

République Algérienne Démocratique et Populaire.
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.

Université d'Oran.
Faculté de Droit et des Sciences Politiques.

**Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Poste-Graduation
Spécialisé en Droit de l'Environnement.**

Thème :

***La Réglementation et la
Protection de l'Environnement
au sein de l'Activité Forage.***

Présenté par :

Mme Farida BENZIADA née KHERCHOUCHE

Sous la Direction de:

Mr BENACEUR Youcef

Le jury de Soutenance :

Mr	Président.
Mr	Rapporteur.
Mr	Examineur.

Année Universitaire 2009 - 2010.

REMERCIEMENTS

En premier lieu, mes sincères remerciements sont adressés à monsieur Youcef BENACEUR professeur à la faculté de droit et des sciences politique à l'Université d'Oran, qui a accepté d'assurer la direction de ce mémoire et a fait preuve de disponibilité par l'attention accordée à travers ses suggestions et ses compléments.

Je remercie les membres de jury qui ont bien voulu accepter examiner ce travail qui est le fruit d'une collaboration entre la société SONATRACH/Division Forage et de l'Université d'Oran. Faculté de Droit et des Sciences Politiques.

Je ne saurais oublier à remercier également l'ensemble des enseignants qui ont participé activement à ma formation DPGS « Diplôme de Post Graduation Spécialisée » en droit de l'environnement.

Je tiens à remercier également le personnel du Centre de Perfectionnement de l'Entreprise (SONATRACH) d'Arzew qui ont veillé à assurer le bon déroulement de la formation en particulier mademoiselle BENABOU Nassima responsable pédagogique.

Je tiens à remercier Monsieur Mohamed TLILI, Directeur Division Forage pour ces précieux conseils et ses orientations judicieuses, Madame ANANE Samira, Chef de Département HSE Forage pour ses encouragements et son soutien afin de poursuivre cette formation.

A tous mes collègues du Département HSE Forage ceux d'Alger et ceux de Hassi Messaoud (AOP) et à tout ceux qui d'une façon ou d'une autre, de près ou de loin, m'ont apporté leur contribution et leur soutien dans l'élaboration de ce travail ; qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je remercie particulièrement mon mari grâce à son expérience pédagogique de m'avoir assisté tout au long des différentes phases d'élaboration et de rédaction de mon mémoire et de tous les efforts qu'il a fournis pour l'aboutissement de ce travail.

Je tiens à remercier chaleureusement ma très chère amie Madame KHODJA Malika pour son soutien multiforme, qu'elle m'a apporté tout au long de ma formation.

Une thèse est une période avec de bons moments et d'autres qui le sont moins. Ce sont dans ces derniers que l'on reconnaît le véritable soutien.

Mon cher époux, ma très chère fille, Nina, toutes mes excuses de vous avoir délaissés. Je vous remercie du fond du cœur d'avoir supporté mes absences répétées. Merci d'avoir été toujours présents à mes côtés de m'avoir soutenue tout au long de ma formation.

Je ne saurais terminer sans remercier mon père, ma mère et tous mes frères et sœurs ainsi que mes beaux frères et particulièrement ma belle mère de m'avoir soutenu et aidé pendant ces années de formation.

DEDICACES

Je dédie ce travail à mon adorable fille Nina

*Je le dédie aussi à mon cher mari qui m'a
encouragé et soutenu durant toute la période
de formation.*

A mon père

A ma mère et à ma belle-mère

Ainsi qu'à toute ma famille et à mes amies.

TABLE DES MATIERES

Dédicace	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des photos	
Liste des figures	
Première Partie	1
Introduction Générale	2
Chapitre 1 : Présentation de l'activité Forage	6
1.1 Généralité sur l'activité de forage	6
1.1.1 Définition de forage	6
1.1.2 Le principe de forage	6
1.1.2.1 La phase d'exploration	6
1.1.2.2 La phase d'exploitation	6
1.1.3 La description et fonctionnement d'un appareil de forage	6
1.1.3.1 La description de l'appareil de forage	6
1.1.3.2 Le fonctionnement d'un appareil de forage	7
1.1.4 Les opérations de cimentation	7
1.1.5 Techniques de forage	8
1.1.5.1 Forage rotary	8
1.1.5.2 Forage à moteur de fond	8
1.1.5.3 Forage par turbine à palettes	8
1.1.6 Circuit de la boue	8
1.1.7 Equipements d'épuration mécanique	10
1.1.7.1 Les tamis vibrants ou vibrateurs	10
1.1.7.2 Les hydrocyclones	10
1.1.7.3 Les Mud cleaners	10
1.1.7.4 La centrifugeuse	10
1.1.8 Les étapes de mise en place de l'appareil de forage	11
1.2 Les fluides utilisés	13
1.2.1 Les boues de forage	13
1.2.1.1 Boues à base d'eau	13
1.2.1.2 Boues à base d'huile	13
1.2.2 Les produits chimiques	13
1.2.2.1 Les additifs minéraux	13
1.2.2.2 Les additifs organiques	13
1.2.3 Autres additifs	14
1.2.4 Principales fonctions de la boue de forage	15
Chapitre 2 : Les impacts générés par l'activité Forage sur l'environnement	16
2.1 Source De Pollution	16
2.1.1 En surface	16
2.1.1.1 Le bourbier	16
2.1.1.1.1 Types de bourbiers	17
2.1.1.3 Les effluents liquides	17

2.1.1.3	Les déchets solides.....	17
2.1.1.4	La plate-forme.....	17
2.1.1.5	La cave.....	18
2.1.2	Dans le sous-sol.....	18
2.1.2.1	La circulation.....	18
2.1.2.3	La cimentation.....	18
2.1.2.3	Les diagraphies de radioactivité.....	18
2.1.2.3.1	La radioactivité naturelle.....	19
2.1.2.3.2	La radioactivité provoquée.....	19
2.2	Nature des polluants.....	19
2.2.1	Les polluants actifs.....	19
2.2.2	Les polluants inertes.....	20
2.3	Nature des nuisances.....	20
2.3.1	Contamination du sol.....	20
2.3.2	Contamination des cours d'eau.....	20
2.3.3	Contamination des nappes phréatiques.....	21
2.3.4	Contamination des aquifères.....	21
2.3.5	Contamination par la radioactivité.....	21
2.4	Les impacts sur l'environnement générés par l'Activité Forage.....	23
	Deuxième Partie	24
	Chapitre 3 : Protection de l'environnement.....	25
3.1	Protection juridique.....	25
3.1.1	Cadre réglementaire	25
3.1.1.1	Cadre institutionnel.....	25
3.1.1.2	Administration du secteur des hydrocarbures en Amont.....	25
3.1.1.3	Cadre législatif.....	26
3.1.1.4	Cadre réglementaire.....	26
3.1.1.4.1	Législation nationale clé concernant l'évaluation de l'impact environnemental.....	26
3.1.1.4.2	Résumé de la législation nationale en vigueur.....	28
3.1.1.4.3	Directives, normes et exigences réglementaires nationales clé Utilisation de l'eau et Rejets aqueux.....	31
3.2	Les contrats.....	33
3.3	Protection du site.....	33
3.3.1	Recours à des boues de forage de faible toxicité.....	33
3.3.1.1	les boues à base d'eau.....	34
3.3.1.2	les boues à base d'huile.....	34
3.3.2	Aménagement du site.....	34
3.4	Mise en œuvre de la politique HSE du groupe SONATRACH.....	34
	Chapitre 4 : Stratégie de Gestion des rejets au sein de l'activité Forage.....	36
4.1	Le contexte général de la gestion des déchets.....	36
4.1.1	Cadre Réglementaire Algérien.....	36
4.1.1.1	(Aspects HSE dans la nouvelle Loi sur les Hydrocarbures).....	38
4.2	A l'échelle internationale.....	39
4.3	Bilan des rejets générés sur un appareil de forage.....	39
4.3.1	Bilan des rejets.....	39
4.3.1.1	Identification et quantification des rejets.....	39

4.3.1.1.1	Rejets de boue de forage.....	40
4.3.1.1.2	Les eaux de rejet.....	41
4.3.1.1.3	Autres rejets génères par les sous activités liées par le forage.....	42
4.4	Mesures à prendre pour atténuer les impacts sur l'environnement de l'activité forage.....	42
4.4.1	Traitement des boues et des déblais.....	43
4.4.1.1	Les actions préventives.....	43
4.4.1.2	Les actions curatives.....	43
4.4.2	Approche classique	43
4.4.2.1	Un traitement par les équipements de contrôle des solides.....	43
4.4.2.2	Un traitement des cuttings.....	43
4.4.2.2.1	Le procédé de Stabilisation / Solidification.....	43
4.4.2.2.2	Le procédé de Désorption Thermique.....	44
4.4.3	Plan de gestion intégrée des rejets de forage.....	45
4.4.3.1	Nouvelle Approche.....	46
4.4.3.2	Recommandations.....	47
	Conclusion Générale.....	48

Liste des tableaux

Tableau N°1 : Les types d'impacts sur l'environnement générés par l'activité forage.....	23
Tableau N°2 : Description de la législation algérienne relative à l'environnement.....	28
Tableau N°3 : Autres rejets générés par les sous activités liées par le forage.....	42
Tableau N°4 : Mesures à prendre pour atténuer les impacts sur l'environnement de l'Activité Forage....	42

Liste des photos

Photo N°1 : Le Treuil.....	7
Photo N°2 : Appareil de forage.....	7
Photo N° 3 : Moufle fixe.....	7
Photo N°4 : Moufle mobile.....	7
Photo N°5 : Les tiges de Forage.....	9
Photo N°6 : Imperméabilisation du bourbier	46
Photo N°7 : Réhabilitation du site.....	47

Liste des figures

Figure N°1 : la cimentation.....	8
Figure N°2 : Le circuit de la boue.....	10
Figure N°3 : Les équipements d'épuration mécanique.....	11
Figure N°4 : Modèle théorique d'une plate-forme de forage.....	12
Figure N°5 : Instruments légaux Algériens.....	26
Figure N°6 : Le procédé de Stabilisation / Solidification.....	44
Figure N°7 : Unité de désorption thermique.....	45

Première Partie

Introduction Générale.

Au cours des dernières années, la protection de l'environnement est apparue comme une nécessité qui outrepassa les frontières d'un état pour atteindre une dimension planétaire.

La protection de l'environnement est devenue un enjeu majeur, son développement est toutefois beaucoup plus récent. Il est né à la suite d'une prise de conscience que notre planète est menacée par une explosion démographique et ses conséquences mais aussi par l'impact d'une technologie toujours plus envahissante liée à la multiplication désordonnée des activités anthropiques. [1]

C'est depuis le début des années soixante dix, que les règles visant la protection de l'environnement au niveau global connaissent une rapide croissance. En effet, depuis plus de quatre décennies, l'outil juridique est sollicité pour protéger l'environnement aussi bien au niveau national, régional que mondial. Il existe plus de six cent traités et autres accords internationaux relatifs à l'environnement, dont trois cent environ ont un caractère régional.

Aujourd'hui le droit de l'environnement est une réalité incontournable. Certes c'est un droit qui dérange et obéit à des préoccupations qui sont celles d'un monde en mutation, d'un monde en changement, qui aspire à rétablir un équilibre perdu entre l'homme et la nature.

La Conférence de Stockholm, première conférence internationale consacrée à l'environnement, affichait une volonté claire d'agir en regroupant dans un seul programme toutes les activités entreprises dans ce domaine par les différents organismes et institutions des Nations unies, afin de leur donner une dimension nouvelle. Ceci est la preuve certaine que la protection de l'environnement est devenue un thème majeur dans le cadre des relations internationales. En effet, la communauté internationale est engagée dans des débats difficiles où s'opposent souveraineté nationale et intérêt général de la planète. Cette communauté a pris conscience que le modèle de développement, fondé sur l'exploitation intensive des ressources de la terre, est devenu insoutenable à long terme et engendre des déséquilibres humains et sociaux (les inégalités mondiales se sont creusées) et écologiques qui hypothèquent la capacité des générations futures à vivre dans des conditions décentes: c'est le concept du développement durable¹. [2]

L'économie mondiale sans cesse en expansion, avec une augmentation exponentielle des populations, nécessite des besoins en ressources naturelles et particulièrement en énergie de plus en plus importants. Ses dernières en surexploitation par divers acteurs en particulier par les industriels, entraînent des sources de plus en plus élevées de nuisances et de pollutions diverses (effluents liquides, déchets ménagers, déchets industriels banals ou dangereux et des déchets spécifiques y compris les déchets radioactifs.

¹ **Développement durable (ou développement soutenable)** qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de « besoin », et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir
(Selon la définition proposée en 1987 par la commission mondiale sur l'environnement et le développement dans le rapport Brundtland)

En effet, les industriels usent du milieu naturel pour répondre aux exigences du marché économique mondial et le polluent en y rejetant les sous-produits sans traitement ² préalable des divers procédés et processus de production et d'exploitation. C'est pour ces raisons que de nouveaux modèles technologiques industriels adaptés, non destructeurs, mais soucieux de la nature ont été développés. Ces derniers concourent à concilier développement industriel et protection de l'environnement. Les efforts effectués dans ce sens ont été imposés par des réglementations et mesures qui sont de plus en plus sévères.

En Algérie, comme dans la plupart des pays industrialisés, une véritable politique de l'environnement ne s'est développée que depuis les années soixante dix et a débuté par des activités spécifiques comme les hydrocarbures. L'imposition par l'Etat de normes réglementaires qui interdisent, limitent ou contraignent l'exercice des activités industrielles potentiellement préjudiciables pour l'environnement telle que l'activité pétrolière, s'inscrit également dans le sillage du principe de prévention. Ces normes juridiques visent effectivement à prévenir des atteintes ou à en limiter la portée et les effets. [3]

L'intégration législative du principe de prévention et la protection de l'environnement dans toutes les décisions et stratégies publiques et privées sont une exigence fondamentale pour garantir le développement durable.

L'Algérie, grand pays producteur de pétrole et de gaz alimente le marché mondial en énergie. Le gaz et le pétrole extraits de son sous-sol saharien, à des profondeurs très élevées, sont transportés sur de longues distances, raffinés et exportés (bateaux, pipes sous-marins...).

Ils génèrent et mettent en œuvre tout au long de leurs différentes activités, des technologies diverses qui engendrent chacune en ce qui la concerne une diversité de risques potentiels vis-à-vis du sol, de l'air et de l'eau mais aussi vis-à-vis de la santé humaine,

En effet, l'acteur principal dans l'industrie pétrolière et gazière en Algérie est : l'entreprise pétrolière SONATRACH. Cette dernière est la première entreprise du continent africain. Elle est classée 12^{ème} parmi les compagnies pétrolières mondiales, 2^{ème} exportateur de GNL et de GPL et 3^{ème} exportateur de gaz naturel. C'est une compagnie de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Elle exerce ses métiers en Algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent.

Actuellement SONATRACH a pris conscience que la protection de l'environnement est devenue l'un des critères qui lui permet d'évaluer sa compétitivité et améliorer son image de marque dans le monde.

Elle est le fruit de l'adoption par le groupe d'une politique HSE qui repose sur les principes de la réduction à la source et du recyclage de ses déchets conformément à la loi 03-10 sur la

² **Traitement** : les opérations qui permettent de changer les caractéristiques du déchet radioactif à des fins de sûreté et/ou d'économie.

Les objectifs du traitement sont :

- la réduction du volume ;
- l'extraction des radioéléments du déchet ;
- le changement de la composition.

Conformément au **décret présidentiel n°05-119** du 2 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 11 avril 2005 relatif à la gestion des déchets radioactif.

protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. A cet effet, le traitement des rejets liquides domestiques ou industriels est pratiquement systématique pour toutes les unités industrielles et bases de vie du Groupe. Elle ne conçoit pas de développement économique sans un développement durable. Elle est appelée, conformément aux réglementations en vigueur, à prendre les dispositions pour la sauvegarde et la protection de ses sites d'exploration ou de production et à considérer les impacts sur les milieux environnants et les populations. Elle s'emploie également à développer la conscience environnementale, non seulement au sein du Groupe et à tous les niveaux hiérarchiques, mais aussi auprès de ses partenaires et de ses sous-traitants. Ainsi, l'attribution des contrats aux prestataires est subordonnée à leurs performances en matière de gestion et de respect de l'environnement conformément à la nouvelle loi sur les hydrocarbures ³ n°05-07 du 28 avril 2005 promulguée le 19 juillet 2005. Elle introduit un ensemble de dispositions auxquelles doivent se soumettre toutes les compagnies pétrolières exerçant sur le territoire national dans le domaine du HSE⁴. SONATRACH au même titre que toutes les autres compagnies pétrolières doit se conformer à ces exigences. Et pour cela, le recours aux technologies de traitement s'avère nécessaire. Le choix de ces technologies de réhabilitation des sols contaminés appliquée dans l'industrie pétrolière dépend des conditions réglementaires de notre pays, des conditions géographiques, hydrogéologiques et climatiques du site et des caractéristiques des sources de contamination.

