

**ENSP**

ECOLE NATIONALE DE  
LA SANTE PUBLIQUE

RENNES

---

**IGS**

Promotion : **2006**

Date du Jury : **Septembre 2006**

---

# **Évaluation des risques professionnels des métiers du forage**

---

**Présenté par :** Charlotte GUERIN  
ENSCM

**Lieu de stage :** TOTAL S.A. France,  
Branche Exploration et Production  
Direction Générale Hygiène Sécurité Environnement  
Département Hygiène Industrielle

**Référent professionnel :** Jean-Michel COURANDIER

**Référent pédagogique :** Christophe GOEURY

---

# Remerciements

---

Je remercie mon référent professionnel, Jean-Michel Courandier, pour son encadrement et ses conseils avisés.

Je remercie également les membres du département forage ainsi que toutes les personnes rencontrées lors de ce stage au cours d'interviews et de visites de sites pour leur disponibilité et l'intérêt porté à mon travail.

Un grand merci à mon référent pédagogique, Christophe Goeury pour son investissement, son suivi et sa disponibilité tout au long du stage.

Enfin, je remercie toutes les personnes de la direction Hygiène Sécurité Environnement Paris pour leur accueil chaleureux et leur bonne humeur.

---

# Sommaire

---

<b>PREAMBULE</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1 CADRE DU PROJET</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1 Contexte général</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Les réglementations françaises et européennes</b> .....	<b>2</b>
1.2.1 Directives européennes.....	2
1.2.2 Réglementation française.....	2
<b>1.3 Démarche</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 La méthode d'évaluation des risques professionnels</b> .....	<b>4</b>
<b>2 LE FORAGE</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Les différents types de rigs ou d'installations de forage</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 Les types de puits</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3 La construction du puits</b> .....	<b>8</b>
2.3.1 Architecture d'un forage .....	8
2.3.2 Fonctionnement général d'un appareil de forage .....	9
2.3.3 La complétion .....	10
2.3.4 La stimulation et les opérations de contrôle des sables .....	10
2.3.5 L'arbre de Noël.....	11
<b>2.4 Les systèmes nécessaires</b> .....	<b>11</b>
2.4.1 Le système de levage.....	11
2.4.2 Le système rotary .....	12
2.4.3 Le système de circulation des fluides.....	13
2.4.4 Le système de génération de puissance .....	14
2.4.5 Le système de contrôle du puit.....	14
<b>2.5 L'organisation du chantier</b> .....	<b>15</b>
2.5.1 Personnel de la société opératrice Total .....	16
2.5.2 Personnel de la société de forage .....	16
<b>2.6 Les différents lieux de travail de l'installation de forage</b> .....	<b>16</b>
2.6.1 Le plancher de forage.....	17
2.6.2 Le pont.....	18
2.6.3 Les bassins à boue.....	18
2.6.4 La mixing area .....	18
2.6.5 Le système de traitements des solides .....	19
2.6.6 L'unité de cimentation.....	19
2.6.7 Le laboratoire à boues.....	19
2.6.8 La salle des moteurs .....	20
2.6.9 Les quartiers et bureaux.....	20
2.6.10 La cabine de mudlogging .....	20
2.6.11 L'unité de stimulation/contrôle des sables.....	20
<b>3 ÉVALUATION DES RISQUES PROFESSIONNELS</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1 Identification des dangers</b> .....	<b>21</b>
3.1.1 Dangers physiques.....	21

3.1.2	Dangers chimiques.....	22
3.1.3	Dangers biologiques.....	30
3.1.4	Dangers non spécifiques liés aux contraintes locales .....	31
<b>3.2</b>	<b>Résultats de métrologie.....</b>	<b>32</b>
3.2.1	Bruit .....	32
3.2.2	Radioactivité naturelle .....	32
3.2.3	Autres .....	32
<b>3.3</b>	<b>Inventaire des tâches et hiérarchisation des risques .....</b>	<b>32</b>
3.3.1	Risques génériques.....	33
3.3.2	Le superviseur de forage.....	36
3.3.3	Le superviseur des fluides de forage.....	41
<b>4</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>47</b>
4.1	Synthèse.....	47
4.2	Plan d'actions .....	48
4.3	Difficultés rencontrées et limites de la démarche.....	49
	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>52</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>53</b>
	<b>INDEX .....</b>	<b>55</b>
	<b>LISTE DES ANNEXES.....</b>	<b>59</b>

---

## Liste des tableaux et figures

---

Figure 1 : Photographie d'un appareil de forage à terre.....	7
Figure 2 : Les différents types d'appareils de forage en mer .....	8
Figure 3 : Architecture d'un forage .....	9
Figure 4 : Opérateurs effectuant une manœuvre, Ossa est1, Cameroun .....	10
Figure 5 : Schéma de fonctionnement d'un appareil de forage.....	12
Figure 6 : Schéma du circuit de la boue.....	14
Figure 7 : Schéma conceptuel d'un plancher de forage.....	17
Figure 8 : Photographie du plancher d'un site de forage à terre (appareil ITAG, région parisienne).....	17
Figure 9 : Photographie des bassins à boue sur un rig à terre (Rig SMP 5, Lussagnet, France).....	18
Figure 10 : Photographie de la mixing area localisée à côté des bassins à boue sur un rig à terre (rig SMP5, Lussagnet, France).....	19
Figure 11 : Photographie d'une cabine de Mudlogging.....	20
Figure 12 : Répartition des produits utilisés dans les boues et ciments en fonction de leur caractéristiques toxicologiques .....	26
Figure 13 : Répartition des produits cancérigènes suspectés (catégorie 3) .....	27
Figure 14 : Répartition des produits utilisés dans les fluides de stimulation/contrôle des sables en fonction de leurs caractéristiques toxicologiques.....	29
Tableau 1 : Échelle de Gravité intrinsèque (Gi) .....	4
Tableau 2 : Cotations de la durée et de la fréquence d'exposition .....	5
Tableau 3 : Cotations de la quantité de produit manipulée .....	5
Tableau 4 : Cotations des Moyens de Prévention (PM).....	6
Tableau 5 : Évaluation du Risque Résiduel (RR).....	6
Tableau 6 : Compositions générales des boues .....	25
Tableau 7 : Composition type d'un laitier de ciment.....	27
Tableau 8 : Formulation 1 des fluides de stimulation .....	28
Tableau 9 : Formulation 2 des fluides de stimulation .....	28
Tableau 10 : Formulation 3 des fluides de stimulation .....	28
Tableau 11 : Évaluation des risque non spécifiques .....	34
Tableau 12 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur de forage.....	37
Tableau 13 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur des fluides de forage .....	42
Tableau 14 : Plan d'actions .....	48

---

## Liste des sigles utilisés

---

**ARI** : Appareil Respiratoire Isolant

**BOPs** : Blow-Out Preventers (Obturateurs de sécurité)

**CIRC** : Centre International de Recherche contre le Cancer

**CMR** : Cancérogène Mutagène Reprotoxique

**DSS** : Document de Sécurité et de Santé

**EPI** : Équipements de Protection Individuels

**EvRP** : Évaluation des Risques Professionnels

**FDS** : Fiches de Données de Sécurité

**Gi** : Gravité intrinsèque

**IWCF** : International Well Control Form

**NORM** : Natural Occuring Radioactive Material (Substance radioactive naturelle)

**PM** : Moyens de Prévention

**PNSE** : Plan National Santé Environnement

**RP** : Risque Potentiel

**PST** : Plan Santé au Travail

**R.G.I.E** : Règlement Général des Industries Extractives

**RR** : Risque Résiduel

**VLEP** : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle

**wt%** : weight, employé pour désigner une proportion en poids

## PREAMBULE

Le présent mémoire présente le travail effectué pendant les mois de mai à août 2006. Le stage se poursuivant jusqu'à la fin du mois de septembre, ce rapport est un rapport intermédiaire et des conclusions supplémentaires pourront être intégrées à la soutenance orale du mémoire fin septembre 2006.

## INTRODUCTION

Groupe énergétique international, Total exerce ses activités sur l'ensemble de la chaîne pétrolière. Il est présent dans trois secteurs distincts : l'amont, l'aval et la chimie. Le secteur Amont comprend les activités d'Exploration et de Production du pétrole brut et du gaz, ainsi que les activités exercées par le Groupe dans les domaines du Gaz et de l'Electricité et des autres énergies. Le secteur Aval inclut les activités de *Trading* et de Transports maritimes ainsi que le Raffinage et le *Marketing* des produits pétroliers. Le secteur Chimie inclut la pétrochimie, les fertilisants, les spécialités, et la transformation des élastomères.

Au sein de la branche Exploration et Production, la réalisation d'évaluation des risques professionnels (EvRP) au poste de travail est une démarche récente et correspond à la création en 2004 du département Hygiène Industrielle au sein de la direction générale Sécurité et Environnement de la branche.

Dans le domaine spécifique du forage, il n'existe pas à l'heure actuelle d'évaluation des risques professionnels au poste de travail formalisée pour le personnel Total qui travaille sur les sites de forage. C'est pourquoi l'entreprise Total souhaite améliorer ses connaissances des risques dans ce domaine. L'objectif général du présent mémoire est d'identifier les dangers liés aux métiers du forage exercés par le personnel Total et d'évaluer les risques associés à ces dangers afin de permettre à l'entreprise d'être aussi efficace que possible dans la gestion des risques et de proposer des mesures de prévention adaptées.

La première partie définit le contexte général, réglementaire et méthodologique ainsi que la démarche utilisée. Dans la seconde partie, le mémoire s'attache à présenter les opérations et les différents lieux de travail d'une installation de forage. Dans la troisième partie, les dangers potentiellement présents sur une installation de forage sont identifiés et les risques associés aux métiers du forage sont évalués selon la méthodologie de l'EvRP. Enfin, à la lumière des résultats de l'évaluation des risques ainsi faite, la quatrième partie permet de proposer des recommandations et s'interroge sur les limites de la démarche utilisée.

# 1 CADRE DU PROJET

Cette partie a pour objectif de définir le contexte général et réglementaire du projet, d'explicitier la démarche utilisée et de définir la méthode d'évaluation des risques professionnels (EvRP).

## 1.1 Contexte général

En 2004, a été créée au sein de la direction générale Sécurité Environnement de la branche Exploration & Production, le département Hygiène Industrielle. Son rôle est d'assurer la protection de la santé des travailleurs et d'évaluer, de prévenir et de gérer les risques au poste de travail. Dans le cadre de la politique Hygiène Industrielle Santé du groupe, la réalisation de documents d'évaluation des risques et la progression dans la connaissance qualitative et quantitative des expositions des salariés ont été définies comme des objectifs principaux. La maîtrise des risques professionnels est à la fois une priorité pour l'entreprise Total et une priorité nationale : la prévention des risques et la promotion de la santé au travail figurent parmi les orientations principales du Plan National Santé Environnement 2004-2008 et celles du Plan Santé au Travail de février 2005 (PNSE, 2004 ; PST, 2005).

L'évaluation des risques professionnels (EvRP) est un concept relativement récent issu de la directive cadre européenne n°89/391/CEE du 12 juin 1989. L'EvRP consiste à identifier et à classer les risques auxquels sont soumis les salariés d'un établissement, en vue de mettre en place des actions de prévention pertinentes. Or l'EvRP ne correspond pas à une obligation réglementaire dans le domaine du forage qui est régi au sein de la communauté européenne par une réglementation spécifique, la Réglementation Générales des Industries Extractives (voir paragraphe suivant). De plus, l'entreprise Total exerce ses activités d'Exploration et Production et notamment les opérations de forage partout dans le monde et majoritairement hors de l'Europe, dans des pays où il existe peu de réglementation dans le domaine de la protection de la santé des travailleurs. Les opérations de forage sont de la responsabilité du groupe Total mais sont réalisées par des sociétés de forage contractées qui possèdent l'appareil de forage et le mettent en œuvre avec leurs équipes. De ce fait, seuls quelques salariés de l'entreprise Total sont amenés à travailler sur une installation de forage. Ils assurent principalement des fonctions de supervision. C'est pourquoi il n'existe pas à l'heure actuelle d'évaluation formalisée des risques associés aux métiers du forage exercés par le personnel Total.

## 1.2 Les réglementations françaises et européennes

### 1.2.1 Directives européennes

La directive européenne n°89/391/CEE du 12 juin 1989 concernant la « Mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail », dite « Directive Cadre », fonde les principes généraux en matière de prévention des risques. De cette directive découle un certain nombre de directives particulières dont la directive n°92/91/CEE du 3 novembre 1992 traitant de « l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs des industries extractives par forage ».

### 1.2.2 Réglementation française

Le décret n°80-331 du 7 mai 1980 institue le Règlement Général des Industries Extractives (R.G.I.E), qui constitue le référentiel des industries extractives en matière de santé et sécurité du personnel. Plus récemment, les décrets n°95-694 du 3 mai 1995 et



n°2000-278 du 22 mars 2000 modifient et complètent le R.G.I.E. en prenant en compte les directives européennes en matière de santé et sécurité au travail. Le décret n°80-331 du 7 mai 1980 modifié introduit ainsi l'obligation de constituer un Document de Sécurité et de Santé (DSS) conformément à l'article 3 de la directive n°92/91/CEE.

Ce DSS doit en particulier :

- Identifier les sources de dangers spécifiques liées au lieu de travail ;
- Évaluer les risques associés à ces dangers ;
- Démontrer que les précautions adéquates sont prises pour éviter les dangers visés précédemment.

Conformément à la réglementation, un DSS est réalisé et tenu à jour par Total pour les sites de forage présents en France. Cependant, il est à noter que l'analyse des risques réglementaire exigée dans un DSS pour les activités des industries extractives par forage est moins précise et moins approfondie que l'évaluation des risques professionnels (EvRP) introduite par la directive cadre n°89/391/CEE et traduite en droit français (décret n°2001-1016 du 5 novembre 2001, circulaire n°6 DRT du 18 avril 2002).

**Dans la majorité des pays où Total exerce son activité de forage, il existe très peu de réglementations en matière de santé au travail et un tel document n'est pas exigé.**

### 1.3 Démarche

Pour mener à bien ce projet d'évaluation des risques des métiers du forage, la démarche employée a été la suivante :

- 1- Dans un premier temps, il a été nécessaire de décrire le fonctionnement et les différents lieux de travail d'un appareil de forage et d'identifier les dangers associés à partir des données de la littérature, des interviews de foreurs et des visites de site de forage.
- 2- Dans un deuxième temps, des entretiens avec des foreurs associés aux visites de site ont permis de décrire et comprendre les quatre postes à étudier suivants :
  - le poste de superviseur de forage ;
  - le poste de superviseur des fluides de forage ;
  - le poste de superviseur stimulation ;
  - le poste de géologue.
- 3- Ensuite, pour chaque métier, les dangers associés ont été identifiés et les risques ont été évalués en utilisant la méthodologie de l'EvRP définie conformément à la réglementation française par le groupe Total (voir paragraphe 1.4).
- 4- Enfin, l'analyse et l'interprétation des résultats de l'EvRP ont permis de proposer des mesures de prévention et de définir un plan d'actions.

Chaque étape de la démarche a fait l'objet d'un suivi et d'une validation par le personnel du département forage du groupe.

## 1.4 La méthode d'évaluation des risques professionnels

La méthode d'évaluation des risques professionnels au poste de travail utilisée au sein de la branche Exploration et Production du groupe Total (Guides&Manuels GM EP HSE 060, 2006) est basée sur la réglementation française (décret n°2001-1016 du 5 novembre 2001, circulaire n°6 DRT du 18 avril 2002). L'objectif de cette méthodologie est de définir un mode de calcul rigoureux des risques professionnels auxquels les salariés sont exposés.

Pour chaque poste de travail étudié, les étapes de la démarche sont les suivantes :

### 1. Découpage de l'activité en tâches élémentaires :

Chaque poste de travail identifié doit ainsi faire l'objet d'une analyse qui permet d'identifier des séquences logiques et chronologiques de tâches élémentaires potentiellement exposantes.

### 2. Identification des dangers et caractérisation la Gravité intrinsèque Gi :

Il s'agit d'identifier les dangers liés aux différentes tâches élémentaires identifiées. Ensuite on définit la Gravité intrinsèque associée à chaque danger, c'est-à-dire la gravité du dommage (variable en fonction du type de danger) : on attribue une valeur chiffrée au danger identifié. Pour des raisons de simplicité d'utilisation, l'échelle de Gravité intrinsèque a été divisée en quatre catégories telles que décrites dans le tableau ci-dessous :

Niveau de risque	Maladie professionnelle	Accidents
0	Pas de maladie	Pas de blessure
2	Maladie sans arrêt de travail	Blessure sans arrêt de travail
4	Maladie avec arrêt de travail mais sans invalidité	Blessure avec arrêt de travail mais sans invalidité
6	Invalidité ou décès	Invalidité ou décès

Tableau 1 : Échelle de Gravité intrinsèque (Gi)

Pour chaque type de danger (physique, chimique, biologique), il existe un système de cotation de la gravité des dangers. L'ensemble des cotations par type de danger est détaillé en Annexe 1 : Systèmes de cotation des dangers.

### 3. Évaluation de l'exposition et du risque potentiel initial (PR)

Le risque potentiel se trouve en répondant à la question suivante : le danger peut-il s'exprimer ? Quelles sont la durée et la fréquence d'exposition potentielles liées à la tâche ?

Le Risque Potentiel peut être calculé par la formule suivante:

$$RP = Gi + (F + D)$$

Avec : RP : Risque Potentiel ne tenant pas compte des moyens de prévention,

Gi: Gravité intrinsèque,

F: Fréquence de l'exposition ou probabilité d'occurrence de l'évènement dangereux,

D: Durée d'exposition ou répétitivité d'exposition à la tâche exposante.

Une cotation est également réalisée pour la durée et la fréquence d'exposition :

« D »	Durée d'Exposition	« F »	Fréquence de l'Exposition
1	0 mn < D ≤ 10 mn	-1	Moins d'une fois par mois
2	10 mn < D ≤ 60 mn	0	Entre une fois par mois et une fois par semaine
3	> 60 mn	+1	Plus d'une fois par semaine

**Tableau 2 : Cotations de la durée et de la fréquence d'exposition**

Pour certaines tâches spécifiques, (ex : manipulation de produits chimiques dans les laboratoires), la fréquence et la durée ne sont pas pertinentes pour caractériser correctement l'exposition. Dans ce cas, il est possible d'utiliser la quantité de produit manipulé et de remplacer "F" par "Q":

« Q »	Quantité
-1	Moins de 10 mL ou 10 mg
0	Entre 10 mL et 500 mL ou 10 mg et 500 mg.
+1	Plus de 500 mL ou 500 mg.

**Tableau 3 : Cotations de la quantité de produit manipulée**

#### 4. Définition des moyens de prévention (PM)

Les moyens de prévention collectifs et individuels sont identifiés et quantifiés conformément au tableau suivant :

« PM »	Définitions
0	- Pas de protection
2	- Présence de protections collectives non spécifiques - La moyenne des résultats de monitoring est inférieure à 50 % de la VLEP* - Port d'EPI non spécifique - Etiquetage de base - Pas de procédure - Pas d'affichage spécifique de sécurité - Pas de système de détection
4	- Présence de protections collectives spécifiques - La moyenne des résultats de monitoring est inférieure à 30 % de la VLEP* - Port d'EPI spécifiques - Etiquetage complet - Présence d'un affichage spécifique de sécurité - Présence de systèmes de détection collectifs - Information du personnel sans procédures ni instructions de sécurité

\* Voir définition en index

« PM »	Définitions
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système clos</li> <li>- La moyenne des résultats de monitoring est inférieure à 10 % de la VLEP*</li> <li>- Port d'appareil respiratoire isolant (ARI)</li> <li>- Etiquetage complet et Fiches de données de sécurité</li> <li>- Zone de travail contrôlée</li> <li>- Présence de systèmes de détection individuels</li> <li>- Formation spécifique pour la tâche</li> </ul>

**Tableau 4 : Cotations des Moyens de Prévention (PM)**

### 5. Évaluation du Risque Résiduel (RR) et proposition d'actions

Le Risque Résiduel correspond au risque réel tenant compte des moyens de prévention mis en place. Il peut être calculé à partir de l'équation suivante :

$$RR = RP - PM$$

Avec : RR: Risque Résiduel de la tâche,

RP: Risque Potentiel ne tenant pas compte des moyens de prévention,

PM: Moyens de Prévention.

