

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
جامعة مولود معمري
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES GÉOLOGIQUES



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Option : Ressources Minérales, Géomatériaux et Environnements

Par : BOUCHAKOUR Ramdane

Et

ARKAM Djafar

Thème :

Enjeux environnementaux et sanitaires relatifs aux puits abandonnés provisoirement de la Division Exploration sur la région de Tébessa et Khenchla.

Soutenu publiquement le 19 /09/ 2022 devant le Jury composé de :

M.SAMI Lounis

Professeur à l'UMMTO

Président

M.HAMIS Ahmed

M.C.B à l'UMMTO

Encadreur

Mme. IZRI Dahbia

M.A.A à l'UMMTO

Examinatrice

Mme. SEFIA Soumia

Chef service protection de
l'environnement au département HSE
à la division exploration-Sonatrach

Encadreur

Remerciements

*Nous tenons à remercier **Mr HAMIS** qui nous a suivi et aidé tout au long de ce travail.*

Nous sommes aussi reconnaissant à tous les enseignants du département de géologie qui ont contribué à notre formation.

*Nous remercions aussi **La division d'exploration de Sonatrach**, qui nous a permis de faire notre stage pratique, ainsi que **Mme SEFIA** qui nous a encadré.*

*Notre profonde gratitude va également aux membres du jury qui nous feront l'honneur d'évaluer ce travail. **M^{me} IZRI ET M^r SAMI**.*

Nous désirons exprimer nos remerciements à tous ceux qui par leurs aide et encouragements, nous ont permis d'achever ce travail.

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragé durant ma formation

A mes chers frères : Sofiane, Dalil, Anis

A la Mémoire de Mes Grands Parents,

A mes proches : Oncle, Tantes, cousins et cousines,

A mes amis: Mehdi, Noredine, Hassen, Mouhend Amazigh, Samy,

Remdane, Amine, Rezki, Mohamed Abdelah, Hassan, Smail BENBAIT,

Riad, Ghiles, Moussa, Brahim, Ahmed, Thamila, Katia, Ghania.

Mes amis d'enfance Lyes ABRIKA Et Smail ADANE

Et surtout OUKID Yanis

Et

A toute ma promotion.

DJAFAR

Je dédie ce modeste travail

A mes chers parents qui m'ont soutenu et encouragé durant ma formation

A mon cher frère : Yazid

Et ma chère sœur : Liza

A la Mémoire de Mes Grands Parents,

A mes proches : Oncle, Tantes, cousins et cousines,

*A mes amis : juba, amar , ghiles, Yanis, zoher, Amine, saber, Moh amazigh,
riad, sami, Ghiles, koceila, lounas.*

Et

A toute ma promotion.

Ramdane

RÉSUMÉ

L'augmentation de la demande mondiale en énergie a conduit à une exploitation massive des hydrocarbures pétroliers et gaziers. En raison de leur disponibilité et de leur faible prix, par rapport aux autres sources d'énergies renouvelables, les hydrocarbures fossiles demeurent la source d'énergie la plus demandée au monde.

Cependant, les impacts environnementaux et sanitaires des puits de pétrole ou de gaz sont multiples. En effet, ces impacts sont susceptibles de survenir pendant toutes les phases du cycle de vie des puits. Dans cette étude nous étudions les enjeux environnementaux et sanitaires associés à la phase d'exploration, c'est-à-dire aux puits inactifs.

Avec la présence d'un potentiel de ressources, les puits de pétrole et de gaz inactifs sont généralement abandonnés par les compagnies sans tenir compte des effets indésirables sur l'environnement et sur la santé humaine que pourraient causer ces installations. A Tébessa et Khenchla, nous comptons 67 puits inactifs qui ont été forés entre 1956 et 2022. Dans le cadre de cette étude, nous avons trois objectifs principaux. Tout d'abord, nous dressons un portrait de l'évolution spatio-temporelle des forages pétroliers et gaziers réalisés dans cette région. Ensuite, nous analysons la vulnérabilité des milieux naturels, bâtis et humains face à la présence des puits inactifs.

Nous avons commencé par cartographier la position géographique des puits inactifs forés sur la région de Tébessa et Khenchla. Ensuite nous avons produit des cartes montrant la position des puits par rapport aux variables de la cartographie identifiées. La cartographie de la région, nous a permis de compter le nombre de variables présentes autour de chaque puits.

Pour les futures recherches nous recommandons d'utiliser les méthodes d'analyse en composante principale (ACP) et classification ascendante hiérarchique (CAH) et d'inclure plus de variables à la cartographie de la vulnérabilité, notamment les résultats d'inspections, et d'effectuer une étude de terrain afin d'assurer une participation des parties prenantes dans la compréhension du problème.

Mots clés : vulnérabilité, écosystème, cartographie, puits inactifs, pétrole, gaz, santé humaine, environnement, puits abandonnés, Tébessa, Khenchela .

ABSTRACT

The increase in global energy demand has led to massive exploitation of oil and gas. Due to their availability and low price, compared to other renewable energy sources, fossil hydrocarbons remain the most demanded energy source in the world.

However, the environmental and health impacts of oil and gas wells are multiple. Indeed, these impacts are likely to occur during all phases of the well life cycle. In this study we investigate the environmental and health issues associated with the exploration phase, i.e., inactive wells.

With the presence of resource potential, inactive oil and gas wells are usually abandoned by companies without considering the adverse effects on the environment and human health that these facilities could cause. In Tebessa and Khenchla, we count 67 inactive wells that were drilled between 1956 and 2022. In this study, we have three main objectives. First, we draw a portrait of the spatio-temporal evolution of oil and gas drilling in this region. Second, we analyze the vulnerability of the natural, built and human environments to the presence of inactive wells.

We began by mapping the geographic location of inactive wells drilled in the region of Tebessa and Khenchla. Then we produced maps showing the position of the wells in relation to the variables of the identified mapping. The mapping of the region, allowed us to count the number of variables present around each well.

For future research we recommend using principal component analysis (PCA) and hierarchical clustering (HCA) methods and including more variables in the vulnerability mapping, including inspection results, and conducting a field study to ensure stakeholder participation in understanding the problem.

Keywords: vulnerability, ecosystem, mapping, inactive wells, oil, gas, human health, environment, abandoned wells, Tebessa, Khenchela.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES	
LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS	
RÉSUMÉ	
ABSTRACT	
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I GENERALITES	3
1.1 L'abandon provisoire des puits.....	4
1.2 Notion sur les hydrocarbures	4
1.2.1 Comment se forment les hydrocarbures.....	4
1.2.2 La formation des hydrocarbures suit tout un processus	6
1.2.3 Migration et piégeage des hydrocarbures.....	7
1.2.4 Comment explore-t-on les hydrocarbures.....	7
1.2.5 L'étude de terrain	8
1.2.6 Méthodes Géophysiques	10
1.2.7 Le forage	12
1.2.7.1 Avec quoi et comment réalise-t-on un forage ?	13
1.2.7.2 La boue de forage.....	14
1.2.7.3 Le tubage.....	15
1.2.7.4 Diagraphie	16
1.2.7.5 Test de formation ou (Test de vérité)	19
1.2.7.6 l'appréciation de la découverte	21
1.3 La zone d'étude.....	22
1.3.1 Géologie local	23
1.3.2 Litho stratigraphie	24
1.3.3 Géomorphologie superficielle	27
1.3.4 Hydrologie et hydrogéologie	27
1.3.4.1 Hydrologie	27
1.3.4.2 hydrogéologie	29
1.3.5 Flore.....	30
1.3.6 Faune	31
1.3.7 Zones agricoles.....	31

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE II PROBLEMATIQUES.....	13
2.1 L'industrie pétrolière et gazière : survol des principaux enjeux.....	14
2.1.1 Importance économique	34
2.1.2 Principaux enjeux environnementaux	35
2.1.3 Principaux enjeux de santé et de sécurité	36
2.1.4 Principaux enjeux sociaux.....	37
2.1.5 Les phases du segment en amont de l'industrie pétrolière et gazière	38
2.1.5.1 La phase d'exploration	
2.2 Cadre réglementaire et législatif.....	38
2.2.1 Introduction.....	38
2.2.2 Les lois.....	38
2.2.3 Décrets.....	39
2.2.4 Législation algérienne de protection de l'environnement.....	40
CHAPITRE III MÉTHODOLOGIE	48
3.1 Logiciel	49
3.2 Variables à l'étude et sources de données	49
3.3 Sources de données	49
3.3.1. Le Système d'information de la division exploration.....	50
3.3.2 Eau de surface.....	50
3.3.3 Eau souterrain.....	50
3.3.4 Réseaux ferroviaire.....	51
3.3.5 Etablissement scolaires.....	51
3.3.6 Hôpitaux.....	51
3.3.7 Zones agricoles.....	51
3.4 Cartographie des variables à l'étude	52
3.4.1 Création de la base de données des puits de pétrole et de gaz inactifs	52
3.4.2 Analyse spatio-temporelle des forages pétroliers et gaziers	52
CHAPITRE IV RÉSULTATS	53
4.1 Cartographie des variables à la zone d'étude	54
4.1.1 Données relatives aux puits de pétrole et de gaz inactifs	54
4.1.2 Analyse spatio-temporelle des puits inactifs	55
4.1.3 Fiches des puits	58
4.2 Cartographie de l'environnement Naturel	61
4.2.1 Eaux souterraine	61
4.2.2 Eaux de surface.....	63
4.2.3 Réseaux ferroviaire	64
4.2.4 Etablissement scolaires	65
4.2.5 Hôpitaux	66
4.2.6 Réseaux Pipline	68
4.2.7 Densité de la population	69