Autrement dit, sa stratégie en matière de Développement Durable repose essentiellement sur la maîtrise des impacts sur l'environnement induits par l'ensemble de ces activités notamment l'Activité Forage. Cette dernière est concentrée dans la région de HASSI MESSAOUD. Cette ville est située à quelques kilomètres des puits forés et présente une vulnérabilité supplémentaire due à une implantation anarchique des habitations et des commerces. Aujourd'hui, la ville connaît une expansion démesurée et désordonnée. La concentration des habitations constitue une menace permanente tant pour la sécurité du patrimoine industriel que pour les personnes qui y vivent.

Le forage exploratoire commence dès que les études sismiques révèlent une zone prometteuse pour la découverte de pétrole. Les opérations de forage introduisent du pétrole et une grande variété d'autres composés chimiques complexes dans l'environnement à travers les fluides et les déblais de forage. Les écoulements les plus importants viennent des eaux de production. Les volumes varient considérablement tout au long de la durée de la vie d'un gisement. Ces eaux de production sont constituées en majorité d'eau de réservoir à pétrole relativement chaude et contenant du pétrole dissous et dispersé, de fortes concentrations en sel, de métaux lourds, d'hydrocarbures aromatiques polycycliques, sans oxygène et parfois des matériaux radioactifs.

³ **La loi sur les hydrocarbures n°05-07 du 28 avril 2005**: Elle exige le plus strict respect des obligations et prescriptions afférentes à la santé, sécurité du personnel, à l'hygiène et à la salubrité publique, à l'Environnement, aux intérêts archéologiques, enfin, à toutes les lois et règlements en vigueur en matière de protection de l'environnement. Elle fait également obligation sur les contractants et opérateurs à tout entreprendre pour prévenir tous les risques qui sont inhérents à leur activité (Article 16).

⁴ **HSE** : (Health, Safety, Environnement) : Santé, Sécurité, Environnement.

Durant ou en fin de forage, les fluides de forage contaminés par les argiles de la formation géologique traversée se retrouvent dans un borbier spécialement préparé. En effet, le déversement et le dégagement de certains produits (solide, liquide ou gazeux) dans le borbier peuvent entraîner un changement des propriétés physico-chimiques du sol. Ce qui engendre une altération des propriétés du milieu et induit des effets portant atteinte à la santé de l'homme, de façon directe ou indirecte et à l'environnement de manière globale. Autrement dit, un chantier de forage est une source ponctuelle de pollution mais dont les activités, bien que se déroulant dans un périmètre défini, induisent des nuisances qui peuvent se propager en dehors des limites du site. De plus, l'activité d'un champ de forage pétrolier n'est pas éternelle. Lorsque les réserves sont épuisées, l'exploitation cesse, mais les pollutions engendrées restent présentes. Pour cela, des mesures sont également prise par l'activité forage pour l'imperméabilisation des borbiers de forage et la mise en œuvre d'un traitement de fluide et de déblais de forage.

La problématique soulevée se concentre autour de la protection de l'environnement au sein de l'Activité Forage de l'entreprise SONATRACH et le rôle de la réglementation Algérienne y afférente pour que cette société pétrolière puisse rester compétitive, préserver le milieu naturel et protéger les populations.

Autrement dit, le thème que nous avons développé s'articule autour de l'évaluation des impacts potentiels générés par l'Activité Forage sur l'environnement physique, biologique et humain, de définir les mesures d'atténuation et de gestion à mettre en oeuvre pour gérer ces impacts. Ainsi, il s'agit de l'identification et la mise en œuvre des mesures conçues pour garantir une bonne performance et conformité environnementale par rapport aux normes opérationnelles nationales, internationales et des procédures de l'activité Forage de l'entreprise SONATRACH

Le présent mémoire comporte deux parties

La première partie présente en premier chapitre, un aperçu global de l'activité forage avec ses différentes opérations sur chantier.

Le deuxième chapitre aborde les différentes pollutions générées par cette activité au sein de l'entreprise SONATRACH sur l'environnement, en spécifiant les sources de pollution, la nature des polluants et leurs nuisances.

La deuxième partie englobe, un troisième chapitre qui sera consacré au volet protection de l'environnement au sein de l'Activité Forage du point de vue réglementaire et notamment par une revue de l'application de la politique HSE relative à cette activité.

Un quatrième et dernier chapitre sera consacré à la stratégie de la gestion des rejets au sein de l'activité forage et sera présenté dans son aspect opérationnel (nouvelles méthodes de traitement des borbiers), suivi d'un descriptif du cadre réglementaire algérien relatif aux déchets spéciaux dangereux et son application pratique au sein de l'Activité Forage et enfin le mémoire s'achèvera par une conclusion générale.

1. Présentation de l'activité Forage.

1.1 Généralité sur l'activité de forage.

1.1.1 Définition de forage.

Le forage est l'opération de désagrégation mécanique des roches en vue de pénétrer progressivement dans le sous-sol et atteindre le réservoir d'hydrocarbure située à une certaine profondeur.

Cette opération nécessite un programme technique fourni par le maître de l'oeuvre à l'intention de l'entrepreneur de forage.

1.1.2 Le principe de forage.

Avant de forer un puits, on doit effectuer plusieurs études et suggérer de nombreuses hypothèses concernant le terrain à forer, la cible à atteindre, la stratigraphie à connaître et le profil de forage à adopter. On distingue deux principales phases dans un forage:[4]

1.1.2.1 La phase d'exploration.

Les géophysiciens et les géologues font des études pour découvrir la caractéristique chimique et géologique des terrains à forer.

Les géophysiciens émettent l'hypothèse de l'existence ou non d'une roche réservoir, c'est la strate débitante du fluide recherché. C'est pour cette raison que l'on cherche à connaître la stratigraphie du sol considéré. Par la suite les ingénieurs de génie civil se chargent de la construction du camp de vie et de la plate forme en béton qui va soutenir les installations de forage tel que le Derrick, le treuil, la table de rotation...

1.1.2.2 La phase d'exploitation.

Généralement, les puits d'exploration deviennent par la suite des puits d'exploitation. Pour estimer la taille de la couche réservoir, on fore les puits de délimitation pour assurer une bonne exploitation. Il faut savoir que la réalisation d'un puit pétrolier peut aller de quelques semaines à une année selon la profondeur et les difficultés de forage régional.

1.1.3 La description et fonctionnement d'un appareil de forage.

1.1.3.1 La description de l'appareil de forage.

L'ensemble de l'appareillage qui sert au forage est constitué des éléments suivants :

- Une tour appelée « **derrick** » qui sert à supporter et manœuvre le train de tige par l'intermédiaire d'un câble passant dans des poulies fixes et dans les poulies mobiles (moufle).
- Une table de rotation qui permet les mouvements de rotation de l'ensemble du train de tiges auquel est fixé l'outil de forage (trépan).
- Un treuil qui permet l'enroulement et le déroulement du câble de manœuvre du train de tige.
- Des bassins de boue de forage permettant de préparer cette boue en vue de son injection dans le puits de forage et de la recueillir à la sortie.
- Des pompes à boues permettant son pompage sous pression.
- Un ensemble de moteur diesel qui délivre l'énergie nécessaire à toutes les machines.



Photo N°1 : Le Treuil.



Photo N°2 : Appareil de forage.

1.1.3.2 Le fonctionnement d'un appareil de forage.

Un système à poulie (moufle), monté sur le derrick permet de positionner et de retirer le train de tiges, et de réaliser l'assemblage des sections de tige avant qu'elles soient descendues dans le sol.

La rotation de l'outil est assurée par la table de rotation, tandis que le pompage des boues se fait grâce à un système de circulation, qui fait déplacer les déblais dans l'annulaire, l'espace délimité par les tiges de forage et la paroi du puits vers la surface.



Photo N° 3 : Moufle fixe.



Photo N°4 : Moufle mobile.

1.1.4 Les opérations de cimentation.

Le puits, une fois foré, doit être couvert pour empêcher les parois de s'effondrer. On descend alors des tubes appelés casing. Ces tubes, d'une dizaine de mètres chacun, comportent des filetages (mâle en bas et femelle en haut). Ils sont vissés l'un dans l'autre et descendus jusqu'au fond du puits. On utilise une clé automatique pour les visser. Ce tubage peut être une colonne complète qui remonte jusqu'en surface, ou une colonne qui s'arrête plus bas, appelée «colonne perdue» [liner].

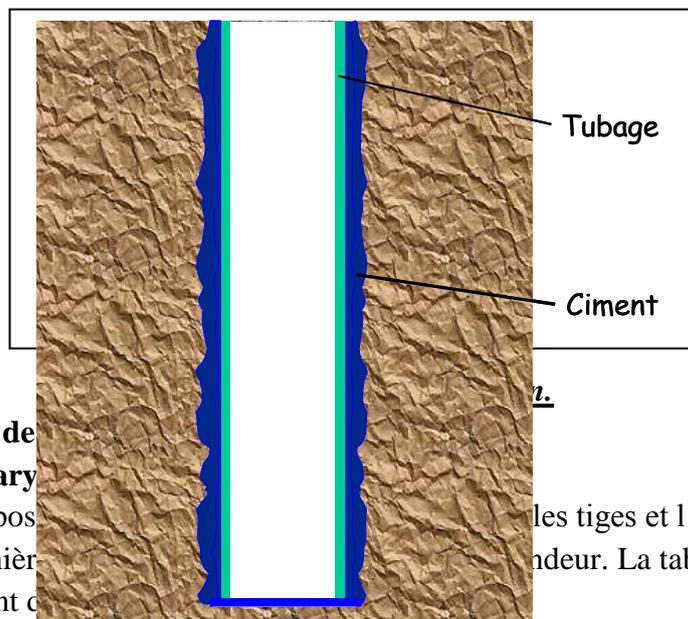
Une fois le tubage complètement descendu, on doit le cimenter pour bien le sceller dans le puits. Le ciment utilisé doit résister à la température élevée qui règne dans le puits. Il est livré

dans des silos. Le ciment est mélangé à l'eau à laquelle on ajoute des produits pour ajuster les caractéristiques du laitier de ciment. On injecte ensuite ce dernier dans le tubage. On le pousse après par la boue, jusqu'à ce qu'il arrive au fond, remonte par l'espace annulaire entre les tubes et le puits, jusqu'à ce qu'il arrive à la cote voulue.

Le ciment est séparé de la boue par des bouchons en caoutchouc, initialement contenus dans une tête de cimentation, est fabriqué et injecté dans le puits à l'aide d'un « tubage » [casing] et on les cimente. [5]

Ces tubes, d'une dizaine de mètres chacun, comportent des filetages (mâle en bas et femelle en haut). Ils sont vissés l'un dans l'autre et descendus jusqu'au fond du puits. On utilise une clé automatique pour les visser.

Le ciment est fabriqué et injecté dans le puits à l'aide d'une unité de cimentation.



1.1.5 Techniques de forage

1.1.5.1 Forage rotatif

A la surface, on dispose les tiges et l'outil de forage. Grâce au poids de ces dernières, on obtient une profondeur. La table de rotation requiert une puissance variant de 10 à 100 kW.

1.1.5.2 Forage à moteur de fond.

Dans cette technique, seule la rotation de l'outil de forage est assurée. C'est une technique utilisée lors des forages horizontaux ou déviés car elle permet d'obtenir un azimuth et une inclinaison voulus.

L'alimentation en énergie se fait uniquement par transmission de l'énergie dynamique du fluide de forage au moteur de fond.

1.1.5.3 Forage par turbine à palettes.

La rotation des tiges est assurée par la table de rotation au fond du puits, la rotation de l'outil de forage est assurée par des turbines à palettes de forme variées. Elles mêmes sont animées d'un mouvement de rotation provoqué par la circulation du fluide de forage.

1.1.6 Circuit de la boue :

- La boue est fabriquée et conservée dans des **bacs de réserves**.

- Une **pompe** achemine la boue dans la tige de forage qui descend jusqu'au fond du puits.
- La boue sort de l'extrémité de la tige de forage et tombe au fond du **puits** où le **trépan** fore la formation rocheuse.
- La boue emprunte ensuite le chemin inverse en remontant à la surface les morceaux de roche, appelés déblais, qui ont été arrachés par le trépan.
- La boue remonte jusqu'à l'espace **annulaire**, entre la tige de forage et les parois du puits. Le diamètre type d'une tige de forage est d'environ 12 centimètres (5 pouces).
- À la surface, la boue circule dans la **conduite appelée goulotte**, une tige qui mène au **tamis vibrant**.
- Les tamis vibrants se composent d'un ensemble de crépines métalliques vibrantes servant à séparer la boue des déblais. La boue s'égoutte dans les crépines (toiles) et renvoyée vers les bacs **de décantation**.
- Un traitement plus élaboré est effectué par un ensemble d'équipements d'épuration mécanique. (Voir fig. 2)
- Les déblais de la roche glissent le long de la **glissière du tamis** pour être rejetés. En fonction des impératifs environnementaux, notamment, ils peuvent être lavés avant leur rejet. Une partie des déblais est prélevée pour être examinée par des géologues afin d'étudier les propriétés des roches souterraines présentes au fond du puits.



Photo N°5 : Les tiges de Forage.

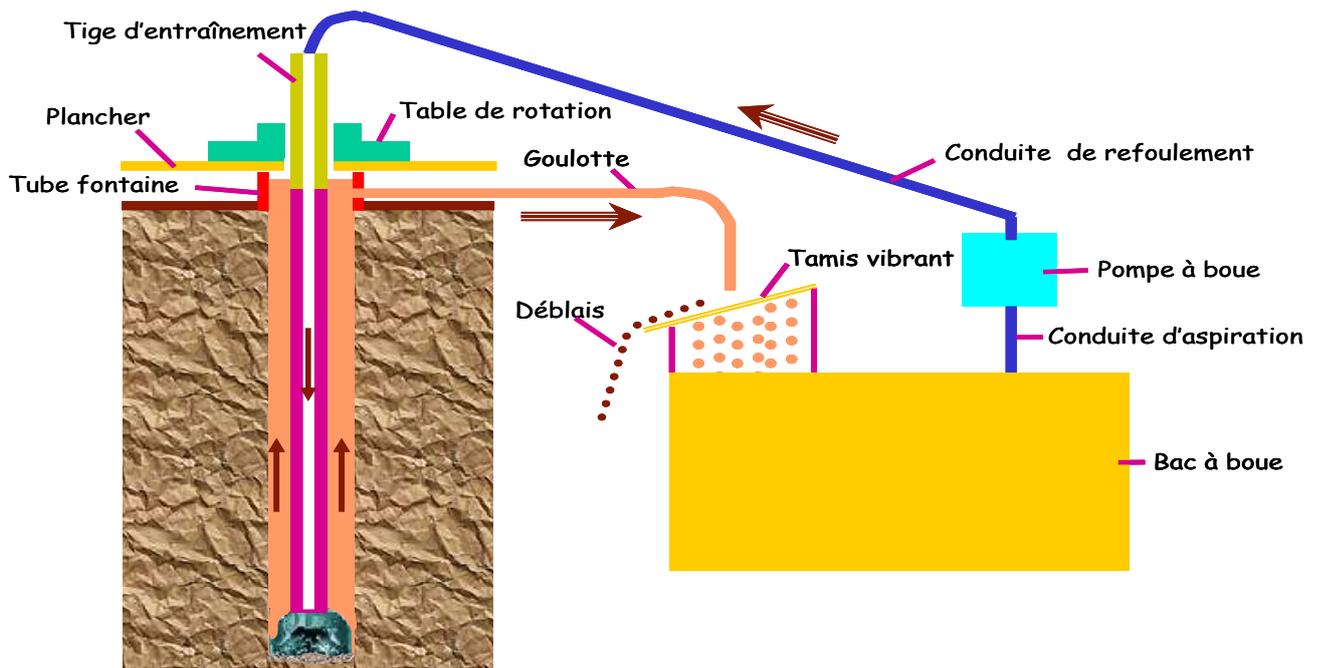


Figure N° 2 ; Le circuit de la boue

1.1.7 Equipements d'épuration mécanique.

1.1.7.1 Les tamis vibrants ou vibrateurs.

Ils se composent de deux parties : l'une est fixe (support) et l'autre mobile (la toile). Le support est doté d'un moteur qui engendre des mouvements elliptiques ou linéaires. Le cadre vibrant est isolé du support par des amortisseurs. L'appareil est défini par le mesh qui est le nombre d'ouverture par pouce. Comme l'indique La figure N°4 ci-dessous.