La valeur attribuée au risque résiduel RR à l'issue du procédé d'évaluation des risques permet de déterminer le niveau de risque. Lorsque cela est possible, des mesures de réductions de risques doivent être engagées afin de réduire le risque à un niveau acceptable le plus bas possible.

Risque Résiduel	Niveau de risque	Niveau de priorité	Actions à engager
<b>R &gt;= 8</b> <b>Situation très critique</b>	Risque élevé	Niveau A Priorité élevée	Des mesures correctives doivent être prises immédiatement.
<b>6 &lt;= R &lt; 8</b> <b>Situation critique</b>	Risque modéré	Niveau B Priorité moyenne	Doit être traité dans les mois suivants. Le management des risques doit être amélioré. Des campagnes de monitoring doivent être engagées.
<b>4 &lt;= R &lt; 6</b> <b>Situation peu critique</b>	Risque faible	Niveau C Priorité faible	Doit être traité sans urgence.
<b>R &lt; 4</b> <b>Risque négligeable</b>	Risque maîtrisé	Niveau D	Pas de traitement particulier. La stabilité de la situation doit être vérifiée régulièrement.

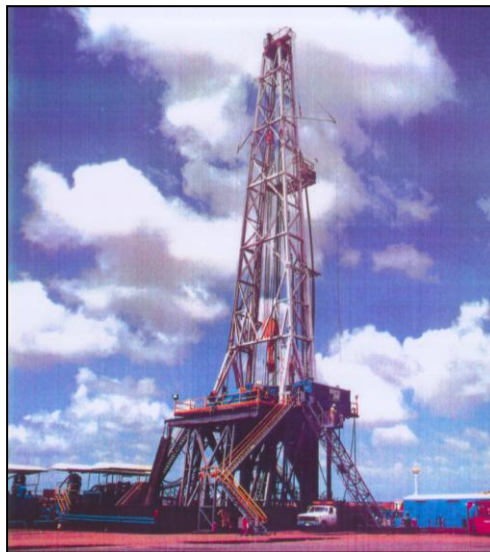
**Tableau 5 : Évaluation du Risque Résiduel (RR)**

## 2 LE FORAGE

On appelle « forage pétrolier » l'ensemble des opérations permettant d'atteindre les roches poreuses et perméables du sous-sol, susceptibles de contenir des hydrocarbures liquides ou gazeux (A. Leblond, 1975).

### 2.1 Les différents types de rigs ou d'installations de forage

Les réservoirs d'hydrocarbures étant identifiés dans des régions géographiques et géologiques très diverses et la location d'un rig représentant environ un quart du coût total du forage du puit, il est nécessaire de choisir l'installation de forage la mieux adaptée à un puits particulier et à son environnement. On distingue des rigs à terre (ou plateformes on-shore) et des rigs en mer (plateformes off-shore).



**Figure 1 : Photographie d'un appareil de forage à terre**  
(Formation TotalFinaElf, non datée)

Les rigs en mer peuvent être fixes ou mobiles.

Cinq types de rigs mobiles peuvent être identifiés (Appareils de forage, 2006 ; Bamao, 2005) :

- Dans les zones inondées et les mers très peu profondes (quelques mètres d'eau au maximum), on utilise une barge de forage sorte d'énorme barque à fond plat. Elle est utilisée pour forer dans des marécages ou, par exemple, des zones comme le nord de la mer Caspienne.
- Les jack-up ou plateformes auto-élévatrices : ils possèdent une coque flottante et des jambes, qui peuvent s'abaisser sur le fond marin. Le jack-up est utilisé en moyennes eaux, jusqu'à des profondeurs de 200m.
- Pour des profondeurs d'eau allant jusqu'à 500 m, on peut utiliser une plateforme fixe. Une grande tour en acier appelée *jacket* est apportée sur les lieux du forage par bateau puis posée sur le fond de la mer. Elle est munie en surface d'un pont, sur lequel sont disposées les installations de forage. La stabilité de la plate-forme est assurée par d'énormes pieux en prolongement des piliers et profondément enfoncés dans le sous-sol sous-marin.

- Les rigs semi-submersibles : ils ne prennent pas appui sur la fond marin, mais sont conçus pour flotter. Ils sont utilisés dans des eaux modérément profondes jusqu'à 1 500m.
- Les drillships : ce sont également des plateformes flottantes. Ils sont utilisés dans des eaux ayant une profondeur de plus de 2 000m.



**Figure 2 : Les différents types d'appareils de forage en mer**

(Formation TotalFinaElf, non datée)

## 2.2 Les types de puits

Il existe deux catégories de puits : Les puits d'exploration et les puits de développement. Un puits d'exploration est foré dans un champ qui n'a jamais été exploré auparavant. Un puits de développement est foré dans un gisement d'hydrocarbures existant pour extraire d'avantage de pétrole ou de gaz.

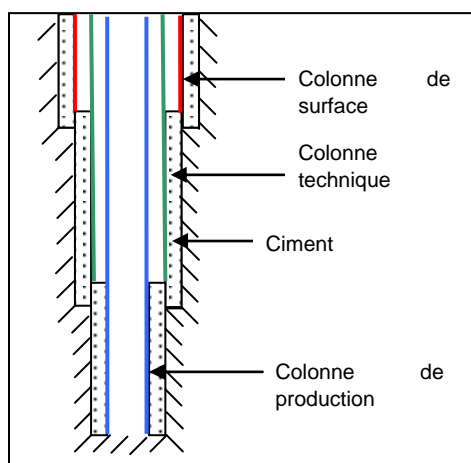
Si les puits d'exploration d'un champ off-shore indiquent la présence d'un gisement important de gaz ou de pétrole, le champ peut être développé en installant de grandes plateformes fixées. Sur chaque plateforme, jusqu'à 40 puits pourront être forés. Parfois, lorsque le gisement est particulièrement étendu, il est alors nécessaire d'utiliser plusieurs plateformes (Bramao, 2005).

## 2.3 La construction du puits

### 2.3.1 Architecture d'un forage

Le profil d'un forage pétrolier dépend de sa profondeur (quelques centaines de mètres à 9 000m), des horizons géologiques rencontrés et des pressions de ces couches géologiques. Il n'est généralement pas possible de forer un puits à travers toutes les formations de la surface (du sol ou de la mer) jusqu'à la zone productive. Il en résulte différentes phases de forage successives entre lesquelles le trou est tubé, c'est-à-dire cuvelé par une colonne de tubes en acier appelée aussi *casing*. Un profil type de forage est caractérisé par la mise en place des tubages intermédiaires suivants :

- une colonne ou tubage de surface destinée à retenir les terrains de surface peu consolidés. Sa longueur est comprise entre 100 et 1 000m. Cette colonne sert en outre de support à la tête de puit ;
- Une ou plusieurs colonnes ou tubages techniques, pour éliminer les couches ou fluides susceptibles d'empêcher la poursuite du forage ; par exemple des terrains éboulants, des zones contenant des fluides à forte pression... ;
- Une colonne ou tubage de production, si le puits est positif, qui permet d'isoler la zone pétrolifère. A l'intérieur de cette colonne sera descendu un tube d'écoulement du pétrole ou du gaz appelé *tubing*.



**Figure 3 : Architecture d'un forage**

Ces différentes colonnes sont cimentées par un lait de ciment placé entre la paroi du trou et la colonne aussitôt après la descente de celle-ci (Leblond, 1975).

### 2.3.2 Fonctionnement général d'un appareil de forage

L'appareil de forage est constitué d'un ensemble d'éléments permettant les fonctions de levage, rotation, pompage nécessaires à la réalisation d'un sondage. Le mât (ou *derrick*) sert ainsi à descendre le train de tiges\* de forage, constitué d'un ensemble de tubes (ou tiges) vissés les uns aux autres, au bout desquelles se trouve l'outil de forage, permettant de découper la roche, le trépan\*. Le trépan mis en rotation attaque la roche au fond du puits, à la tête du forage.

On distingue plusieurs opérations principales lors de la réalisation d'un forage :

- **L'ajout de tige** : lorsque l'outil a foré une longueur de tige, il faut rallonger la garniture\* de forage en vissant une tige de forage supplémentaire ;
- **La manoeuvre** : il est nécessaire de remonter la totalité de la garniture, soit pour changer le trépan lorsqu'il est usé, soit pour descendre des tubes *casing* lorsqu'on a atteint la profondeur souhaitée ;
- **Le tubage et la cimentation** : le forage ayant été accompli à la profondeur prévue pour cette phase, il faut descendre les tubes *casing* dans le puits. Lorsque le tube est descendu au fond du puits, il est nécessaire de cimenter le tube. Le ciment est mis en place dans l'espace annulaire situé entre le tube *casing* et la paroi du puits par injection du laitier de ciment par l'intérieur du tube et retour par l'espace annulaire.

Durant les manoeuvres de forage, un fluide de forage à base d'eau ou d'huile est injecté dans le puits à l'intérieur des tiges de forage et remonte jusqu'à la surface par passage par l'espace annulaire entre les parois du puits et le train de tiges. Il permet de remonter les déblais de forage et d'assurer la stabilité et la sécurité du puits (voir paragraphe 2.4.5).

---

\* Voir définition en index



**Figure 4 : Opérateurs effectuant une manœuvre, Ossa est1, Cameroun**

(<http://www.planete-energies.com>)

### **2.3.3 La complétion**

La complétion fait référence à toutes les opérations qui doivent être réalisées pour préparer le trou foré à la production de pétrole et de gaz. Une fois le puits foré et les différents tubages installés et cimentés selon les spécifications initiales, il faut initier la production en créant des ouvertures dans la colonne de production pour permettre au pétrole et au gaz de remonter dans le trou du puits. Une société spécialisée se charge généralement de ce travail. Après la perforation du tubage de production, le *tubing* permettant l'écoulement des hydrocarbures vers la surface est descendu dans le tubage (Le forage des puits d'hydrocarbures, 1969 ; Bramao, 2005).

### **2.3.4 La stimulation et les opérations de contrôle des sables**

#### **a) La stimulation**

La stimulation est généralement utilisée pour :

- restaurer la productivité initiale du puits lorsque les abords de celui-ci ont été endommagés (colmatés) par diverses causes (boue de forage, ciment, perforation) ;
- pour augmenter la productivité du puits en modifiant les caractéristiques de la roche réservoir autour du puits.

Il est alors possible de traiter la roche réservoir avec des produits stimulants chimiques ou physiques qui pourraient augmenter les débits de pétrole ou de gaz. On distingue plusieurs types de traitements :

1. L'acidification : cette technique est très utilisée dans le cas de roches carbonatées telles que le calcaire ou la dolomite pour lesquelles la perméabilité de la formation, c'est-à-dire sa facilité à se laisser traverser est faible. L'opération consiste à pomper une quantité d'acide sous pression dans le puits : l'acide descend dans le tubage et pénètre dans la zone productive et dissout les carbonates. L'acidification est également utilisée dans le cas de roches gréseuses et argileuses.

2. La fracturation hydraulique : elle est utilisée pour les réservoir de perméabilité égale ou inférieure au millidarcy. Il s'agit de pomper des fluides dans le réservoir à une pression



supérieure à la pression de fracturation de la roche. La fracture se propage généralement sur une centaine de mètres perpendiculairement à la contrainte la plus faible. Cette opération donne à la formation une plus grande perméabilité permettant au gaz et au pétrole de s'écouler dans le trou (Le forage des puits d'hydrocarbures, 1969).

### **b) Les opérations de contrôle des sables**

Dans le cas de réservoirs constitués de sables inconsolidés, il est nécessaire pour pouvoir mettre le puits en production de mettre en place au fond du puits des équipements anti-sable.

Plusieurs techniques sont utilisées :

- La mise en place de crépines permettant une filtration du sable ;
- L'injection de gravier de diamètre supérieur à celui du sable de la formation en suspension dans un fluide porteur. Selon l'objectif, le fluide peut être injecté à une pression importante permettant la fracturation de la formation (opération de fracturation) ou être envoyé sous une pression plus faible entre la crépine et le réservoir et jouer le rôle de pré-filtre.

### **2.3.5 L'arbre de Noël**

Après la mise en place du tube de production ou *tubing*, les obturateurs de sécurité installés en tête de puits (voir paragraphe 2.4.5) sont retirés et un ensemble de vannes appelées l'« arbre de Noël » est installé en surface. Cet équipement contrôle l'écoulement du gaz et du pétrole. La mise en place de l'arbre de Noël marque la fin de construction du puits et le début de la production d'hydrocarbures (Le forage des puits d'hydrocarbures, 1969 ; Bramao, 2005).

## **2.4 Les systèmes nécessaires**

Ce paragraphe présente les de 5 systèmes essentiels dont se compose un appareil de forage :

- le système de levage ;
- le système *rotary* ;
- le système de circulation des fluides ;
- le système de génération de puissance ;
- le système de contrôle du puit.

### **2.4.1 Le système de levage**

Le système de levage est un système de poulies permettant de remonter et de faire descendre le train de tiges et les tubages dans le puits. Il comprend :

- **Le derrick** ou mât de forage qui permet la manœuvre et le stockage vertical des tiges de forage en général par tronçons de trois éléments de 9m ;
- **Le treuil** qui enroule et déroule le câble de forage (*drilling line*) et fait ainsi remonter ou descendre le train de tiges\* et les tubages ;
- **Les moufles\*** fixe et mobile par lesquels passe le câble de forage. Un crochet de levage fixé au moufle mobile est utilisé pour suspendre le train de tiges dans le trou ;
- **Les clés et les coins de retenus** : les clés sont de grands outils qui servent à visser et dévisser les tiges et les masses-tiges. Deux clés sont nécessaires : l'une servant à

---

\* Voir définition en index

maintenir la première tige immobile et l'autre à visser ou dévisser la seconde tige. Les coins de retenus sont des cales destinées à maintenir le train de tiges et l'empêcher de glisser dans le puits pendant l'ajout d'une tige ou une manœuvre de trépan (Leblond, 1975 ; Dawe, 2000 ; Bramao, 2005).

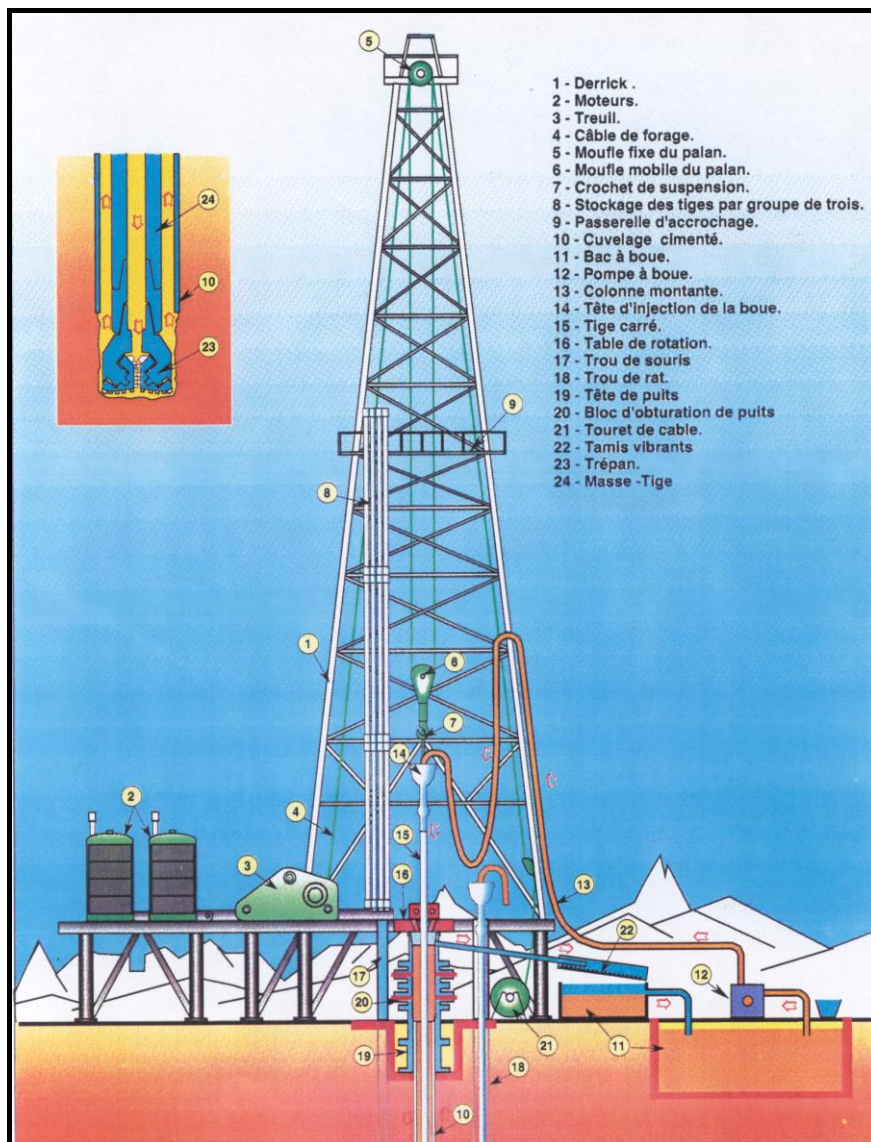


Figure 5 : Schéma de fonctionnement d'un appareil de forage  
(Formation TotalFinaElf, non datée)

#### 2.4.2 Le système rotary

Le forage *rotary* est une méthode de forage qui consiste à utiliser des trépan<sup>\*</sup> sur lesquels on appuie et que l'on fait tourner de façon à attaquer la roche. La rotation du trépan peut être obtenue en faisant tourner l'ensemble des tiges<sup>\*</sup> de forage qui relie le trépan à la surface.

Aujourd'hui, la plupart des rigs de forage récents possèdent un appareil appelé « *Top drive system* » constitué d'une tête d'injection (*swivel*) animée d'une force motrice qui permet d'une part la rotation du train de tiges et du trépan et d'autre part l'injection de boue à l'intérieur des tiges pendant la rotation.

<sup>\*</sup> Voir définition en index

Auparavant, la rotation du train de tiges était obtenue en faisant tourner une table de rotation située au niveau du plancher dans laquelle était engagée une tige carrée appelée *kelly*. Cette tige étant vissée au train de tiges, la rotation de la table entraînait celle de la tige carrée et de ce fait celle du trépan.

### 2.4.3 Le système de circulation des fluides

Le système de circulation des fluides permet d'injecter le fluide de forage ou boue à l'intérieur des tiges de forage : le fluide passe par les orifices du trépan et remonte jusqu'à la surface, par l'espace annulaire entre le trou et les tiges de forage.

#### ► Circuit du fluide de forage :

La boue ou fluide de forage est mélangée dans des bassins à boue, puis elle est aspirée par des pompes à boue qui l'envoient vers la tête d'injection ou *swivel* par le « *stand-pipe* » ou colonne montante.

De là, elle passe à travers la tige carrée, les tiges, les masse-tiges et le trépan ; elle sort du trépan sous la forme d'un jet extrêmement puissant. Puis elle remonte vers la surface dans l'espace inter annulaire entre le train de tige et la paroi du trou.

Elle est alors chargée des roches arrachées à la formation par le trépan, appelées déblais de forage ou *cuttings*. En surface, elle passe ensuite sur un tamis vibrant qui retient les déblais les plus gros. Puis, elle passe éventuellement par des hydrocyclones puis par un dessableur, qui enlève le sable et les silts\* par centrifugation. Dans le cas où la boue contient des gaz, elle est envoyée dans un dégazeur. Enfin, la boue retourne dans les bassins à boue pour un nouveau cycle d'opération.

Les bassins à boue sont un ensemble de grands réservoirs en acier équipés d'agitateurs permettant de maintenir en suspension les solides responsables de la densité du fluide. Certains bassins sont utilisés pour faire circuler la boue, d'autres pour mélanger et stocker la boue fraîche (Leblond, 1975 ; Dawe, 2000 ; Bramao, 2005).