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE V DISCUSSION	70
5.1 Données relatives aux puits inactifs	71
5.2 Cartographie des variables à l'étude	72
5.2.1 Eau souterraine.....	72
5.2.2 Eaux de surface.....	73
5.2.3 Zone agricole.....	73
5.2.4 Réseau ferroviaire	73
5.2.5 Établissements scolaires	74
5.2.6 Hôpitaux	74
5.2.7 Réseaux pipeline	75
5.2.8 Densité de la population	75
5.3 Forces et limites de la recherche	76
CONCLUSION GENERALE	78
BIBLIOGRAPHIE	80

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
Chapitre I :	
Figure 1.2 : processus de la formation des hydrocarbures (connaissance pétrole BENADJI)	06
Figure 1.3 : L'utilisation des avions et satellites pour la géologie de terrain.....	08
Figure 1.4 : Carte géologique de surface avec toutes les indications minières de la région élaborée par le géologue de terrain.....	09
Figure 1.5 : Observation et étude géologique de terrain de surface et image Possible en profondeur imaginée après interprétation sismique	09
Figure 1.6 : Principe de Sismique réflexion sur terre et sur mer.....	10
Figure 1.7 : Intérieur du laboratoire montrant les ingénieurs géophysiciens.....	10
Figure 1.8 : Principe et dispositif d'acquisition sismique.....	11
Figure 1.9 : Exemple de représentations sismique tirées à partir de l'acquisition sismique.....	11
Figure 1.10 : Des actions pour préserver l'environnement sont menées durant les activités de l'exploration.....	12
Figure 1.11 : Appareil de forage ou Rig.....	13
Figure 1.12 : Outil de forage ou tricône.....	14
Figure 1.13 : Différente phases de forage (Tubage en noir, Cimentation en marron).....	15
Figure 1.14 : outils de forages.....	16
Figure 1.15 : méthode de mesure (diagraphie).....	17
Figure 1.16 : Log composite avec diagraphies interprétées.....	18
Figure 1.17 : Principe de mesure de diagraphies.....	18
Figure 1.18 : différentes techniques de forages offshore.....	19
Figure 1.19 : teste positif qui témoigne de l'existence des hydrocarbures.....	20
Figure 1.20 : Pour des raisons de sécurité, la torche est éloignée du forage à environ un (01) Km.....	20
Figure 1.21 : puits délimitation.....	21
Figure 3.1: Situation géographique de la zone d'étude.....	22

LISTE DES FIGURES

Figure 3.2 : Localisation du massif des Aurès.....	23
Figure 3.3 : Log stratigraphique de la zone d'étude.....	24
Figure 3.4 : Réseau hydrographique de la zone d'étude	28
Figure 3.5 : Le système aquifère de sahara septentrional (SH).....	29
Chapitre IV :	
Figure 4.1 : Évolution des forages pétroliers et gaziers de Tébessa et kenchla par décennie.....	56
Figure 4.2 : Position des puits de pétrole et de gaz inactifs(AP) par rapport aux puits artésiens.....	62
Figure 4.3 : Position des puits de pétrole et de gaz inactifs (AP) par rapport aux cours d'eau de la zone d'étude.....	63
Figure 4.4 : Réseau ferroviaire de l'est algérien (Source : sntf 2022).....	64
Figure 4.5 : représentent la situation des établissements scolaire des différentes communes comportent des puits (google earth 2022).....	66
Figure 4.6 : Localisation des hôpitaux de différentes communes, source (google earth 2022).....	67
Figure 4.7 : répartitions des puits par rapport au réseau de pipeline (source : sonatrach)...	68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
Tableau 1.1 : Historique des prélèvements sur le Complexe Terminal Par wilaya.....	30
Tableau 4.1 : Répartition des puits de pétrole et de gaz (AP) selon leurs profondeurs.....	55
Tableau 4.2 : Nombre de puits de pétrole et de gaz forés par décennie.....	55
Tableau 4.3 : Données relatives aux puits de pétrole et de gaz provisoirement abandonnés forés dans les wilayas de Tébessa et Khenchla entre 1950-2020.....	57
Tableau 4.4 : la fiche d'un puits inactif (AP) et ses caractéristiques.....	58
Tableau 4.5 : Données relatives aux puits artésiens forés dans les wilayas de Tébessa et khenchla entre 1950-2020.....	61
Tableau 4.6 : Les établissements scolaires de la région d'étude selon les niveaux d'enseignement (Source : ONS).....	65
Tableau 4.7 : représente la population et la densité de chaque commune (source :db-city) (2022).....	69

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

AIE	Agence international de l'énergie
PNB	Produit national brut
UNEP	Programme des Nations unies pour l'environnement
COVID-19	Corona virus 2019
AP	Abandonné provisoirement
SH	L'entreprise national sonatrach
CI	Formation du continental intercalaire
CT	Complexe terminal
SASS	Système Aquifère de Sahara Septentrional
SNTF	Société nationale des transports ferroviaire
GES	Gaz à effet de serre
NO _x	Oxydes d'azote
PM _{2,5}	Particules fines dont le diamètre médian est < 2,5 µm
SO _x	Oxydes de sulfure

Listes des symboles et unités

hab./km ²	Habitants au kilomètre carré
m	Mètre
M	Million
Ha	Hectare
km ²	Kilomètre carré

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

L'industrie pétrolière et gazière est considérée parmi les activités économiques les plus rentables au monde. Au début du XIXe siècle, une véritable course a eu lieu entre les états afin d'explorer de nouveaux gisements d'hydrocarbures qui leur permettraient de se passer de l'importation de cette matière stratégique, qui était alors appelée l'or noir. Cette époque, l'aspect environnemental n'était pas pris en compte ni par les compagnies pétrolières, ni par les gouvernements. D'ailleurs, ce n'est que vers les années 1930 que les lois protégeant l'environnement de l'industrie pétrolière ont vu le jour dans plusieurs pays.

Par conséquent, de nombreux problèmes environnementaux ont été associés à l'exploration des hydrocarbures. Les études ont confirmé que la dégradation de l'environnement due aux activités pétrolières et gazières peut avoir de nombreux impacts négatifs sur la santé humaine en raison de la relation étroite entre l'être humain et son environnement (Ajayi *et al.*, 2009 ; Ana *et al.*, 2009 ; D'Andrea et Reddy, 2014 ; Nriagu, 2011 ; Nriagu *et al.*, 2016). Cependant, les puits de pétrole et de gaz inactifs on entend par ce terme les puits inactifs les puits abandonnés provisoirement (AP) qui sont également susceptibles d'avoir des effets considérables sur les écosystèmes. Si le nombre de puits inactifs (AP) est évidemment en augmentation partout dans le monde, leurs effets sur l'environnement et sur la santé humaine restent encore peu documentés.

La situation dans la zone d'étude Tébessa et Khenchla n'est pas très différente de celle des autres wilayas surtout du sud Algérien, même si le nombre des puits inactifs demeure inférieur à celui des autres wilayas. Selon les dernières statistiques, de la Sonatrach a annoncé qu'il existe au moins 67 puits qui ont été forés dans cette zone dont vingt-deux (22) puits inactifs. Qui sont devenus un sujet important. L'intérêt public pour cette question était logique en raison de la proximité des puits inactifs par rapport au fleuve, à des cours d'eau, à des champs agricoles, à des zones résidentielles et à de certaines infrastructures.

Ce qui nous a amené à nous pencher sur ce problème pour la première fois au sein de la société Sonatrach dans le cadre d'un projet d'étude qui reste théorique vu la non réalisation de la sortie de terrains et face au manque d'information de la base de donnée de la Sonatrach/ division exploration.

INTRODUCTION GENERALE

Parmi les études qui cherchent à caractériser les impacts de l'exploration des hydrocarbures, dans le cadre de ce projet, nous nous interrogerons sur les enjeux environnementaux et sanitaires relatifs aux puits de pétrole et de gaz inactifs (AP). Pour cela, nous avons choisi comme zone d'étude, la région de Tébessa et Khenchla.

Notre étude a comme premier objectif de dresser un portrait de l'évolution des forages pétroliers et gaziers qui ont eu lieu dans cette région pendant la période allant de 1950 jusqu'à 2020. Notre deuxième objectif concerne la cartographie de la vulnérabilité des environnements naturels, bâtis et humains.

Afin d'y arriver, il est nécessaire de commencer par une mise en contexte des enjeux environnementaux, sanitaires et sociaux des phases d'exploration. Ensuite, nous présentons notre question de recherche et nos objectifs. C'est l'objet de notre premier chapitre. Le chapitre qui suit évoque les théories qui nous ont guidés pour développer notre démarche méthodologique et les outils pour la collecte et l'analyse de données. Le troisième chapitre présente la démarche méthodologique adoptée afin de répondre à notre question de recherche. Le quatrième chapitre expose les résultats de notre étude de cas. Enfin, le dernier chapitre discute des résultats présentés au chapitre précédent.

Chapitre I

Généralités

1.1 L'abandon provisoire des puits :

Le contrôle de l'abandon des puits provisoirement se fait conjointement par **ARH** et **ALNAFT** (LOI n°13-01) (tableau III-1), l'opérateur est soumis à des obligations tel que :

- Se conformée aux règles de la conservation telles que fixées par les dispositions du décret (n°94-43) (tableau III-1).
- Fournir un dossier technique.
- Fournir un programme d'abandon provisoire.

La liste des documents requis pour le traitement des demandes d'abandon provisoire avant le démarrage de forage :

- Déclaration d'ouverture des chantiers de forage.
- Programme de forage qui doit contenir les éléments suivants :
 - Programme de boue.
 - Programme des différentes phases.
 - Architecture du puits (tubage, tubingect).
 - Test de tubage.
 - Profil de pression (pression de pore et de fracturation).
 - Retour d'expérience.
- Rapport d'implantation.

L'accord d'ALNAFT pour la fermeture provisoire de puits pour une période d'une (1) ou deux (2) années et donné sous réserve de :

- Reprendre le puits avant l'expiration de l'accord ou demander la prolongation de l'abandon provisoire dans les délais.
- Procéder à un contrôle périodique des pressions de tête et des annulaires.
- Informer ALNAFT des incidents majeur survenue durant l'abandon provisoire du puits.
- Prendre les mesures nécessaires pour la remise en état des lieux.