1.1.7.2 Les hydrocyclones :

Comme leur nom l'indique, elles fonctionnent de la même manière que les cyclones naturels. Un centre de basse pression autour duquel la pression augmente ce qui donne en bordure de vent convergents vers le centre, et au centre des vents ascendants. La taille des particules évacuées est en fonction de la dimension des cônes.

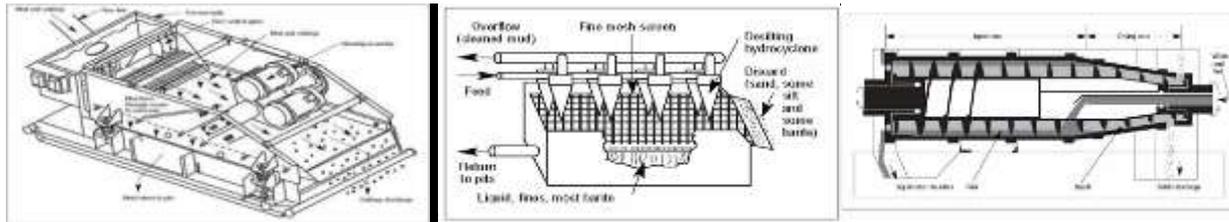
1.1.7.3 Les Mud cleaners :

Se sont des desilteurs par lesquelles l'effluent lourd de la boue passe par un tamis vibrant. Cette fine toile (100 à 325 mesh) augmente la récupération de la phase liquide.

1.1.7.4 La centrifugeuse

Cet appareil à axe horizontal et vis convoyeuse sont à fonctionnement continu.

Le bol horizontal tourne entre 1500 et 3000 *tr/min*, la vis convoyeuse à une vitesse légèrement inférieure. Leur débit étant généralement faible par rapport au débit de forage, ce type d'appareil ne pourra traiter qu'une partie du débit de retour.(voir Figure N°3)



Tamis vibrants

Mud cleaner

Centrifugeuse

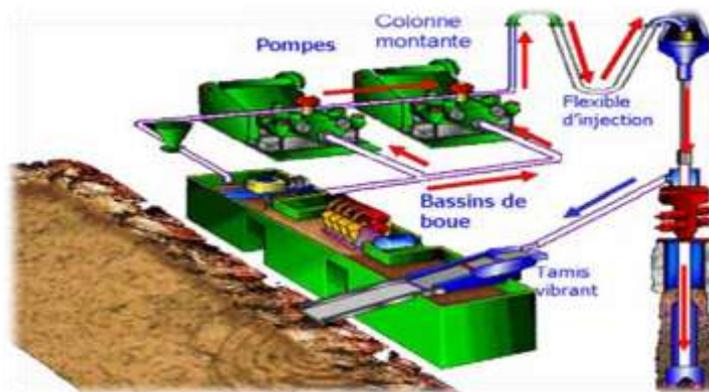


Figure N°3 ; Les équipements d'épuration mécanique.

1.1.8 Les étapes de mise en place de l'appareil de forage

Le forage d'un puits constitue l'ultime étape dans le processus d'exploration d'hydrocarbures. Il est réalisé dans le but de mettre en évidence un gisement et pour évaluer les capacités du réservoir. La réalisation du forage nécessite toute une organisation afin de mettre en place l'appareil de forage et ses annexes. Dans le détail, les différentes étapes pour la réalisation d'un forage sont les suivants.

- Implantation du puits par la mise en place d'une balise.
- Réalisation de la plate-forme en béton. Cette dernière se situant en dessous du plancher. Elle fait l'objet de déversements de boues lors de la remontée du train de tiges, des eaux de nettoyage, etc...
L'évacuation de ces fluides évite leur accumulation à ce niveau. Mais, lorsque la cimentation du tube guide est mal réalisée, ces fluides peuvent s'infiltrer entre le tube et la cave et pénétrer de cette façon dans les formations. Cette infiltration représente un risque substantiel, car en plus de la pollution qu'elle peut engendrer. Elle peut provoquer la fissuration de la plate-forme en fragilisant son assise et compromettre ainsi l'équilibre de l'appareil.
- Réalisation de la fosse (bourbier) et du canal d'évacuation des rejets.
- Installation de l'appareil de forage avec les équipements de traitement et de stockage des boues.
- Installation des cuves de stockage de carburant (gasoil).
- Mise en place des aires de stockage des produits chimiques nécessaires à la préparation des boues.

- Réalisation des aires et les équipements nécessaires au forage.
- Réalisation éventuelle d'un puits d'eau.
- Installation d'une base vie.

La disposition d'un chantier de forage obéit à une organisation spécifique et un plan de base généralement bien défini, comme indiqué la figure N°4 ci-dessous.

- La construction de la plate-forme de forage en béton d'environ 360 m² (12 m x 30 m), se fait sur la base d'un appui de puits d'environ 500 m².
- La plate-forme va servir à soutenir l'appareil de forage.
- L'appui du puits va accueillir les équipements annexes comme les pompes à boues, les bacs de stockage des boues, les tamis vibrants et autres matériels divers.
- Le périmètre du puits est d'environ de 3 000 m² ; à son niveau on trouvera les services annexes comme les groupes électrogènes, les citernes de stockage de gasoil, les aires de stockage des produits chimiques, les magasins, les ateliers et les bureaux.

Pour des raisons de sécurité et de nuisances le camp de vie est installé généralement dans un rayon de 1 km (le bruit perçu à cette distance sera équivalent au bruit des vagues).

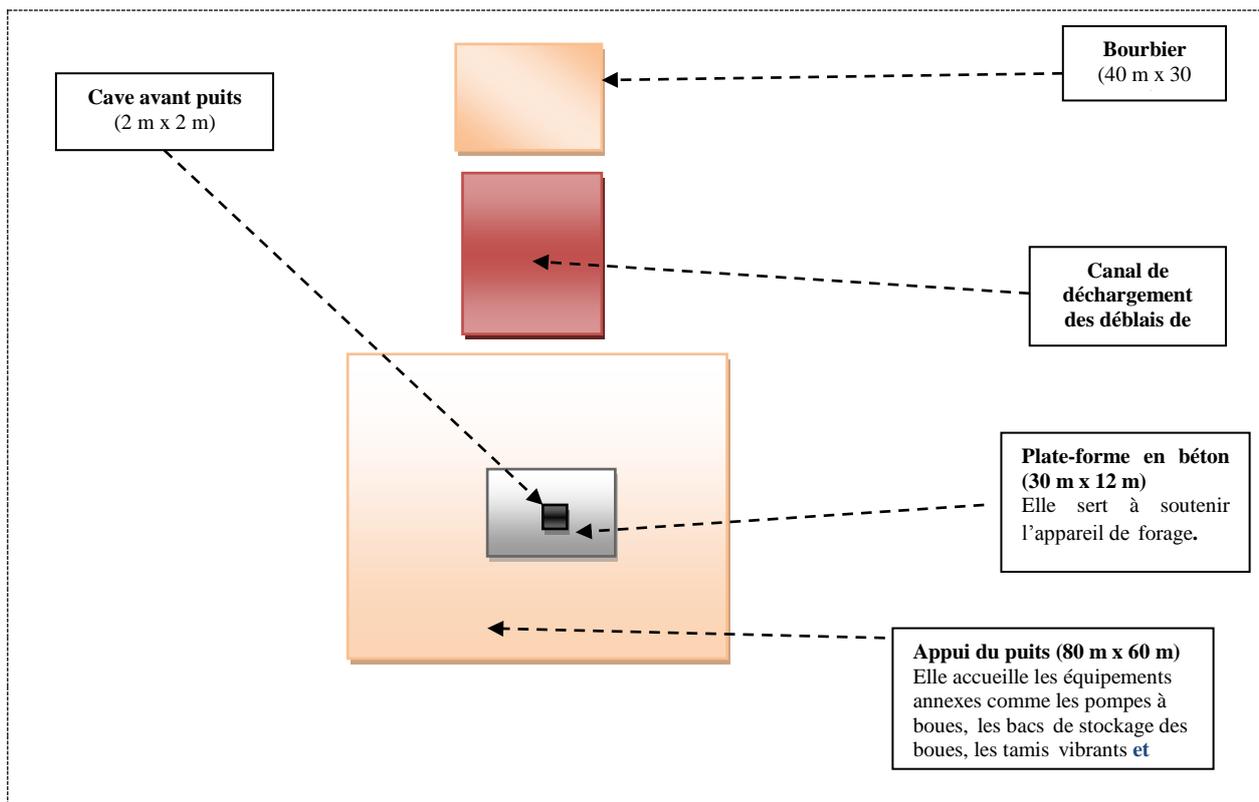


Figure N° 4 ; Modèle théorique d'une plate-forme de forage

1.2 Les fluides utilisés.

L'opération de forage ne peut être menée sans l'utilisation des fluides (boues) de forages. Ces dernières sont de plusieurs types et leur utilisation dépend des couches géologiques qui doivent être traversées et des caractéristiques de l'objectif à atteindre (réservoirs). Il existe deux grandes familles de boues généralement utilisées dans le forage. [6]

1.2.1 Les boues de forage.

La boue de forage est un mélange plus au moins complexe d'un liquide de base (eau ou l'huile) avec des produits divers (argiles, produits chimique) et elle peut être subdivisée en deux types : boue à base d'eau et boue à base d'huile :

1.2.1.1 Boues à base d'eau.

Se sont les fluides dont la phase continue est l'eau tel que :

- Les boues minérales ⁵ à base de bentonite (**boue douce**).
- Les boues à base de polymères.
- Les boues mixtes suivant la nature des additifs ajoutés à l'eau.

1.2.1.2 Boues à base d'huile.

Ce sont les fluides dont la phase continue est l'huile. Dans ce cas précis, l'huile utilisée est le gasoil.

- Les boues à l'huile ⁶ qui sont composées de 95 à 98% en volume d'huile.
- Les boues inverses qui sont constituées d'une phase continue huile et phase dispersée aqueuse au moins 50% du volume.

Leur domaine d'utilisation est comme suit :

- forage et carottage des réservoirs.
- reprises et entretient des puits producteurs.
- forage des zones difficiles en présence d'un fluide à base d'eau (Argile gonflantes, problème de coincement, etc...).

1.2.2. Les produits chimiques :

Un certain nombre de produits chimiques sont ajoutés pour la préparation des fluides de forages, parmi ces produits on peut distinguer plusieurs familles.

1.2.2.1 Les additifs minéraux.

- Les colloïdes argileux : les bentonites et les attapulgites.
- Les métaux mixtes inorganiques.

1.2.2.2 Les additifs organiques.

Les polymères naturels biodégradables.

Les polysaccharides : amidon, bio polymères (xanthane).

Les dérivés cellulosiques : le plus utilisé est le CMC (carboxy-méthylcellulose); HEC hydroxyéthylcellulose; CMHEC.

⁵ **Boue benthonique** : (boue de démarrage) Le principal constituant est la bentonite, ce sont des argiles ayant la capacité d'absorber de grande quantité d'eau (eau douce) et d'augmenter le pouvoir gélifiant de la boue, la concentration en bentonite varie de 3 à 10%.

⁶ **Boue à l'huile** : elle est composée de 95 à 98% en volume d'huile, on utilise de l'huile diesel à l'huile asphaltique en prenant en considération son indice d'acidité, son point d'aniline, sa densité et son point éclair, c'est une boue émulsionnée à l'eau à raison de 2 à 5%. Elle est insensible aux contaminants habituels des boues à base d'eau (NaCl, CaSO₄, ciment).

Les polymères synthétiques non biodégradables : acryliques ou vinyliques.

Les antiferments.

Les produits anticorrosion.

1.2.3 Autres additifs :

Les autres additifs pouvant être aussi utilisés dans la composition des fluides de forage sont les suivants :

- Les fluidifiants et défloculants : polyphosphates de sodium, tanins, lignosulfates, lignines.
- Les additifs minéraux : soude caustique, carbonate de soude, chaux éteinte.
- Les produits organiques spéciaux : agents de décoincement, les antifrictions, les anticorrosion.
- Les produits colmatants : granulaires, fibreux ou lamellaires.
- Les produits bactéricides : en général très nocifs.

Au vu des différents produits qui sont utilisés pour la fabrication de fluides de forage. Il est aisé de voir quels sont les différents contaminants qui vont se retrouver au niveau du bournier.

Par ailleurs, en plus de ces produits, il faut ajouter les importants volumes de déblais de forage (cuttings) qui peuvent renfermer en plus des traces et restes des différents produits de forage, des concentrations en métaux lourds contenus éventuellement et naturellement dans les formations rocheuses traversées. Tous ces éléments vont se retrouver au niveau du bournier qui constitue donc le réceptacle privilégié d'une grande partie de la pollution générée par l'activité forage.

A l'échelle internationale et devant l'utilisation massive des boues à l'huile, certaines nations, très sensibles sur les questions d'environnement, ont été amenées à prendre des mesures restrictives sur les rejets de forage liquides et solides.

Pour harmoniser les diverses mesures, et rechercher des alternatives, une commission européenne dite Commission de Paris a été créée.

Les travaux de cette commission se concrétisent par des projets de décision soumis à l'approbation des instances gouvernementales des pays signataires.

Principales décisions sont :

- L'utilisation des boues à l'huile et inverse est soumise à une autorisation préalable.
- L'interdiction d'utiliser des boues à base d'huile dans les parties supérieures des puits (protection des aquifères).
- Les rejets de boue sont interdits en mer.
- La nécessité de ramener le teneur en huile des cuttings de 10% à 1% du poids de déblais secs.
- L'obligation de fournir des évaluations du taux de toxicité des fluides à base d'eau ou à base d'huile synthétique ou végétales.

- L'élaboration d'une classification des additifs chimiques auxquels s'appliqueront des réglementations spécifiques.

1.2.4 Principales fonctions de la boue de forage :

La boue de forage est injectée dans un puits de pétrole ou de gaz pour nettoyer le trou et en conditionner la paroi, lubrifier le trépan et équilibrer la pression de la formation traversée. Elle est habituellement à base d'eau ou d'huile. On dispose, depuis quelques années, de boues à base de produits synthétiques (esters, éthers ou polyalphaoléfines). Dans l'état de nos connaissances actuelles, il semblerait que cette sorte de boue soit peu toxique pour le milieu marin et de biodégradabilité élevée.

L'environnement difficile des opérations de forage souterrain a encouragé les initiatives de recherche et développement en vue de concevoir des fluides de forage pouvant jouer plusieurs rôles importants tels que : [7]

- Arrachage des cuttings et transport en surface.
- Refroidissement et lubrification.
- Coffrage des parois avec un cake imperméable.
- Control des pressions.
- Pouvoir de suspension et de sédimentation des cuttings.
- Allègement de la garniture et des casings.
- Réduction au minimum de l'endommagement de la formation productrice ou non.
- Obtention du maximum d'information concernant les formations forées.
- Transmission de la puissance hydraulique à l'outil.

2. Les impacts générés par l'Activité Forage sur l'environnement.

Une pollution est toute introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou énergies dans le milieu naturel (l'eau, l'air, le sol), provoquant des effets délétères dont il résulte une atteinte à la faune et à la flore, aux moyens de subsistance de l'être humain et donc à l'homme. Toute pollution se caractérise par:

- son origine.
- la nature des polluants.
- la nature des nuisances.

Lorsqu'un effluent⁷ d'une quelconque industrie est rejeté dans le milieu naturel, il peut induire différentes nuisances, liées tout particulièrement aux substances qu'il véhicule et au milieu récepteur. Généralement, cet effluent peut être la source :

- d'une pollution organique ou minérale : lorsque l'effluent contient des matières dissoutes, décantables ou colloïdales.
- d'une pollution toxique : lorsque l'effluent véhicule des matières qui se composent de sels à forte concentration, d'ions métalliques, d'hydrocarbures ou lorsqu'elles sont à base de phosphore ou d'azote.
- d'une pollution microbienne : lorsque l'effluent véhicule des micro-organismes.
- d'une pollution thermique : lorsque la température de l'effluent peut provoquer une importante variation de la température du milieu.

Le forage d'un puits nécessite un cheminement continu des activités en surface pour le bon déroulement des opérations dans le puits. On peut donc situer les sources de nuisances à deux niveaux.