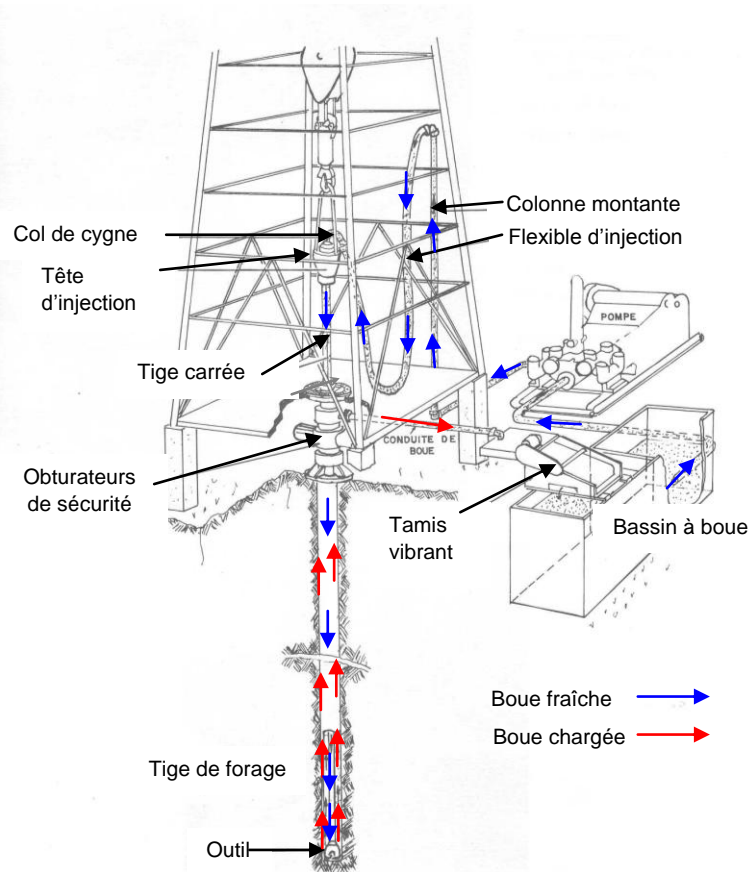
#### ► Fonctions du fluide de forage :

Le fluide de forage est un élément critique du procédé de forage *rotary*. Il a pour fonction de :

- remonter les déblais de forage ;
- maintenir la stabilité du puits : le fluide de forage exerce sur les formations une contre-pression qui empêche les fluides présents dans les formations de remonter et de provoquer une éruption ;
- refroidir et lubrifier le trépan ;
- transmettre une énergie hydraulique au trépan ;
- permettre la formation d'un cake sur la paroi de la formation. Ce cake doit permettre d'imperméabiliser la formation et assurer une pression hydrostatique suffisante pour éviter l'effondrement du puits et l'éruption de gaz (Dawe, 2000).

---

\* Voir définition en index



**Figure 6 : Schéma du circuit de la boue**

(Leblond, 1975)

► **Types et compositions de fluides de forage :**

Selon les formations rencontrées, les fluides de forage pourront être de différents types. Il existe des fluides de forage liquides et gazeux. Les plus communément utilisés sont les fluides liquides.

Deux principaux types de fluides de forage liquides existent :

- Les boues à base d'eau qui sont des fluides de forage dans lesquels la phase continue du système est l'eau ;
- Les boues à base d'huile ou de diesel qui sont des fluides de forage dans lesquels la phase continue du système est de l'huile minérale ou du diesel (voir paragraphe 3.1.2B a)).

**2.4.4 Le système de génération de puissance**

Généralement des moteurs à combustion interne diesel sont utilisés pour fournir l'électricité nécessaire au fonctionnement de l'installation (Bramao, 2005).

**2.4.5 Le système de contrôle du puits**

L'objectif du système de contrôle du puits est d'éviter l'éruption ou *blow-out* des fluides présents dans les roches perméables rencontrées. Une éruption peut causer des dommages environnementaux et matériels, des pertes notables de gaz et de pétrole, et plus sérieusement, coûter des vies humaines. Une éruption se produit quand la pression hydrostatique exercée par le fluide forage est insuffisante pour maintenir les fluides sous pression contenus dans les formations rencontrées. Les remontées de fluides sous pression sont normalement contrôlées grâce aux obturateurs de sécurité placés en tête de puits et fixés sur la colonne de surface. Les obturateurs de sécurité ou BOPs (*Blow Out Preventers*)

sont des vannes particulières à haute pression installées à la tête du puits avant le commencement du forage qui permettent soit d'obturer l'espace annulaire de surface, soit d'obturer le puit en entier (Leblond, 1975 ; Dawe, 2000 ; Bramao, 2005).

## 2.5 L'organisation du chantier

L'entreprise Total est l'opérateur du chantier et assure :

- Une fonction de maître d'ouvrage : Total définit le cahier des charges et les programmes d'opérations de forage ;
- Une fonction de supervision : Total s'assure que l'ouvrage est construit selon les spécifications du cahier des charges et donne les instructions opérationnelles nécessaires aux contracteurs.

Les appareils de forage sont des appareils mobiles ou Mobile Offshore/Onshore Drilling Unit (MODU). Ces appareils ne sont pas la propriété de Total mais sont loués à une société de forage qui constitue le contracteur principal. La société de forage est propriétaire de l'ensemble de l'installation ou rig de forage et le met en œuvre avec ses équipes.

De nombreuses autres entreprises de service interviennent sur un chantier de forage et viennent installer, de façon permanente ou temporaire, leurs équipements destinés à stocker des produits ou à réaliser des opérations spéciales :

- Le contrôle des fluides de forage et la fourniture de produits spéciaux requièrent en général un technicien sur le rig ;
- Le suivi de la déviation, le design des garnitures et le suivi des paramètres de forage est assuré par une société de déviation ;
- Les opérations de pompage haute pression et de cimentation sont réalisées par une société de cimentation ;
- Le suivi géologique des formations est assuré par une société de *mudlogging* ;
- Les boues usées, les déblais et effluents liquides sont pris en charge par une entreprise disposant sur le chantier d'une unité de citernage pour être transféré vers des bourbiers\* de traitement des rejets ;
- Lorsqu'un outil est tombé au fond du puits, une entreprise de *fishing* (ou repêchage) est chargée de le récupérer ;
- Des diagraphies électriques\* sont réalisées afin de permettre l'évaluation des formations traversées, par une société spécialisée ;
- Le dévissage des tubages est assuré par des entreprises extérieures qui n'interviennent que le temps nécessaire à ces opérations ;
- La mise en place des complétions ainsi que toutes les opérations de *wireline*\* est assuré par des entreprises extérieures qui n'interviennent que le temps nécessaire à ces opérations ;
- Des entreprises extérieures assurent les transports, l'intendance (*catering*, ...), ... (DSSLacqMeillonStFaustLeLanot, JS/03-420, 2005)

---

\* Voir définition en index

### 2.5.1 Personnel de la société opératrice Total

Un représentant de Total est présent de façon permanente sur le site : c'est le company man ou superviseur de forage. Il coordonne les différentes compagnies de service présentes sur le site, supervise le chantier et s'assure que le puits est réalisé selon les spécifications de Total. Il est en contact quotidien avec son supérieur hiérarchique, le superintendant de forage qui est basé au siège de la société Total.

Généralement, un superviseur des fluides de forage (boues et ciment) et un géologue appartenant à la compagnie Total sont présents sur le site. Lors des opérations spéciales de stimulation et de contrôle des sables, un superviseur stimulation est également présent.

### 2.5.2 Personnel de la société de forage

La société de forage dispose d'un chef de chantier qui dirige l'équipe de forage. Il est responsable du déroulement des activités sur le rig et est en contact étroit avec le superviseur de forage de Total. Il s'assure notamment que la compagnie opératrice est satisfaite des travaux effectués. Les activités manuelles associées au forage du puits sont assurées par l'équipe de forage. Deux équipes de forage, une de nuit et une de jour, sont généralement en poste et se relaient toutes les 12 heures. Le driller ou maître sondeur dirige l'équipe forage et les opérations de forage et fait fonctionner les équipements situés au niveau du plancher de forage (voir paragraphe 2.6.1).

L'équipe de forage est composée de :

- un second, l'assistant du *driller* ;
- un accrocheur ;
- trois ou quatre hommes de plancher ;
- plusieurs ouvriers ;
- un mécanicien.

L'accrocheur est le membre de l'équipe qui travaille au niveau de la passerelle d'accrochage dans le *derrick*. Il attrape le sommet du train de tiges de forage lorsque celui-ci est en train d'être extrait ou descendu du puits. Il est également responsable des bassins à boues et mesure régulièrement différents paramètres tels le débit, la viscosité et le filtrat\*. Les hommes de plancher travaillent sur le plancher du rig et mettent en place les coins de retenue, manipulent les clés à tige pour visser les tiges de grand diamètre, les élévateurs et les autres équipements du plancher (Dawe, 2000 ; Bramao, 2005).

Une équipe de surface est constituée des personnes suivantes :

- un chef mécanicien ;
- un chef électricien ;
- un chef de pont, qui dirige l'équipe de surface de pont soit trois à quatre personnes responsables du fonctionnement des grues ;
- en mer, un *bargemaster* qui a en charge les opérations maritimes ;
- en mer, l'*Offshore Installation Management* ou OIM, représentant de la compagnie de forage. Il assure une fonction équivalente à celle de capitaine de bateau et est le garant de l'Hygiène, l'Environnement et la Sécurité à bord.

Le nombre de personnes présentes sur un rig est de l'ordre de 120 à 150 personnes en mer et d'environ 60 personnes à terre.

## 2.6 Les différents lieux de travail de l'installation de forage

L'objectif de ce paragraphe est d'identifier et de décrire les différents lieux opérationnels d'un site de forage afin de comprendre le fonctionnement d'une installation de forage et pouvoir mieux identifier ses dangers. La distinction entre un site en mer et un site à terre sera faite le cas échéant.

## 2.6.1 Le plancher de forage

Le plancher de forage est la zone située au bas du mât de forage où est effectué l'ensemble des manoeuvres de forage : vissage et dévissage des tiges de forage, mise en place de l'outil de forage, actionnement du treuil, etc. Le plancher est de taille variable selon les installations et comprend différents éléments :

- Le treuil qui permet le fonctionnement du système de levage (voir paragraphe 2.4.1) ;
- La table de rotation (présente sur toutes les installations, même si la majorité est équipée d'un système *Top drive*) ;
- Les clés qui permettent de visser et dévisser les tiges de forage ;
- Sur les installations récentes, l'*iron roughneck*, sorte de petit robot permettant de visser et dévisser les tiges sans intervention humaine et donc dans des meilleures conditions de sécurité. Il joue ainsi le rôle des clés ;
- Le système de contrôle de l'installation de forage (contrôle de la garniture, contrôle du niveau des bassins, ...) ;
- Une installation *manifold*, qui est un système de vannes permettant la distribution des fluides de forage selon les besoins ;
- Des zones de stockage des tiges de forage. Les tiges sont stockées par tronçons de trois tiges vissées entre elles.

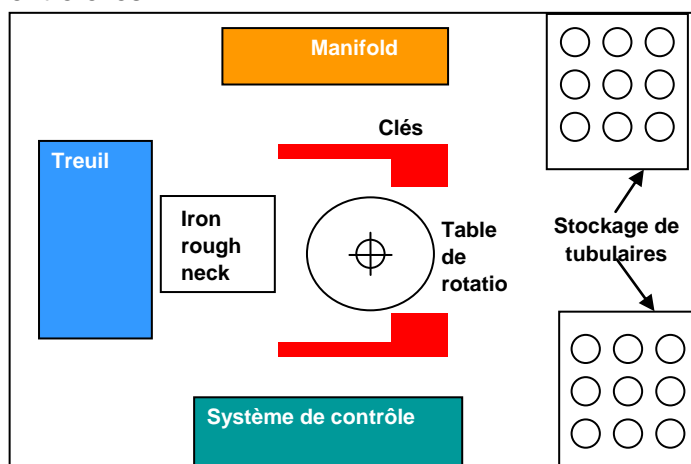


Figure 7 : Schéma conceptuel d'un plancher de forage

Généralement trois ou quatre ouvriers de plancher ou *roughnecks* appartenant à la compagnie de forage travaillent sur le plancher de forage et assurent la manutention des tiges de forage et des différentes installations présentes sur le plancher.



Figure 8 : Photographie du plancher d'un site de forage à terre (appareil ITAG, région parisienne)

## 2.6.2 Le pont

Le pont constitue le lieu de stockage des tubulaires (cuvelages, tiges, ...) et des produits de base. C'est également la zone où sont installés les petits ateliers techniques (soudage, ...) et les unités des entreprises de service qui interviennent sur le puits. La manutention de charges par l'intermédiaire de grues ou de chariots élévateurs y est importante.

Sur un rig à terre, le pont fait référence à la zone située au niveau du sol. Cette zone est généralement plus confinée sur un rig en mer que sur un rig à terre.

## 2.6.3 Les bassins à boue

Les bassins à boue sont un ensemble de grands réservoirs en acier équipés d'agitateurs (voir paragraphe 2.4.3). Les bassins à boue permettent de mélanger, stocker et faire circuler la boue. Les bassins sont associés à des pompes à très haute pression situées à proximité des bassins.

Sur un rig à terre, les bassins à boue sont à l'air libre. Ils sont généralement recouverts d'un caillebotis.



**Figure 9 : Photographie des bassins à boue sur un rig à terre (Rig SMP 5, Lussagnet, France)**

Sur un rig en mer, les bassins sont situés dans une salle particulière, la salle à boue, qui est fermée et pressurisée. Les bassins à boue sont généralement recouverts par un plancher en tôle étanche. La température régnant à l'intérieure de la salle à boue est particulièrement élevée en raison de la température de la boue (supérieure à 100°C) et de la localisation des bassins dans un espace confiné.

## 2.6.4 La mixing area

La *mixing area* est la zone où sont mélangés les produits chimiques nécessaires à la fabrication des boues. Elle est constituée de *hoopers* ou gros entonnoirs dans lesquels sont introduits les produits chimiques, qui sont ensuite envoyés vers les bassins à boue. Le mélange des produits chimiques est réalisé par un technicien de la société de service chargée des boues de forage. Sur un rig à terre, cette zone est généralement située à l'air libre tandis qu'elle est généralement localisée dans une salle particulière, équipée d'un extracteur d'air sur un rig en mer.





**Figure 10 : Photographie de la mixing area localisée à côté des bassins à boue sur un rig à terre (rig SMP5, Lussagnet, France)**

### **2.6.5 Le système de traitements des solides**

La boue en sortie de puits chargée de déblais de forage est envoyée vers un système de traitements des solides afin d'éliminer les déblais et permettre une réutilisation de la boue. Le système de traitement est généralement constitué d'un tamis vibrant, d'hydrocyclones et de centrifugeuses.

Sur un rig à terre, le système de traitement est généralement localisé à l'air libre. Les déblais de forage sont envoyés et stockés vers un bassin appelé borbier\*. Ce bassin est un trou creusé dans le sol et recouvert d'une bâche étanche.

Sur un rig en mer, le système de traitement est localisé dans des enceintes closes ou semi closes. Dans ce cas, le tamis vibrant est généralement surmonté d'un extracteur d'air limitant l'exposition aux vapeurs et aux poussières. Les déblais de forage sont soit rejetés en mer quand la boue est à base d'eau et que la réglementation locale le permet, soit envoyés à terre pour être traités et éliminés.

### **2.6.6 L'unité de cimentation**

Après la mise en place du tubage dans le puits, il est nécessaire de cimenter les tubes (voir paragraphe 2.3.2). L'opération de cimentation est réalisée par une société spécialisée : une personne de la société de service est chargée de réaliser le laitier de ciment et de le mettre en place dans l'espace annulaire situé entre le tubage et la paroi du puits selon les spécification du superviseur des fluides de forage Total.

L'unité de cimentation est une unité à haute pression qui comporte des bassins permettant la fabrication du laitier de ciment et des pompes puissantes nécessaires à l'injection du laitier. Les moteurs nécessaires au fonctionnement de l'installation sont bruyants. L'unité comporte des mélangeurs permettant le mélange des composants nécessaires à la fabrication du laitier de ciment. Généralement, les mélangeurs sont surmontés d'un extracteur d'air.

### **2.6.7 Le laboratoire à boues**

Sur les chantiers off-shore et on-shore, le laboratoire à boues est le lieu de réalisation des analyses physiques et chimiques de boues. Le laboratoire est un local fermé comprenant différents appareils d'analyse et de mesure. Les principaux appareils utilisés sont détaillés en Annexe 2. Les analyses sont réalisées par un technicien de la société de service chargée du contrôle des fluides de forage.

---

\* Voir définition en index

### 2.6.8 La salle des moteurs

Sur un rig à terre, les moteurs sont situés à l'air libre tandis sur un rig en mer, les moteurs sont localisés dans une salle fermée généralement non isolée acoustiquement.

### 2.6.9 Les quartiers et bureaux

Les quartiers sont les lieux de vie des employés. Ils comprennent les logements, le restaurant, les installations de loisirs (en mer)...

Sur un rig à terre, les bureaux sont situés à côté du site de forage tandis que les logements sont généralement plus éloignés et localisés à quelques centaines de mètres du site. Cependant il est à noter que certains logements sont parfois situés à proximité du site de forage.

Sur un rig en mer, les logements et bureaux sont localisés au même endroit.

### 2.6.10 La cabine de mudlogging

La cabine de *mudlogging* appartient à la société de *mudlogging* chargée d'assurer le suivi des formations géologiques. La cabine est opérée par les employés de la société de *mudlogging* (généralement au nombre de 3) et par le géologue Total. Cette cabine est un petit local fermé qui comprend un laboratoire et des bureaux. Elle est généralement située derrière le tamis vibrant du circuit de la boue, à environ une trentaine de mètres de la tête du puits.



Figure 11 : Photographie d'une cabine de Mudlogging

### 2.6.11 L'unité de stimulation/contrôle des sables

L'unité de stimulation appartient à une société de service spécialisée en charge des opérations de stimulation et de contrôle des sables. Elle est mise en place sur l'appareil de forage uniquement pendant la durée des opérations de stimulation et de contrôle des sables et est démontée après la réalisation des opérations.

C'est une unité à haute pression constituée de réservoirs nécessaires à la préparation et au stockage des fluides de stimulation, d'un ensemble d'équipements de pompage permettant l'injection des fluides dans le puits et d'une cabine de contrôle. Cette unité est opérée par les employés de la société de service et est supervisée par le superviseur stimulation Total.

## 3 ÉVALUATION DES RISQUES PROFESSIONNELS

### 3.1 Identification des dangers

Ce paragraphe a pour but de répertorier les différents dangers génériques physiques, chimiques et biologiques potentiellement présents sur un appareil de forage. Les dangers directement associés aux expositions au poste de travail et aux activités du chantier sont identifiés. Les sites de forage étant généralement localisés dans des régions où le contexte politique, les conditions climatiques ou sanitaires sont variables et plus ou moins clémentes, les dangers génériques liés aux contraintes et spécificités locales sont également pris en compte.

#### 3.1.1 Dangers physiques

- Le bruit : le bruit est un danger majeur des installations de forage en raison de la présence de nombreux équipements bruyants (moteurs, pompes, treuils, grues, chariots élévateurs, véhicules, ...) et de la fréquence élevée de chocs mécaniques entre pièces solides. Sur des rigs en mer, les décollages et atterrissages des hélicoptères sont une source supplémentaire de nuisances sonores. Un bruit de fond élevé est présent en permanence sur un appareil de forage. Selon le lieu du site de forage (plancher, pont, etc....), le niveau sonore sera plus ou moins élevé. Des mesures de bruit ont été réalisées sur deux appareils de forage off-shore situés en mer du Nord (Annexes 4 et 5) : le bruit de fond y est supérieur à 70 dBa.

- Les ambiances thermiques extrêmes : les activités de forage ayant lieu à l'extérieur et sous des climats plus ou moins cléments, le personnel d'un site de forage est amené à travailler dans des ambiances thermiques extrêmes : froid ou chaleur. Le travail au froid peut entraîner des troubles locaux (gelures, ...) et sur un plan général, une situation d'hypothermie dont les symptômes sont difficilement perceptibles. Le travail à la chaleur peut engendrer des brûlures ou des coups de soleil (brûlures cutanées ou oculaires) et, sur un plan général, une hyperthermie, une déshydratation, un épuisement, voire un « coup de chaleur ». De plus, les intempéries tels les pluies et vents violents, grêle, neige etc. peuvent accentuer le caractère difficile des conditions de travail (Alquier-Bouffard et al., 1995 ; DSS LacqMeillonStFaustLeLanot, JS / 03-420, 2005).

- Les dangers physiques liés aux activités de chantier (chute de personnes, chute d'objets en hauteur, circuits sous pression, heurt et coincement par machine ou équipement en mouvement, risque d'explosion et d'incendie...) sont des dangers majeurs d'une installation de forage.

- Des rayonnements ionisants sont émis lors de la réalisation de diagraphies\* dans les puits nécessitant l'utilisation d'une source d'émission de rayonnements radioactifs.