1.2 Notion sur les hydrocarbures :

1.2.1 Comment se forment les hydrocarbures :

La formation des hydrocarbures est étroitement liée à l'histoire géologique de la terre dont le temps se mesure en millions d'années.

En effet, la répartition géographique des reliefs et des océans n'était pas ce qu'elles sont aujourd'hui. Initialement, la Terre était constituée d'une seule et grande masse continentale, appelée Pangée, entourée d'un grand océan. Il y a de cela plus de deux cent millions d'année.

Au cours des temps géologiques, les mouvements de fluide visqueux ou magma portée à de très grandes températures et de pression en profondeur de la terre ont provoqué des fissurations au fond des océans.

En remontant, ce fluide pousse et fait déplacer les couches rigides (lithosphère) sur les moins rigides (asthénosphère). C'est le phénomène de la tectonique des plaques.

C'est par ce phénomène que l'activité volcanique et sismique est expliquée.

Les limites entre chaque plaque sont le lieu privilégié des volcans et des tremblements de terre que nous connaissons.

Ces mouvements des plaques ont entraîné par étirement ou par compression dans les couches rigides des cassures et engendrent ainsi des dépressions ou cuvettes appelées bassins sédimentaires.

Dans ces bassins vont s'accumuler des dépôts sédimentaires. Ces dépôts ou sédimentation sont issus de l'érosion des reliefs mais aussi par des précipitations chimiques à l'intérieur même du bassin.

Ainsi au cours de millions d'années, les successions de dépôts et d'accumulations se sont superposées pour former les différentes couches géologiques qui par la suite en se consolidant et forment les couches géologiques qu'on peut observer en surface ou affleurement.

Les montagnes par exemple sont constituées de ces différentes couches plissées.

En général ces couches sont plissées et se présentent de différentes formes car elles subissent constamment des pressions ou contraintes depuis leur genèse dans le bassin sédimentaire.

Certaines couches de par leur origine et leur composition donnent naissance à des hydrocarbures et peuvent même les renfermer dans leurs structures. C'est tout un processus physico-chimique, Comment ?

1.2.2 La formation des hydrocarbures suit tout un processus :

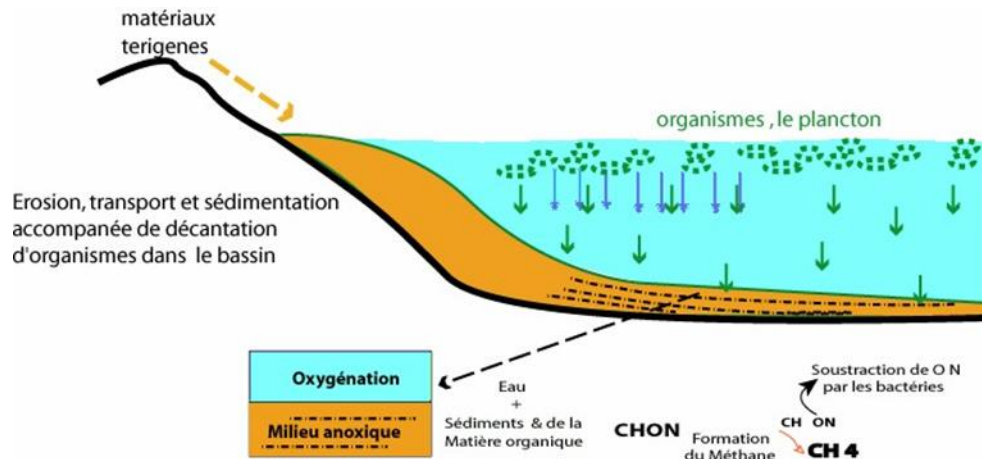


Figure 1.2 : processus de la formation des hydrocarbures (connaissance pétrole BENADJI).

Lors des dépôts dans le bassin, les sédiments peuvent être accompagnés par de la matière organique issue principalement d'organismes vivants (animaux essentiellement de planctons ou végétaux), dans les océans se retrouvent ainsi après leur mort au fond du bassin ou entraînés par l'érosion à partir des continents jusqu'au bassin (Figure 1.2).

Au cours des temps géologiques, les couches contenant cette matière organique appelée roche-mères vont être au fur et à mesure que se réalisent d'autres dépôts, se retrouver enfouies en profondeur, superposées par d'autres couches géologiques.

Elles peuvent alors se retrouver à des profondeurs importantes où les conditions de température et de pression deviennent de plus en plus importantes et le milieu devient de plus en plus pauvre en oxygène.

Dans ces conditions, cette roche mère va, selon un processus physico-chimique en fonction de temps, de l'augmentation de la pression et de la température va générer et expulser les hydrocarbures dans le bassin sédimentaire.

Et si l'enfouissement continue davantage avec accompagnement d'une élévation de température, la réaction chimique va encore évoluer pour former du gaz.

Lorsque les hydrocarbures sont expulsés, de la roche mère où ils ont pris naissance, ils vont se

déplacer à travers les roches poreuses comme dans une éponge.

1.2.3 Migration et piégeage des hydrocarbures :

On dit qu'ils migrent ou se déplacent sous l'effet soit de la pression des couches de sédiments. Ce déplacement s'effectuera à partir de zones basses à forte pression vers les zones hautes à faible pression.

Leur migration se poursuit jusqu'à ce qu'ils soient arrêtés par une couche de terrain imperméable (argiles ou sel par exemple) et si l'ensemble est plissé, ils se retrouvent alors "piégés" dans une structure dite anticlinale et constituent ainsi un gisement d'hydrocarbures que les explorateurs recherchent.

- A. Déplacement ou migration des hydrocarbures des zones basses vers les zones hautes ou ils vont se piégées
- B. Séparation des fluides dans un gisement en fonction de leur densité respective en profondeur, une fois les hydrocarbures sont ainsi piégés, et en fonction de la densité respective, le gaz occupera la partie la plus haute, suivie du pétrole puis de l'eau

Mais, il arrive parfois que les hydrocarbures ne rencontrent pas d'obstacle lors de leur migration, ils atteignent dans ce cas la surface. C'est pour cette raison qu'on rencontre en surface dans des couches géologiques des traces de bitumes de couleur noire. En fait, il s'agit là d'un témoin de l'existence des hydrocarbures et constitue un indice de recherche sérieux pour les explorateurs.

Aussi, c'est ces hydrocarbures de surface sous forme de bitumes visqueux qui ont été durant l'antiquité utilisés pour leurs vertus médicinales et domestiques durant l'antiquité.

Les premiers travaux d'exploration pour découvrir des gisements d'hydrocarbures ont commencées à partir de ces observations où des hydrocarbures ont suinté, bien avant l'existence des techniques modernes d'exploration. C'est l'une des preuves irréfutables de l'existence de roche mère génératrice d'hydrocarbures dans un bassin sédimentaire.

1.2.4 Comment explore-t-on les hydrocarbures :

Ayant pris connaissance du processus de formation des hydrocarbures, voyons comment procède-t-on pour prospector et explorer une zone.

Lorsqu'on souhaite explorer une zone, une question fondamentale se pose à l'explorateur. Cette zone peut-elle produire des hydrocarbures ? Si la réponse est oui, quelle quantité peut-on

trouver et dans quelle partie de la zone peut-on les découvrir ?

Pour répondre à ces questions, on procède à la prospection de la zone. On procède d'abord à la prospection de la zone lorsqu'elle est vierge ou immature pour voir si réellement il existe des hydrocarbures ensuite on passe directement à son exploration.

Le processus d'études est déterminé, essentiellement à partir de données de géologie et de géophysique. Intégrées, ces données sont interprétées en vue d'aboutir à la réalisation d'un modèle géologique pour identifier des zones à explorer pour en définitif localiser un ou des prospects qui feront l'objet de forage en vue de savoir s'il y a présence ou pas d'hydrocarbures sur l'aire à explorer.

1.2.5 L'étude de terrain :

Le géologue sur le terrain est équipé de matériel approprié (carte topographique, boussole, marteau, carnet de note etc ; Figure 1.4). Il observe et recherche les moindres indices qui pourraient laisser supposer que la région renferme des hydrocarbures.

Il étudie les affleurements ou couches géologiques de surface et détermine si ces dernières peuvent, soit générer et expulser ou emmagasiner les hydrocarbures au cours de leur longue histoire. Il inclut aussi les données de photographie aériennes et satellitaire (télédétection) pour une vision globale de la structure de la région (Figure 1.3)



Figure 1.3 : L'utilisation des avions (1) et satellites (2) pour la géologie de terrain
Ces méthodes sont également utilisées en géophysique pour la logistique, pour la détection des indices d'hydrocarbures.

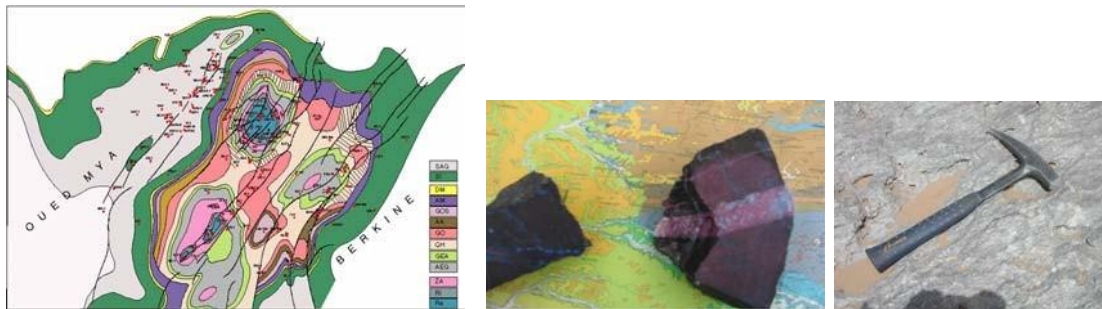


Figure 1.4 : Carte géologique de surface avec toutes les indications minières de la région élaborée par le géologue de terrain.