2.1 Source de pollution.

2.1.1 En surface.

2.1.1.1 Le bournier.

Sur le plan environnemental, en plus des pertes de circulation des fluides pendant et après le forage, le bournier, en tant que collecteur d'effluents liquides et les déchets solides issus du forage, représente une grande source de pollution et de danger pouvant induire des nuisances pour la santé humaine.

Le bournier est un vaste bassin de plusieurs mètres cubes de capacité, mi-creusé dans le sol, mi-entouré de merlons réalisés avec des déblais. On y déverse :

- la boue en excès pendant le forage.
- la boue retirée en fin de forage quand celui-ci doit être bouché (puits sec) ou équipé pour produire (forage ayant rencontré des Hydrocarbures en quantités suffisantes pour être exploité).
- Les déblais boueux résultant du traitement de la boue usée en cours de forage.
- Certaines eaux de surface (eau de lavage).

⁷ **Rejet d'effluents** liquides industriels tout déversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide Au sens du présent **Décret exécutif n° 06-141** du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Cf Annexe 1 **Décret exécutif n° 93-160** du 20 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels.

Dans les bourbiers, les effluents se séparent par décantation, ils se disposent de la surface vers le fond comme suit :

- Les hydrocarbures.
- l'eau.
- les résidus solides très hydratés.

2.1.1.1.1 Types de bourbiers :

- **Bourbier artificiel.**

C'est une fosse de 2000 à 3000 m³ qui sert à recevoir les rejets de sonde.

- **Bourbier semi artificiel.**

Par creusement d'autre fosse de moyenne capacité du genre bassin de décantation ou les eaux sont souvent en débordement.

- **Bourbier naturel.**

Qui est un véritable cours d'eau coulant dans la nature. Les cuttings et les autres solides se déposent en épandage près de la sonde.

2.1.1.2 Les effluents liquides.

Les effluents liquides sont constitués par différents types de boues se composant de divers produits afin de maintenir la rhéologie requise et répondre à des impératifs techniques différents. Ces boues sont rejetées lorsque le forage de phases distinctes nécessite le changement de celles-ci.

Les normes de rejet des effluents liquides dans les eaux de surface provenant des installations Industrielles sont définies dans le décret 06-141 du 19 avril 2006, avec des limites spécifiques pour les effluents des installations de traitement du pétrole (abrogeant le décret précédent 93-160 du 10 juillet 1993). De plus, les rejets d'effluents et d'eaux usées dans des zones de recharge des aquifères ou dans des eaux risquant de se mélanger avec l'eau des nappes phréatiques sont interdits (loi 03-10, article 51). Le décret 93-161 définit une liste des produits lubrifiants dont le rejet est interdit dans l'environnement naturel.

Les effluents rejetés comprennent également l'excédent de ciment lors d'une cimentation de tubage ou pose le bouchon de ciment, de gasoil et d'acide utilisés lors d'une acidification de réservoir, de la soude caustique pour le réajustement du pH lors de l'utilisation d'additifs susceptibles de fermenter, des eaux de lavage des organes d'appareils...

2.1.1.3 Les déchets solides.

Les déchets solides sont essentiellement constitué des déblais de formations, de ciment lorsqu'un re-forage est effectué et de divers emballages.

2.1.1.4 La plate-forme.

Elle représente l'aire sur laquelle se déroulent les différentes activités liées au forage, desquelles résultent des déversements et des pertes de fluides tels que la boue, le ciment, les huiles des moteurs, les eaux de lavage lors de l'entretien des différents appareils...

2.1.1.5 La cave.

Se situant en dessous du plancher, elle fait l'objet de déversements de boues lors de la remontée du train de tiges, des eaux de nettoyage, etc... L'évacuation de ces fluides évite leur accumulation à ce niveau. Mais, lorsque la cimentation du tube guide est mal réalisée, ces fluides peuvent s'infiltrer entre le tube et la cave et pénétrer de cette façon dans les formations. Cette infiltration représente un risque substantiel car, en plus de la pollution qu'elle peut engendrer, elle peut provoquer la fissuration de la plate-forme en fragilisant son assise et compromettre ainsi l'équilibre de l'appareil.

2.1.2 Dans le sous sol

Certaines opérations au cours du sondage, peuvent engendrer des effets de nature polluante, on peut citer:

2.1.2.1 La circulation.

La boue en circulation, de par ses propriétés rhéologiques, tient un certain nombre de fonctions, dont le maintien des parois du puits. Elle exerce une pression sur ces dernières et provoque de ce fait une infiltration d'un volume de boue à l'intérieur de la formation traversée. Lorsque ce volume de boue perdu est assez important, on parle de perte de circulation qui peut être partielle ou totale.

Dans le premier cas, le volume de boue infiltré croît au fil de l'avancement de l'outil et peut être plus important que dans le second cas.

Les pertes de circulation peuvent se produire à différentes profondeurs, avoir une portée assez considérable et affecter sensiblement les formations pour contaminer les fluides qu'elles renferment.

2.1.2.2 La cimentation.

Elle a pour rôle d'offrir un support au tubage, de le consolider et d'isoler des formations adjacentes forées dans la même phase et de les isoler par rapport à d'autres formations forées dans d'autres phases.

La qualité de la cimentation est étudiée par le biais du CBL-VDL-CET qui peut révéler les anomalies que présente le ciment. Ces défauts ne permettraient plus un isolement parfait des formations; ils constitueraient même des passages par lesquels s'infiltreraient des fluides d'une formation pour pénétrer à l'intérieur d'une autre, risquant de contaminer la formation susceptible de contenir de l'eau consommable.

2.1.2.3 La diagraphie et la radioactivité.

Une diagraphie (well log) consiste à mesurer, à l'aide de différentes sondes, les caractéristiques des roches traversées lors d'un forage. D'une manière générale, on appelle diagraphie tout enregistrement d'une caractéristique d'une formation géologique traversée par un sondage en fonction de la profondeur. [8]

Une diagraphie instantanée enregistre les caractéristiques de la formation pendant le forage (Logging While Drilling soit LWD) tandis qu'une diagraphie différée détermine les caractéristiques de la formation après le forage, la garniture de forage ayant été retirée du puits.

Les outils de mesures sont alors connectés à un câble électrique (wireline logging) et descendus dans le sondage (avant tubage), la stabilité étant assurée par le fluide de forage.

On distingue :

2.1.2.3.1 La radioactivité naturelle.

Elle est émise par les éléments radioactifs naturels tels que l'Uranium, le Thorium et le Potassium, tous trois présents dans les formations argileuses. La mesure et l'enregistrement de la radioactivité permettent de limiter les bancs d'argile. Cette mesure porte d'ailleurs le nom du Gamma Ray.

2.1.2.3.2 La radioactivité provoquée.

Elle a pour but de mesurer la porosité des formations. Le principe consiste à bombarder ces dernières avec une importante source à neutrons et à mesurer le rayonnement Gamma émis par les roches sous l'effet de ce bombardement. On utilise pour cela des radio-isotopes ⁸ tels que l'Amercium ou le Caesium ou autres, ayant généralement des demi-vies ⁹ de trois mois environ.

Ce type de radioactivité demande la mise en place de mesures de sécurité particulières afin de parer à tout incident pouvant entraîner des effets d'irradiation sur le personnel. Dans le cas de la perte de la source à neutrons activée dans le puits, la contamination des formations et peut-être même celle du personnel peut devenir inéluctable.

2.2 Nature des polluants.

On trouve deux types de polluants sur un chantier de forage:

2.2.1 Les polluants actifs.

Leur présence dans le milieu naturel induit des effets directement préjudiciables à l'environnement et par voie de conséquence à l'homme. Ces produits comprennent les produits à boue, les produits à ciment, les huiles pour moteurs, les cuttings imbibés d'huile...

Ce sont principalement les composants des boues et des déblais de forage.

On distingue :

Les produits toxiques :

- les tensio-actifs, les biocides et les amines, glycols.
- métaux lourds¹⁰, saumures complexes.

Les produits moyennement toxiques :

- FCL, Chrome.
- Les sels : KCl , NaCl , CaCl₂.

Les produits faiblement toxiques :

- Argile, Carbonate de calcium, Baryte.
- Polymères type PAC, XC polymères.
- Polyacrylates.

⁸ **Radio-isotopes:** ce sont des atomes d'un même élément qui semblent chimiquement identiques à celui-ci mais de masse différente. Ils ont tendance à se désintégrer avec émission de particules Alpha, Beta et Gamma.

⁹ **Demi-vie:** c'est le temps nécessaire à la désintégration de la moitié de la masse de l'atome.

¹⁰ **Métaux lourds :** Métaux d'une densité supérieure à 5 (plomb, mercure, cuivre...), qui peuvent être toxiques pour un organisme à partir d'une certaine dose.

2.2.2 Les polluants inertes.

Par opposition aux précédents, ceux-ci ne présentent aucune activité. La pollution engendrée est principalement d'ordre esthétique car leur accumulation sur le site constitue un encombrement plutôt agressif au regard.

Ce sont généralement des produits à base de matière cellulosique ou plastique, possédant un haut pouvoir calorifique¹¹, donc facilement combustibles. Les emballages des différents produits, les palettes, les outils de forage, etc..., constituent ce genre de polluants et engendrent une pollution.

2.3 Nature des nuisances.

Elle varie autant que l'environnement dans lequel se déroulent les opérations du forage.

2.3.1 Contamination du sol.

En général, le sol possède une capacité d'auto-épuration de par sa structure poreuse jouant un rôle de filtre et de part son complexe argilo-humique, qui favorise les échanges d'ions et la biodégradation des matières organiques.

Le déversement de produits toxiques tels que certains produits à boue sur un sol, surtout s'il est à vocation agricole, peut entraîner un changement dans ses propriétés physico-chimiques tel qu'une augmentation de son alcalinité, par la simple présence d'ions sodium échangeables. Ce changement survenu au sein même du sol sera tel qu'il n'assurera plus son rôle de milieu de croissance des végétaux.

L'irrigation du sol par une eau contaminée, peut ne pas avoir d'incidence directe sur sa qualité mais plutôt sur une culture car les plantes possèdent un pouvoir d'accumulation de substances en intégrant celles-ci à leur chaîne trophique (alimentaire) et une tolérance à des produits parfois toxiques, ce qui rendrait leur consommation hasardeuse.

2.3.2 Contamination des cours d'eau.

Les cours d'eau sont des milieux renouvelables. Ils sont dotés, comme le sol d'un pouvoir de régénération naturelle et d'une capacité de dilution.

Les effluents d'un chantier de forage se composent de produits solubles, décantables, organiques et toxiques. Quand ces effluents sont rejetés dans un cours d'eau, sans que soient respectées les conditions de dilution, ils peuvent compromettre l'équilibre chimique et biologique du milieu.

Ainsi, la turbidité de l'eau peut être accrue par les matières en suspension (l'eau devient très trouble), ce qui réduira la pénétration de la lumière, et les matières décantables peuvent provoquer l'asphyxie du fond. Enfin, les produits toxiques et certains produits organiques difficilement biodégradables¹² peuvent mettre en péril la salubrité de l'eau et provoquer ainsi des effets néfastes, effets conséquents à sa consommation. Le décret 09-209 du 11 juin 2009

¹¹ **Pouvoir calorifique:** c'est la quantité de chaleur dégagée par la combustion totale d'une matière.

¹² **Biodégradables :** Capacité d'une substance à être décomposée en particules simples (dioxyde de carbone, eau...) par l'action de micro-organismes ou de champignons.

fixe les modalités d'octroi d'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public ou dans une station d'épuration.

2.3.3 Contamination des nappes phréatiques.

Dans les régions agricoles, ces nappes constituent une source en eau qui alimente les puits des agriculteurs de façon constante. Elles doivent répondre à des critères spécifiques en raison des usages que leurs eaux sont appelées à satisfaire, à savoir l'irrigation et la consommation.

Les infiltrations par la surface (le bournier, la plate-forme, la cave), peuvent charger cette eau en substances qui entraîneraient une altération de ses propriétés physico-chimiques et dont l'utilisation à diverses fins induirait des effets tels qu'ils porteraient atteinte à la santé de l'homme, de façon directe ou indirecte.

En effet, la prévention de la contamination de l'eau souterraine et des sols est un élément essentiel de la loi 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, la préservation de leur qualité conduit à des réglementations sur la gestion des déchets liquides, gazeux et solides.

L'Algérie n'a pas encore adopté de normes de qualité environnementale pour la caractérisation des sols et nappes phréatiques contaminés, ni de procédures curatives. Peu de pays ont aujourd'hui adopté un ensemble défini de directives à propos des problèmes des sols contaminés ; de même pour les institutions internationales (l'ONU, la Banque mondiale) qui ne fournissent aucune directive quantitative.

Les directives¹³ auxquelles se réfèrent les industriels habituellement prennent en compte la future utilisation prévue des sols contaminés (par ex. résidentielle, agricole ou industrielle).

2.3.4 Contamination des aquifères.

Les horizons aquifères se situent à une plus grande profondeur que les nappes phréatiques. Compte tenu des propriétés suscitées du sol, les effets d'une contamination due aux opérations de forage qui se déroulent dans le puits sont probablement plus immédiats et plus importants que ceux ayant pour cause les différentes infiltrations par la surface.

La contamination des aquifères serait due aux produits chimiques contenus dans la boue lors de perte de circulation. De même que pour les nappes, si ces aquifères constituent une ressource en eau, elles peuvent affecter à leur tour les consommateurs de cette eau.

2.3.5 Contamination par la radioactivité.

La radioactivité s'accompagne toujours d'une émission de particules α (Hélium), particules β (électrons) et des rayonnements électromagnétiques du type Gamma. Ces rayonnements pénètrent toutes les matières et provoquent de cette manière l'ionisation de leurs atomes.

Ainsi, dans le cas de la perte de la source de neutrons dans le puits, ces rayons sont émis dans toutes les directions, contaminant ainsi les différents horizons souterrains et leurs rayons

¹³ Les références comprennent les valeurs de l'Étude britannique des sols contaminés de 2002, les directives françaises pour l'étude des sols contaminés (2002) et les valeurs australiennes pour les niveaux d'évaluation des sols et des nappes phréatiques (1999), et les directives générales en HSE du WB Group/de la SFI sur l'environnement et les terrains contaminés : Environnemental – Sol contaminé (2007) Les valeurs hollandaises d'intervention et de décontamination (2000) définissent les seuils d'action et les objectifs de décontamination pour toute utilisation des sols (*Sanaterra, 2005*).

d'action. Ils peuvent même leur permettre d'atteindre la surface, risquant d'irradier le personnel du chantier. Les conséquences qui pourraient en résulter seraient plus ou moins graves, selon la dose de radiations à laquelle la personne fut soumise et selon le temps pendant lequel elle lui fut exposée.

Rappelons que ce genre de radiations est mutagène¹⁴ (entraîne une mutation des cellules du corps) et peut donc engendrer des cancers dans l'hypothèse d'une assez importante irradiation.

2.4 Les impacts sur l'environnement générés par l'Activité Forage.

L'Activité Forage génère des impacts sur l'environnement ces derniers sont nombreux car le forage d'un puits nécessite un cheminement continu des activités en surface pour le bon déroulement des opérations dans le puits. On peut donc situer plusieurs sources de nuisances, pour cela dans l'activité forage, les différents aspects environnementaux considérés comme significatifs sont les suivants.

- Les déblais de forages.
- Les boues de forages usées.
- Les déversements et fuites de carburants et d'huiles de lubrification de moteurs.
- Les rejets sanitaires de la base de vie.
- Les déchets solides spéciaux (produits chimiques et leurs emballages, les outils, les tiges et équipements divers) et les déchets de cuisines.
- Les opérations d'installation et de construction de la plate-forme et de la base-vie.

Dans le tableau N°1 ci-après sont présentés d'une manière exhaustive tous les types d'impacts sur l'environnement générés par l'Activité Forage d'une manière générale, ainsi que les sources de ces pollutions. Ce tableau est suffisamment explicite en lui-même et permet donc de constater le degré de pollution de l'Activité Forage.

¹⁴ **Mutagène** : est mutagène une substance ou un déchet qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence. annexe i critères de dangerosité des déchets spéciaux dangereux (**Décret exécutif n° 06-104 du 29 Moharram 1427 correspondant au 28 février 2006** fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux).

Deuxième Partie

3. Protection de l'environnement.

3.1 Protection juridique

3.1.1 Cadre réglementaire

Il y a une prise de conscience des problèmes environnementaux. Les organisations travaillant en Algérie se sont de plus en plus engagées à introduire la notion de bonne pratique environnementale dans leurs activités. Notre pays ne cesse de légiférer des lois concernant l'environnement.