- L'argile des formations forées, remontée en surface est une source potentielle de radioactivité naturelle (*Natural Occuring Radioactive Material*, NORM). Elle peut être présente au niveau des équipements de fond remontés en surface et dans les déblais de forage. Des données sur la radioactivité naturelle des équipements de fond (tubulaires) lors de leur remontée en surface sont disponibles en mer du nord. Nous ne disposons pas de mesure au niveau des déblais de forage.

---

\* Voir définition en index

- Le travail sur écran peut induire une contrainte ergonomique et causer d'éventuelles fatigues visuelles et posturale.

### 3.1.2 Dangers chimiques

Quatre sources principales de dangers chimiques sont présentes sur un rig :

- Le dégagement du gaz toxique H<sub>2</sub>S qui peut être présent dans les réservoirs d'huile et de gaz forés et remonter à la surface ;
- Les boues de forage et les produits chimiques entrant dans leurs compositions (voir paragraphe 2.4.3) ;
- Les produits utilisés dans la fabrication du laitier de ciment lors des opérations de cimentation ;
- Les produits chimiques utilisés lors des opérations de stimulation/contrôle des sables ;
- Les éventuels produits de décomposition des produits boue après des cycles de circulation dans le puits à haute température.

#### A) ANALYSE GENERALE DE L'EXPOSITION

L'inhalation d'H<sub>2</sub>S concerne en priorité les personnes présentes sur le plancher et au niveau du système de traitement des solides qui sont les premières exposées en cas de dégagement du gaz toxique. Cependant le risque concerne toutes les personnes du rig.

L'exposition aux boues et à leurs composants est majoritairement localisée :

- au plancher ;
- à la *mixing area* ;
- au niveau des bassins à boues ;
- au niveau du système de traitement des solides ;
- au laboratoire.

Le personnel Total exposé est le personnel amené à se déplacer sur ces lieux.

De même le personnel exposé aux produits chimiques entrant dans la fabrication du laitier de ciment est le personnel présent dans l'unité de cimentation lors des opérations de cimentation.

Lors des opérations de stimulation, le personnel exposé aux produits de stimulation est le personnel présent lors de la préparation et le mélange des fluides et lors des opérations de pompage des fluides.

L'exposition peut avoir lieu majoritairement par inhalation de produits chimiques et de poussières et par contact avec la peau et les yeux. Les modes d'exposition pour chaque poste de travail étudié sont détaillés au paragraphe 3.3.

#### B) ANALYSE DES DANGERS ASSOCIES AUX PRODUITS CHIMIQUES

Afin d'identifier les dangers associés aux différents produits chimiques utilisés, les compositions type des boues, du laitier de ciment et des fluides utilisés lors des opérations de stimulation/contrôle des sables ont été définies : les composants principaux et les familles d'additifs ont été identifiés à partir de la littérature et des interviews avec des personnes du métier.

Un inventaire des produits entrant dans la composition de ces fluides a été réalisé : chaque produit est identifié par son nom commercial et la Fiche de Données de Sécurité (FDS) qui lui est associée. Pour chaque produit, les caractéristiques physico-chimiques, toxicologiques et écotoxicologiques fournis par la FDS sont renseignées (Voir Annexe 3). Les inventaires sont formalisés dans deux fichiers Excel, l'un reprenant les produits utilisés

pour la fabrication des boues et du ciment et l'autre, les produits utilisés lors des opérations de stimulation/contrôle des sables.

L'analyse de cet inventaire permet de mettre en évidence les dangers associés aux produits les plus fréquemment utilisés et d'identifier les produits les plus dangereux. On distingue :

- Les produits irritants, pouvant par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses provoquer une réaction inflammatoire ;
- Les produits nocifs, pouvant par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, entraîner la mort ou nuire à la santé de manière aiguë ou chronique ;
- Les produits sensibilisants, c'est-à-dire pouvant, par inhalation ou par pénétration cutanée, donner lieu à une réaction d'hypersensibilisation telle qu'une exposition ultérieure au produit génère des effets néfastes caractéristiques ;
- Les produits corrosifs, pouvant, en contact avec des tissus vivants, exercer une action destructrice sur ces derniers ;
- Les produits toxiques et très toxiques, entraînant par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée respectivement en petites quantités et en très petites quantités, la mort ou nuisant à la santé de manière aiguë ou chronique ;
- Les produits cancérogènes\*, mutagènes\*, toxiques pour la reproduction\*.

Il est également tenu compte des caractéristiques physico-chimiques des produits, en particulier leur nature physique : les produits engendrant des poussières susceptibles de provoquer des atteintes pulmonaires sont identifiés.

### **a) Produits boue**

✂ *Compositions type des boues :*

#### ▶ Boue à base d'eau :

Les boues à base d'eau sont des mélanges d'eau, de solides et de produits chimiques.

Les composants majoritaires d'une boue à base d'eau sont les suivants :

- L'eau, qui peut être douce ou salée selon les ressources présentes ;
- Un alourdisant : généralement du sulfate de barium  $BaSO_4$  appelé barite ou du carbonate de calcium  $CaCO_3$  ;
- Un agent viscosifiant qui peut être de la bentonite, argile constituée majoritairement de montmorillonite  $(Na, Ca)_x, (Al, Mg)_2(Si_4O_{10})(OH)_2, nH_2O$ , ou des polymères (gum de guar\*, gomme xanthique\*, pacs\*, polyacrylamides...) ;
- Un réducteur de filtrat dont le rôle est d'empêcher le fluide de forage de pénétrer et de se perdre dans la formation forée. Ce peut être de l'amidon, des polymères\*\* (gum de Xanthium\*, pacs, polyacrylamides), des lignosulfonates\*...

Les boues à base d'eau contiennent de nombreux additifs afin de formuler une boue spécifique aux conditions de forage rencontrées :

---

\* Voir définition en index

\*\* En fonction de la quantité introduite, les polymères peuvent être utilisés à la fois comme réducteur de filtrat ou comme de viscosifiant

- Les inhibiteurs d'argiles dont le rôle est de prévenir la solubilisation des argiles dans la boue : lignosulfonates,  $K_2CO_3$ , glycol, polyamides...
- Les inhibiteurs de corrosion, dont le rôle est d'empêcher la rouille de la garniture ;
- Les sels utilisés généralement lors du forage de sels : NaCl , KCl ;
- Les agents de contrôle du pH : soude, chaux... ;
- Les agents bactéricides ;
- Les agents anti-mousses qui sont en général des surfactants à base d'alcool ou de silicone ;
- Les agents lubrifiants ;
- Les agents colmatants utilisés dans le cas de formations très poreuses : fibres cellulosiques...
- Les agents détergents (Exploration & Production drilling : a primer Manuel Fluides, 1988 ; Manuels fluides, 1988).

▶ Boue à base d'huile :

Les boues à huile sont majoritairement des émulsions inverses : c'est-à-dire, des émulsions de gouttelettes d'eau dans l'huile. L'huile est généralement de l'huile paraffinique. Chez Total, l'utilisation de boue à base de diesel est interdite pour des raisons d'hygiène et d'impact sur l'environnement La proportion d'eau dans l'huile peut aller de 20/80 à 50/50. La fabrication de boues à l'huile nécessite l'utilisation de différents composés :

- Un ou deux émulsifiants ;
- Un alourdissant (barite) ;
- Un réducteur de filtrat (en général à base d'asphalte ou de lignite) ;
- Un viscosifiant (en général une argile organophile) ;
- Un agent mouillant qui rend les solides (forés, barite) mouillants ;
- De la chaux qui stabilise l'émulsion (Exploration & Production drilling : a primer; Manuel Fluides, 1988).

Des additifs peuvent également entrer dans la composition d'une boue à l'huile :

- Des sels dont le rôle est de réduire l'activité de la phase aqueuse : KCl, ... ;
- Des agents colmatants : fibres cellulosiques, ... ;
- Des agents fluidifiants.

Les quantités indicatives des différents composants des boues à huile et à eau sont définies dans le Tableau 6. Il est à noter que, la composition des boues étant très variable en fonction des formations rencontrées, les additifs indiqués ne sont pas tous présents simultanément dans une même boue.

**Tableau 6 : Compositions générales des boues**

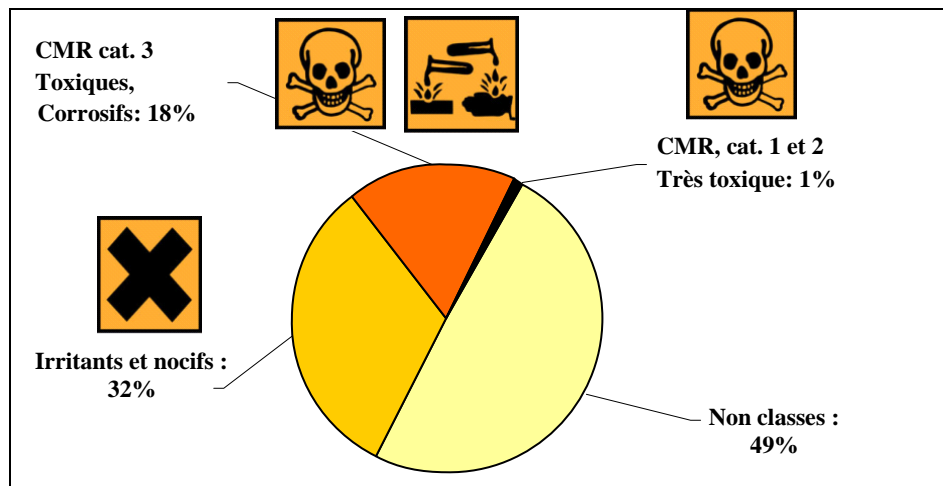
Type de boue	Composants	Quantité indicative pour 1m <sup>3</sup> de boue
<b>Boue à base d'eau</b>	Eau	1 m <sup>3</sup>
	Alourdissant : barite ou CaCO <sub>3</sub>	0.5-1.5 tonne/m <sup>3</sup>
	Viscosifiant :	
	bentonite	50 kg/m <sup>3</sup>
	polymères	1-5 kg/m <sup>3</sup>
	Réducteur de filtrat (amidon, polymères, lignosulfonates...)	1-10 kg/m <sup>3</sup>
	<u>Additifs :</u>	
	Inhibiteurs d'argile :	
	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10-100 kg/m <sup>3</sup>
	Glycol	25 L/m <sup>3</sup>
	Polymères	1-10 kg/m <sup>3</sup> ?
	Chaux	10-30 kg/m <sup>3</sup>
	Gypse	25-30 kg/m <sup>3</sup>
Agents anti-corrosion	0,5-1 kg/m <sup>3</sup>	
Sels	100-350 kg/m <sup>3</sup>	
Agents de contrôle de pH (soude...)	0.5-5 kg/m <sup>3</sup>	
Agents colmatants	10-250 kg/m <sup>3</sup>	
Agents anti-mousses, bactéricides, lubrifiants	0.5-2 L/m <sup>3</sup>	
Détergents	5 L/m <sup>3</sup>	
<b>Boue à base d'huile</b>	Huile paraffinique	0.50 à 0.6 m <sup>3</sup>
	Eau émulsionnée	0.075 m <sup>3</sup>
	Alourdissant : barite	0.5-1.5 tonne/m <sup>3</sup>
	Émulsifiants	30-50 kg/m <sup>3</sup>
	Viscosifiants	10-20 kg/m <sup>3</sup>
	Réducteurs de filtrat	5-15 kg/m <sup>3</sup>
	Agents mouillants	1-10 L/ m <sup>3</sup>
	Chaux	1-5 kg/m <sup>3</sup>
	<u>Additifs :</u>	
	Sels	50 kg/m <sup>3</sup>
	Agents colmatants	100 kg/m <sup>3</sup>
Agents fluidifiants	10-20 kg/m <sup>3</sup>	

(Entretien avec des foreurs, 2006 ; Manuel Fluides, 1988)

✂ *Identification des dangers associés aux produits boues*

La Figure 12 répartit les différents produits utilisés en fonction de leurs caractéristiques toxicologiques sans tenir compte des quantités utilisées et de la nature physique (produits générant des poussières par exemple) des produits. Cette première analyse permet de mettre en évidence que :

- environ la moitié des produits utilisés sont non classés par la réglementation européenne et donc présentent a priori en l'état des connaissances actuelles peu de danger pour la santé humaine ;
- très peu de produits Très toxiques (T+) et Cancérigène, Mutagène et Reprotoxiques\* de catégorie 1 et 2 (CMR cat. 1 et 2) sont utilisés ;
- environ un tiers des produits sont nocifs ou irritants.



**Figure 12 : Répartition des produits utilisés dans les boues et ciments en fonction de leur caractéristiques toxicologiques**

Dangers associés aux produits fréquents et utilisés en grande quantité :

La barite (sulfate de barium), la bentonite (argile), le carbonate de calcium comme les polymères synthétiques ou naturels utilisés comme viscosifiant et réducteur de filtrat ne sont pas classés au sens de la réglementation européenne des produits chimiques et ne sont associés à aucune phrase de risque et symbole de danger. Cependant, les poussières générées par ces produits majoritairement solides peuvent être irritantes par inhalation et contact avec les yeux et/ou la peau. De plus, la barite, la bentonite et le carbonate de calcium contiennent généralement une faible proportion de silice cristalline (<5% en poids), dont l'inhalation prolongée peut provoquer une grave maladie pulmonaire, la silicose\*. La poussière de silice cristalline est classée cancérogène suspecté (catégorie 3) par la réglementation européenne (annexe I de la directive n°67/548/CEE modifiée) et comme cancérogène certain par le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC).

Dangers associés aux huiles :

Les huiles utilisées dans les boues à huile sont des distillats de pétrole lourds ou légers nocives : elles peuvent provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion. Leur teneur en hydrocarbures aromatiques est très faible (au minimum inférieur à 4% en poids). Les huiles utilisées ne sont pas considérées comme cancérogènes. Cependant, une exposition prolongée avec la peau peut provoquer des problèmes cutanés (dermatoses, dessèchements, ...). Les vapeurs et les brouillards d'huile sont irritants pour les yeux et les voies respiratoires supérieures (OSHA, 1999).

Identification des produits cancérogènes (catégorie 1, 2, 3)

Un zoom sur les produits cancérogènes (catégorie 1, 2 et 3) utilisés montre qu'aucun produit considéré comme CMR certain (cat. 1) pour l'homme n'est utilisé et que deux composés, un inhibiteur de corrosion contenant de l'hydrazine, utilisé de façon anecdotique, et un agent anti-mousse contenant du formaldéhyde, sont classés cancérogènes de catégorie 2. Les autres produits cancérogènes suspectés sont majoritairement des produits pulvérulents contenant une faible proportion de silice cristalline (généralement <5% en poids) : ce sont des alourdissants et des viscosifiants (type bentonite, barite et carbonate de calcium). Les autres agents cancérogènes suspectés contiennent du diesel et sont utilisés comme *spotting fluid*, c'est-à-dire en petit volume de façon très ponctuelle afin de libérer le train de tiges coincé dans le puits.

\* Voir définition en index



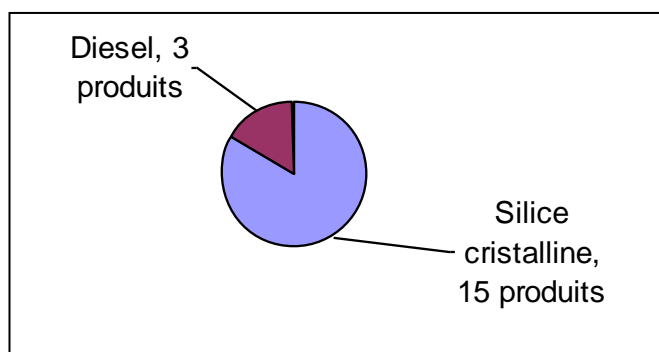


Figure 13 : Répartition des produits cancérigènes suspectés (catégorie 3)

Identification des familles de composés les plus à risque :

Les familles de composés les plus à risque correspondent aux additifs et composés utilisés de façon minoritaire :

- les *inhibiteurs de corrosion* majoritairement nocifs et irritants ;
- les *agents de contrôle de pH* (soude) corrosifs ;
- les *agents émulsifiants* majoritairement irritants (peau, yeux, voies respiratoires). Certains contiennent du méthanol, composé toxique par ingestion, inhalation et contact avec la peau ;
- les *agents bactéricides* généralement corrosifs, parfois également sensibilisants et nocifs ;
- les *inhibiteurs d'argile* majoritairement irritants pour les yeux, la peau et les voies respiratoires et pouvant générer des poussières. Certains peuvent également être nocifs par inhalation et ingestion.

**Conclusion :** Peu de produits présentant une toxicité à long terme de type CMR sont utilisés dans la fabrication des fluides de forage. Les produits les plus à risque sont majoritairement des additifs ou des produits utilisés en faible quantité. Les risques principaux associés aux produits fréquents et utilisés en grande quantité sont :

- l'inhalation de poussières notamment de silice cristalline
- l'inhalation et le contact avec des huiles minérales
- l'utilisation de produits corrosifs.

**b) Produits ciment**

✂ Composition type d'un laitier de ciment :

Tableau 7 : Composition type d'un laitier de ciment

Composants	Quantité indicative pour une densité SG=1,90
Eau	450 L
Ciment	1 000 kg
Silice	350 kg
Accélérateurs/Retardateurs de prise	5-10 L
Réducteur de filtrat	10-25 L
Thinner (amincissant)	3-10 L
Defoamer (Anti-mousse)	0,5 L

✂ Principaux dangers associés aux composants majoritaires :

Le ciment peut provoquer des irritations oculaires en cas de projection dans les yeux et des rhinites en cas d'inhalation de poussières de ciment sec. Le ciment frais est également

irritant par contact avec la peau et la présence éventuelle de chrome hexavalent ou de cobalt dans les ciments peut générer un eczéma (INRS, 2005). La silice occasionnellement utilisée en complément du ciment est une silice cristalline qui est classée cancérigène de troisième catégorie et dont l'inhalation de poussières peut provoquer la silicose\*.

✂ *Principaux dangers associés aux additifs :*

L'étude des dangers associés aux additifs est en cours et sera finalisée fin septembre 2006.

**Conclusion :** Le risque principal associé aux produits utilisés en grande quantité est l'inhalation de poussières notamment de silice cristalline.

### **c) Produits de stimulation/contrôle des sables**

✂ *Composition type des fluides utilisés pour les opérations de stimulation/contrôle des sables :*

Pour les opérations de stimulation acide, trois types de fluides acides sont majoritairement utilisés. Les compositions suivantes peuvent être considérées comme des formulations types :

- Formulation 1 : solution d'acide chlorhydrique

**Tableau 8 : Formulation 1 des fluides de stimulation**

Litre / 1000 L	Composants
258	Eau
635	Acide chlorhydrique 33%
7	Inhibiteur de corrosion
80	Aide à l'inhibiteur de corrosion
20	Agent chélatant du fer

- Formulation 2 : dispersion d'acide chlorhydrique dans un solvant aromatique

**Tableau 9 : Formulation 2 des fluides de stimulation**

Litre / 1000 L	Composants
402	Eau
377	Acide chlorhydrique 33%
100	Solvant aromatique
15	Agent dispersant
6	Inhibiteur de corrosion
80	Aide à l'inhibiteur de corrosion
20	Agent chélatant du fer

- Formulation 3 : dispersion d'acide chlorhydrique dans du diesel

**Tableau 10 : Formulation 3 des fluides de stimulation**

Litre / 1000 L	Composants
169	Eau
444	Acide chlorhydrique 33%

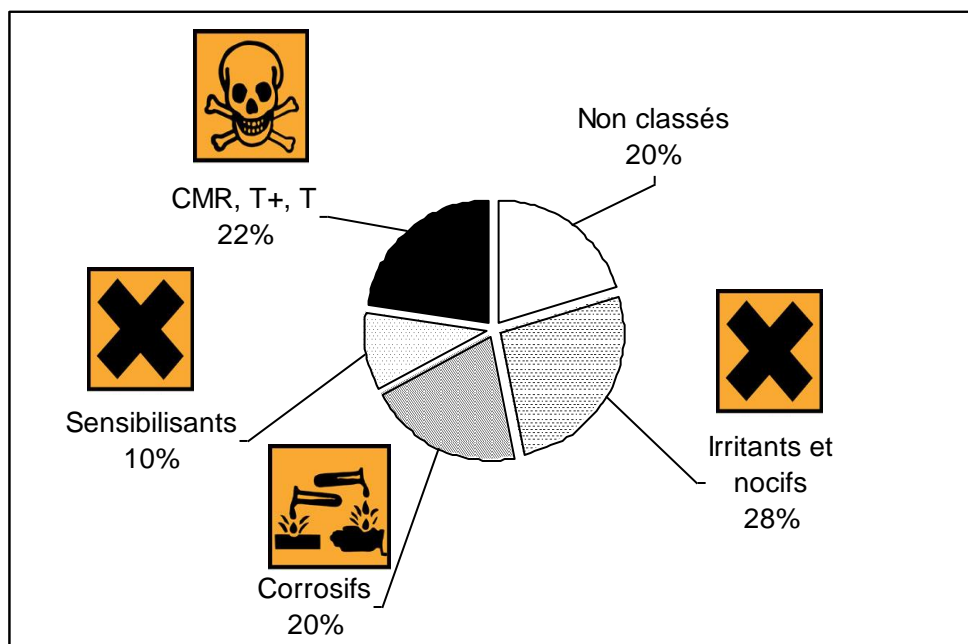
\* Voir définition en index

Litre / 1000 L	Composants
280	Diesel
30	Agent émulsifiant
7	Inhibiteur de corrosion
50	Aide à l'inhibiteur de corrosion
20	Agent chélatant du fer

Il est à noter que la formulation 2 est également employée pour lors des opérations de contrôle des sables.