A partir de ces données, il établit une charte ou “log” de faciès et des cartes géologiques avec toutes les indications géologiques et minières de la région. Ces données de base sont d’une extrême importance dans le processus de prospection d’une région. D’ailleurs c’est à partir des structures de surface que furent découverts les premiers gisements de gaz dans le Sud Est Algérien avant l’arrivée des techniques géophysiques.(figure 1.5).

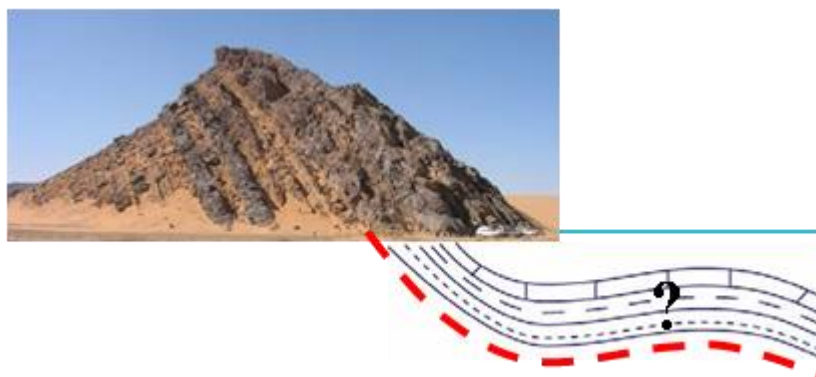


Figure 1.5 : Observation et étude géologique de terrain de surface et image Possible en profondeur imaginée après ’interprétation sismique.

Les données de terrain à elles seules ne suffisent pas pour l’explorateur car il doit chercher les hydrocarbures en profondeur là où ils sont piégés et le plus souvent renfermés dans de grandes profondeurs, donc des images du sous-sol sont nécessaires. Il fait appel alors aux différentes Méthodes géophysiques.

1.2.6 Méthodes Géophysiques :

Deux principales méthodes sont utilisées dans ce domaine, il s'agit des méthodes potentielles et sismiques. Les méthodes potentielles concernent la gravimétrie et la magnétométrie, qui mesurent respectivement les variations de la pesanteur et les variations du champ magnétique. Ces dernières, complémentaires, donnent un aperçu structural d'ensembles des couches géologiques en profondeurs ainsi que leurs orientations. Quant à la sismique, elle permet de faire une radiographie assez précise des structures des couches en profondeurs. Il s'agit de la sismique réflexion qui reste de loin la méthode la plus utilisée en prospection pétrolière. (figures 1.6 ; 1.7 ; 1.8).

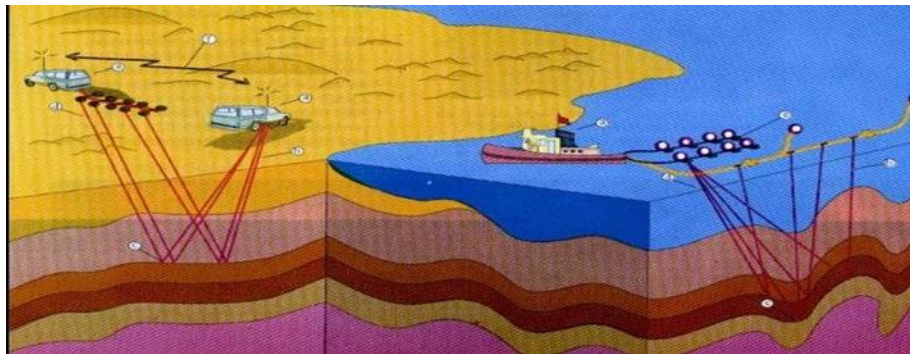


Figure 1.6 : Principe de Sismique réflexion sur terre et sur mer



Figure 1.7 : Intérieur du laboratoire montrant les ingénieurs géophysiciens

Camion laboratoire
d'enregistrement

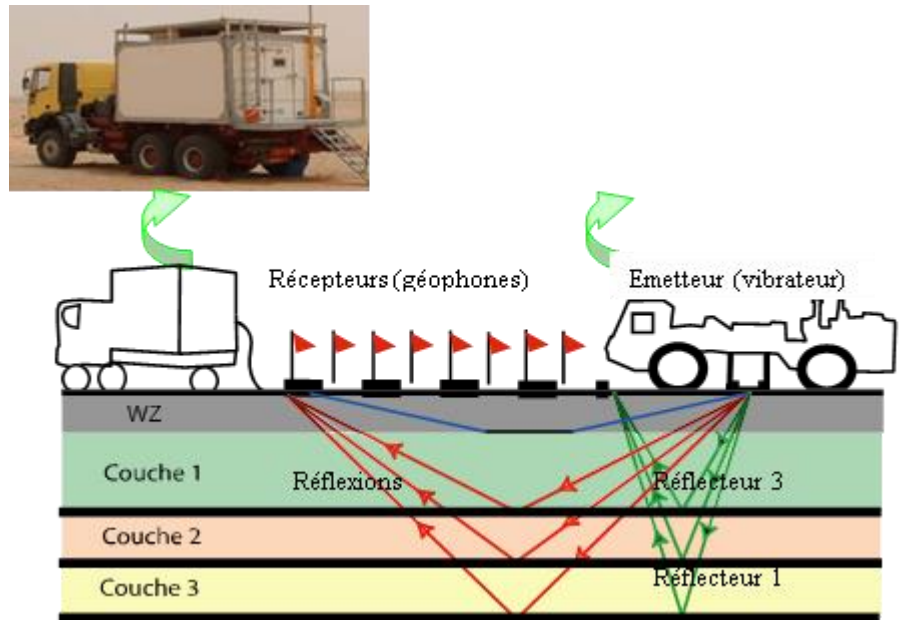


Figure 1.8 : Principe et dispositif d'acquisition sismique

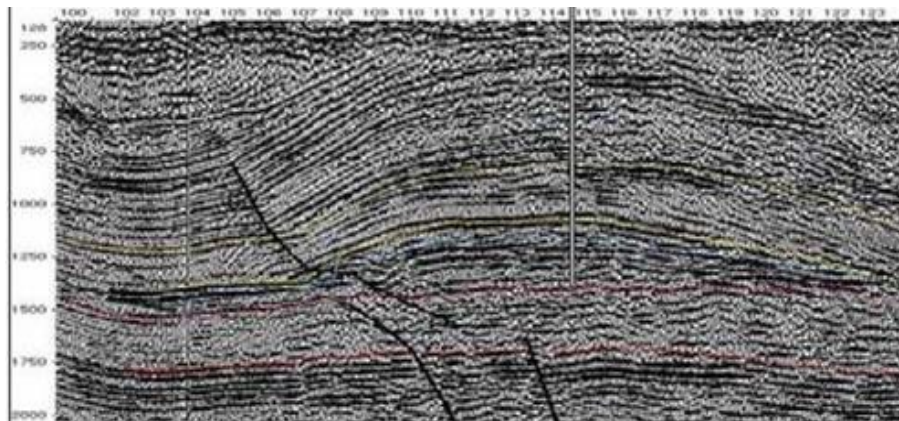


Figure 1.9 : Exemple de représentations sismiques tirées à partir de l'acquisition sismique.

Toutes les données de géologie et de géophysique sont centralisées au niveau d'une station de travail équipée de logiciels d'interprétations très performants.

Ces données de sismique, de géologie et de forage, intégrées sont interprétées conjointement entre le géophysicien et le géologue pour aboutir en définitif à des coupes sismo-géologiques et des cartes de niveaux réservoirs en profondeur où ou un certain nombre de structures sont identifiées parmi lesquelles des prospects pouvant faire l'objet d'évaluation, c'est à dire des structures susceptibles d'accumuler des hydrocarbures (Figure 1.9).

Le projet est assez fourni en données pour évaluer le potentiel pétrolier, le risque géologique et les réserves. Toute l'équipe du projet se concerta y compris les managers pour décider des prospects jugés économiquement intéressants pour les proposer au forage.

1.2.7 Le forage :

Le forage est le moyen le plus sûr de prouver l'existence ou pas d'hydrocarbures dans une région d'exploration dont les géologues et géophysiciens ont étudié en détail.

Concrètement comment le forage se fait ?

L'endroit où sera effectué le forage est localisé précisément par les géologues et géophysiciens en charge du projet en collaboration avec une équipe de topographes.

Une étude de risque sera réalisée pour évaluer, d'éventuels dégâts pouvant être engendrés par ladite activité pétrolière et y remédier.

Les aspects faunes, flore et nappe phréatique sont pris en considération et même sur les sites archéologiques sont répertoriés et préservés (figure 1.10).



Figure 1.10 : Des actions pour préserver l'environnement sont menées durant les activités de l'exploration

Une fois tous ces aspects sont évalués, la réalisation du forage peut alors commencer avec une équipe de génie civil chargée de la réalisation de la plateforme de forage, de la piste d'accès au forage est de l'aménagement d'une aire située à environ un kilomètre du site du forage qui servira au placement de la base de vie. Cette dernière constitue pour l'ensemble des travailleurs un endroit de repos d'hébergement et de restauration où se trouvent toutes les commodités nécessaires pour leur confort et leur bien.

1.2.7.1 Avec quoi et comment réalise-t-on un forage ?

Le matériel de forage sur site est composé d'un Rig appelé aussi derrick ou mât pouvant atteindre 40 mètres de hauteur. C'est une sorte de charpente métallique qui sert à supporter et à manœuvrer tout l'équipement associé au forage (Figure 1.11).



Figure 1.11 : Appareil de forage ou Rig

L'outil en général un tricône ou trépan (figure 1.12) muni de dents ou de pastilles en acier très dur est vissé à la garniture de forage qui est composée d'une masse tige, de tiges de forage appelée garniture et relié à une table de rotation assurant la rotation de l'ensemble de la garniture auquel est fixé l'outil de forage.