3.1.1.1 Cadre institutionnel

Il existe en Algérie un certain nombre de lois et décrets relatifs à la protection de l'environnement. L'institution responsable de la protection environnementale est le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme (MATET). Le ministère comprend les directions suivantes :

La Direction générale de l'environnement et du développement durable ;

La Direction générale de l'aménagement du territoire;

La Direction générale du tourisme ;

La Direction de planification et des statistiques

La Direction de la réglementation et des affaires juridiques.

Dans chacune des quarante-huit Wilaya, le Wali est responsable de la santé, de l'hygiène et de la sécurité publique au niveau régional. Le Wali édicte des arrêtés, qui interprètent et mettent en application la législation nationale au niveau local. Il est également responsable de l'organisation des plans d'urgence en cas d'accidents industriels ou naturels, et il peut pour cela mobiliser toutes les ressources appropriées dans la Wilaya.

Le Ministère des Ressources en eau est responsable de la protection, de l'administration et de l'utilisation des ressources en eau au niveau national. Sa fonction et son administration ont été fixées respectivement par le décret No 00-324 et le décret No 00-325 et amendées par le décret No 08-11.

Les zones protégées sont sous la responsabilité du Ministère de l'Agriculture et du Développement rural par l'intermédiaire de l'Agence nationale de la protection de la nature.

3.1.1.2 Administration du secteur des hydrocarbures en Amont.

Le secteur des hydrocarbures en amont est réglementé par la loi 05-07 du 28 avril 2005, qui est entrée en vigueur le 19 juillet 2005. En retirant les prérogatives réglementaires de SONATRACH, elle a créé deux agences spécifiques : les Autorités de régulation des hydrocarbures (ARH) spécialisées dans le contrôle et la réglementation des activités du gaz et du pétrole, et une agence pour la valorisation des ressources en hydrocarbures nommée ALNAFT, responsable notamment de la gestion des processus d'octroi de licence et d'autorisation pour les projets de pétrole et de gaz.

La loi 05-07 a été modifiée par l'ordonnance 06-10 du 29 juillet 2006, qui renforce le privilège de SONATRACH de choisir de participer aux associations, (droit de conserver une participation de cinquante et un pour cent (51%) dans n'importe quel contrat d'exploration et de production) et qui précise davantage les rôles et l'organisation interne d'ALNAFT et de l'ARH. Ce texte

introduit également une taxe sur les bénéfices exceptionnels réalisés par les opérateurs de gaz et de pétrole provenant de la vente d'hydrocarbures pour un prix supérieur à 30 dollars US le baril. Enfin, l'ordonnance 06-10 confirme l'interdiction de torchage, sauf pour des besoins particuliers, ne devant pas dépasser 30 jours, et soumis à une autorisation spéciale de l'ALNAFT. Dans le même objectif de préservation des ressources naturelles, l'utilisation d'injection d'eau d'aquifère pour améliorer la récupération de pétrole est soumise à une taxe spécifique appelée « taxe pour l'utilisation des ressources publiques ».

Chaque agence peut être considérée comme responsable de la promotion et de la mise en application des normes HSE dans le secteur du gaz et du pétrole. L'ARH est en particulier responsable de définir et de faire appliquer les réglementations HSE spécifiques, et elle agit en tant qu'assesseur des demandes de licence environnementales et en tant qu'autorité délivrant les autorisations.

3.1.1.3 Cadre législatif

Le système législatif algérien est composé de lois passées par le gouvernement et votées par le parlement sont complétées par un certain nombre de mesures réglementaires, principalement des décrets et des ordonnances des autorités exécutives. Au niveau régional, le Wali promulgue des arrêtés qui adaptent la législation nationale aux conditions locales.

Conventions et Traités Internationaux	Conventions et Traités régionaux	Lois nationales	Wilaya
		Lois	Arrêtés
		Décrets exécutifs Ordonnances Circulaires Ordonnances Interministérielles Ordonnances Exécutives Réglementations de Sécurité Ordonnance Présidentielle	

Figure N° 5 ; Instruments légaux Algériens.

Le MATET établit des normes et des directives qui sont applicables à tous les secteurs de l'industrie, y compris celui du pétrole et du gaz.

L'ARH définit des exigences réglementaires, techniques et de performance pour la gestion HSE spécifique à l'industrie des hydrocarbures.

3.1.1.4 Cadre réglementaire.

3.1.1.4.1 Législation nationale clé concernant l'évaluation de l'impact environnemental.

La principale législation environnementale est la récente **loi 03-10 du 19 juillet 2003**, qui abroge la loi précédente 83-03 sur l'environnement, et qui introduit de nouveaux principes de gestion environnementale nationale. La loi 03-10 définit les principes nationaux de gestion

environnementale, et elle définit des mesures pour limiter les dommages sur l'environnement, dans le but d'atteindre un développement durable.

Les principes mis en avant par la loi 03-10 sont les suivants : [9]

- Préservation de la biodiversité ;
- Préservation des ressources naturelles ;
- La substitution des processus dangereux pour l'environnement par des processus moins dangereux même à des coûts plus élevés, pourvu que les coûts soient en rapport avec les bénéfices résultants pour l'environnement ;
- L'intégration de la protection de l'environnement et du développement durable dans la conception et la mise en oeuvre de projets et de programmes de terrain spécifiques ;
- L'utilisation d'actions préventives et correctives, en donnant la priorité aux mesures de mitigation de l'impact favorisant la réduction à la source ;
- Le principe de précaution ;
- Le principe du « pollueur payeur » ;
- L'engagement des sociétés du secteur public et privé et de l'État sur les questions environnementales, et la participation de tous les acteurs à la protection de l'environnement.

La loi propose également des avantages fiscaux et financiers pour que les sociétés adoptent des technologies permettant l'élimination ou la réduction des impacts environnementaux.

La loi 05-07 et ses amendements exige également la réalisation d'une Étude d'impact environnemental et un plan de gestion de l'environnement comprenant les mesures de prévention et de gestion des risques pour tous les projets d'exploration et de production de gaz et de pétrole (articles 16 à 18 de la loi 05-07 notamment), et de prévoir et de budgétiser les opérations de mise hors service et d'abandon, sous le contrôle de l'ALNAFT (articles 80 et 82 de la loi 05-07).

Le décret 06-198 du 31 mai 2006 modernise et remplace **le décret 98-339 du 03 novembre 1998**. Ce texte introduit une réglementation des autorisations pour la mise en place d'installations industrielles, selon leurs impacts environnementaux anticipés et leur plan de contrôle environnemental.

Le décret 06-198 définit les exigences pour les demandes officielles d'autorisations, et il formalise la procédure d'évaluation et d'autorisation par l'administration responsable de l'environnement. Il introduit notamment les étapes suivantes :

- Avant toute construction, le requérant doit faire une demande préliminaire à l'administration de l'environnement, incluant une étude d'impact environnemental et une évaluation des risques. Si les documents de la demande sont satisfaisants, l'administration délivre une autorisation préliminaire dans un délai maximum de trois mois etc...
- Avant la mise en service, le requérant demande une visite de l'installation par l'administration de l'environnement, si les résultats de la visite sont satisfaisants, elle doit fournir une autorisation finale dans un nouveau délai de trois mois.

Le décret 07-144 fournit une nomenclature des « installations classées » susceptibles de générer des nuisances ou des dangers à la santé publique ou à l'environnement. Il définit les procédures de permis pour ces installations dépassant les seuils de capacité spécifique pour des installations particulières.

Le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études d'impact environnementales (EIE) sont stipulés dans le **décret exécutif N° 07-145 du 19 mai 2007** et le **décret exécutif N° 08-312 du 5 octobre 2008**. L'EIE sera soumise à l'Autorité de Régulation des Hydrocarbures (ARH).

2.1.1.4.2 Résumé de la législation nationale en vigueur

Un récapitulatif des réglementations environnementales en vigueur et plus généralement des réglementations afférentes au HSE en Algérie est présenté par thème. [10]

Tableau N°2. : Description de la législation Algérienne relative à l'environnement.

Thème	Texte	Réf	Date	Titre ou sujet principal
Généralités	Décret	08-312	05/10/08	Fixant les conditions d'approbation des études d'impact sur l'environnement pour les activités relevant du domaine des hydrocarbures.
	Décret	07-145	19/05/07	Etudes et des notices d'impact sur l'environnement
	Décret	07-144	19/05/07	Fixant la nomenclature des installations classées pour la protection environnementale
	Ordonnance	06-10	29/07/06	Modifiant et complétant la loi N° 05-07 sur les hydrocarbures
	Ordonnance	06-08	15/07/06	Modifiant et complétant l'ordonnance N° 01-03 applicable au développement des investissements
	Loi sur les finances		2006	Taxe sur les pneus et les lubrifiants.
	Décret exécutif	06-19	04/07/06	Modifier et compléter le décret exécutif 98-147 daté du 16 Moharrem 1419 (13/05/1998)
	Décret exécutif	06-237	31/05/06	Modifier et compléter le décret exécutif 98-147 daté du 16 Moharrem 1419 (13/05/1998) fixant les termes opérationnels du compte d'attribution spécial 305-065 appelé «Fonds national pour l'environnement et le nettoyage».
	Loi	05-07	28/04/05	Sur les hydrocarbures.
	Décret exécutif	06-198	31/05/06	Définit les réglementations applicables aux installations classées sur les hydrocarbure.
	Loi	03-10	19/07/03	Protection générale de l'environnement, dans le cadre du développement durable, prévention de la pollution industrielle.
	Décret	98-339	03/11/98	Réglementation applicable aux installations classées et définition de leur nomenclature.
	Décret exécutif	93-68	01/03/93	Taxes sur les activités polluant l'environnement.
Décret	90-78	27/02/90	Définir le contenu et les procédures des études d'impact environnemental.	

	Décret	87-91	21/04/87	Sur l'étude de l'impact de l'aménagement du territoire.
	Loi	87-03	27/01/87	Relative à l'aménagement du territoire.
	Décret	08-96	15/03/08	Stipulant les missions, formations et règles du Conseil consultatif national des ressources en eau.
	Loi sur les finances.		2003	Taxe sur les eaux usées industrielles.
	Loi sur les finances		2002	Fonds national pour l'environnement et la lutte contre la pollution (NEAPF)
	Décret exécutif	02-263	17/08/02	Création d'un observatoire sur la formation environnementale.
	Décret exécutif	02-115	03/04/02	Observatoire national pour l'environnement et le développement durable.
	Loi	01-20	12/12/01	Aménagement du territoire pour le développement durable.
	Décret exécutif	09-336	20/10/09	relatif à la taxe sur les activités polluantes ou dangereuses pour l'environnement.
Utilisation de l'eau et protection des ressources nationales en eau, élimination des effluents liquides	Loi sur l'eau	05-12	04/08/05	Gestion et protection des ressources.
	Décret exécutif	93-160		réglementant le rejet des effluents industriels.
	Décret exécutif	06-141	19/04/06	Valeurs limites pour les déversements d'effluents industriels
	Décret exécutif	08-195	06/07/08	Stipulant les conditions d'approvisionnement en eau pour la consommation humaine par citerne mobile Stipulant les termes d'octroi d'autorisation de l'utilisation des ressources en eau Loi 08-03 Modifiant et complétant la loi du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant à 4 août 2005 concernant l'eau
	Décret exécutif	08-195	06/07/08	Stipulant les conditions d'approvisionnement en eau pour la consommation humaine par citerne mobile
	Décret exécutif	08-148	21/05/08	Stipulant les termes d'octroi d'autorisation de l'utilisation des ressources en eau
	Loi	08-03	23/01/08	Modifiant et complétant la loi 05-12 du 4 août 2005 concernant l'eau
	Décret exécutif	94.43	30/1/94	fixant les régies de la conservation des gisements d'hydrocarbures et de la protection des aquifères.
Forage et d'extraction	Décret exécutif	94-43	30/01/94	Approbation et réglementation des plans de forage, en particulier mesures de prévention des explosions
Matériaux dangereux	Décret présidentiel	06-206	07/06/06	Ratification de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques
	Décret exécutif	03-451	01/12/03	Règles de sécurité pour les activités impliquant des matières et des produits chimiques dangereux ainsi que pour les conteneurs de gaz sous pression.
	Arrêté		01/10/03	Protection des travailleurs contre les risques d'inhalation de poussières d'amiante
	Décret exécutif	99-95	19/04/99	Prévention des risques liés à l'amiante
	Décret présidentiel	90-198	30/06/90	modifié le 15/03/99 Réglementation sur l'utilisation des explosifs
	Arrêté		19/10/96	Réglementation sur la production, le stockage et l'utilisation des explosifs

	Arrêté interministériel		10/08/83	Classification des matières explosives
	Ordonnance exécutive	90-79	27/02/90	Classification des matières dangereuses et exigences pour les plans d'urgence
	Décret présidentiel	07-171		N° sur 16 Décret présidentiel modifiant et complétant le décret présidentiel No 05-117 du 2 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 11 avril 2005 relatif aux mesures de protection contre les radiations ionisantes.
Hygiène, santé et sécurité sur le lieu de travail	Décret	85-232	25/08/85	Prévention des situations d'urgence.
	Décret	85-231	25/08/85	Planning et plans pour la gestion des situations d'urgence.
	Décret	86-132	27/05/86	Protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants.
	Loi	88-07	26/01/88	Hygiène, santé et sécurité professionnelle.
	Ordonnances Interministérielles		10/02/88	Classification des sources radioactives, gestion et protection contre les rayonnements ionisants.
	Décret exécutif	91-05	19/01/91	Exigences d'hygiène, de santé et de sécurité sur le lieu de travail.
	Arrêté interministériel		12/12/92	Prévention et précautions contre les incendies.
	Ordonnance Circulaire	02-93	19/01/91	Méthodes de prévention contre les incendies Systèmes de protection contre les incendies et lutte anti-incendie.
	Décret exécutif	02-427	07/12/02	Formation professionnelle pour la prévention des dangers professionnels.
	Loi	04-20	25/12/04	Prévention contre les risques majeurs, procédures de réaction.
		Décret exécutif	09-335	20/10/09
Bruit	Décret exécutif	93-184	27/07/93	Réglementation du bruit.
Atmosphère	Décret exécutif	07-299	27/09/07	fixant les modalités d'application de la taxe Complémentaire sur la pollution atmosphérique d'origine industrielle.
	Décret exécutif	06-02	07/01/06	Définition des limites de qualité de l'air ambiant, des seuils d'alarme et des objectifs en cas de pollution atmosphérique.
	Décret exécutif	06-138	15/04/06	Réglemente les émissions de polluants atmosphériques et leur suivi.
	Décret présidentiel	04-144	28/04/04	Ratification du Protocole de Kyoto (Amendements ultérieurs ratifiés par le Décret présidentiel N° 07-93 et 07-94).
	Décret exécutif	00-73	01/04/00	Liste des substances réduisant la couche d'ozone, restrictions de leurs émissions et de leur importations.
	Décret exécutif	93-165	10/07/93	Complété par le décret exécutif 2000-73 daté 01/04/2000 de fumées, gaz, poussières, odeurs et de substances sous la forme de particule.
	Décret exécutif	93-163	10/07/93	Émissions de COV (Composés organiques volatils) lors du traitement des huiles usées.
	Décret présidentiel	92-355	23/09/92	Adhésion au Protocole de Montréal, amendé à Londres en 1990, sur les substances réduisant la couche d'ozone.

	Décret présidentiel	92-354	23/09/92	Adhésion à la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone.
Les déchets	Décret exécutif	84-378	15/12/84	fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et du traitement des déchets solides urbains.
	Décret présidentiel	98-158	16/05/98	Introduit une adhésion avec réserves à la Convention de Bâle pour le contrôle des mouvements transfrontaliers des déchets dangereux et leur élimination.
	Loi	01-19	12/12/01	Gestion, contrôle et élimination des déchets. Les catégories de déchets sont définies. La gestion des déchets s'effectue conformément aux plans de gestion des déchets, du niveau national au niveau local. Les activités de traitement ou d'élimination des eaux sont soumises à autorisation. La gestion des déchets spéciaux provenant des installations industrielles nécessite une autorisation.
	Décret exécutif	02-372	11/11/02	Gestion des déchets d'emballages.
	Décret exécutif	02-175	20/05/02	portant création de l'organisation et fonctionnement de l'Agence nationale des déchets.
	Décret exécutif	03-477	09/12/03	Procédure pour la création d'un plan national de gestion des déchets.
	Décret exécutif	03-478	09/12/03	définissant les modalités de gestion des déchets d'activités de soins.
	Décret exécutif	04-409	14/12/04	Transport des déchets dangereux.
	Décret exécutif	04-410	14/12/04	fixant les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'admission de ces déchets au niveau de ces installations.
	Décret exécutif	05-119	11/04/05	Gestion des déchets radioactifs.
	Décret exécutif	05-314	10/09/05	fixant les modalités d'agrément des groupements de générateurs et/ou détenteurs de déchets spéciaux.
	Décret exécutif	05-315	10/09/05	fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.
	Décret exécutif	06-104	28/02/06	Nomenclature des types de déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux.
	Décret présidentiel	06-170	22/05/06	Ratification de la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontaliers de déchets dangereux.
	Décret présidentiel	06-206	07/06/06	Portant ratification de la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, adoptée à Stockholm le 22 mai 2001.
	Décret exécutif	09-19	20/01/09	portant réglementation de l'activité de collecte des déchets spéciaux.