#### ✂ Identification des dangers associés aux produits de stimulation

La Figure 14 répartit les différents produits utilisés en fonction de leurs caractéristiques toxicologiques sans tenir compte des quantités utilisées et de la nature physique (produits générant des poussières par exemple) des produits.



**Figure 14 : Répartition des produits utilisés dans les fluides de stimulation/contrôle des sables en fonction de leurs caractéristiques toxicologiques**

Cette première analyse permet de mettre en évidence que :

- environ 3/4 des produits présentés sont classés par la réglementation européenne et présentent des dangers aigus ou chroniques pour la santé humaine ;
- environ 1/4 des produits sont toxiques, très toxiques et Cancérogène, Mutagène et Reprotoxiques
- 20% des produits utilisés sont corrosifs.

#### Principaux dangers associés aux produits utilisés fréquemment et en grande quantité (>100L/m<sup>3</sup> de fluide) :

L'acide chlorhydrique principal composant des fluides acides provoque des brûlures et est irritant pour les voies respiratoires. Certains mélanges d'acides contenant du fluorure d'hydrogène (teneur <1,5% en poids) sont à la fois corrosifs et toxiques par inhalation et ingestion. Il est à noter que ces mélanges d'acides sont utilisés moins fréquemment que l'acide chlorhydrique et correspondent à des opérations de stimulation dans des roches gréseuses et argileuses.

Les solvants aromatiques utilisés, le toluène et les xylènes sont nocifs par inhalation.

Le diesel également utilisé dans certaines formulations est un cancérigène suspectée, classé catégorie 3 par la réglementation européenne.

#### Identification des produits cancérogènes :

Deux types de substances cancérogènes sont identifiés :

- le diesel ;
- les inhibiteurs de corrosion. Ils contiennent des cétones aromatiques (cancérogène cat.3) et du formaldéhyde (cancérogène cat.2) : ils sont majoritairement classés comme substance cancérigène de catégorie 2 par la réglementation européenne.

#### **d) Produits de dégradation**

Les produits suivants entrant dans la composition des boues sont susceptibles de se décomposer :

- l'amidon ;
- la cellulose/carboxymethylcellulose ;
- les biopolymères ;
- la gomme de xantham ;
- les polymères synthétiques.

Faute de temps, les produits de dégradation des composés précités n'ont pu être identifiés. Une recherche bibliographique permettant d'identifier ces produits et leur toxicité devra être menée.

### **3.1.3 Dangers biologiques**

Trois risques biologiques majeurs ont été mis en évidence :

#### - La légionelle :

Les légionelles sont des bactéries se développant dans des eaux stagnantes et chaudes entre 25 et 50°C. La contamination par les légionelles a lieu par inhalation d'eau contaminée diffusée en aérosol. Les climatiseurs et les douches sont des sources d'exposition aux légionelles. Ces bactéries sont à l'origine de trois pathologies dont les deux principales sont la légionellose\* et la fièvre de Pontiac\*. La troisième pathologie, plus anecdotique, est la légionellose extra-pulmonaire. Pour éviter le développement de cette bactérie, il est recommandé de prendre simultanément trois mesures de prévention : un traitement de l'eau efficace (ex : chloration continue du réseau d'eau), un contrôle de la température de l'eau (maintenir une eau chaude supérieure à 55°C et une eau froide inférieure à 15°C) et effectuer régulièrement des analyses bactériologiques des eaux.

#### - Les dangers sanitaires liés au catering :

Le risque de maladies liées au catering est variable selon les zones géographiques et demeures plus important dans les pays en voie de développement. Les maladies majoritaires associées au catering sont des maladies d'origine virale ou bactérienne à transmission oro-fécales :

- gastro-entérites/diarrhées sévères (contamination par des bactéries de type *Echerichia Coli*, *Salmonella*, ...) ;
- Hépatite A...

Les causes sont généralement un manque d'hygiène lors de la préparation des plats ou la consommation d'une denrée alimentaire préalablement contaminée. Le risque de

---

\* Voir définition en index

contamination par l'eau potable doit également être surveillé : une eau insuffisamment traitée peut présenter des risques bactériens ou viraux (Alquier-Bouffard et al., 1995).

- Les autres maladies infectieuses et parasitaires :

Le risque de maladies infectieuses et parasitaires concerne plus particulièrement les zones productives localisées dans des pays chauds et/ou des pays en voie de développement (Afrique, Amérique du sud, Asie...). Les infections les plus fréquemment rencontrées sont : le paludisme, les hépatites, les Maladies Sexuellement Transmissibles, les problèmes cutanés... (Alquier-Bouffard et al., 1995)

### 3.1.4 Dangers non spécifiques liés aux contraintes locales

- Stress et risques psychosociaux : le travail sur une installation de forage est particulièrement stressant en raison d'une part du danger permanent lié aux opérations (risque d'éruption) et d'autre part en raison de la pression imposée par les coûts importants des opérations. Au stress associé au travail, s'ajoute un stress lié à un sentiment d'insécurité dans les pays où la tension politique est importante.

- La vie en communauté dans un espace confiné, de surface souvent restreinte pendant plusieurs semaines, parfois sans possibilité de s'en éloigner (vie en base ou sur une plate-forme confinée), le plus souvent séparée de sa famille est une contrainte supplémentaire. Les rigs notamment off-shore sont des lieux exigus et généralement surpeuplés.

- La vie dans un lieu isolé est également un facteur de risque important et aggravant.

- Le durée du temps de travail est un important facteur de risque car elle induit souvent une grande fatigue physique et psychologique. Généralement le rythme de rotation et de travail de chantier est de 4 à 5 semaines d'affilée pour 4 semaines de récupération. Les quarts sont théoriquement de 12 heures de travail. Cependant, en pratique, la durée de travail peut être beaucoup plus longue et induire une privation de sommeil préjudiciable à l'état de santé de la personne. De plus, les rotations induisent un problème d'acclimatement physiologique de 3 à 8 jours et d'habituation psychologique aux changements d'environnement social.

- Le décalage horaire induit une fatigue supplémentaire. Il perturbe les biorythmes. Dans les premiers jours qui suivent le voyage, les sujets sont plus vulnérables aux accidents et peuvent connaître un affaiblissement de la vigilance et des capacités d'idéation, préjudiciables à la prise de décision (Alquier-Bouffard et al., 1995).

- Les changements d'environnement – climat, localisation géographique, environnement politique et culturel, sanitaire, social et familial en cas d'expatriation avec la famille – entraînent une phase d'adaptation de durée variable selon les individus et la nature des changements pour que le sujet s'acclimate aux nouvelles conditions de vie (Alquier-Bouffard et al., 1995)

- Les exigences physiques liées aux déplacements : pour rejoindre un site de forage, l'utilisation de nombreux moyens de locomotion (en mer : bateau, zodiac, paniers de transfert, hélicoptère; à terre : 4\*4, jeep, camion) est une source de fatigue physique importante. Certains postes amenés à travailler sur plusieurs chantiers à la fois (superviseur

des fluides de forage, superintendant de forage...) sont particulièrement soumis à cette contrainte.

- Les dangers liés à la route: les accidents de véhicule liés aux déplacements du personnel sur site et hors site constituent une des premières causes de mortalité dans la population des foreurs.

## 3.2 Résultats de métrologie

### 3.2.1 Bruit

Des mesures de bruit ont été effectuées sur le site de forage 174 à Aberdeen ainsi que sur l'appareil de forage situé sur la plateforme de production off-shore d'Alwyn en Mer du Nord (voir Annexe 4 et Annexe 5). Ces mesures permettent d'estimer le niveau sonore des différents lieux d'un appareil de forage off-shore.

Nous ne disposons pas de mesure sur un site on-shore.

### 3.2.2 Radioactivité naturelle

Des mesures de radioactivité naturelle (*Natural Occuring Radioactive Material*) sont effectuées sur le site d'Alwyn en mer du nord sur les équipements de fond remontés en surface. Cependant au moment de la rédaction du présent mémoire, les résultats de ces mesures n'ont pas encore été obtenus.

### 3.2.3 Autres

Aucune autre donnée de métrologie (poussières, produits chimiques, ...) n'est disponible.

## 3.3 Inventaire des tâches et hiérarchisation des risques

Les dangers physiques, chimiques et biologiques présents sur un rig ayant été identifiés, l'objectif est d'évaluer les risques associés à ces dangers pour les métiers exercés par les employés du groupe Total à savoir :

- le superviseur de forage ;
- le superviseur des fluides de forage ;
- le superviseur stimulation ;
- le géologue.

Les évaluations des risques des métiers de géologue et de superviseur de stimulation étant en cours de finalisation/validation, **seuls les résultats de l'évaluation des risques des superviseurs de forage et fluides de forage sont décrits et discutés dans le présent rapport.**

Les risques génériques associés à la vie sur le site et aux contraintes locales communes à toutes les personnes vivant sur le site font également l'objet d'une évaluation (paragraphe 3.3.1).

Pour chaque métier étudié, le paragraphe est construit de la même façon : une description générale du métier suivi d'un tableau de synthèse de l'évaluation des risques regroupant les cotations de risques et les actions à mettre en place.

Chaque métier est décrit et découpé en tâches élémentaires à partir des données obtenues lors des interviews de plusieurs employés Total et lors de visites de sites de forage. Les dangers associés à chaque tâche élémentaire sont identifiés et caractérisés en terme de durée et fréquence d'exposition. La méthodologie d'évaluation des risques professionnels décrite au paragraphe 1.4 est employée afin de coter les risques et d'identifier les priorités d'action.

La gravité intrinsèque (Gi) des dangers identifiés est évaluée à partir des grilles de cotation définies par la méthodologie. Elle prend également en compte l'expérience du terrain des professionnels interrogés et les éventuelles données de métrologies existantes :

- La gravité intrinsèque du danger bruit a été évaluée en fonction des valeurs de bruit mesurées en mer du nord sur une plate-forme off-shore. On notera que ces mesures ne prennent pas en compte le type de bruit mesuré (bruit stable, continu, intermittent, fluctuant, à caractère impulsionnel, à tonalité marquée), composante qui joue généralement un rôle important dans la perception subjective du bruit et la gêne occasionnée.

- Les dangers de type chute, heurt et coincement par une machine en mouvement, inhalation d'H<sub>2</sub>S, pouvant présenter une issue mortelle se sont vu attribués la cotation maximale.

- La gravité intrinsèque des produits chimiques est cotée en fonction des phrases de risque figurant sur la fiche de données de sécurité du produit (voir Annexe 1). La cotation de la gravité intrinsèque associée à la boue est réalisée en tenant uniquement compte des produits majoritaires. Les produits majoritaires les plus dangereux entrant dans la composition d'une boue étant identifiés comme irritants et nocifs, la gravité intrinsèque associée au contact avec la boue a donc été cotée 2. Pour tenir compte des éventuels produits de décomposition de la boue dont la toxicité n'est pas connue précisément, la gravité intrinsèque de l'inhalation de vapeurs de boue a été cotée 4.

- La gravité intrinsèque associée au contact et à l'inhalation des produits chimiques seuls, avant mélange (exposition à la *mixing area*) été cotée 4 de façon à prendre en compte les dangers associés aux produits des plus dangereux.

Les moyens de prévention existants ont été définis par les professionnels du forage. La présence du terme « procédures » signifie qu'il existe des procédures ou consignes de sécurité à tenir à proximité du danger. Le terme « permis de travail » fait référence à l'obligation pour le personnel qui effectue la tâche de disposer d'un permis de travail : le personnel doit alors connaître les risques associés à la tâche effectuée. Le terme *housekeeping* englobe le rangement et le nettoyage au poste de travail. Il a été estimé que les permis de travail et les procédures correspondent à une cotation 4.

Les Équipements de Protection Individuels (EPI) de base comprennent un casque de sécurité, des lunettes de protection, des chaussures de sécurité et un vêtement couvrant intégral.

### 3.3.1 Risques génériques

Le Tableau 11 est une synthèse de l'évaluation des risques génériques liés à la vie sur site et indépendants du métier exercé.

**Tableau 11 : Évaluation des risque non spécifiques**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions
	Dangers	Effets			Gi	D	F	RP		PM	RR	
<b>Ambiance thermique</b>	Chaleur Froid	-Déshydratation -Hypothermie	4-5h	Tous les jours	2	3	1	6	EPI adaptés au climat Information et prévention régulière Application du contrat type Total (Aménagement des quartiers, présence d'un infirmier ...)	4	2	
<b>Douches</b>	Legionnelles	Legionellose	15 min	1 / jour	4	2	1	7	Chloration de l'eau	2	5	Vérifier l'efficacité du système de chloration, la température des eaux sanitaires tous les mois (T>55°C)  Réaliser des analyses bactériologiques périodiques



**Tableau 11 : Évaluation des risque non spécifiques**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions								
	Dangers	Effets			Gi	D	F	RP		PM	RR									
<b>Catering</b>	Contamination de l'eau	Gastroentérites/ diarrhées sévères Hépatite A	30 min	3 / jour	2	2	1	5	Analyses bactériologiques régulières  Respect des règles d'hygiène alimentaire, de la chaîne du froid, des dates de péremption des produits alimentaires Audits réguliers	4	1									
	Contamination alimentaire	Gastroentérites/ diarrhées sévères																		
<b>Vie dans pays chauds/tropicaux</b>	Paludisme		24h	Tous les jours	4	3	1	8	Visite médicale avant et après départ	4	4	Renforcer l'information et la prévention								
	Problèmes cutanés (dermatites...)												2	3	1	6	Vaccinations	4	2	Renforcer le suivi médical
	Insectes, serpents, scorpions																			
<b>Vie en milieu isolé</b>	Maladies (maladies cardiovasculaires, neurologiques, ...) et accidents graves exigeant une intervention rapide		24h	Tous les jours	6	3	1	10	Procédures/plan d'évacuation sanitaire d'urgence	4	6	Présence d'une structure médicale sur site								

### 3.3.2 Le superviseur de forage

Le superviseur de forage est responsable du chantier et du bon déroulement des opérations de forage dans le respect des procédures de sécurité et de protection de l'environnement. Il est le représentant d'un point de vue technique et contractuel de la société Total sur le chantier.

Le superviseur de forage vit sur le chantier en off-shore ou dans un camps à proximité en on-shore. Il est exposé en continu aux dangers liés à aux contraintes locales.

#### **Il n'effectue théoriquement pas de tâche manuelle.**

Il a quatre missions principales :

- une mission de supervision : il supervise et contrôle les activités du chantier, il rédige des consignes et instructions pour mettre en œuvre les programmes, il effectue plusieurs visites quotidiennes de l'appareil de forage, il assiste aux opérations spéciales (contrôle d'éruption, opérations de stimulation, opérations de fishing, traitement des pertes, descentes de casing, opérations de cimentation, ...) ;
- une mission de pilotage / coordination / « reporting » ou transfert d'information : il dirige et coordonne les activités des compagnies de service présentes au travers de réunions et informe quotidiennement la base de l'avancement des opérations ;
- une mission logistique : il gère la rotation du personnel en fonction des opérations et organise l'approvisionnement des équipements. Il est responsable du contrôle des stocks ;
- une mission sécurité : Il est responsable de la sécurité sur site.

Il partage son temps sur le chantier entre un travail administratif et de « reporting » (rédaction de rapports, passage des consignes, validation des permis de travail...) et un travail de terrain (visite et contrôle des différents lieux du chantier, opérations spéciales).

Pendant une journée type, le travail de terrain et le travail de bureau représentent respectivement 30% et 70% du temps de travail. Il travaille selon un système de rotation sur site on-shore ou offshore.

**Tableau 12 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur de forage**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions
	Danger	Effets			Gi	D	F	RP		PM	RR	
Supervision des opérations au plancher	Bruit (78.3< <92.7dBa)	Surdité Fatigue	30 min	2/jour	6	2	1	9	EPI spécifiques (protections auditives)	4	5	Réaliser d'une cartographie du bruit sur les chantiers (mesures) Réaliser des audiogrammes périodiques Informer le personnel des zones les plus bruyantes et des protections à utiliser selon la zone
	Chute de plain pied	Blessure légère à grave			6	2	1	9	Sol anti dérapant, <i>Housekeeping</i> , balisage, formation	4	5	Formation et information du personnel <i>Housekeeping</i> et balisage à renforcer Favoriser l'automatisation complète du travail
	Chute d'objets suspendus	Blessure légère à grave			6	2	1	9	Campagne d'inspection dans les hauteurs, Permis de travail, balisage, procédures	4	5	
	Chute de hauteur	Blessure légère à grave			6	2	1	9	Permis de travail, harnais de sécurité, EPI spécifiques au travail en hauteur	4	5	
	Heurt et coincement par machine ou équipement en mouvement	Blessure légère à grave			6	2	1	9	Permis de travail, consignation, balisage	4	5	
	Circuits sous pression	Blessure légère à grave			6	2	1	9	Information, balisage, permis de travail, procédures (ex : protection des lignes par un câble) Inspection/certification Soupapes de sécurité	4	5	
	Inhalation d'H <sub>2</sub> S	Intoxication, asphyxie			6	2	1	9	Détecteur H <sub>2</sub> S individuel et collectif Masque de fuite Procédures de sécurité Manche à air (direction du vent)	6	3	

**Tableau 12 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur de forage**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions
	Danger	Effets			Gi	D	F	RP		PM	RR	
	Inhalation de vapeurs de produits boues	Irritation, nocivité Maladies broncho-respiratoires			2	2	1	5	EPI non spécifiques Ventilateur	4	1	Boues à huile : Mesures des teneurs d'exposition en huile minérale (respect des VLEP*)
	Projection de boues	Brûlure thermique			4	2	1	7	EPI spécifiques (habit couvrant intégral) Lave œil/douche	4	3	
		Contact avec des produits chimiques			2	2	1	5		4	1	
	Situation de contrôle d'éruption	Feu, explosion			6	2	1	9	BOPs, Procédures, formation spécifique (IWCF)*	6	3	
Présence d'une source radioactive	Symptômes cutanés ou hématologiques	15min	2 / mois	4	2	0	6	Détecteurs collectifs et individuels de radioactivité, Confinement, procédures de sécurité, manipulation par personnel habilité	6	0		
<b>Supervision au niveau des bassins à boue</b>	Les dangers et les données de fréquence et de durée d'exposition sont assimilables à ceux du superviseur des fluides de forage (Voir <b>Tableau 13</b> ). <b>Le risque résiduel est identique.</b>		15 min	2 / jour		2	1					
<b>Supervision au niveau du système de traitement des solides</b>	Les dangers et les données de fréquence et de durée d'exposition sont assimilables à ceux du superviseur des fluides de forage (Voir <b>Tableau 13</b> ). <b>Le risque résiduel est identique.</b>		15 min	2 / jour		2	1					
<b>Supervision au niveau de l'unité de cimentation</b>	Les dangers et les données de fréquence et de durée d'exposition sont assimilables à ceux du superviseur des fluides de forage (Voir <b>Tableau 13</b> ). <b>Le risque résiduel est identique.</b>		3-4 h	1/se maine								