L'ensemble tourne et avance en profondeur en broyant les formations géologiques en appliquant un certain poids contrôlé en surface. L'avancement dépend surtout de la dureté de la roche traversée. Les tiges de forage et les masses tiges sont introduites en vissant joint par joint de 9 mètres au fur et à mesure de l'avancée en profondeur du forage, à mesure que l'on s'enfonce dans le sous-sol.

Les objectifs réservoirs qu'on veut atteindre sont profondément enfouis. Ils peuvent être jusqu'à 4000 mètres voire plus.

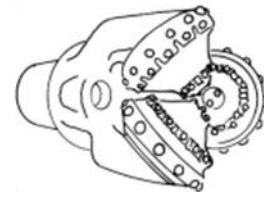


Figure 1.12 : Outil de forage ou tricône

Toutes les informations géologiques et pétrolières sont enregistrées. La reconnaissance des formations traversées par un sondage se fait d'abord en exploitant les informations obtenues en cours de forage.

On enregistre les paramètres suivant le poids de l'outil, la vitesse d'avancement de l'outil, les paramètres de la boue, l'examen de déblais ou cuttings et les indices d'hydrocarbures (gaz, huile). Toute cette mécanique en mouvement est accompagnée par la boue de forage qui joue un rôle important car le mouvement de toute la mécanique de l'outil de forage génère de la chaleur par frottements. En circulant en permanence à l'aide d'une pompe très puissante.

1.2.7.2 La boue de forage :

La boue, en circulant en permanence, refroidit l'outil de forage, aide à attaquer la roche par injection sous pression et nettoie le trou en remontant les morceaux de roche broyée. Elle est aussi indispensable au maintien des parois du trou pour éviter qu'il ne s'effondre.

La boue de forage est en général à base d'eau dans laquelle ont été ajoutés de nombreux produits. D'abord des particules solides (souvent des argiles) utilisées pour augmenter la densité. Et puis des produits chimiques divers sont utilisés pour leurs propriétés adaptées à la nature des terrains traversés.

La boue a une composition spéciale, le technicien de fluide de forage appelé aussi dans le jargon des pétroliers « boueux », son rôle est de veiller en permanence à ce qu'elle reste homogène et de composition stable. Il doit être aussi très réactif en cas de problème et prêt à en modifier la composition le plus rapidement possible si besoin est. Il a une responsabilité très importante sur Chantier de forage.

La densité de la boue doit être bien calculée et parfaitement maîtrisée. Si la boue est trop lourde, elle a des chances de pénétrer à grande vitesse dans les réservoirs dont la pression sera plus faible et le forage risque « entrer en pertes » (au lieu de remonter, la boue va disparaître dans le sous-sol). Si elle est trop légère, l'eau des formations géologiques traversées, à pression plus élevée que celle de la colonne de boue, envahit le trou et le forage « entre en gains ».

Si on ne réagit pas alors très vite, cela peut provoquer jusqu'à une éruption incontrôlable en cas de présence d'hydrocarbures en profondeur.

1.2.7.3 Le tubage :

Pour éviter l'effondrement du trou, on pose un tube cylindrique en acier sur toute la longueur du trou (comme les tiges, on le descend par segments que l'on visse les uns aux autres). C'est le tubage, une fois posé, il est cimenté (le ciment est injecté entre le trou foré et le tubage, l'étanchéité doit être totale).

Une fois le tubage posé, on reprend le forage mais le diamètre du trou devient plus petit : le tubage qu'on vient de poser occupe de l'espace et réduit le diamètre initial du trou. Ainsi, un trou de forage d'un diamètre de 24 pouces (1 pouce = 2.54 cm) au départ, peut être réduit à 4 pouces voire moins après la pose de plusieurs tubages (figure 1.13).

C'est pour cette raison qu'on parle de différentes phases de forage ou différents diamètres de forages.

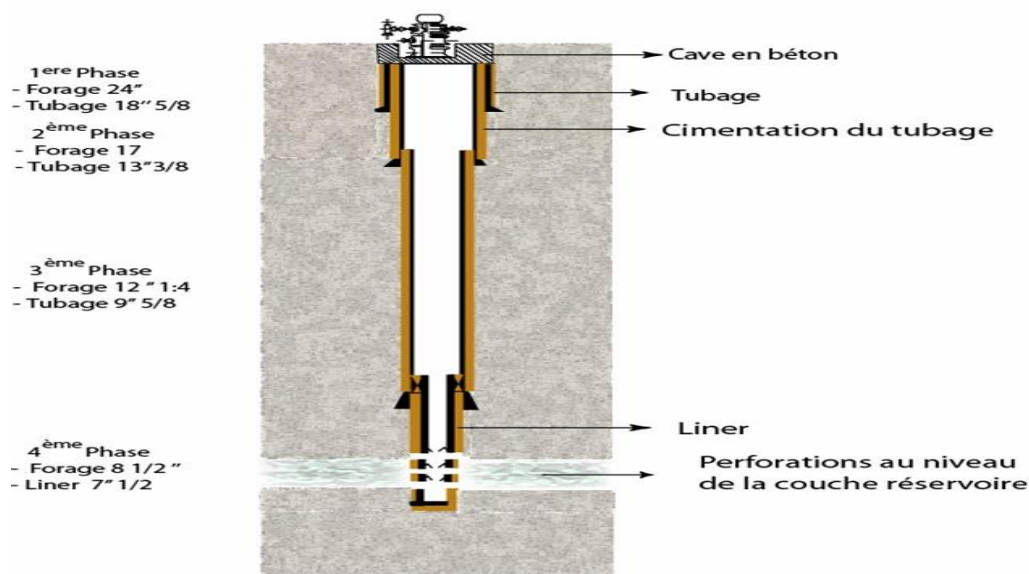


Figure 1.13 : Différentes phases de forage (Tubage en noir, Cimentation en

marron)

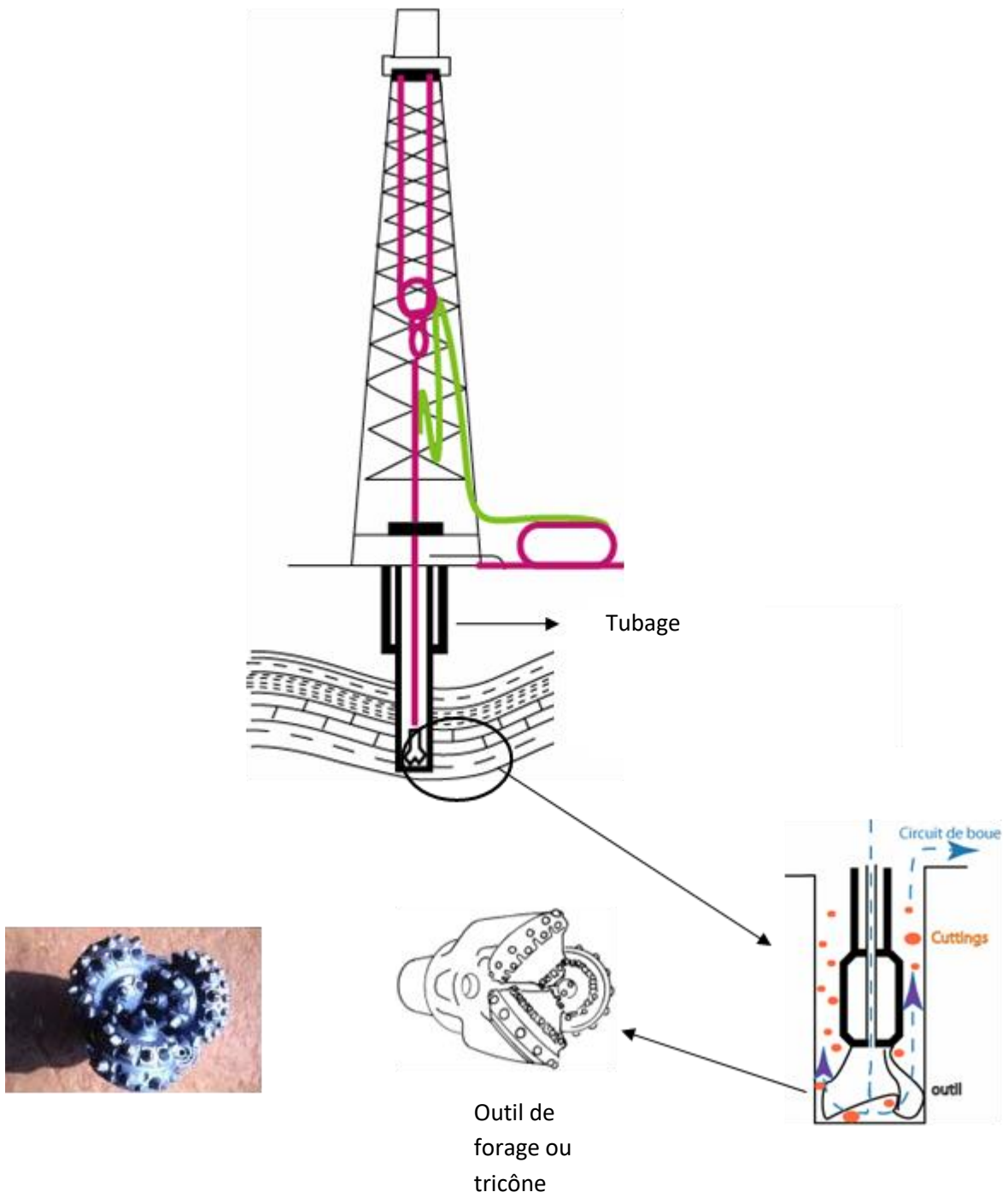


Figure 1.14 : outils de forages.