2.1.1.4.3 Directives, normes et exigences réglementaires nationales clé

- **Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable**

La présente loi a pour objet de définir les règles de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

- **Loi 05-12 du 04 août 2005 relative à la gestion et protection des ressources en eau.**

Cette récente loi (complétée et amendée par la loi 08-03 du 23 janvier 2008) a pour but de définir la politique algérienne de gestion et de conservation des ressources en eau. Elle remplace en grande partie le Code de l'eau adopté en 1983 dans le cadre de la loi 83-17. Parmi ses grands principes, on trouve la définition des objectifs algériens de la gestion de l'eau (entretenir les ressources et leur qualité), et la clarification des droits d'utilisation et des obligations de conservation des ressources. Voici ce qui concerne particulièrement les activités pétrolières et gazières dans le Sahara :

- L'obligation de déclarer toute découverte de nappe phréatique à l'Institut national des ressources hydrauliques.
- Une procédure d'autorisation pour l'utilisation des ressources des nappes phréatiques (en continuité de la loi 83-17).
- Des contraintes sur les développements interférant avec les nappes d'eau de surface, y compris les oueds intermittents et,
- Une procédure d'autorisation pour les rejets d'effluents liquides dans les nappes d'eau (en continuité de la loi 83-17) ;

Les normes de rejet des effluents liquides dans les eaux de surface provenant des installations industrielles sont définies dans le décret 06-141 du 19 avril 2006, avec des limites spécifiques pour les effluents des installations de traitement du pétrole (abrogeant le décret précédent 93-160 du 10 juillet 1993). De plus, les rejets d'effluents et d'eaux usées dans des zones de recharge des aquifères ou dans des eaux risquant de se mélanger avec l'eau des nappes phréatiques sont interdits (loi 03-10, article 51).

- **Le décret 93-161** définit une liste des produits lubrifiants dont le rejet est interdit dans l'environnement naturel.

- **Le décret 09-209** du 11 juin 2009 fixe les modalités d'octroi d'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public ou dans une station d'épuration.

- **La loi n°83.03 du 05/02/1983, relative à la protection de l'environnement**

Cette loi dont les dispositions de certains articles ont pour objet la lutte contre la pollution des eaux (Art-36) et la nécessité d'éliminer les déchets (Art-90).

- **La loi n°83.17 du 10/07/1983, portant sur le code des eaux**

Elle a pour objet la mise en œuvre d'une politique nationale tendant à assurer la protection des eaux contre la pollution, le gaspillage et la surexploitation.

- **La loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 Décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.**

Cette politique de maîtrise, d'amélioration et de modernisation de la gestion des déchets spéciaux s'est concrétisée par la promulgation de la loi 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, qui reposent sur les principes suivants :

- La prévention et la réduction de la production et de la nocivité des déchets à la source.
- L'organisation du tri, de la collecte, du transport et du traitement des déchets.
- La valorisation des déchets par leur réemploi et par leur recyclage.
- Le traitement écologiquement rationnel des déchets.
- L'information et la sensibilisation des citoyens sur les risques présentés par les déchets et leurs impacts sur la santé et l'environnement.

- Institution d'outils de gestion des déchets : Plan National de Gestion des Déchets Spéciaux (PNAGDES).

- **La loi n°05-07 du 28 avril 2005, nouvelle lois sur les hydrocarbures.**

Cette loi a été promulguée le 19 juillet 2005, elle a introduit un ensemble de dispositions, auxquelles doivent se soumettre toutes les compagnies pétrolières exerçant sur le territoire national, dans le domaine du HSE. SONATRACH au même titre que toutes les autres compagnies pétrolières, doit se conformer à ces exigences. Cet article met en exergue ces nouvelles exigences HSE.

Les exigences de la loi en matière de protection de l'environnement

La loi relative aux hydrocarbures fait obligation à tout contractant d'exploiter les ressources en hydrocarbures en utilisant des moyens efficaces et rationnels afin d'assurer une conservation optimale du gisement, tout en respectant les règles de protection de l'environnement (Article 3). Il est fait obligation à toute personne devant entreprendre une activité régie par cette loi, de soumettre pour approbation à l'Autorité de Régulation des Hydrocarbures une étude d'impact sur l'environnement (Article 18) ainsi qu'un plan de gestion de l'environnement (Article 17). Elle exige le plus strict respect des obligations et prescriptions afférentes à la Santé, sécurité du personnel, à l'hygiène et à la salubrité publique, à l'Environnement, aux intérêts archéologiques. Enfin, à toutes les lois et règlements en vigueur en matière de protection de l'environnement. Elle fait également obligation sur les contractants et opérateurs à tout entreprendre pour prévenir tous les risques qui sont inhérents à leur activité (Article 16).

3.2 Les contrats

Plusieurs contrats de forage ont été établis durant ces dernières années, incluant une clause relative à la protection de l'environnement.

D'une manière générale, une étude d'impact effectuée par le maître d'œuvre avant tout travail d'exploration ou d'exploitation. L'opérateur doit prendre toutes les dispositions pour prévenir la pollution et les dommages (impacts négatifs) qui peuvent être causés à l'atmosphère, au sol et au sous-sol, à la flore, à la faune, aux ressources en eau (aquifères), aux sites archéologiques et enfin au paysage.

La réalisation de l'étude d'impact est devenue une tradition accueillie avec bienveillance par le maître de l'œuvre, et ce, pour le plus grand intérêt de la protection de l'environnement. Cette étude environnementale doit aussi permettre de protéger ses intérêts et de situer les responsabilités des uns et des autres en matière d'atteinte à l'environnement.

3.3 Protection du site.

3.3.1 Recours à des boues de forage de faible toxicité

Les recherches menées au niveau des laboratoires pour le développement de formulations de boues à composés non polluants sont surtout orientées en fonction des forages en mer.

Deux principaux types de boue ont été développés:

3.3.1.1 les boues à base d'eau.

Elles sont généralement constituées de bentonite, d'électrolytes ou de polymères. Ces derniers ont fait l'objet de recherches afin de trouver des formulations de boues, qui tout en maintenant un niveau de performance optimal, seraient sans danger pour l'environnement.

Ainsi, on a développé des systèmes de boues à polymères de glycol et glycérol. Ces polymères sont biodégradables et leur utilisation dans les formulations des boues, permet aux opérateurs de faire face aux problèmes rencontrés lors du forage des argiles en inhibant leur gonflement.

3.3.1.2 les boues à base d'huile.

Des émulsions inverses à base d'huiles végétales biodégradables, constituant un nouveau type de boues, ont été développées.

Les esters utilisés pour formuler ces fluides, peuvent être dégradés indifféremment en milieu aérobie ou anaérobie. Contrairement aux boues à l'huile qui ne subissent que des biodégradations aérobies, et encore à une vitesse beaucoup plus lente que les boues à base d'huile végétale.

3.3.2 Aménagement du site

Certaines mesures élémentaires doivent être prises afin de limiter et réduire les effets immédiats des opérations de forage sur l'environnement. Ainsi, le site doit être aménagé de sorte que:

- toute perte éventuelle d'un fluide quelconque puisse être contrôlée et recueillie par la mise en place d'un système de collecte qui acheminera les fluides vers le bournier.
- le bournier soit étanché pour éviter toute infiltration du substratum.
- les déchets combustibles puissent être brûlés dans une fosse qui sera comblée par la suite.
- les déchets non combustibles soient enterrés dans une fosse creusée à cet effet.

3.4 Mise en œuvre de la politique HSE du groupe SONATRACH.

La Politique HSE du Groupe SONATRACH dans sa première partie montre un engagement en quatre points. Ces points constituent les valeurs HSE du Groupe et qui sont :

- Le Groupe SONATRACH s'engage à faire des performances en matière de Santé, de Sécurité et d'Environnement un critère de progrès et un atout aussi bien sur le plan interne que dans ses relations avec ses partenaires et toutes autres parties tierces.
- Le Groupe SONATRACH s'engage à tout mettre en oeuvre pour assurer la sécurité de ses activités, la préservation de la santé au travail, la protection de l'environnement et à minimiser pour les populations riveraines, les risques éventuels découlant de ses activités.
- Le Groupe SONATRACH s'engage à mettre en place des principes de gestion qui assurent la protection des ressources naturelles ainsi que leur préservation pour les générations futures.
- Le Groupe SONATRACH s'engage à apporter sa contribution au développement économique et social des populations riveraines. [11]

A cet effet, la mission de l'Activité Forage est de concilier les performances des opérations de forage avec l'environnement. Chaque travailleur, quelque soit sa tâche, quelque soit son rang, est responsable à l'égard de la pollution liée à son activité.

Les critères d'environnement sont considérés à chaque nouvelle décision et à tout lancement de nouveau produit. Le choix d'une société de service tient compte du respect qu'elle porte à l'environnement.

L'entreprise considère les lois et les décrets nationaux relatifs à la protection de l'environnement comme sa politique interne. La priorité économique ne s'exerce pas au détriment de la protection de l'environnement. La réduction des rejets de forage est progressive pour atteindre l'objectif " zéro rejet nocif ".

La mise en œuvre de la politique HSE au sein du groupe SONTRACH, qui est basée sur la réalisation des études d'impact¹⁵ sur l'environnement qui seront des documents précieux de référence (état des lieux avant le début des travaux), ensuite elles devront être transmises à SONATRACH.

Ces études d'impact doivent se conformer à la législation algérienne et fournir une documentation pour étayer la demande d'autorisation pour le programme d'exploration auprès de l'Agence Nationale pour la Valorisation des Ressources en Hydrocarbures (ALNAFT). Elles doivent prendre en compte les sensibilités environnementales identifiées et les contraintes logistiques et techniques inhérentes à la conception, à la mise en œuvre, à la réalisation et au démantèlement des prospections d'exploration. Le cœur de l'Etude d'impact visera à faire connaître et à évaluer les incidences directes et indirectes sur la qualité du cadre dans lesquelles s'effectuent les opérations du forage, elle comprend également une évaluation des dangers générés par le projet et leurs effets, ainsi que les mesures d'atténuation ce qui permettrait une gestion permanente de l'environnement.

¹⁵ (Nouvelle lois sur les hydrocarbures 05-07) : **Article 18** : Les études environnementales

« Toute personne doit, avant d'entreprendre toute activité objet de la présente loi, préparer et soumettre à l'approbation de l'autorité de régulation des hydrocarbures, une **étude d'impact environnementale et un plan de gestion de l'environnement** comprenant obligatoirement la description des mesures de prévention et de gestion des risques environnementaux associés auxdites activités conformément à la législation et réglementation en vigueur en matière d'environnement ».

4. Stratégie de Gestion des rejets au sein de l'activité Forage.

4.1 Le contexte général de la gestion des déchets.

Les déchets constituent un sujet qui devient chaque jour de plus en plus d'actualité. L'Activité Forage comme toute autre activité au niveau du groupe SONATRACH génère des déchets de différente nature, qui pourraient chacun offrir un potentiel différent de nuisances et de pollutions sur l'environnement, s'ils n'étaient pas pris en charge correctement.

Les déchets en soi ne poseraient pas de problème s'il n'y en avait pas de dangereux. La notion de déchet dangereux¹⁶ a fait l'objet d'une abondante littérature. La convention de Bamako, sans donner une définition de la notion de déchets dangereux, les énumère et en donne la façon de les gérer. Plusieurs substances sont citées et parmi ceux-ci les « mélanges et émulsions d'huile / eau ou hydrocarbure / eau » mais aussi les « résidus goudronneux de raffinage, distillation ou de toute opération de pyrolyse » qui concernent notamment le domaine pétrolier.

Sur différentes catégories de déchets, voir aussi Agenda 21 chapitre 20 (Gestion écologiquement rationnelle des déchets dangereux, y compris la prévention du trafic international illicite de déchets dangereux ; chapitre 21 (Gestion écologiquement rationnelle des déchets solides et questions relatives aux eaux usées).

En Algérie, les déchets rejetés dans la nature par les industries pétrolières sont différents des déchets urbains et agricoles et posent des problèmes particulièrement difficiles car:

- leur quantité est très importante, liée à l'importance de la production.
- ils sont très nombreux, certains d'entre eux sont polluants, voire dangereux donc difficilement mais impérativement éliminables.
- leur valeur économique n'est pas toujours nulle ; beaucoup renferment des éléments dont la récupération fournira des matières premières à d'autres activités.

L'Activité Forage génère des quantités considérables de rejets de différentes natures, leurs quantités dépendent du type de boue utilisée. Ainsi, les rejets sont effectués, par manque de moyens logistiques de récupération, ou par économie. Autrement dit, lorsque l'appareil de forage se trouve trop éloigné de la centrale à boue, cette dernière située à Hassi-Messaoud, est dotée de l'équipement nécessaire à l'épuration et la régénération des boues. Par ailleurs, seule la récupération et le recyclage des boues à l'huile présentent un intérêt économique, en raison de leur coût étant donné que les boues à base d'eau sont plus chers.

4.1.1 Cadre Réglementaire Algérien.

L'Activité Forage se conforme à la législation nationale en vigueur en matière d'environnement formulée par les textes suivants :

¹⁶ **Déchets spéciaux** : tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes. (Loi n° 01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets).

La politique de maîtrise, d'amélioration et de modernisation de la gestion des déchets spéciaux s'est concrétisée par la promulgation de la loi 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, elle définit également les classes de déchets suivantes :

- Déchets ménagers ;
- Déchets encombrants ;
- Déchets spéciaux inoffensifs, mais difficiles à manipuler en tant que déchets ménagers ;
- Déchets spéciaux dangereux ;
- Déchets de soins ;
- Déchets inertes.

La loi requiert un inventaire national des déchets pour permettre la caractérisation des déchets particuliers selon les catégories ci-dessus. De même, un plan de gestion des déchets nationaux a été mis en place, en corrélation avec les plans de gestion des déchets au niveau des Wilayas.

Au sens de la loi, la gestion des déchets doit être conforme aux bonnes pratiques. Tous les déchets doivent être triés autant que pratiquement possible. Les déchets dangereux doivent être manipulés et stockés séparément, et ils doivent être traités ou éliminés dans des installations spécialisées, autorisées par le MATET, conformément à un plan national de gestion des déchets. Les déchets ménagers doivent être gérés selon les plans communaux de gestion des déchets dans des installations soumises à une autorisation du Wali. Toutes les autorisations pour un projet de traitement des déchets ou d'installation d'élimination exigent au préalable une étude d'impact environnemental.

La mise en place d'une gestion rationnelle et écologique des déchets spéciaux est l'une des actions prioritaires du Ministère chargé de l'Environnement.

La politique de gestion des déchets spéciaux s'inscrit dans la Stratégie Nationale. En application de la loi 01-19, un Plan National de Gestion des Déchets Spéciaux (PNAGDES), est un outil de gestion, de planification et d'aide à la décision. En partant de l'état actuel de la situation en matière de gestion des déchets spéciaux dégage des solutions diverses et adaptées pour le traitement de ce type de déchets

Le PNAGDES est établi pour une période de (10) dix années. Il est révisé chaque fois que les circonstances l'exigent, sur proposition du Ministre chargé de l'environnement ou à la demande de la majorité des membres de la commission chargée de son élaboration.

Le contenu du PNAGDES :

Le Plan National de Gestion des Déchets Spéciaux prévu par la loi n° 01-19 du 12 décembre 2001, comporte les éléments suivants :

L'inventaire des quantités de déchets spéciaux, particulièrement ceux présentant un caractère dangereux, produites, annuellement sur le territoire national.

- Le volume global des déchets en stock provisoire et en stock définitif, en les classifiant par catégorie de déchets.