\* Voir définition en index

**Tableau 12 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur de forage**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions
	Danger	Effets			Gi	D	F	RP		PM	RR	
Visite des pompes à boue	Bruit	Surdité Fatigue	10 min	1 / j	6	1	1	8	EPI spécifiques (protections auditives)	4	4	Identique aux actions préconisées au plancher
	Circuits sous pression	Blessure légère à grave			6	1	1	8	Information, balisage, permis de travail, procédures (ex : protection des lignes par un câble), Inspection/certification Soupapes de sécurité	4	4	
Déplacement/ Supervision au niveau du lieu de stockage des tubulaires (pont)	Bruit (70à 85 dBA)	Surdité Fatigue	15 min	2 / jour	2	2	1	5	EPI spécifiques (protections auditives)	4	1	Housekeeping à renforcer
	Chute de plain pied par glissade	Blessure, contusion			4	2	1	7	Housekeeping Procédures (rangement, lifting plan , manutention, permis de travail, certification pour conduite de grues)	4	3	
	Dangers liés à la manutention (chute d'objets, heurt ou coincement par machine en mouvement...)	Blessure légère à grave			6	2	1	9	Design du pont adapté aux manutentions	4	5	
	Radioactivité naturelle présente sur les équipements de fond remontés en surface	Symptômes cutanées ou hématologiques			4	2	1	7		0	7	
Déplacements sur site et hors site	On-shore : Accidents de circulation	Blessure légère à grave	1h	1/j	6	2	1	9	Bon état du véhicule Permis de conduire obligatoire Defensing driving* Utilisation d'un mouchard ou tacographe* Recours à un chauffeur (non systématique)	4	5	Renforcer l'utilisation de mouchard Recommander le recours à des chauffeurs Accentuer la sensibilisation du personnel Garantir le bon état du véhicule
Visite de la cabine de mudlogging	Pas de danger	-	15 min	2 / jour	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Voir définition en index

**Tableau 12 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur de forage**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions
	Danger	Effets			Gi	D	F	RP		PM	RR	
Descente en cavité (ballasts) en off-shore	Chute de plain-pied	Blessure, contusion	30 min	1/an	4	2	-1	5	Housekeeping	2	3	
	Atmosphère confinée	Asphyxie, intoxication			6	2	-1	7	Contrôle d'atmosphère, permis de travail, port d'appareils respiratoires, procédures de sécurité	4	3	
	Explosion	Blessure légère à grave			6	2	-1	7		4	3	
Visite de la salle des moteurs	Bruit	Surdité Fatigue	15 min	Ponctuelle	6	2	-1	7	EPI spécifiques (protections auditives)	4	3	
	Incendie	Blessure légère à grave			6	2	-1	7	Extincteurs, <i>sprinklers</i> , alarmes anti-feu, détecteurs de feu, isolation de la salle (portes coupe feu) Design des moteurs anti-feu	4	3	
Visite de la Service Control Room (armoires électriques)	�lectrocution, feu	Blessure légère à grave	10min	Ponctuelle	6	1	-1	6	Accès contrôlé, uniquement accompagné d'une personne habilitée Procédures Système anti-feu	4	2	
Présence sur le plancher lors d'opérations spéciales	Les dangers et la somme des données de fréquence et de durée d'exposition (F=0, D=3) sont identiques aux données correspondant à la visite du plancher (F=2, D=1=) : <b>le risque résiduel est donc identique.</b>		plusieurs heures	Ponctuelle		3	0					
Travail dans les bureaux	Travail sur écran	Contrainte ergonomique	8h30	Tous les jours	2	3	1	6	Aménagement du poste de travail	2	4	Réviser l'aménagement du poste (mobilier, écran)  Informer (utilisation ergonomique optimale des écrans, causes et moyens de prévention des fatigues visuelles et posturales)

### 3.3.3 Le superviseur des fluides de forage

La distinction est faite entre le superviseur des fluides de forage qui est basé sur site et le superintendant des fluides de forage qui est généralement basé au siège de l'entité et se déplace ponctuellement sur le site de forage. La description suivante concerne le métier de superviseur des fluides de forage basé sur site.

La mission principale du superviseur des fluides de forage est d'assurer, de contrôler la qualité des fluides de forage boue et ciment et de superviser leur mise en œuvre sur site. Il est également responsable du traitement des rejets de l'installation de forage.

**Le superviseur des fluides de forage ne manipule qu'occasionnellement les produits nécessaires à la fabrication des boues et du ciment. La fabrication des fluides de forage et des ciments et les analyses des boues de forage sont réalisées par le personnel des compagnies de service. Le superviseur des fluides de forage réalise occasionnellement des analyses et des contrôles des paramètres boue.**

Les missions du superviseur des fluides de forage sont les suivantes :

- Il prépare les programmes de fabrication, d'analyses de la boue et du laitier de ciment. Il assure et supervise la mise en oeuvre et le suivi de ces programmes ;
- Il vérifie que les caractéristiques de la boue, lors de sa fabrication et lorsque le fluide est en mouvement, sont en adéquation avec le programme défini et avec les conditions rencontrées lors du forage (formations géologiques rencontrées, température, pression...). Le cas échéant, il fait évoluer la composition du fluide de forage, et modifie ses instructions au *Mud Engineer* de la société de service responsable des fluides. Il peut réaliser ponctuellement certaines analyses qui sont normalement du ressort du *Mud Engineer* contracté ;
- Il est chargé de préparer et de superviser les opérations de cimentation réalisées par la compagnie de service de cimentation ;
- Il prépare le programme de traitement des rejets de forage et est responsable de sa mise oeuvre par l'entreprise contractée. Il doit s'assurer que toutes les actions entreprises sont en accord avec les *company rules (referentiel)* et les réglementations locales concernant l'environnement ;
- Il est chargé de maintenir constamment un stock suffisant de produits nécessaires à la fabrication des boues et du laitier de ciment ;
- Il s'assure de la bonne application des contrats des prestataires (fluides de forage, cimentation, traitements des rejets) et de l'évaluation des prestations de ces compagnies ;
- Il peut être amené à superviser occasionnellement des opérations de stimulation.

Le temps de travail d'un superviseur de fluides de forage se répartit entre un travail majoritairement de bureau (60% du temps de travail) et un travail de terrain (40% du temps de travail). Il travaille selon un système de rotation sur site on-shore ou offshore. Il peut être également amené à superviser plusieurs chantiers de forage simultanément. Dans ce cas, la répartition du temps de travail bureau/terrain est différente.

**Tableau 13 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur des fluides de forage**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions
	Danger	Effets			Gi	D	F	RP		PM	RR	
Supervision au niveau du système de traitement des solides	Bruit (73,5 < 83.4dBA)	Surdité Fatigue	30m in	4/j	2	2	1	5	EPI spécifiques (protections auditives)	4	1	Identique à celles préconisées pour le poste de superviseur de forage
	Chute de plain-pied par glissade	Blessure légère (contusion) à grave (invalidité, mort)			6	2	1	9	Housekeeping Sols anti-dérapants	4	5	Renforcer l'housekeeping et l'information au personnel
	Inhalation vapeurs de produits chimiques constitutifs des boues et éventuellement de produits de décomposition	Selon le produit : irritation nocivité			4	2	1	7	Système d'aspiration/ventilation	4	3	
	Projection de fluides	Brûlure thermique			4	2	1	7	EPI spécifiques (habit couvrant intégral, lunette)	4	3	
		Contact avec produits chimiques			2	2	1	5	EPI spécifiques (habit couvrant intégral, lunette)	4	1	
	Dégagement de gaz (CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, ...)	Toxicité, asphyxie			6	2	1	9	Masque H <sub>2</sub> S individuel DéTECTEURS de gaz collectifs	6	3	
	Radioactivité naturelle des déblais	Symptômes cutanées ou hématologiques			4	2	1	7		0	7	Réaliser des mesures de radioactivité naturelle
	Dangers associés aux machines en mouvement (Vis convoyeuse, centrifugeuse...)	Blessures graves							Permis de travail, consignation Si design adapté, protection mécanique (ex : carter)	6	3	
						Permis de travail, consignation Si design non adapté, pas de protection mécanique	4	5	Mettre en place une protection mécanique adaptée (carter, caillebotis, ...)			



**Tableau 13 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur des fluides de forage**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions
	Danger	Effets			Gi	D	F	R P		PM	RR	
<b>Supervision près de la mixing area</b>	Bruit	Surdité Fatigue	15m in	1 /j	6	2	1	9	EPI spécifiques (protections auditives)	4	5	Identique à celles préconisées pour le poste de superviseur de forage
	Manutention de produits chimiques (fûts, palettes, big bag, ..)	Blessure légère (contusion) � grave (invalidité, mort) ?			6	2	1	9	Formation du personnel Conditionnement initial correct des produits Matériel de manutention adapté Contrôle régulier des équipements Stockage séparé des produits dangereux (soude, acide)	4	5	Audits des compagnies de service
	Inhalation de poussières	Irritation Maladies broncho- pulmonaires			6	2	1	9	Système de ventilation/aspiration Masque anti-poussière à disposition	6	3	Mesures de la teneur en poussières (respect des VLEP) Sensibiliser au port du masque anti-poussières
									Sans système de ventilation/aspiration Masque anti-poussière à disposition	4	6	Installer un système d'aspiration Installer un système de mélange et d'aspiration entièrement fermé Sensibiliser au port du masque anti-poussières
	Inhalation de vapeurs de produits chimiques	Selon le produit : Irritation Nocivité Toxicité			4	2	1	7	Système de ventilation/aspiration	4	3	Système d'aspiration Installer un système de mélange et d'aspiration entièrement fermé
									Sans système de ventilation/aspiration	2	5	
	Projection de fluides	Brûlure chimique (fluides corrosifs)  Contact avec produits chimiques			4	2	1	7	EPI spécifique (habit couvrant)	4	3	
EPI spécifique (habit couvrant)			2	1								

**Tableau 13 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur des fluides de forage**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions
	Danger	Effets			Gi	D	F	RP		PM	RR	
Supervision près des bassins à boues	Bruit (82.5 < 84.4 dBA)	Surdité Fatigue	30 min	2 / jour	2	2	1	5	EPI spécifiques (protections auditives)	4	1	Réduire le bruit du système de ventilation Réaliser une cartographie du bruit sur chantier Réaliser des audiogrammes
	Chute de plain pied par glissade	Blessure légère à grave			6	2	1	9	Housekeeping Permis de travail	4	5	Renforcer l'housekeeping
	Chute de hauteur (� terre)	Blessure légère à grave			6	2	1	9	Barrières de sécurité Permis de travail	4	5	Maintenance régulière et entretien des barrières de sécurité
	Chute dans le bassin	Noyade Blessures graves			6	2	1	9	Caillebotis Permis de travail	4	5	Maintenance régulière et entretien des caillebotis
	Inhalation de vapeurs de produits chimiques présents dans les boues	Selon le produit : - Irritation - Nocivité			2	2	1	5	Présence d'une bonne ventilation	4	1	Boues à huile : Mesures des teneurs d'exposition (respect des VLEP*)
					2	2	1	5	Absence d'une bonne ventilation	2	3	
	Projection de boues au niveau retour de goulotte	Brûlures thermiques (100�C) Risque chimique lié au contact avec la boue			4	2	1	7	EPI spécifiques (habit couvrant intégral)	4	3	
		2	2	1	5	EPI spécifiques (habit couvrant intégral)	4	3				
Supervision près du bourbier (rig à terre)	Chute dans le bourbier	Noyade	15 min	1/j	6	2	1	9	A terre : bouée, balisage	4	5	Selon les cas : renforcer ou mettre en place des barrières de sécurité et un balisage adapté
	émanations d'odeurs	G�ne olfactive			0	2	1	0		-	-	
Manipulation	Contact avec des	Selon le produit :	3-	ponct	2	3	-1	4	EPI non spécifiques	2	2	

\* Voir définition en index

**Tableau 13 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur des fluides de forage**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions	
	Danger	Effets			Gi	D	F	R P		PM	RR		
d'échantillons de boues et de produits chimiques	produits	- irritation - nocivité	4h	uelle					(absence de gants) Affichage des données de sécurité des produits			Recommander le port de gants adaptés	
		Brûlures chimiques (fluides corrosifs)			4	3	-1	6		2	4		
	Inhalation de vapeurs				2	3	-1	4	EPI non spécifiques	2	2		Mettre en place un système de ventilation/aspiration
	Température élevée	Brûlures thermiques			4	3	-1	6	EPI non spécifiques (absence de gants isolants)	2	4		Contrôler la conformité du laboratoire
Utilisation des appareils de mesure (voir Annexe 2)	Projection d'un élément sous pression	Blessure légère à grave			6	3	-1	8	Formation du personnel	2	6	Sensibiliser le personnel Appareil HPHT : mettre en place un écran de protection au-dessus de l'appareil de façon à prévenir l'éjection d'un élément sous pression	
	Bruit (98.3 < 113.6 dBA)	Surdité Fatigue	3-4 h	1/sem aine	6	3	0	9	EPI spécifiques (protections auditives) Si unité non insonorisée, design non adapté	4	5	Renforcer les protections auditives Mettre en place une unité insonorisée	
Assiste et supervise les opérations de cimentation	Chute de plain pied par glissade	Blessure légère à grave			4	3	0	7	Permis de travail Housekeeping Balisage de la zone	4	3		
	Circuits sous pression	Blessure légère à grave	3-4 h	1/sem aine	4	3	0	7	Permis de travail, Balisage de la zone	4	3	Design adapté (système de commande à distance / remote system)	

**Tableau 13 : Inventaire des tâches et évaluation des risques du superviseur des fluides de forage**

Gi : Gravité intrinsèque, D : Durée d'exposition, F : Fréquence d'exposition, RP : Risque Potentiel, MP : Moyens de Prévention, RR : Risque Résiduel

Tâche	Dangers		Durée	Fréquence	Risque potentiel (PR)				Moyens de prévention	Risque résiduel (RR)		Actions	
	Danger	Effets			Gi	D	F	RP		PM	RR		
	Inhalation de poussières	Irritation, maladies pulmonaires			4	3	0	7	Système d'aspiration/ventilation Masque anti-poussière à disposition	4	3	Mesures de la teneur en poussières (respect des VLEP*)	
	Inhalation de vapeurs de produits chimiques	Selon le produit : irritation nocivité			2	3	0	5	Système d'aspiration/ventilation	4	1		
	Projection de fluides	Brûlures chimiques (produits corrosifs)				4	3	0	7	EPI spécifiques (habit couvrant)	4		3
		Contact avec produits chimiques				2	3	0	5	EPI spécifiques (habit couvrant)	4		1
<b>Déplacements sur site et hors site</b>	Les dangers et l'exposition sont proches de celles du superviseur de forage : <b>le risque résiduel est donc identique.</b>												
<b>Visite de la cabine de Mudlogging</b>	Pas de danger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<b>Visite au plancher</b>	Les dangers et les données de fréquence et de durée d'exposition sont assimilables à ceux du superviseur de forage. <b>Le risque résiduel est identique.</b>		30m in	1 / jour		2	1						
<b>Travail dans les bureaux</b>	Travail sur écran	Contrainte ergonomique	7-8h	Tous les jours	2	3	1	6	Aménagement du poste de travail	2	4	Améliorer l'aménagement du poste (mobilier, écran)  Informer (utilisation ergonomique optimale des écrans, causes et moyens de prévention des fatigues visuelles et posturales)	

\* Voir définition en index

## 4 DISCUSSION

### 4.1 Synthèse

L'évaluation des risques professionnels précédente a mis en évidence majoritairement des risques modérés. Aucune situation très critique demandant des actions correctives immédiates n'a été identifiée.

En effet, les postes étudiés sont des postes de supervision, pour lesquels les expositions aux dangers sont relativement peu importantes en comparaison avec les opérateurs des sociétés contactées. De plus, des moyens de prévention sont déjà mis en place pour une majorité des dangers identifiés.

Les risques résiduels (RR) les plus élevés ( $\geq 6$ ) sont peu nombreux et correspondent majoritairement à des risques pour lesquels l'exposition est insuffisamment caractérisée (absence de mesures de radioactivité naturelle) ou pour lesquels les moyens de prévention déjà en place sont insuffisants (absence de système de ventilation à la *mixing area*).

Les risques résiduels (RR) plus faible ( $4 \leq R < 6$ ) regroupent des risques pour lesquels ils existent des moyens de prévention adaptés qui nécessitent d'être renforcés. Les risques concernés sont majoritairement le bruit, les risques physiques liés à la manutention, aux machines en mouvement, aux circuits sous pression, les risques de chute, les accidents de la route et les risques de maladies spécifiques aux pays tropicaux.

- La connaissance des niveaux sonores sur un appareil de forage apparaît insuffisante. Deux campagnes de mesures de bruit, l'une sur un site on-shore et l'autre sur un site off-shore s'avèrent nécessaires. Le niveau sonore et les caractéristiques du bruit associé (stable, intermittent, fluctuant, à caractère à tonalité marquée) devront être identifiés pour chaque lieu du site. Il apparaît également nécessaire de mettre en évidence le niveau sonore de fond minimum. Les résultats obtenus permettront d'établir une cartographie du bruit des différentes zones de l'appareil de forage. En fonction des niveaux sonores, des équipements de protection ou des modifications de *design* pourront être proposés. Cette cartographie pourrait être affichée sur site et permettront aux employés d'identifier immédiatement quels sont les lieux les plus à risques et quelles protections auditives doivent être utilisées.
- Pour prévenir les risques physiques, des modifications de *design* sont préconisées au cas par cas. Une campagne d'information et de prévention des risques devrait également être mis en place.

Les risques résiduels  $RR < 4$  correspondent à des dangers de gravité faible ou au contraire à des dangers de gravité élevée pour lesquels des moyens de prévention efficaces sont déjà mis en place.

La méthodologie d'évaluation des risques permet de conclure que le risque chimique associé à l'exposition des produits utilisés dans les boues est maîtrisé pour le personnel de supervision. Cependant aucune donnée de métrologie ne permet d'identifier correctement l'exposition du personnel en particulier lors d'utilisation de boues à l'huile. Des mesures de teneurs en brouillard et en vapeurs d'huile minérale devraient être préconisées au niveau des différents lieux d'exposition sur un site on-shore et sur un site off-shore (*mixing area*, bassins à boue, plancher, système de traitement des solides).

De même, l'exposition aux poussières au niveau de l'unité de cimentation devrait être mieux caractériser : des mesures de teneur en poussières totales et poussières de silice cristalline devraient être menées. Ces campagnes de mesures permettraient de s'assurer du respect des VLEP\* et de mieux caractériser l'exposition.

Pour tous les risques identifiés, une meilleure maîtrise des risques exige une meilleure sensibilisation du personnel. Il apparaît ainsi nécessaire de mettre en place une campagne d'information et de prévention des différents risques identifiés sur un appareil de forage. Au moment de la rédaction du présent mémoire, la forme de cette campagne de sensibilisation (CDrom, livret, film...) n'a pas encore été déterminée. Une réflexion sur le type de média à adopter est actuellement engagée.

Enfin, la solution idéale pour réduire la majorité des risques identifiés est l'automatisation des différentes activités et leur contrôle à distance. Seuls certains appareils très modernes disposent de ces caractéristiques. L'automatisation est généralement rentable pour les appareils récents de grande taille mais a un coût trop élevé pour les appareils existants et de petite taille.

## 4.2 Plan d'actions

L'évaluation des risques précédente permet de prioriser les risques et de proposer un plan d'actions à mettre en place.