Ces informations géologiques et pétrolières tirées du forage d'une manière directe vont être complétées par d'autres pour avoir plus d'information et pour permettre à l'explorateur d'augmenter la certitude de l'existence d'hydrocarbures en profondeurs. Il s'agit des opérations de diagraphies.

1.2.7.4 Diagraphies :

On désigne par diagraphie (du grec dia, « à travers », et graphein, « dessiner ») ou, plus couramment, par le terme américain log (qui signifie bûche, rouleau...) tout enregistrement continu des variations, en fonction de la profondeur, d'une caractéristique donnée des formations traversées par un sondage (figure 1.15).

La méthode indirecte, des diagraphies permet de déterminer la nature de la roche, ses composants en fluide et ses paramètres pétro physiques (porosité, perméabilités, saturation en fluide etc.).

Ces éléments sont déterminés à partir de l'interprétation de ces paramètres physiques tels que la radioactivité, vitesse de son, résistivité...) enregistrés, permettent aussi une approche de l'évolution verticale du faciès de la roche (figure 1.17).

Des outils de plus en plus performants sont utilisés dans ce domaine pour mieux approcher les faciès des roches, les caractéristiques des réservoirs, la nature des fluides, les pressions et même les débits.

Les données de géologie de sub-surface et de diagraphies, complémentaires sont interprétées et un log complet avec toutes les informations concernant les terrains, les réservoirs et fluides rencontrés au cours du forage est établi (figure 1.16)

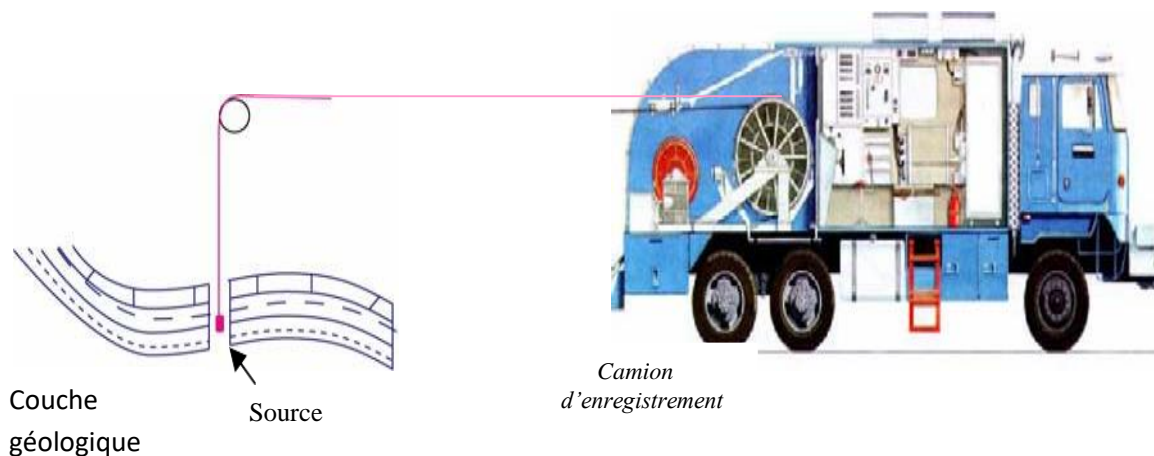


Figure 1.15 : méthode de mesure (diagraphie).

Figure 1.16 : Log composite avec diagraphies interprétées

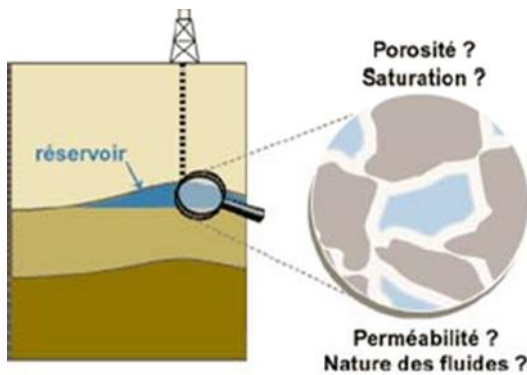
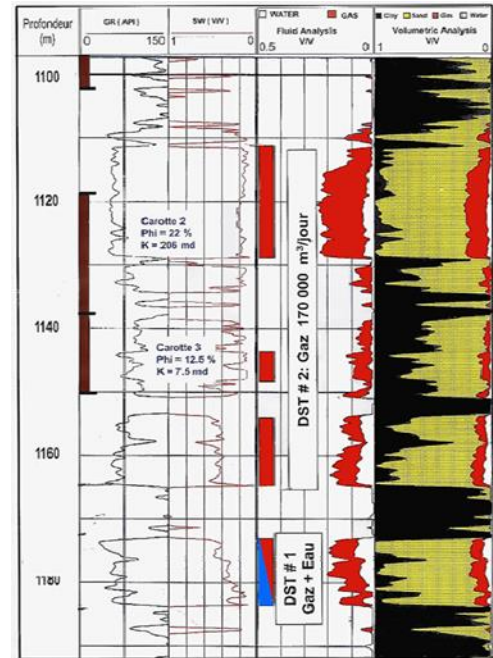


Figure 1.17 : Principe de mesure de diagraphies.

Nous venons de voir le forage sur terre dit Onshore mais il existe et sont nombreux les forages sur mer dits Offshore.

Si sur le plan recherche géologique c'est le même principe en forage à l'Offshore c'est les techniques de forage qui fait la grande différence.

Dans le cas de l'offshore des techniques et technologie de plus en sophistiquées sont utilisées pour aller le plus loin possible en profondeur et aller chercher les hydrocarbures là où ils se trouvent même dans de grandes profondeurs (figure 1.18).

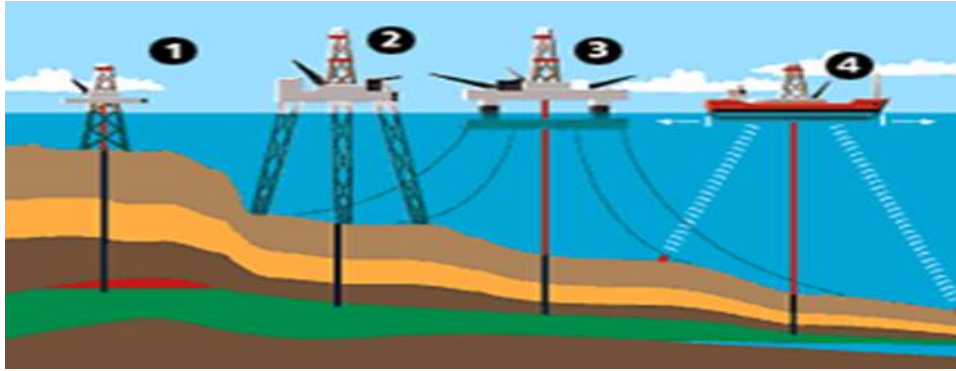


Figure 1.18 : différentes techniques de forages offshore.

Les forages pétroliers actuels peuvent atteindre les 3000 mètres de profondeur.

Différentes techniques de forage offshore sont utilisées telles les plates-formes géantes qui sillonnent les mers et les océans où elles apparaissent comme des îles.

En Algérie, la recherche est au stade de la prospection. Des études sont en cours pour déterminer le potentiel pétrolier de ce domaine.

1.2.7.5 Test de formation ou ‘test de vérité’ :

Les travaux réalisés vont-ils aboutir par la présence ou pas d’hydrocarbures, c’est le test de formation. Il s’agit d’une opération cruciale et le moment de vérité de tout le processus d’exploration Y a-t-il ou pas d’hydrocarbures tant convoités ?

L’opération consiste à mettre les couches supposées réservoirs en situation de débit et ainsi les hydrocarbures peuvent être observés en surface.

Mais avant de ramener ces hydrocarbures en surface, un dispositif sécuritaire est installé car le risque est omniprésent. Le maximum de précaution est à prendre et une équipe spécialisée d’intervention est en place. Pour éviter des situations fatales, des précautions doivent être prises et entre autre un meeting de sensibilisation en matière de sécurité est organisé avant l’opération. Ce meeting regroupe tout le personnel concerné par cette opération.

Les intervalles testés sont déduits des résultats intégrés des interprétations géologiques et diagraphiques. Même si ces dernières militent pour l’existence des hydrocarbures, le test de Formation constitue l’unique voie permettant de dire s’il y a présence ou pas d’hydrocarbures.



Figure1.19 : teste positif qui témoigne de l'existence des hydrocarbures.

Une issue heureuse pour les explorateurs, l'équipe vient d'assister à un test positif comme le montre cette photo de la torche allumée, témoin de l'existence d'hydrocarbures en profondeur (figure1.19 ; 1.20)



Figure 1.20 : Pour des raisons de sécurité, la torche est éloignée du forage à environ un (01Km)

Dans le cas où le forage est négatif, le puits est abandonné et le site est remis à son état initial. Toutes ces activités pétrolières se font dans le respect de l'hygiène, santé et de l'environnement (HSE).

Ce respect reste la préoccupation et le souci majeur de tous les acteurs présents sur le site. Ainsi, chacun est responsable de près ou de loin à tout ce qui touche à la santé, à la sécurité ou à l'environnement pouvant être subit par des agressions du fait de notre activité.

Dans le souci, de protéger les milieux naturels, le personnel est constamment sensibilisé et mobilisé pour le respect de ces actions indispensables pour ne pas nuire à l'environnement et à l'écosystème fragile. Ces actions sont suivies, supervisées et contrôlées par des experts en la matière.

1.2.7.6 L'appréciation de la découverte :

Une fois l'explorateur est certain de la présence d'hydrocarbures après le test, on procède à l'évaluation des réserves avec l'implantation d'autres forages pour cette fois-ci non pas pour connaître l'existante où pas d'hydrocarbures mais pour évaluer et cerner l'accumulation d'hydrocarbures autrement dit, apprécier la découverte.



Figure 1.21 : puits délinéation.