- Le choix des options concernant les modes de traitement pour les différentes catégories de déchets.
- L'emplacement des sites et des installations de traitement existants.
- Les besoins en capacité de traitement des déchets, en tenant compte des capacités installées, des priorités retenues pour la création de nouvelles installations ainsi que les moyens économiques et financiers nécessaires à leur mise en œuvre.

La loi oblige également, tous les producteurs de déchets, à assurer ou à faire assurer l'élimination de leurs déchets dans des conditions propres à éviter lesdits effets. Les personnes morales peuvent être déclarées responsables pénalement des infractions¹⁷ définies par cette loi, par exemple dans le cas où les déchets seraient abandonnés, déposés ou traités de façon contraire à la loi.

Le décret exécutif n° 03-477 du 9 décembre 2003 fixant les modalités et les procédures d'élaboration, de publication et de révision du plan national de gestion des déchets spéciaux.

Le décret exécutif 06-104 établit la nomenclature des déchets, y compris les déchets dangereux spéciaux. L'annexe II du présent décret énumère les déchets ménagers¹⁸ et déchets similaires ainsi que les déchets inertes.

La boue de forage et les autres déchets de forage associés à de l'eau douce sont classés comme étant inertes. Les déchets dangereux spéciaux comprennent notamment la boue de forage et autres déchets de forage contenant des hydrocarbures¹⁹, des substances dangereuses, du baryum ou des sels de chlorure ainsi que les déchets explosifs.

Le décret exécutif 04-409 spécifie les exigences pour le transport des déchets dangereux incluant l'étiquetage, le conditionnement et le tri des déchets, ainsi que les mesures d'urgence en cas de déversement accidentel. Le transport des déchets dangereux est soumis à l'autorisation préalable du MATET et du Ministère des Transports.

Le décret exécutif n° 09-19 du 20 janvier 2009 portant Réglementation de l'activité de collecte des déchets spéciaux.

4.1.1.1 (Aspects HSE dans la nouvelle Loi sur les Hydrocarbures).

Article 80 : Les obligations en cas d'abandon et réhabilitation de sites « Pour tout ouvrage dont l'état ne désire pas le transfert de propriété, le contractant devra prendre en charge tous les coûts d'abandon et/ou de restauration du site prévus par le contrat conformément aux textes réglementaires en matière de sécurité industrielle et d'environnement ».

¹⁷ **Dispositions pénales :** chapitre 2 TITRE VII de la loi n° 01-19 du 12 décembre 2001.

¹⁸ **Déchets ménagers :** Déchets produits par les ménages: ordures ménagères, produits collectés dans les déchetteries (encombrants, déchets de jardin...).

¹⁹ **Un hydrocarbure** est un composé organique contenant exclusivement des atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H). Ils sont inflammables et ne se mélangent pas avec l'eau. On s'en sert pour faire marcher les moteurs. Il n'existe toujours pas de norme restrictive sur ce type de polluant.

En vue de maîtriser les multiples risques sur la Santé, la Sécurité et l'Environnement qui découlent de la manipulation, le transport, le stockage et l'élimination des produits chimiques, des lois et des décrets ont été promulgués à l'échelle nationale tel que :

- **le décret exécutif n° 03-451 du 1er Décembre 2003** définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression: Ce décret prévoit l'établissement d'une liste et d'une classification des produits chimiques dangereux sur proposition d'un comité interministériel dénommé « comité technique des matières et produits chimiques dangereux », soumet toute activité portant sur ces matières à agrément préalable et oblige
- **L'arrêté interministériel du 1^{er} Août 2004** fixant les conditions et modalités d'acquisition, sur le marché extérieur, des matières et produits chimiques dangereux,
- **L'arrêté interministériel du 10 Avril 2004** fixant la composition, les missions et le fonctionnement du comité technique des matières et produits chimiques dangereux,
- **Le décret exécutif n° 05-315 du 10 Septembre 2005** fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.

4.2 A l'échelle internationale,

Le Parlement Européen et le Conseil de l'Union Européenne ont pris des initiatives en adoptant, en décembre 2006, le règlement REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of CHemicals) qui signifie en français «Enregistrement, évaluation et autorisation des produits chimiques». Ce règlement, qui est entré en vigueur le 1^{er} juin 2007, vise à améliorer les connaissances sur les substances chimiques et à mieux maîtriser les risques pour la sécurité de l'homme et la protection de l'environnement. Ce sont les entreprises qui assurent la production et la commercialisation de substances chimiques qui vont désormais devoir apporter la preuve de l'innocuité pour la santé ou de la maîtrise valable des risques et pas les autorités publiques nationales.

4.3 Bilan des rejets générés sur un appareil de forage.

SONATRACH œuvre, plus de deux décennies, pour la préservation de l'environnement et ce par le déploiement d'importants moyens humains, matériels et financiers. Elle compte aller plus loin en instaurant des stratégies et des politiques de gestion de déchets visant à leur réduction totale au niveau des sites opérationnels.

L'Activité Forage génère des déchets qu'ils soient nocifs ou inertes, qu'il s'agisse d'effluents de drainage, de fluides usés, d'eau huileuse, de déblais de forage et d'emballage.

Gérer les déchets produits par les activités coûte cher à l'entreprise SONATRACH, car cette gestion ne se traduit pas toujours en gain direct de la productivité. Néanmoins ne pas s'en occuper risque de coûter beaucoup plus cher encore, à cause des taxes et redevances prévues sur le stockage des déchets. (Décret exécutif n° 09-336 du 20 octobre 2009 relatif à la taxe sur les Activités polluantes ou dangereuses pour l'environnement).

4.3.1 Bilan des rejets.

4.3.1.1 Identification et quantification des rejets.

L'Activité Forage de l'entreprise SONATRACH génère des déchets, représentés par les déblais de forage, les boues et les rejets liquides divers. A savoir, 44000 tonnes de rejets solides et 1.8 millions de mètre cube d'eau de rejet sont générés annuellement avec un plan de charge annuel de plus ou moins 60 puits.

Ainsi, on a pu distinguer trois types de rejets :

- Effluents liquides :

Ils sont générés par l'activité humaine en ce qui concerne la base de vie ; se sont surtout les rejets domestiques et industriels issus des ateliers de maintenance.

- Rejets Atmosphérique :

Ce sont les gaz d'échappement des véhicules qui circulent sur la base, qu'ils soient légers ou lourds, ainsi que ceux des générateurs électriques. Ce sont également les émanations de vapeurs de gaz au cours des opérations de dépotage du gaz oil et de l'essence.

- Déchets Solides :

Il existe trois types de déchets, sur la base de vie et sur le chantier de forage ; il s'agit :

- Des déchets ménagers ordinaires (**DMO**), qui sont issus principalement de la cuisine et des chambres sous forme de résidus de repas.
- Des déchets Industriels Spécifiques (**DIS**) ce sont les déblais de forage imbibés des différents fluides de forage, les rejets du Centre Médical, les filtres usagers, les huiles usagers.
- Des déchets Industriels Banals (**DIB**) ils sont représentés par les cartons, papiers, plastiques, verres etc...

Par conséquent, les rejets inhérents aux opérations de forage sont principalement :

- La boue de forage.
- Les rejets solides (déblais).
- L'eau industrielle de rejet.

4.3.1.1.1 Rejets de boue de forage.

L'Activité Forage génère des quantités considérables de rejets de différentes natures. Ces quantités dépendent du type de boue utilisée.

- **Boue à base d'eau et déblais :**

On distingue :

- les déblais enrobés de boue.
- les effluents lourds provenant de. l'élimination mécanique des solides.
- les boues rejetés au moment des. changements de boue.
- les eaux de ruissellements et de. lavage.
- les égouttures d'huile (moteur).
- les laitiers de ciment et eaux de rinçage de l'unité.
- les emballages.
- les saumures, les acides.

Chaque rejet est constitué d'éléments polluants dont le caractère toxique est variable.

- **Boue à base d'huile**

On distingue :

- les déblais enrobés de boue.
- les effluents lourds provenant de. l'élimination mécanique des solides
- les boues rejetés au moment des. changements de boue
- les eaux de ruissellements et de. lavage
- les égouttures d'huile (moteur).
- les laitiers de ciment et eaux de rinçage de l'unité.
- les emballages, odeurs.
- les saumures.

Tous ces déblais sont classés comme très toxiques.

Sur le champ de Hassi Messaoud, les systèmes à base d'eau (WBM) sont généralement utilisés pour le forage de la première phase. Pour le reste du puits, on utilise des systèmes de fluides émulsionnés (OBM : Oil Base Mud). Dans l'attente des techniques de traitement, des centaines de mètres cubes de fluides sont rejetés dans la nature. Souvent, il faut compter des mois, voire des années, pour procéder à ce traitement et, entre temps, une grande quantité d'hydrocarbures s'évapore, s'infiltrer, s'adsorbe et pollue l'environnement. En parallèle, est rejetée dans le sol une quantité non négligeable de produits de traitement dont on ignore le devenir et le parcours à travers les formations traversées. La teneur en hydrocarbures dans les cuttings après forage est généralement comprise entre 6 % et 17%.

En vue de traiter et de réduire cette pollution, un programme a été entamé par l'entreprise SONATRACH depuis 1990. L'objectif de ce programme est d'abaisser la teneur en huile selon les standards appliqués en Algérie.

Les actions entreprises par la SONATRACH en matière d'Hygiène, Sécurité, Environnement (HSE) ont pour objectif de respecter les exigences de santé, de sécurité et de protection de l'environnement dans les processus de gestion et de décision comme dans les actions et opérations quotidiennes. L'utilisation des fluides à base d'eau (WBM : Water Base Mud), généralement de simples boues bentoniques, soulève les possibilités d'infiltration de grands volumes à travers les formations pour atteindre les nappes phréatiques, la boue à base d'eau (WBM), non réutilisable, qui est éjectée en fin de phase 26''. Ainsi, 1000 à 1200 m³ de boue bentonique sont éjectés lors de la réalisation d'un puits à HMD.

4.3.1.1.2 Les eaux de rejet

L'eau est employée pour :

- La composition des boues de forage.
- L'évacuation des déblais vers le bourbier.
- L'entretien et le nettoyage de l'appareil.
- L'alimentation du camp de vie.
- Le Refroidissement des équipements.

Ainsi la consommation en eau pour le forage d'un puits à Hassi Messaoud lorsqu'il est Horizontal : est de 30.000 m³ par contre lorsque le puits est Vertical, la consommation est de 15 000 m³

4.3.1.1.3 Autres rejets génères par les sous activités liées par le forage. (Voir ci dessous Tableau N°3).

	Type de déchets	Quantités
Camp de vie	Déchets biodégradables	1250 Kg
	Déchets métalliques	100 Kg
	Déchets plastiques	95 Kg
Appareil de forage	Huile de vidange	1400 Litres
	Batterie usagers	2
	Déchets biodégradables	950 Kg
	Déchets métalliques	150 Kg
infirmierie	Déchets d'infirmierie	0,2 Kg

Tableau N°3; Autres rejets génères par les sous activités liées par le forage

4.4 Mesures à prendre pour atténuer les impacts sur l'environnement de l'Activité Forage:

Des mesures d'atténuation seront présentées sous forme d'un tableau synthétique clair (voir tableau N° 4 ci-dessous) en face de chaque type de pollution ; des commentaires permettront de préciser certains aspects particuliers.

SOURCES DE POLLUTION	IMPACTS NEGATIFS	MESURES D'ATTENUATION
Déblais de forages	Contamination du sol et des aquifères	Imperméabilisation ²⁰ du bourbier Traitement des déblais par inertage (solidification)
Boues de forages usées particulièrement les boues à base d'huile	Contamination du sol et des aquifères	Stockage, récupération et recyclage des boues à base d'huile (transport vers la centrale de Hassi Messaoud)
Fuites de carburants et d'huiles de lubrification pour moteurs	Contamination du sol et des aquifères	Maintenance des engins et véhicules Réalisation d'un réseau de drainage autour de la plate-forme pour la récupération de ces produits
Eaux usées domestiques	Contamination du sol et des aquifères	Réalisation d'une fosse sceptique qui sera remblayée à la fin de l'activité
Déversements de produits chimiques divers	Contamination du sol et des aquifères	Aménagement d'aires de stockage spécifiques à chaque produits et réalisation d'un réseau de récupération des produits en cas de déversements accidentels
Déchets solides spéciaux	Sol Pollution du paysage	Récupération et séparation des déchets (ferraille, emballages plastiques,...) Compactage des déchets et acheminement vers un lieu de stockage approprié (décharge officielle)
Déchets solides banals (déchets ménagers biodégradables, papiers, cartons, planches, ...)	Sol Pollution du paysage	Aménagement d'une fosse de décharge à remblayer après cessation d'activité Récupération des palettes en bois
Bruits et vibrations	Faune locale Personnel	Pots d'échappement en bon état
Déchets médicaux et pharmaceutiques	Sol Faune locale Personnel	Incinération

Tableau N°4 ; Mesures à prendre pour atténuer les impacts sur l'environnement de l'Activité Forage

²⁰ **Imperméabilisation du bourbier** : mise en place au fond du bourbier d'un film plastique spécial, très efficace

4.4.1 Traitement des boues et des déblais.

Le traitement des déblais et boues usées de forage est l'étape la plus délicate et la plus importante au regard des volumes de ces rejets qui constituent l'impact environnemental négatif le plus significatif. Il y a des actions préventives et des actions curatives.

4.4.1.1 Les actions préventives : essentiellement au nombre de deux.

- Faire le choix des produits chimiques rentrant dans la composition des boues c'est à dire utiliser ceux qui sont les moins nocifs à l'environnement. dans les boues à huile utiliser celle dont le rapport huile / eau est de 50/50.
- Afin de réduire les quantités de boues rejetées, il y a lieu de mettre en place un système de récupération et de recyclage des boues.

4.4.1.2 Les actions curatives.

Après avoir tenté de réduire les polluants dans les boues et de réduire leur volume, il y a lieu de mettre en place un système de traitement adéquat pour ce type de déchets. Et cela, dans un souci de se conformer à la réglementation suscitée, l'Activité Forage a adopté deux procédés de traitement de déblais de forage à savoir:

4.4.2 Approche classique :

4.4.2.1 Un traitement par les équipements de contrôle des solides.

Le traitement des déblais et les boues usées peut se faire en on-line, c'est à dire directement au fur et à mesure qu'ils sont produits. Il intervient sur un chantier en activité. Il concerne le traitement simultané des boues de forage et des cuttings. Toutefois, l'objectif de cette technique est de régénérer les caractéristiques de la boue et aussi d'effectuer le forage sans bournier. [11]

4.4.2.2 Un traitement des cuttings.

Ce traitement se fait par l'un des deux procédés :

4.4.2.2.1 Le procédé de Stabilisation / Solidification.

Le traitement physique par solidification a été la méthode employée pendant quelques années pour réhabiliter les sites de forage. Cependant, plusieurs études ont montré que cette technique n'est pas suffisante car elle permet l'immobilisation du polluant mais non son élimination.

Cette technique permet d'encapsuler les contaminants et les rendre sous une forme inerte. Le procédé d'Inertage qui est un moyen de stabiliser et de fixer définitivement les composés toxiques (hydrocarbures, métaux lourds...). Ce procédé s'effectue à température ambiante, et consiste à stabiliser au moyen du silicate de sodium, les éléments polluants contenus dans les boues et à solidifier ces boues par du ciment. (Voir Figure n° 6). Les avantages de ce procédé sont la simplicité, les faibles coûts et les équipements à mettre en oeuvre, ainsi que la possibilité de valoriser des boues inertes. Nonobstant, ce procédé a ses inconvénients qui résident dans le risque de relargage des sels et des hydrocarbures et dans l'absence de possibilité de récupération des hydrocarbures présents dans les boues. Autrement dit, après une dizaine d'années les deux films qui enrobent le cuttings seront dégradés d'où libération de ces constituants (hydrocarbures et métaux lourds). C'est donc c'est un traitement temporaire. [12]

D'autres limitations sont généralement signalées au sujet de l'application de la technique de solidification à savoir :

Les études de santé et d'environnement ont montré que les nanoparticules de As, Cr, Pb et Se posent de sérieux problèmes pour la santé humaine. L'augmentation de la solubilité et de la réactivité des métaux sous forme de nanoparticules favorise l'absorption par les tissus pulmonaires. Plusieurs pays ont établi de strictes réglementations pour le contrôle de ces métaux.