**Tableau 14 : Plan d'actions**

Ordre de priorité	Actions
<b>Priorité élevée</b>	Organiser une campagne de mesures de radioactivité naturelle au niveau des déblais du système de traitement des solides et des équipements de fond remontés en surface
	Assurer la présence permanente d'une structure médicale sur site
	Mettre en place un système d'aspiration/ventilation au niveau de la <i>mixing area</i> quand il n'existe pas Favoriser les systèmes de mélange des produits entièrement fermés Sensibiliser au port du masque anti-poussière Réaliser une campagne de mesure de poussières totales et de poussières de silice cristalline (vérification du respect des VLEP*)
	Mettre en place un écran de protection au dessus de l'appareil de mesure HPHT du laboratoire boue (prévention d'éjection d'un élément sous pression)
	<b>Priorité moyenne</b>
Insonoriser l'unité de cimentation Si insonorisation impossible, renforcer les protections auditives (bouchons moulés individuels avec diaphragme qui protègent du bruit mais laissent passer les fréquences conversationnelles)	
<b>Priorité moyenne</b>	Mettre en place des protections mécaniques (carter, caillebotis, ...) au niveau du système de traitement des solides

\* Voir définition en index

Ordre de priorité	Actions
	Renforcer l' <i>housekeeping</i> , le balisage et l'information du personnel pour les dangers de chute, heurt et coincement par machine en mouvement au niveau du plancher, du pont et du système de traitement des solides Favoriser la mise en place des systèmes entièrement automatisés pour les opérations réalisées au plancher
	Renforcer l' <i>housekeeping</i> , assurer une maintenance et un entretien régulier des barrières de sécurité au niveau des bassins à boue.
	Organiser une campagne d'information et de prévention des risques
	Renforcer ou mettre en place des barrières de sécurité et un balisage autour du borbier
	Accentuer la sensibilisation du personnel aux accidents de la route. Systématiser la conduite avec chauffeurs. Renforcer la maintenance des véhicules et l'utilisation de mouchards*
	Vérifier via des audits la bonne mise en œuvre des procédures de sécurité des compagnies de service chargées du mélange des fluides de forage ( <i>mixing area</i> )
	Renforcer l'information et la prévention des dangers des maladies spécifiques des pays tropicaux (paludisme, problèmes cutanées...) Renforcer le suivi médical sur site
	Réaliser des analyses bactériologiques périodiques pour la recherche de légionnelles Vérifier l'efficacité du système de chloration Vérifier la température des eaux sanitaires tous les mois (T>55°C)
	Recommander le port de gants spécifiques lors de la réalisation d'analyses en laboratoire
	Réviser l'aménagement ergonomique du poste de travail dans les bureaux Informers les utilisateurs (utilisation ergonomique optimale des écrans, causes et moyens de prévention des fatigues visuelles et posturales)
	<b>Priorité faible</b>
Identifier les éventuels produits de décomposition de certains composants des boues de forage et leur toxicité	
Réaliser une campagne de mesure de poussières totales et de poussières de silice cristalline de l'unité de cimentation lors du mélange des produits pulvérulents (vérification du respect des VLEP*)	
Dans le cas d'utilisation de boues à l'huile, réaliser une campagne de mesures des teneurs en huile minérale (brouillard et vapeurs) au niveau du plancher, du système de traitement des solides, des bassins à boue et du laboratoire (vérification du respect des VLEP*)	

### 4.3 Difficultés rencontrées et limites de la démarche

Cette partie a pour objectif de souligner les difficultés rencontrées lors de la réalisation du mémoire et les limites de la démarche employée de façon à mettre en évidence des pistes de réflexion et d'amélioration.

Afin de comprendre et décrire les métiers du forage tels qu'ils sont pratiqués aujourd'hui, il a été nécessaire d'obtenir des informations sur les métiers par les

\* Voir définition en index

professionnels eux-mêmes via des interviews et des visites de sites. Cependant les informations orales obtenues peuvent être empiriques, subjectives et variables d'un individu à l'autre et n'ont pas la fiabilité des références bibliographiques. Un gros travail de recoupement des données et de synthèse a été nécessaire pour décrire et identifier clairement les dangers associés à ces métiers.

Les activités de forage sont localisées majoritairement hors France et généralement dans des pays éloignés. En France, quelques sites de forage sont encore en exploitation notamment dans la région de Pau et en région parisienne. Cependant ce sont de petits sites partiellement représentatifs des conditions de travail des sites plus importants, majoritairement localisés à l'étranger. Les visites de ces sites en France m'ont permis de comprendre le fonctionnement d'un appareil de forage à terre mais étaient insuffisantes pour se représenter correctement les conditions de travail des sites de plus grande taille, notamment les sites off-shore. Il aurait été intéressant et complémentaire de finaliser ce travail par des visites sur des sites on-shore et off-shore de grande taille.

Une difficulté majeure du travail d'évaluation des risques professionnels est l'utilisation d'un système de cotation des risques. Le système de cotation utilisé permet un classement semi-quantitatif des risques. Les notes attribuées ne sont pas des mesures mais correspondent à une hiérarchisation du risque en fonction de critères définis par l'entreprise. L'attribution d'une valeur à la gravité intrinsèque d'un danger ou aux moyens de prévention mis en place peut ainsi être délicate : il est fréquent d'hésiter entre deux valeurs de cotation. Chaque cas est différent et exige de tenir compte du contexte et de l'expérience des professionnels concernés.

Le risque chimique a été coté en utilisant les phrases de risque fournies par les fiches de données de sécurité des produits. Or cette cotation présente plusieurs limites :

- Seuls les produits listés à l'annexe I de la directive 67/548/CEE sont des substances dangereuses dont la classification et l'étiquetage ont fait l'objet d'une décision européenne rendue obligatoire par un vote des États membres. Pour les substances n'appartenant pas à l'annexe I, il est de la responsabilité du fabricant, revendeur ou importateur d'étiqueter les substances en fonction de leurs propriétés intrinsèques. Les phrases de risques sont alors de la responsabilité du fabricant.
- La composition chimique de certains produits n'est pas indiquée sur la fiche de donnée de sécurité. Dans ce cas, il est impossible de vérifier que les phrases de risques définies par le fabricant sont en adéquation avec la toxicité du produit.
- Les substances CMR certaines et suspectées sont identifiées et classées en trois catégories établies par la réglementation européenne. Or ce classement est souvent moins sévère que la classification non réglementaire établie par le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC).

L'évaluation du risque associé au bruit a été réalisée en utilisant les mesures de bruit disponibles effectuées en Mer du Nord (voir **Annexe 4** et **Annexe 5**). Ces mesures sont a priori représentatives des niveaux sonores présentes sur un site off-shore. Cependant leur représentativité des niveaux de bruit existants sur un site on-shore est moins évidente : cette hypothèse de travail pourra être confirmée ou infirmée par les résultats des mesures de bruit préconisées.



Faute de temps, les produits de dégradation de certains composés constitutifs des boues n'ont pu être identifiés. Une telle recherche devrait être réalisée dans le futur de façon à prévenir une exposition à d'éventuelles substances dangereuses.

Les postes de travail étudiés sont des postes de supervision. Par définition, le personnel occupant ces positions n'effectue généralement ni tâche manuelle, ni tâche répétitive à risque. Par contre, il est généralement présent sur des lieux présentant des dangers physiques ou chimiques. Par conséquent, il est soumis à des « ambiances » de travail à risque. L'exposition aux dangers est donc généralement plus faible pour le personnel de supervision que pour le personnel de manoeuvre. L'exposition est de plus variable en fonction des personnes : certains superviseurs de forage par exemple privilégieront le travail sur le terrain tandis que d'autres passeront plus de temps dans leur bureau. Les fréquence et durée d'exposition sont donc délicates à identifier. Les données utilisées dans l'EvRP sont des données moyennes plus ou moins représentatives selon la personne qui occupe le poste étudié.

Les dangers auxquels est exposé le personnel sont des dangers dont l'entreprise Total n'a pas totalement la maîtrise. En effet, ces dangers sont générés par les activités de la société de forage à qui appartient le rig et les différentes entreprises de service présentes sur le site. La multiplicité des intervenants rend l'action de Total sur ces dangers plus difficile. Il serait intéressant que l'entreprise Total réalise des audits des site de forage afin de s'assurer que le contracteur possède et met en œuvre tous les moyens nécessaires à la prévention et la maîtrise des risques.

Le contracteur de forage et les entreprises de service réalisent déjà des analyses de risque au poste de travail pour maîtriser les dangers auxquels sont exposés leurs employés. Il apparaît nécessaire de mettre en commun les expériences de chacun et d'intégrer les analyses de risque réalisées par les entreprises contractées à celle effectuée pour les employés du groupe Total.

Le présent mémoire évoque les contraintes associés à la vie sur un site de forage et non directement liés au métier étudié : stress, manque de sommeil, rythme et durée du temps de travail, fatigue liée à une exposition permanente au bruit, vie en communauté... (voir paragraphe 3.1.4)... Or ces contraintes, difficilement quantifiables, constituent des facteurs de risque importants dont il faut tenir compte. Il serait intéressant de mener une étude plus approfondie sur ces contraintes, leurs impacts sur la santé des travailleurs et dans quelle mesure elle favorise la survenue des autres risques propres au métier exercé.

Le travail réalisé est une étude générique dont l'objectif était d'être général et de prendre en compte les conditions de travail présentes sur un appareil de forage type. Or la réalité est plus complexe. Les appareils de forage peuvent avoir des caractéristiques très différentes : taille de l'appareil, âge et modernisme de l'appareil, appareil seul ou sur une plate-forme de production, contexte et contraintes locales... La présente étude s'apparente à une étude préliminaire et pourrait servir de base à des études spécifiques réalisées pour chaque site et prenant en compte les caractéristiques particulières du site étudié.

## CONCLUSION

La politique d'hygiène industrielle et la réalisation d'évaluation des risques professionnels au poste de travail ont été récemment introduites au sein de la branche Exploration et Production du groupe Total. Dans le domaine du forage en particulier, il n'existait pas d'évaluation des risques pour le personnel du groupe amené à travailler sur des appareils de forage. L'évaluation des risques professionnels réalisée dans le cadre de ce mémoire a permis de progresser dans la connaissance et la maîtrise des risques associés aux métiers du forage.

De nombreuses rencontres et interviews de professionnels du forage associés à des visites de sites en France ont permis de comprendre et décrire les procédés du forage et les métiers exercés par le personnel Total. Pour chaque métier, les dangers physiques, chimiques et biologiques, l'exposition à ces dangers et les moyens de prévention mis en place ont pu être identifiés. Les risques ont été évalués selon la méthodologie d'évaluation des risques professionnels inspirée des réglementations française et européenne. Cette démarche a permis de dégager des priorités d'actions et de proposer des moyens de prévention.

D'une manière générale, les postes étudiés étant des postes de supervision, l'exposition aux dangers est faible à modérée. Aucun risque très critique exigeant une action immédiate n'a été identifié. Les risques les plus fréquents sont des risques modérés pour lesquels il existe déjà des moyens de prévention qui doivent être renforcés. Cette étude a également mis en évidence le manque de connaissance concernant certains risques faibles à modérés :

- la connaissance du risque bruit doit être approfondie de façon à proposer des actions plus pertinentes et efficaces
- la connaissance des teneurs d'exposition aux poussières et aux huiles minérales apparaît nécessaire pour quantifier l'exposition réelle.

Un plan d'actions incluant la mise en place de mesures de prévention et de campagnes de métrologie a été proposé.

La sensibilisation du personnel apparaît également un enjeu majeur du processus de prévention des risques : une réflexion sur le type de média (CD rom, brochure, ...) qui pourrait être utilisé pour réaliser une campagne d'information sur les risques identifiés est en cours.

Ce travail est une première étape: il fait le point sur les risques existants, les moyens de prévention en place et propose des pistes d'amélioration. Il devra être complété et précisé par des études ultérieures. Il apparaît en particulier nécessaire d'impliquer les sociétés contractées travaillant sur un site de forage et de partager leurs connaissances des risques.

Sur le plan personnel, ce mémoire a été une expérience riche, complète et diversifiée. J'ai découvert un nouveau domaine, le forage, j'ai pu mettre à profit et approfondir mes compétences dans les domaines des risques physiques, chimiques et biologiques et je me suis familiarisée avec la méthodologie d'évaluation des risques professionnels. Enfin, cette expérience m'a permis d'intégrer la direction Hygiène Sécurité environnement d'un groupe international pendant 5 mois et de comprendre les objectifs et enjeux de cette entité.

---

## Bibliographie

---

### Références bibliographiques :

Alquier-Bouffard E., Lagisquet C., Jakubiec H., 1995 – Déplacements professionnels internationaux, Analyse des risques, actions de prévention dans un service de médecine du travail, INRS, Documents pour le médecin du travail, n°61, 1<sup>er</sup> trimestre 1995

Bramao M., 2005 - Introduction to Petroleum Exploration & Production, A network of Excellence in training Course, 4 juin 2005

Leblond A., 1975 -- Initiation au forage pétrolier, Rêf. 23 703, École Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs, Institut Français du Pétrole, décembre 1975.

Le forage des puits d'hydrocarbures, 1969 – d'après « A Primer Of Oil Well Drilling », édité par Petroleum Extension Service University Texas, Division AUSTIN et American Association of Oil Well Drilling Contractors DALLAS, 1969.

Manuel fluides, 1988 - Elf aquitaine, Direction Production, Direction Forage Complétion, Documents techniques Forage/Complétion, révision 2, avril 1990.

### Références internet :

Appareils de forage, 2006 – Les appareils de forage en mer accès juin 2006 via URL [http://www.planete-energies.com/getContent.aspx?directory=2\\_3\\_5\\_forage#](http://www.planete-energies.com/getContent.aspx?directory=2_3_5_forage#)

INRS, 2005 – « La manipulation des ciments », dossier, 02/06/2005, accès juillet 2006 via [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

PNSE, 2004 - Plan National Santé Environnement, Résumé du PNSE, accès mars 2006 via <http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/pnse/sommaire.htm>

PST, 2005 – Dossier de presse sur la plan santé au travail, accès mars 2006 via [http://www.travail.gouv.fr/IMG/pdf/20050217\\_dp\\_plan-sante-travail\\_dossier-presse.pdf](http://www.travail.gouv.fr/IMG/pdf/20050217_dp_plan-sante-travail_dossier-presse.pdf)

OSHA, 1999 – Healthguidelines « Oil Mist Mineral Oil », Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor, 27 April 1999, accès juillet 2006 via <http://www.osha.gov/SLTC/healthguidelines/oilmist/index.html>

Total, 2005 – Publication « sécurité, environnement, santé », accès mars 2006 via [www.total.com](http://www.total.com)

### Guides et manuels internes :

DSS LacqMeillonStFaustLeLanot, JS / 03-420, 2005 - Document de sécurité et de santé, campagne de forage, work-over, side-track et abandons sur les secteurs de Lacq et Meillon, StFaust/Le Lanot, JS / 03-420, 2005

Guides&Manuels GM EP HSE 060, 2006 – Évaluation du risque en Hygiène Industrielle, Jean-Michel Courandier, Avril 2006

Guides&Manuels GM EP HSE 076, 2006 – Évaluation du risque lié au bruit, Jean-Michel Courandier, Juin 2005

Fiche de poste Supervision forage/puits, 2003 - Fiche de famille d'emplois ET 02, Supervision forage/puits, Total, version avril 2003

Fiche de poste Supervision Fluides/Ciments, 2003 - Fiche de famille d'emplois, Supervision Fluides/Ciments, Total, version avril 2003

Formation TotalFinaElf, non datée – Formation Power Point TotalFinaElf « Généralités Forage Puits », JLJ, 011115, non datée

Règle interne GR EP HSE 064, 2005 – Prévention des risques chimiques pour la santé, Jean-Michel Courandier, Août 2005

Synthèse des tableaux d'activités des Senior superviseurs de Forage à terre et en mer, non daté

#### Références réglementaires :

Décret n°2001-1016 du 05 novembre 2001, portant création d'un document relatif à l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, prévue par l'article L.230-2 du code du travail et modifiant le code du travail.

Circulaire n°6 DRT du 18 avril 2002 prise pour application du décret n°2001-1016 du 05 novembre 2001

---

## Index

---

**BOP stack** : ensemble amovible constitué par l'empilage des différents obturateurs de sécurité d'une tête de puit sous-marine (Dictionnaire technique, les termes pétroliers, 1992).

**Bourbier** : trou creusé dans le sol et généralement recouvert d'une bâche dans lequel sont envoyés les déblais de forage.

**Defensing driving** : stage de conduite réalisé dans les conditions locales de conduite

**Diagraphie** : mesures enregistrées, continues ou périodiques, faites à l'aide d'appareillages appropriés, relatives soit à des caractères physiques ou chimiques des roches traversées par un forage et des fluides qu'elles contiennent, soit à des facteurs inhérents à l'exécution de ce dernier. On distingue ainsi des diagraphies instantanées établies pendant la progression du forage (*Logging While Drilling*) et des diagraphies différées (*wireline*) qui ne peuvent être faites qu'à l'occasion de l'interruption de la progression (souvent lors de la pose d'un tubage).

**Entreprise Logging While Drilling (LWD)** : entreprise qui assure l'acquisition de mesures physiques des formations en cours de forage (radio activité, résistivité, densité, température, pressions, etc) pour une meilleure conduite de l'ouvrage et prise de décision opérationnelles

**Entreprise de wireline** : entreprise qui assure, après forage, la descente dans le puits d'instruments par l'intermédiaire de câbles électriques pour l'enregistrement de paramètres physiques

**Entreprise de mudlogging** : entreprise qui assure le suivi géologique des formations rencontrées par la mesure des paramètres forage tels que poids sur l'outil, torque, pression d'injection de boue, volume des bassins, et des paramètres boue tels que la densité in et out, le contenu en gaz. Elle assure également le conditionnement et la description des déblais de forage

**Fièvre de Pontiac** : infection bénigne résultant d'une contamination à la bactérie *Legionella pneumophila* analogue à un syndrome grippal qui guérit de façon spontanée en 2 à 5 jours ; c'est la manifestation clinique la plus répandue.

**Filtrat** : partie des éléments fluides de la boue qui s'écoule dans les pores du réservoir

**Garniture** : ensemble des matériels tubulaires descendus dans le puits, à l'exception des cuvelages

**Gomme xanthique** : Agent épaississant et stabilisant utilisé dans l'industrie alimentaire ainsi que dans des domaines aussi divers que la teinture et l'impression des tissus, le forage des puits de pétrole et la fabrication de produits cosmétiques et pharmaceutiques (Le grand dictionnaire terminologique, accès mai 2006)

**Gum de guar** : polysaccharide composé d'unités galactose et mannose

**IWCF** (International Well Control Form) : certificat de maîtrise de opérations de contrôle d'éruption à renouveler tous les deux ans

**Légionellose** : forme clinique très sévère de la contamination aux bactéries *Legionella pneumophila* pouvant être fatale. C'est une forme de pneumonie dont le temps de latence est compris entre 2 et 10 jours et dont les symptômes sont proches de ceux d'une grippe (fièvre, maux de tête, toux sèche, douleurs musculaires, difficultés respiratoires)

**Lignosulfonates** : polymères naturels dérivés de la lignine, utilisés pour leurs propriétés de liant et de dispersant

**Moufle** : un moufle est un système mécanique, qui comporte deux poulies, une poulie fixe et une poulie mobile. Le rôle du moufle est de démultiplier la force pour un déplacement proportionnel inverse ([www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr))

**NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials)** : L'acronyme NORM désigne les substances contenant des radioéléments d'origine naturelle et qui ne sont pas utilisés pour leurs propriétés radioactives.

**Pacs** : dérivés cellulosiques

**Packer** : garniture cylindrique en caoutchouc, de diamètre légèrement inférieur à celui du puits, qui, comprimée, assure à l'intérieur de celui-ci l'étanchéité entre deux zones que l'on veut isoler (Dictionnaire technique, les termes pétroliers, 1992)..

**Produit CMR** : produit Cancérigène, Mutagène ou Reprotoxique

**Produit cancérigène** : produit dont l'exposition peut provoquer un cancer. L'Union Européenne distingue 3 catégories suivant que le caractère cancérigène est prouvé chez l'homme (Cat 1), fortement suspecté (Cat 2) ou simplement suspecté (Cat 3). Les phrases de risque R45 « Peut causer le cancer » ou R49 « Peut causer le cancer par inhalation » cumulent les catégories 1 et 2. La phrase de risque R40 « Effet cancérigène suspecté – preuves insuffisantes » correspond à la catégorie 3.

**Produit mutagène** : produit dont l'exposition peut provoquer l'apparition de défauts génétiques héréditaires. L'Union Européenne distingue 3 catégories suivant que le caractère mutagène est prouvé chez l'homme (Cat 1), fortement suspecté (Cat 2) ou simplement suspecté (Cat 3). Les phrases de risque R46 « Peut provoquer des altérations génétiques héréditaires » correspond aux catégories 1 et 2. La phrase de risque R68 « Possibilités d'effets irréversibles » correspond à la catégorie 3.

**Produit toxique pour la reproduction** : produit connu pour altérer la fertilité ou pour provoquer des effets toxiques sur le développement de l'espèce humaine. L'Union Européenne distingue 3 catégories suivant que le caractère toxique pour la reproduction est prouvé chez l'homme (Cat 1), fortement suspecté (Cat 2) ou simplement suspecté (Cat 3). Les phrases de risque R60 « Peut altérer la fertilité » et R61 « Risque pendant la grossesse d'effets néfastes sur l'enfant » cumulent les catégories 1 et 2. Les phrases de risque R62 « Risque possible d'altération de la fertilité » et R63 « Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes sur l'enfant » correspondent à la catégorie 3.