Ceci afin de déterminer la rentabilité du gisement découvert avec la réalisation de deux ou trois puits appelés puits de délinéation pour ensuite passer au développement du gisement une fois la commercialité du gisement est déclarée (figure 1.21).

Ce dernier va faire l'objet d'étude de détail notamment de réservoirs pour optimiser la production car les coûts engendrés sont extrêmement élevés et se chiffrent à quelques dizaines de millions de dollars rien que pour la phase d'exploration.

Le coût d'exploitation du gisement est encore plus élevé pouvant atteindre des centaines de millions voire des milliards de dollars.

Il reste maintenant à savoir comment développer et produire tout au long de la vie du gisement qui peut en moyenne, durer une vingtaine d'années voir plus selon les spécificités du gisement avant de lancer la mise en production d'un champ pour assurer l'extraction des hydrocarbures du champ ainsi étudié.

1.3 Zone d'étude :

Notre projet d'étude est réalisé sur les puits inactif (AP) dans les wilayas de Tébessa et Khenchla à l'Est algérien près des frontière Algéro-Tunisienne (Figure 3.1).

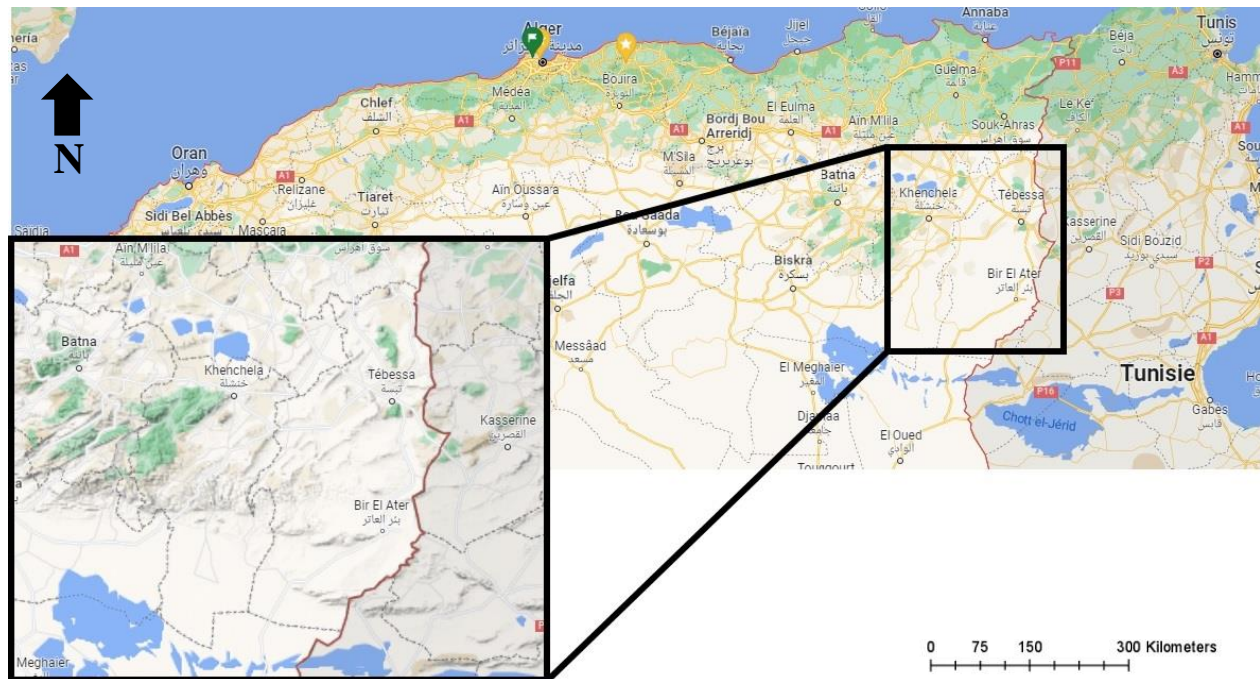


Figure 3.1 : Situation géographique de la zone d'étude

a-Wilaya de Khenchla :

Située à l'Est du pays, au Sud Est du Constantinois, et au contrefort du mont des Aurès, la wilaya de Khenchla, s'étend sur une superficie de 9.715 km². De part, sa position géographique, la wilaya de Khenchla est limitée par cinq (05) wilayas, à l'Est Tébessa au sud El Oued à l'Ouest Biskra et Batna et au Nord Oum el Bouaghi. Ces wilayas demeurent liés par des liens très étroits dans tous les domaines de l'activité économique et sociale, elle constitue également, un trait d'union non moins appréciable entre le Nord/Est et le Sud du pays. Elle se trouve ainsi, située aux portes des grandes villes du sud et non éloignée des villes métropoles du nord. La structure physique au niveau de Khenchla est très hétérogène. Elle se caractérise par trois régions naturelles distinctes :

- Les hautes plaines au Nord
- La zone montagneuse
- Les parcours steppiques et sahariens

b-Wilaya de Tébessa :

Située au Nord-Est, la wilaya de Tébessa avec ces 13878 km² se rattache naturellement à l'immense étendue steppique du pays, elle est limitée au Nord par la wilaya de Souk-Ahras, à l'Ouest par les wilayas d'Oum El Bouaghi et Khenchla, au Sud par la wilaya d'El Oued et à l'Est, sur 300 km de frontières, par la Tunisie. La wilaya de Tébessa englobe 28 communes, dont dix (10) frontalières, encadrées par douze (12) daïras.

La superficie des parcours steppiques représente plus de la moitié de la superficie totale de la wilaya. Cette dernière se divise en quatre groupes homogènes du côté des données climatiques, édaphiques et couvert végétal :

1. Zone Nord de la wilaya, à vocation céréalière et élevage, d'une superficie de 135000 ha (10 % de la superficie de la wilaya).
2. Zone pré-steppique des Hauts-Plateaux de la wilaya, d'une superficie de 229450 ha (17%).
3. Zone pastorale et steppique (alfa, atriplex, armoise).
4. Zone présaharienne, représente 15 % de la superficie de la wilaya (202457 ha).

1.3.1 Géologie locale :

Les connaissances géologiques sur la région d'étude sont largement inspirées des travaux et études régionaux et des synthèses sur le massif des Aurès sur les hautes plaines steppiques et sur les zones humides (figure3.2). La plupart de ces études ont été axées sur les caractères stratigraphiques, géomorphologiques, sédimentologiques et structuraux. Le secteur d'étude est composé de formations sédimentaires : une formation triasique diapirique, une formation carbonatée et un important dépôt alluvionnaire d'âge Mio-Plio-Quaternaire.

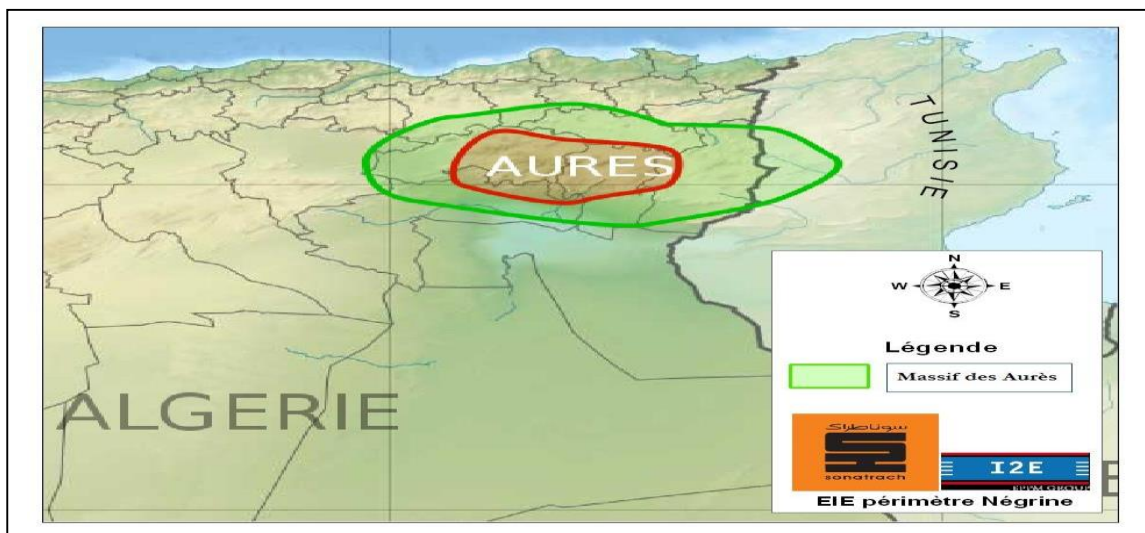


Figure 3.2: Localisation du massif des Aurès(SH)

1.3.2 Litho stratigraphie :

D'après l'inventaire stratigraphique dressé par plusieurs géologues, les terrains les plus anciens sont attribués au Trias et les plus récents au Quaternaire.