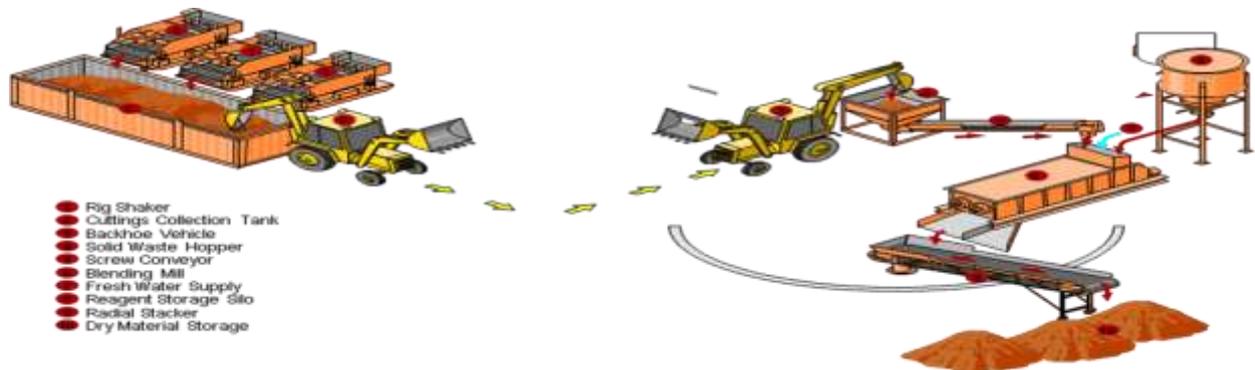


Figure N°6 ; Le procédé de Stabilisation / Solidification .

4.4.2.2 Le procédé de Désorption Thermique.

La désorption thermique consiste en l'extraction des polluants adsorbés par les déblais, sous l'action de la chaleur (de 250 à 600° Celsius).

Le procédé de la désorption thermique est une méthode permettant d'extraire physiquement les contaminants organiques des boues. Ces boues contaminées sont placées dans une chambre fermée et chauffée jusqu'à ce que les hydrocarbures se volatilisent.

La température et la durée de traitement sont réglées en fonction de la concentration, du niveau d'humidité et de la nature de la boue. La température peut varier de 400 à 900°C. Les hydrocarbures et les particules de poussières que renferment les gaz sont d'abord dirigés vers un appareil à oxyder, puis vers un filtre où elles sont retirées. Les boues traitées sont ensuite récupérées pour des divers usages (les boues traitées sont facilement valorisables comme matériel de remblais).

Ce procédé ne génère ni odeur, ni déchet. Les avantages de ce procédé résident dans la possibilité de réutiliser des boues traitées et dans la récupération des hydrocarbures présents dans les boues.

Tandis que ses inconvénients sont le coût (procédé onéreux) et son champ d'action qui ne couvre pas tous les types d'hydrocarbures. (Voir Figure N°7).

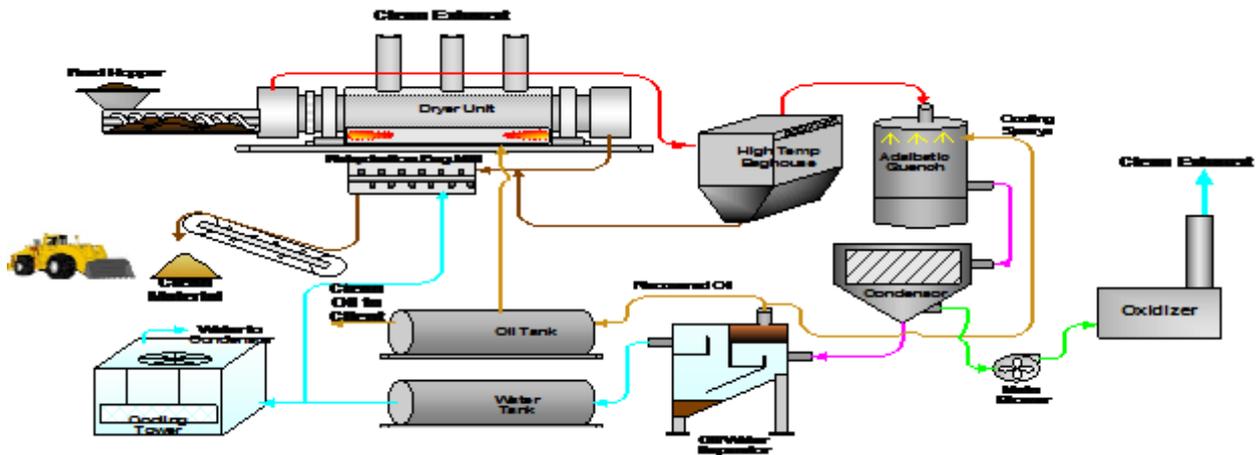


Figure N°7 ; Unité de désorption thermique.

4.4.3 Plan de gestion intégrée des rejets de forage. (Nouvelle Approche).

Il est question de gérer les rejets et non pas les traiter uniquement. La solution technique ne suffit pas à elle seule

Il faut mettre en œuvre :

- Des moyens humains.
- Des moyens techniques.
- Un dispositif organisationnel.

Pour minimiser l'impact environnemental des déchets, on parle souvent de la technique des cinq principes du plan de gestion qui est comme suit :

- Réduire.
- Réutiliser
- Recycler.
- Récupération.
- Traitement des résidus.

A cet effet, quelques mesures suffiront à préserver l'environnement, à savoir.

- Réduire à la source tout type de déchet et y compris la consommation d'eau.
- Construction de sanitaires convenables
- Imperméabiliser ²¹le bournier avec un film plastique les bourniers destinés à accueillir les déblais de forage, et de les compartimenter en bassins pour séparer les types de rejets (huileux ou à base d'eau)
- Construction de fosses sceptiques selon les normes en vigueur.

²¹ **Imperméabiliser** : le bournier avec un film plastique les bourniers destinés à accueillir les déblais de forage, et de les compartimenter en bassins pour séparer les types de rejets (huileux ou à base d'eau).

- Les débris et ordures ménagères ne doivent pas traîner dans le camp, mais entreposés dans des récipients ou conteneurs (métalliques ou plastiques) prévus à cet effet, afin de faciliter leur évacuation d'une manière appropriée
- Dans la mesure du possible, pratiquer le tri sélectif des déchets avant leur entreposage²²
- Les déchets solides non biodégradables seront stockés à part dans une décharge prévue à cet effet
- Les déchets dangereux tels que les produits chimiques seront stockés à part, avant leur évacuation vers une décharge industrielle contrôlée
- Les déchets médicaux et pharmaceutiques seront soigneusement brûlés en dehors des zones du camp habitables, sous contrôle du responsable de l'infirmerie
- Les carburants et lubrifiants seront stockés dans des citernes appropriées et dans une zone protégée
- Les vidanges se feront dans un lieu approprié loin des aires d'habitation
- Les huiles de vidange et tous les lubrifiants seront récupérés dans des ustensiles et conteneurs appropriés pour être dirigés ensuite vers un centre approprié. Les récipients seront fermés hermétiquement afin d'assurer leur étanchéité et porteront une étiquette indiquant leur contenu, ainsi qu'un numéro d'ordre.
- Les ferrailles seront triées si possible et stockées sélectivement, afin de faciliter leur ramassage
- Assurer une formation appropriée (mais rapide) au personnel afin de l'amener à suivre des recommandations



Photo N°6 : Imperméabilisation du bourbier

4.4.3.1 Nouvelle Approche.

La mise en œuvre des services de traitement des déblais de forage par le procédé de stabilisation solidification, en mode off line qui consiste à récupérer les déblais du bourbier, préalablement imperméabilisé, (stockage jusqu'à la fin du forage) et les acheminer vers un broyeur puis malaxeur où ils seront mélangés aux liants hydrauliques. Le produit peut être réintégré dans le milieu naturel sous forme inerte ou revalorisé. Ce traitement a permis l'introduction d'un nouveau seuil pour la limite des hydrocarbures tolérée dans les déblais traités

²² **Entreposage** : opération qui permet le stockage provisoire des déchets radioactifs dans l'attente de leur élimination ou traitement et/ou stockage. (Décret présidentiel n° 05-119 du 11 avril 2005 relatif à la gestion des déchets radioactifs).

- L'approche classique privilégie les moyens techniques de traitement.
- Le plan de gestion obéit à la pyramide des 5R (principe de réduction de pollution) et garantit :
 - La performance en terme de réduction des huiles dans les Cuttings .
 - La réduction du volume global des rejets (phases liquide et solide).

4.4.3.2 Recommandations

- La nouvelle approche fait appel à des moyens Techniques, Humains et Organisationnels; ce qui permet d'optimiser la chaîne de traitement des rejets au niveau du forage.
- le plan de gestion répond aux besoins liés à l'augmentation du plan de charge par l'intégration des services et l'implication des prestataires par l'exploitation de leur expertise afin de fournir une ingénierie détaillée.
- capitaliser le savoir faire et assurer un reporting complet. Ceci permettra à SONATRACH de recentrer les ressources humaines propres sur les core business.
- Remettre à l'état des lieux le site après chaque fin de forage pour éviter toutes traces de pollution. (Voir Photo N° 10).

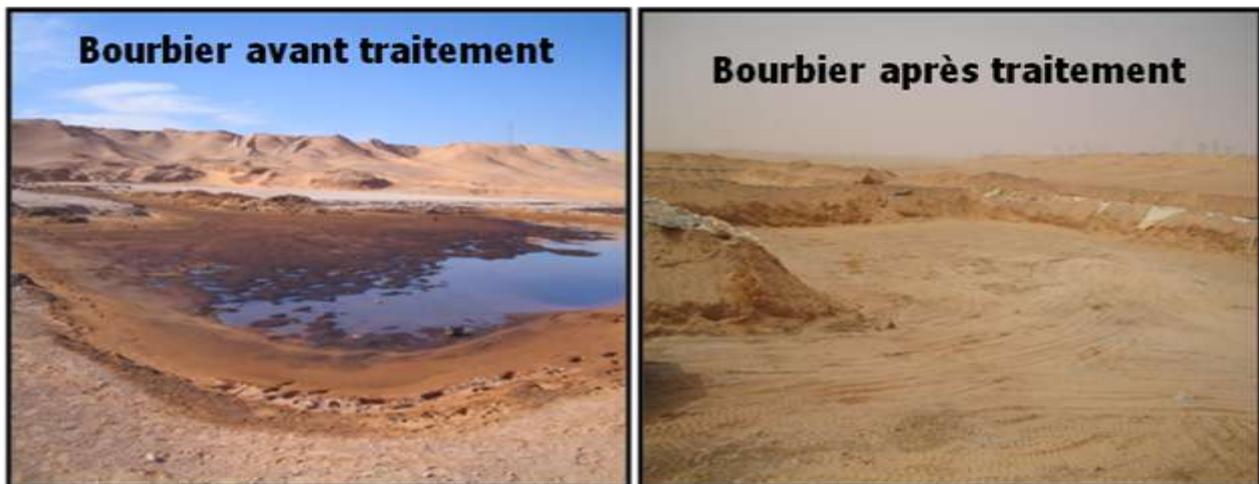


Photo N°7 : Réhabilitation du site

Conclusion Générale.

Aussi positif qu'il puisse paraître, le bilan des activités relatives à la protection de l'environnement au sein de l'activité Forage tel que présenté, ne devrait pas constituer une fin en soi ni provoquer une autosatisfaction démesurée, beaucoup d'effort doivent être fournis.

En général, il est difficile d'éliminer totalement les impacts négatifs sur l'environnement, car il faudrait alors procéder à des changements majeurs au niveau des process industriels. Cela est bien difficile, voire impossible. Il faut donc proposer des solutions d'atténuation et/ou de réduction significative des impacts sur l'environnement.

A cet effet, gérer convenablement les déchets sur les sites de forage est tout d'abord, une obligation morale vis à vis des générations futures. Mais il faut savoir qu'en plus des préoccupations liées à la production et à la sécurité des biens et du personnel de l'entreprise. Il y a également des obligations légales et administratives, de plus en plus drastiques dont l'entreprise doit tenir compte, en vue de garantir la pérennité de ses activités. En tant que pétroliers, nous devons admettre aujourd'hui que nous sommes aussi des producteurs de déchets et avoir conscience que nous devons au même temps devenir de bons gestionnaires de nos déchets. Certes, la volonté d'œuvrer dans le sens d'une véritable gestion de l'environnement existe mais il reste encore à parachever l'organisation par la mise en place de structures spécialisées dans le domaine et l'adoption d'un système de management environnemental.

Enfin, il faudrait retenir que l'environnement représente à l'heure actuelle un enjeu concurrentiel majeur, perçu comme tel et utilisé comme tel par nos grands partenaires occidentaux. Il reste un facteur d'innovation, de modernisation des modes d'organisation et de production. De ce fait, la poursuite du développement de notre entreprise ne pourra se réaliser hors du cadre environnement et pour la concrétiser une mobilisation de tous les acteurs est primordiale.

Le nombre important de textes promulgués montre que l'Algérie est l'un des pays les plus actifs en matière de législation de l'environnement. La législation algérienne à caractère spécifique ou général, si elle était appliquée consciencieusement, est largement suffisante pour protéger l'environnement. En outre, les accords et traités internationaux signés par l'Algérie sont un plus à la batterie de textes existants et expriment un engagement formel de la nation.

Pourtant la situation environnementale est inquiétante, les ressources naturelles continuant à se dégrader en raison ; de la non conformité des textes d'application avec la loi-cadre, des conflits de compétences existant dans les institutions chargées de l'environnement, du manque de ressources, de moyens financiers, et enfin de l'insuffisance en matière de formation des agents affectés à cette mission.

Une approche nouvelle basée sur la concertation, la communication et la participation de tous les secteurs s'impose donc pour protéger l'environnement en Algérie.

Bibliographie

Ouvrages :

- CHAPPELLIER D « Diagraphie pétrole » Université de Lausanne, Institut français de pétrole. [8]
- Cours de cimentation Sherbrook GCI 712. [5]
- GARCIA.C, PARIGOT P . « Les Boues de forage » Edition Technip 1974 [6].
- KHODJA M « les fluides de forage : étude des performances et considérations environnementales ». Thèse de doctorat INP Toulouse 288 p. [7]
- LEROY JEAN BERNARD « Les déchets et leur traitement ». [12]
- MECHHOUD M et Al « Exigences réglementaires en matière de santé, sécurité et environnement ». Rapport interne SONATRACH Direction HSE Amont. [10]
- NGUYEN J.P Ecole Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs « Techniques d'exploitation pétrolière, le forage ». [4]
- OUAMER Z « Contribution à la gestion des boues des fonds de bacs de stockage des essences au niveau de HASSI-MESSAOUD et de Naftal (Alger) ». [9]
- PONGUI B.S « Les défis du droit international de l'environnement » Université de Limoges. [2]
- PRIEUR M. Le droit à l'environnement et les citoyens : la participation, R.J.E. 1984-4, P.397 [1].
- RABAH M « Les risques écologiques en Algérie ». [3]
- Revue HSE Amont. SONATRACH Année 2009. [11]

Articles, Revues et Rapports :

- Agir pour l'environnement, « Créons l'Organisation Mondiale de l'Environnement », in Réagir, Paris, juillet 2003.
- GANGUIN J FORUM DÉCHETS N° 70, février 2008 Regard sur les déchets 03/2000.
- Guide des bonnes pratiques de la gestion des déchets dangereux.
- Guide de la prévention « Déchets d'activité de recherche » édité par l'INRA France.
- Les synthèses IFEN (institut française de l'environnement édition 2006 « La gestion et l'utilisation durables des ressources ».

Documents :

- Code Algérien de l'environnement.
- Convention de Rio sur la Diversité Biologique, juin 1992.
- Convention de Bâle du 22 mars 1989 sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination.
- Convention de Bamako du 30 janvier 1991 sur l'interdiction d'importer en Afrique des déchets dangereux et le contrôle de leurs mouvements transfrontières en Afrique.
- Convention d'Aarhus sur l'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement du 25 juin 1998.
- Déclaration de Stockholm de 1972.
- Déclaration de Rio de 1992.

Liens Internet :

- www.joradp.dz.
- www.environnement.totalfinaelf.com.
- <http://www.reglementation-environnement.com/reglementation-dechet.php>.
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Diagraphie>.
- <http://www.environnement.ccip.fr/management/management-environnement/mise-en-place-du-sme.htm>.
- <http://www.liensutiles.org/envirt.htm>.
- <http://www.environnement.ccip.fr/Thematique/Dechets/Tout-savoir-sur-les-dechets>.
- <http://www.reglementation-environnement.com/reglementation-dechet.php>.
- <http://www.univ-lehavre.fr/cybernat/pages/dechindu.htm>.