**Silicose** : maladie pulmonaire incurable provoquée par l'inhalation des poussières contenant de la silice cristalline libre. La silicose est irréversible et continue à progresser

même après la fin de l'exposition. Elle entraîne des affections telle la fibrose pulmonaire et l'emphysème.

**Silt** : sédiment détritique dont les éléments ont des caractéristiques granulométriques comprises entre 0.05 et 0.002mm. (Dictionnaire technique, les termes pétroliers, 1992)

**Tacographe ou mouchard** : appareil enregistrant la vitesse d'un véhicule

**Tender** : Sorte de barge, ou navire transformé, ou ponton portant tout le dispositif relatif au fluide de forage (pompe, bassin, stock de produits), les groupes électrogènes, les pièces de rechange, le combustible, l'eau, etc. (Le grand dictionnaire terminologique, accès juin 2006 via URL [http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r\\_motclef/index1024\\_1.asp](http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motclef/index1024_1.asp))

**Tiges de forage** : tubes d'acier de 9m de long raccordés par des joints filetés (A. Leblond, 1969)

**Trépan** : Un trépan est un outil de forage. On distingue

- les trépans constitués d'un cône unique en acier spécial très dur (trépan à lame)
- les trépans constitués d'un cône unique à bout arrondi garni d'une rangée de diamants
- les trépans constitués de trois cônes imbriqués ensemble. En forant, les cônes tournent, cassent les roches qu'elles traversent et s'enfoncent petit à petit dans le sous-sol.

Il existe une grande variété de trépans. Le choix de l'outil à utiliser est fonction des conditions de forage et du travail à accomplir ([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com); Le forage des puits d'hydrocarbures, 1969).

**Tender** : Sorte de barge, ou navire transformé, ou ponton portant tout le dispositif relatif au fluide de forage (pompe, bassin, stock de produits), les groupes électrogènes, les pièces de rechange, le combustible, l'eau, etc. (Le grand dictionnaire terminologique, accès juin 2006 via URL [http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r\\_motclef/index1024\\_1.asp](http://www.granddictionnaire.com/btml/fra/r_motclef/index1024_1.asp))

**Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP)** : valeur limite de la concentration d'un composé chimique dans l'air sans risque d'altération de sa santé. On distingue :

- les valeurs limites d'exposition à court terme ( $VLE_{15mn}$ ) qui sont des valeurs plafond mesurées sur une durée maximal de 15 minutes et dont le respect permet d'éviter le risque d'effets toxiques à long terme.
- les valeurs limites moyenne d'exposition ( $VLE_{8h}$ ) mesurées sur une période de 8 heures. On admet que la VME peut être dépassée sur de courte période, sous réserve de ne pas dépasser la VLE.

---

## Liste des annexes

---

**Annexe 1** : Systèmes de cotation des dangers

**Annexe 2** : Principaux appareils de mesure utilisés au laboratoire boue du chantier

**Annexe 3** : Inventaire des produits chimiques utilisés dans les fluides de forage et les fluides de stimulation (fichier excel)

**Annexe 4** : Mesures de bruit réalisées sur le site de forage (714) à Aberdeen (Mer du Nord)

**Annexe 5** : Mesures de bruit réalisées sur l'appareil de forage situé sur la plateforme de production off-shore d'Alwyn (Mer du Nord)



## Annexe 1 : Systèmes de cotation des dangers

### 1. Dangers physiques

▶ Inflammabilité, explosivité

Le danger lié aux propriétés inflammables ou explosives est coté en fonction des phrases de risque R.

Cotation	Définitions		
<b>0</b>	Produit non étiqueté		
<b>2</b>	Produit sans symbole de danger	R10	
<b>4</b>	Facilement inflammable et comburant (F, O)	R7, R8, R9, R11, R16, R17, R18, R19	<b>Facilement inflammables:</b> Un faible échauffement suffit. <b>Comburants :</b> Possibilité de réaction exothermique avec d'autres substances (O <sub>2</sub> par exemple).
<b>6</b>	Produits extrêmement inflammables et explosifs (F+, E)	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R12, R14, R15, R44	<b>Extrêmement inflammables:</b> Point éclair bas, température ébullition basse, inflammable à l'air à température ambiante. <b>Explosifs:</b> Possibilité de réaction exothermique sans contact avec d'autres substances.

R phrases	R phrases
<b>R1 :</b> "Explosif à l'état sec" <b>R2 :</b> "Risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition" <b>R3 :</b> "Grand risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition"	<b>R10 :</b> "Inflammable" <b>R11 :</b> "Facilement inflammable" <b>R12 :</b> "Extrêmement inflammable"
<b>R4 :</b> "Forme des composés métalliques explosifs très sensibles" <b>R5 :</b> "Danger d'explosion sous l'action de la chaleur" <b>R6 :</b> "Danger d'explosion sans contact ou en contact avec l'air"	<b>R14 :</b> "Réagit violemment au contact de l'eau" <b>R15 :</b> "Au contact de l'eau, dégage des gaz, extrêmement inflammables" <b>R16 :</b> "Peut exploser en mélange avec des substances comburantes"
<b>R7 :</b> "Peut provoquer un incendie" <b>R8 :</b> "Favorise l'inflammation des matières combustibles" <b>R9 :</b> "Peut exploser en mélange avec des matières combustibles"	<b>R17 :</b> "Spontanément inflammable à l'air" <b>R18 :</b> "Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur-air inflammable/explosif" <b>R19 :</b> "Peut former des peroxydes explosifs"
	<b>R44 :</b> "Risque d'explosion si chauffé en ambiance confinée"

► Bruit, vibrations, électricité, radiations ionisantes

Les dangers liés au bruit, à l'électricité, aux vibrations et aux radiations ionisantes sont classés suivant les niveaux suivants :

Cotation	Bruit en dB	Vibrations en m.s <sup>-2</sup>	Electricité en V *	Radiations ionisantes en mSv (exposition corps entier)
0	<60			No risk if the dose is: < 0,03 per 3 months < 0,05 per year
2	60 à 85 ou niveau de crête > 135	Système main-bras < 2,5 Corps entier < 0,5	A : < 50 C : < 120 Choc électrique désagréable	< 0,7 Possibles symptômes cutanés ou hématologiques
4	85 to 87 ou niveau de crête > 137	Système main-bras 2,5 < x < 5 Corps entier 0,5 < x < 1,15	A : 50 à 1000 C : 120 à 1500 Troubles de la conscience	0,7 à 2,5 Symptômes cutanés ou hématologiques réversibles
6	>87 ou niveau de crête > 140	Système main-bras x > 5 Corps entier x > 1,15	A : > 1000 C : > 1500 Possible perte de conscience	2,5 à 4, 5% des personnes exposées ont un risque léthal 4 à 6: 50% des personnes exposées ont un risque léthal > 6: 100% des personnes exposées ont un risque léthal

(\*) A : courant alternatif, C : courant continu, Ces valeurs sont valables pour un environnement sec. En milieu humide, ces valeurs doivent être divisées par 2.

► Eclairage

Le danger lié à un manque d'éclairage est évalué par l'intensité lumineuse en Lux. Le tableau suivant est conçu pour un travail « normal » et exclut des conditions de travail particulières tel que les travaux de précision.

Cotation	Poste de travail en intérieur		Poste de travail en extérieur		Definitions
	Travail standard	Travail permanent au poste de travail ou travail dans un local aveugle	Chemins de circulation	Travail permanent en extérieur	
0	>= 120 lux	>= 200 lux	>= 10 lux	>= 40 lux	Lieux correctement éclairés ⇒ Confort visuel
2	< 120 lux	< 200 lux	< 10 lux	< 40 lux	Eclairage insuffisant / inadapté à l'activité ou lieux très fréquentés peu éclairés ⇒ fatigue visuelle

## 2. Dangers chimiques

Pour évaluer la Gravité intrinsèque des produits chimiques, il est nécessaire d'utiliser les phrases de risque R de chaque produit. La classification en fonction des phrases R est la suivante :

Classe de danger/phrasede risque	Commentaires	Gravité
R45, R49 "cancérogènes 1ère et 2è catégories". R46, "mutagènes 1ère et 2è catégories" R60 R61 R39 R32, R33 T+ : R28, R27, R26	EFFETS  LONG  TERME **** Toxicité aigue	6
R40 : cancérogènes 3è catégorie" R68 : mutagènes 3è catégorie" R48 R33 R62 R63 R64 Substances non classées C.E.E. : classées par le "I.A.R.C".en catégorie 2A	EFFETS  LONG  TERME	4
R35 R34 T : R25, R24, R23 R41 R67 R31 R42, R43	Effets  aigus.  ****  sensibilisation	4
R20, R21, R22 R36, R37, R38 R65, R66, R67	Sensibilisation cutanée ****  effets aigus	2
Pas de propriétés toxicologiques		0

Phrases de risque indiquant les voies de propagation et/ou les effets immédiats.	Phrases de risque indiquant les effets à long terme et/ou irréversibles.
R26 : "Très toxique ) R23 : "Toxique ) <b>par inhalation</b> R20 : "Nocif )	R49 : "Peut causer le cancer par inhalation" (Pour les substances qui présentent un risque cancérigène uniquement par inhalation, par exemple, poussières, vapeurs, fumées, l'exposition par les autres voies ne présentant aucun risque cancérigène)
R27 : "Très toxique ) R24 : "Toxique ) <b>par contact avec la peau</b> R21 : "Nocif )	R45 : "Peut causer le cancer"
R28 : "Très toxique ) R25 : "Toxique ) <b>par ingestion</b> R22 : "Nocif )	R48 : "Risques d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée"
R35 : "Provoque de graves brûlures" R34 : "Provoque des brûlures"	R 40 : "Effets cancérigène suspectés-preuves insuffisantes"
R41 : "Risques de lésions oculaires graves"	R 46 : "Peut causer des altérations génétiques héréditaires"
R37 : "Irritant pour les voies respiratoires" R38 : "Irritant pour la peau"	R42 : " Peut entraîner une sensibilisation par inhalation"
R36 : "Irritant pour les yeux"	R43 : "Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau"
R33 : "Danger d'effets cumulatifs"	R60 : "Peut altérer la fertilité".
R48 : "Risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée"	R61 : "Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant".
R39 : "Danger d'effets irréversibles très graves"	R62 : "Risque possible d'altération de la fertilité".
R31 : "Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique"	R63 : "Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant".
R32 : "Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique"	R64 : "Risque possible pour les bébés nourris au lait maternel".
	R66 : "L'exposition répétée peut provoquer dessèchement et gerçures"
	R67 : " l'exposition répétée peut provoquer somnolence et vertige"
	R68 : "Possibilité d'effets irréversibles"

➔ *Cas particuliers*

♦ **Poussières:** quand une substance peut générer de la poussière, la Gravité intrinsèque est cotée 6.

♦ **Substances corrosives :**

Suivant la classification précédente, elles sont classées en catégorie 4. Cependant, si ces substances sont chauffées et peuvent générer des vapeurs, la Gravité intrinsèque sera cotée à 6.

### 3. Dangers biologiques

Les dangers biologiques pour l'homme sont classés en fonction du potentiel pathogénique de l'agent biologique :

Cotation	Groupe	Agent biologique	Définition des groupes
0	1		<b>Groupe 1 :</b> Agents biologiques non capables d'induire des maladies chez l'homme.
4	2	Legionella pneumophila; Virus de l'hépatite A	<b>Groupe 2 :</b> Agents biologiques capables d'induire chez l'homme des maladies; leur propagation est faible. En général, des traitements efficaces existent.
6	3 et 4	Hépatite B Hépatite C; virus HIV Malaria	<b>Groupe 3 :</b> Agents biologiques capables d'induire chez l'homme des maladies graves, leur propagation est possible mais un traitement efficace existe. <b>Groupe 4 :</b> Agents biologiques capables d'induire chez l'homme des maladies graves, leur propagation est importante. Il n'existe pas de traitement efficace.

## Annexe 2 : Principaux appareils de mesure utilisés au laboratoire boue du chantier

Major devices used in the Mud laboratory :

### ○ FANN 35



Rheology

The 6 speeds viscometer FANN 35 allows measurements at test speeds from 3 to 600 RPM. The rheologies are generally performed using a standard rotor 1, bob 1, spring 1. The rheometers are design as per API recommendations.

A cooling device permits measurements in deep water conditions.

### ○ Fluid Loss API and HPHT (High Pressure High Temperature)



The Filter Press Assemblies allow to measure the filtration properties of drilling fluids. The low pressure fluid loss test is performed at 100 psi (differential pressure) and 20°C.

The API fluid loss result is calculated as followed formulation:

$$\text{API FL (ml)} = V \text{ collected} \times [30 / (\text{Test duration in min})]^{1/2}$$



The HPHT apparatus measures the filtration in conditions closer to actual bottom holes ones. The HPHT fluid loss test is performed at 500 psi (differential pressure), up to 400°F (204°C) using a back pressure receiver..

The HPHT fluid loss result is calculated as followed formulation:

$$\text{API FL (ml)} = 2 \times V \text{ collected} \times [30 / (\text{Test duration in min})]^{1/2}$$

### ○ Retort test



Water, oil & solids contents

The retort test permits to evaluate the oil, water and solid contents of every kind of muds, by a simple distillation process. The cell used is a 50ml one. (Temperature can reach 700°C)

**Annexe 3 : Inventaire des produits chimiques utilisés dans les fluides de forage et les fluides de stimulation (fichier excel)**

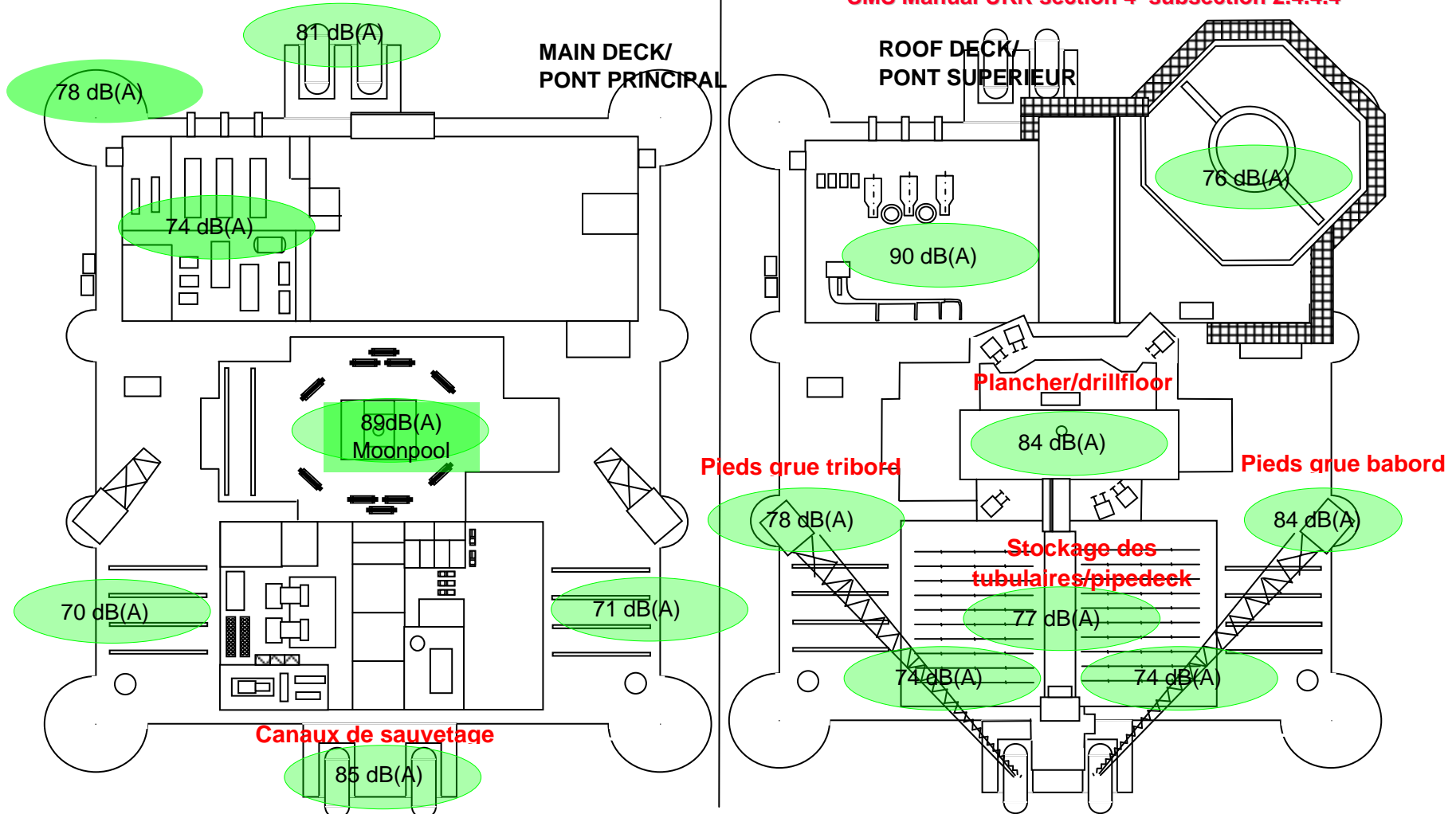


FIRST ACTION NOISE LEVEL FOR 12 HOURS = 80dB(A)  
SECOND ACTION NOISE LEVEL FOR 12 HOURS = 85dB(A)



### Sedco 714 High Noise Level Areas

Appropriate hearing protection will be worn in designated areas which exceed the first action level of 80 dB(A)  
SMS Manual UKR section 4 subsection 2.4.4.4



**Annexe 5 : Mesures de bruit réalisées sur l'appareil de forage situé sur la plateforme de production off-shore d'Alwyn (Mer du Nord)**

<b>Localisation</b>	<b>Bruit dB(A)</b>	<b>%temps</b>
<b>Stockage des tubulaires/pipedeck</b>	75.1	7
	77.2	7
	80.4	7
	82.3	8
	82.6	8
	76.4	7
	78.7	7
	78.7	7
	84.8	7
	70.3	7
	71.1	7
	72.1	7
	70.2	7
	76.9	7
<b>Plancher/drillfloor</b>	78.3	10
	84.0	30
	91.9	20
	92.7	20
	89.7	10
	88.4	10
<b>Bureaux/drilling offices</b>	75.6	15
	69.9	70
	63.6	15
<b>Système de traitement des solides /shaker room (en fonctionnement)</b>	73.5	25
	83.4	25
	80.5	25
	75.0	25
<b>Au dessus des bassins à boue /mezzanine - Top of tank</b>	83.3	20
	82.5	20
	83.6	20
	84.3	20
	84.4	20
<b>Laboratoire boue</b>	59.9	50
	63.8	50
<b>Lieu de stockage des produits chimiques</b>	84.1	10
	80.4	10
	89.5	10
	90.8	10
	80.2	15
	85.1	15
	79.6	15
	77.7	15
<b>Unité de cimentation/cement pump unit (en fonctionnement)</b>	107.5	55
	113.6	5
	105.0	10
	98.3	10
	99.3	10
	81.5	10



## English summary

### Occupational risk assessment in drilling occupations

The Industrial Hygiene policy has been recently adopted in the Exploration & Production sector of the petroleum group Total. That is why no occupational risk assessment in drilling operations is currently realised for Total employees. Drilling operations are managed by contracted drilling companies who own the drilling rig and operate it with its crews. Only few workers from the Total group are present on the rig and their main mission is to oversee drilling operations. This project aims at identifying and assessing occupational risks for Total workers and to propose prevention actions.

The drilling rig, its hazards and the four Total occupations were identified and described through interviews with Total drilling employees and visits of drilling rigs. Then, for each identified occupation, potentially dangerous elementary tasks are defined. For each task, potential hazards are identified. Risks associated to these hazards are assessed with the methodology for workplace risk assessment, based on French and European regulations. This methodology classified the risk according to the following criteria: hazard gravity, exposure duration, exposure frequency, used prevention means. Non specific risks due to the life on a drilling rig are also taken into account.

The workplace risk assessment identified mostly moderate risks. Most frequent risks are moderate risks for which used prevention means have to be strengthened. According to the risk assessment results, an action plan is proposed. It includes a risk information and prevention campaign and some measurement campaign proposals in order to provide a better exposure characterization. The limits of the method are also studied.

This report is considered as a reference for drilling workers and defines some guidelines for ulterior surveys.

**Key words : Industrial Hygiene, occupational risk assessment, risk, hazard, drilling, drilling rig, prevention means, actions**