. June 2004. Berlin: BMU. Disponible à <http://www.bmu.de/english/publication/current/publ/5258.php>

German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). 2002. First General Administrative Regulation Pertaining to the Federal Emission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft). Berlin: BMU. Disponible à http://www.bmu.de/english/air_pollution_control/ta_luft/doc/36958.php

Groupe de la Banque mondiale. 2004. A Voluntary Standard for Global Gas Flaring and Venting Reduction. Global Gas Flaring Reduction (GGFR) Public-Private Partnership, Report No. 4. Washington: Banque mondiale. Disponible à <http://siteresources.worldbank.org/INTGGFR/Resources/gfrmethodologyno6review.pdf>

Schmidt, W.P., K.S. Winegardner, M. Dennehy et H. Casle-Smith. 2001. Safe Design and Operation of a Cryogenic Air Separation Unit. Process Safety Progress (Vol. 20, No.4) pages 269-278, Décembre 2001.

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). 1987. 40 CFR Part 60. Standards of Performance for New Stationary Sources. Subpart Kb—Standards of Performance for Volatile Organic Liquid Storage Vessels (Including Petroleum Liquid Storage Vessels) for Which Construction, Reconstruction, or Modification Commenced after July 23, 1984. Washington : US EPA.

US EPA. 40 CFR Part 60. Standards of Performance for New Stationary Sources. Subpart QQ—Standards of Performance for VOC Emissions From Petroleum Refinery Wastewater Systems. *Washington : US EPA.*

US EPA. 40 CFR Part 63. . National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants. Subpart HHH—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants From Natural Gas Transmission and Storage Facilities. *Washington : US EPA.*

US EPA. 40 CFR Part 63. . National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants. Subpart VV—National Emission Standards for Oil-Water Separators and Organic-Water Separators. *Washington : US EPA.*

US EPA. 40 CFR Part 63. National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants. Subpart CC—National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from Petroleum Refineries. *Washington : US EPA.*

Annexe A : Description générale des activités

Ces Directives EHS concernent le traitement du gaz naturel et se réfèrent aux installations de fabrication de produits liquides extraits de ce gaz. Ces installations produisent d'abord du gaz de synthèse par reformage du gaz naturel. Le gaz de synthèse est ensuite transformé en produits pétroliers liquides (ex. naphta, essence, kérosène, diesel, cires et lubrifiants), par procédé GTL « *Gas to Liquid* » ou en méthanol, par synthèse.

Le gaz naturel est purifié (ex. désulfuration) et fractionné à partir des hydrocarbures lourds, dans des installations de traitement, comme décrit dans les Directives EHS pour l'exploitation du pétrole et du gaz (sur terre et en mer). Les installations de traitement du gaz naturel sont des opérations coûteuses et sont généralement situées près des gisements. Les capacités de production des procédés GTL vont de 20 000 à 30 000 barils par jour. Des capacités de 50 000 à 100 000 barils par jour sont à l'étude. Il existe des usines de production de méthanol d'une capacité de 5 000 tonnes par jour et des installations de plus grande capacité sont également à l'étude (ex. 7 500-10 000 t/j).

GTL

Le procédé GTL se compose des installations suivantes :

- Unité de production de gaz de synthèse
- Unité de synthèse Fischer-Tropsch
- Unité de valorisation
- Unité de séparation des gaz de l'air

Unité de production de gaz de synthèse

Le gaz naturel est traité afin d'éliminer toute trace de soufre (ex. en faisant passer le gaz sur des lits d'oxyde de zinc) avant d'entrer dans l'unité de production de gaz de synthèse. Cette unité comprend une section de reformage, suivie par une section de récupération de chaleur.

La section de reformage se compose d'un réacteur de pré-reformage, suivi par un réacteur de reformage autothermique. Dans le réacteur de pré-reformage, la vapeur est utilisée pour convertir les hydrocarbures lourds (ex. éthane, propane) en hydrogène et en monoxyde de carbone, afin d'éviter la formation de suie dans le réacteur de reformage autothermique. Dans ce dernier, le méthane réagit avec la vapeur et l'oxygène à environ 950 °C sous 30-40 bars en présence d'un catalyseur au nickel pour produire un mélange de monoxyde de carbone et d'hydrogène selon le rapport molaire désiré.

Dans la section de récupération de chaleur, la chaleur dégagée par le réacteur de reformage autothermique est réutilisée pour préchauffer les liquides du procédé et produire de la vapeur à haute pression pour alimenter les turbines et les réacteurs de pré-reformage et de reformage autothermique. Le gaz froid quittant la section de récupération de chaleur pénètre dans un étage d'élimination du monoxyde de carbone, fonctionnant généralement par lavage en solution alcaline à régénération, puis entre dans l'unité de synthèse Fischer-Tropsch. L'oxygène est fourni par une unité de séparation des gaz de l'air qui produit également l'azote nécessaire aux utilités.

Unité de synthèse Fischer-Tropsch

Le gaz de synthèse provenant de l'unité précédente entre dans l'unité de synthèse Fischer-Tropsch qui comprend les sections suivantes : réaction, stabilisation et recyclage des gaz.

Dans la section de réaction, le monoxyde de carbone et l'hydrogène réagissent à environ 250 °C sous 20-25 bars en présence de catalyseurs au fer ou au cobalt pour produire des hydrocarbures à longue chaîne, de l'eau, des composés oxygénés (en particulier des alcools), des acides organiques et des petites quantités de cétones. Les réacteurs de Fischer-Tropsch disponibles dans le commerce sont du type à lit fixe

tubulaire, à lit fluidisé ou à colonne à bulles. Dans la section de stabilisation, les fractions légères sont séparées des gaz non transformés qui sont recyclés dans la section de synthèse Fischer-Tropsch.

Le produit stabilisé entre dans l'unité de valorisation, généralement par hydrocraquage doux, où, en présence de catalyseurs au platine ou au palladium, les hydrocarbures à longue chaîne sont transformés en produits finis (ex. naphta, essence, kérosène, diesel, cires et lubrifiants). L'hydrogène nécessaire à l'hydrocraquage doux est produit dans une unité spécialisée, lors d'un reformage à la vapeur du gaz naturel.

Ce procédé nécessite de l'énergie électrique, de la vapeur et de l'eau de refroidissement. L'azote est fourni par l'unité de séparation des gaz de l'air. Les usines sont équipées d'installations de dégazage et de torchage. Elles possèdent généralement des réservoirs de stockage des produits finis de grande capacité, des quais de chargement des bateaux et/ou des réseaux de gazoducs pour distribution aux raffineries et autres installations de traitement des produits pétroliers. De plus amples informations figurent dans les Directives EHS relatives aux terminaux pétroliers pour pétrole brut et dérivés.

Production de méthanol

Les usines de production de méthanol comprennent les installations suivantes : production de gaz de synthèse, synthèse du méthanol et séparation des gaz de l'air.

Unité de production de gaz de synthèse

Cette unité est similaire à celle décrite pour les procédés GTL. Pour les capacités supérieures à 5 000 t/j, la tendance consiste à n'utiliser que le reformage autothermique. Les usines existantes dont la capacité ne dépasse pas 5 000 t/j utilisent un reformage combiné. Le reformage combiné comprend un réacteur de pré-reformage suivi par un four de reformage à la vapeur et finalement un réacteur de reformage autothermique.

Les fonctions des réacteurs de pré-reformage et de reformage autothermique sont les mêmes que celles décrites pour les installations GTL. Dans le four de reformage, le gaz réagit avec la vapeur à environ 800 °C sous 40-50 bars, en présence de catalyseurs au nickel.

Dans la section de récupération de chaleur, la chaleur dégagée par le réacteur de reformage autothermique est réutilisée pour préchauffer les liquides du procédé et produire de la vapeur à haute pression pour alimenter les turbines et tous les réacteurs de reformage. L'oxygène est fourni par une unité de séparation des gaz de l'air qui produit également l'azote nécessaire aux utilités.

Unité de synthèse du méthanol

L'unité de synthèse du méthanol comprend principalement les sections suivantes : réaction, recyclage des gaz et purification du méthanol.

Dans la section de réaction, le monoxyde de carbone et l'hydrogène réagissent à environ 250 °C sous 50-80 bars en présence de catalyseurs au cuivre pour produire du méthanol. Les réacteurs disponibles dans le commerce sont du type à lit fixe tubulaire ou à plusieurs lits adiabatiques avec écoulement radial. En aval du réacteur, le méthanol est condensé et les gaz non transformés sont recyclés dans l'unité de production de gaz de synthèse.

La section de purification comprend deux tours de fractionnement où les fractions lourdes et légères (alcools de haut poids moléculaire) sont éliminées du méthanol. Les fractions légères sont en général récupérées comme gaz combustible, les fractions lourdes sont brûlées dans des chaudières à vapeur, à l'aide d'un brûleur spécial. Les utilités nécessaires à la production de méthanol sont les mêmes que pour le procédé GTL. Les usines sont équipées d'installations

de dégazage et de torchage et possèdent généralement des réservoirs de stockage de méthanol de grande capacité.