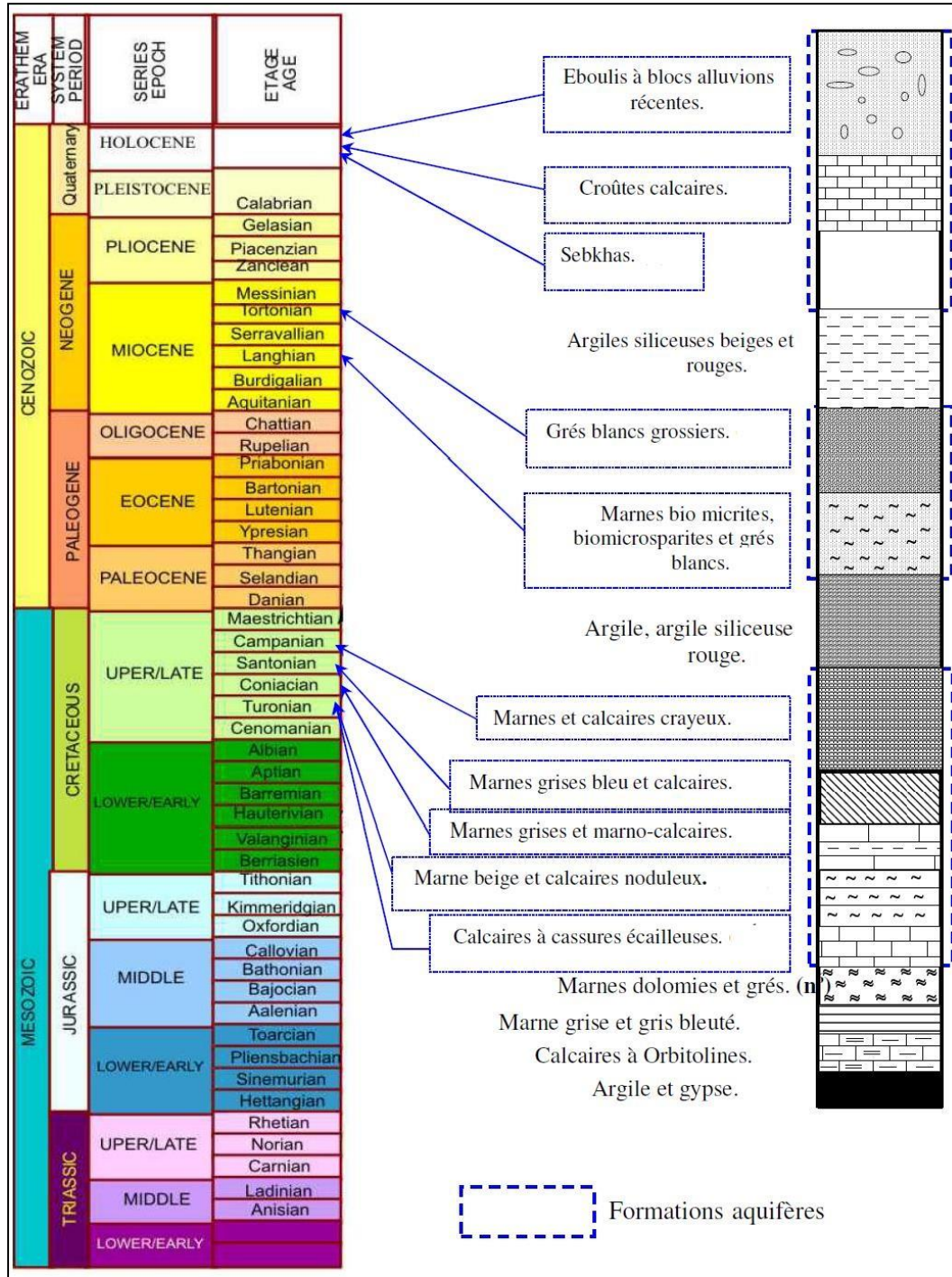


Figure 3.3 : Log stratigraphique de la zone d'étude.

Mésozoïque

a) Trias

Le Trias affleure toujours en position anormale, il est formé de pointements diapiriques nombreux jalonnant les accidents tectoniques (Para-autochtone). Les affleurements triasiques sont assez nombreux et très localisés à proximité de Khenchela, où ils isolent le Miocène du Crétacé suivant une bande de 4 à 5 km de long et 300 à 400 m de large et sur les Djebels el Krouma et Knif le Trias est en contact anormal avec l'Albien, le Cénomaniens et le Sénonien.

b) Jurassique

La lithologie des formations Jurassiques dans l'Aurès se distingue par un large développement des faciès carbonatés (Calcaires et dolomies) parfois argileux (Schistes argileux, et calcaires argileux, siliceux et béchiques). Elles renferment parfois des intercalations de marnes jaunes et rouges dont l'épaisseur peut atteindre 400 mètres.

L'épaisseur totale de ces dépôts dans la région peut être évaluée à 4000 voire 6000 mètres.

Lias : Peu présent dans la région, il est localement représenté par des schistes tendres contenant parfois des ammonites pyriteuses.

Dogger : Le Jurassique moyen (Aalénien) est constitué par une série d'alternance ; de dolomies, de calcaire et de marne avec des gypses.

Malm : Il est constitué par 15mètres d'épaisseur d'une alternance des calcaires noduleux et des marnes.

c) Crétacé

Le Crétacé est subdivisé en Crétacé inférieur ou série gréseuse (Berriasien à l'Albien) et en Crétacé supérieur ou série marno-calcaires (Cénomaniens à Maestrichtien).

Crétacé inférieur :

Il couvre une grande partie des Anticlinaux du Djebel Chelia, Anticlinal de Khenchela, il affleure aussi au Kef Tifekressa, Ras Serdoun, Djebel Chenntgouma, Djebel Faraoun et Djebel Aidel.

Crétacé supérieur :

Il occupe une grande superficie à l'affleurement dans l'Aurès et forme l'essentiel des affleurements Mésozoïques dès les confins de l'Aurès. Dans la région d'étude il affleure au Djebel Aurès, Djebel Djahfa, El Krouma, Khenchela, El Khallel, Djebel Chettaia etc

Cénomaniens :

Il est présent dans tous les grands anticlinaux de l'Aurès. Il est essentiellement calcaro-marneux. La partie inférieure est surtout marneuse. La partie supérieure est constituée de bancs calcaires massifs mais peu épais. L'épaisseur de cette formation est très variable, elle peut atteindre 500 à 600 mètres au coeur de l'Aurès.

Turonien :

Le Turonien occupe à l'affleurement les plus grandes surfaces de l'Aurès (pendage faible). Le Turonien comporte, en effet, au-dessus des marno-calcaires de base, un ensemble de marnes beiges et calcaires.

Sénonien :

Le Sénonien est représenté dans tous les synclinaux de l'Aurès. Il est très épais 2000 mètres en moyenne. Dans cette région il affleure au Sud de la plaine de Rémila, sur le flanc Nord de l'Anticlinal du Djebel Chelia avec un faciès principalement marneux. Son épaisseur peut être très importante et atteindre 1000 à 2000 mètres.

Coniacien :

Il présente un horizon de marne et de marno-calcaires. Le Coniacien est présent au niveau de Ras Tafer Kennfad et à l'entour du Djebel el Kharroub.

Santonien :

Le Santonien est constitué de faciès marneux, de marne gris-bleu et calcaire, il affleure à l'entour du Djebel el Kharroub et Djebel Aourès. Constitué de marne et calcaires crayeux, et affleuré au Djebel Chettaia, Djebel Aourès, à Douar Ouled Ensirha et à l'entour des Djebels Chettaia et El Krouma.

Maestrichtien :

Le Maestrichtien est assez différent ; il est subdivisé en :

- Maestrichtien inférieur à dominante marneuse.
- Maestrichtien supérieur constitué par des calcaires à Inocérames.

Cénozoïque

a) Paléogène

b) Paléocène : Le paléogène marin, au Danien marin succède en concordance, des couches marines, marno-calcaires, dans lesquelles, latéralement, en certains points, s'intercalent des couches lacustres et des couches rouges d'origine lagunaire ou plutôt continentale, mais il s'agit là de conditions exceptionnelles de l'Eocène inférieur (Yprésien) et l'Eocène moyen (Lutétien) sont essentiellement marin.

Eocène inférieur (Yprésien) : C'est dans le Sud-est de l'Aurès, que le Nummulitique est le plus développé ; et peut être le seul affleurement existant dans le terrain est celui de A. Eguelmamène constitué par des calcaires à silex. Au début de l'Eocène, et pendant la période Paléocène, c'est-à-dire pendant le Montien et le Thanétien, la mer semble avoir recouvert l'Aurès d'une manière assez uniforme.

b) Néogène

Dans les limites de la partie centrale des Aurès, les dépôts Néogènes sont représentés surtout par des conglomérats du Miocène qui remplacent vers le Sud par des formations marines normales (calcaire, marne...). Les dépôts de cette période se caractérisent par des changements fréquents des faciès suivants des directions différentes ; la présence des conglomérats est liée à l'émersion.

c) Le Quaternaire

Les formations récentes sont aussi largement répandues à la périphérie de l'Aurès qu'ils sont rares dans le centre du massif : ils sont représentés uniquement par des éboulis et des terrasses, tandis qu'ils forment en périphérie, de larges et d'épaisses nappes alluviales.

Les dépôts quaternaires recouvrent le majeur parti des plaines, ce sont des éboulis à blocs, alluvions récentes ou actuelles, terres arables, alluvions anciennes, glaciaires polygéniques nappant les reliefs et des croûtes calcaires.

1.3.3 Géomorphologie superficielle :

La région d'étude se situe à cheval entre le domaine Atlasique oriental et une partie de la zone des Chotts correspondant au Sillon Nord Saharien. Ces deux zones représentent deux entités structurellement différentes à savoir :

- Une zone septentrionale appartenant au domaine Atlasique, très déformée et constituée par des reliefs montagneux où affleurent des terrains allant du Crétacé à l'Éocène, séparés par des bassins intra montagneux remplis de terrain Pliocène – Quaternaire ;
- Une zone méridionale qui représente un domaine effondré, relativement stable et peu tectonisé, recouvert de terrains Néogènes.

Ces deux entités sont séparées par une zone d'accidents représentée par des fractures régionales orientées globalement Est-Ouest, affectant les terrains Mésozoïque et Cénozoïque. Cette limite est connue sous le nom de l'accident Sud Atlasique.

1.3.4 Hydrologie et hydrogéologie

1.3.4.1 Hydrologie

La carte ci-dessous (Figure 3.4) met en évidence le réseau hydrographique de la zone d'étude. Dans la zone d'étude, les écoulements sont rares, brusques et occasionnels. Ils dépendent du régime des pluies orageuses et irrégulières. Les cours d'eaux coulent seulement lors des pluies violentes. Leurs eaux se perdent en général dans les dépressions fermées ou s'infiltrent dans les plaines. Ainsi le réseau hydrographique n'apparaît qu'à l'occasion des crues.

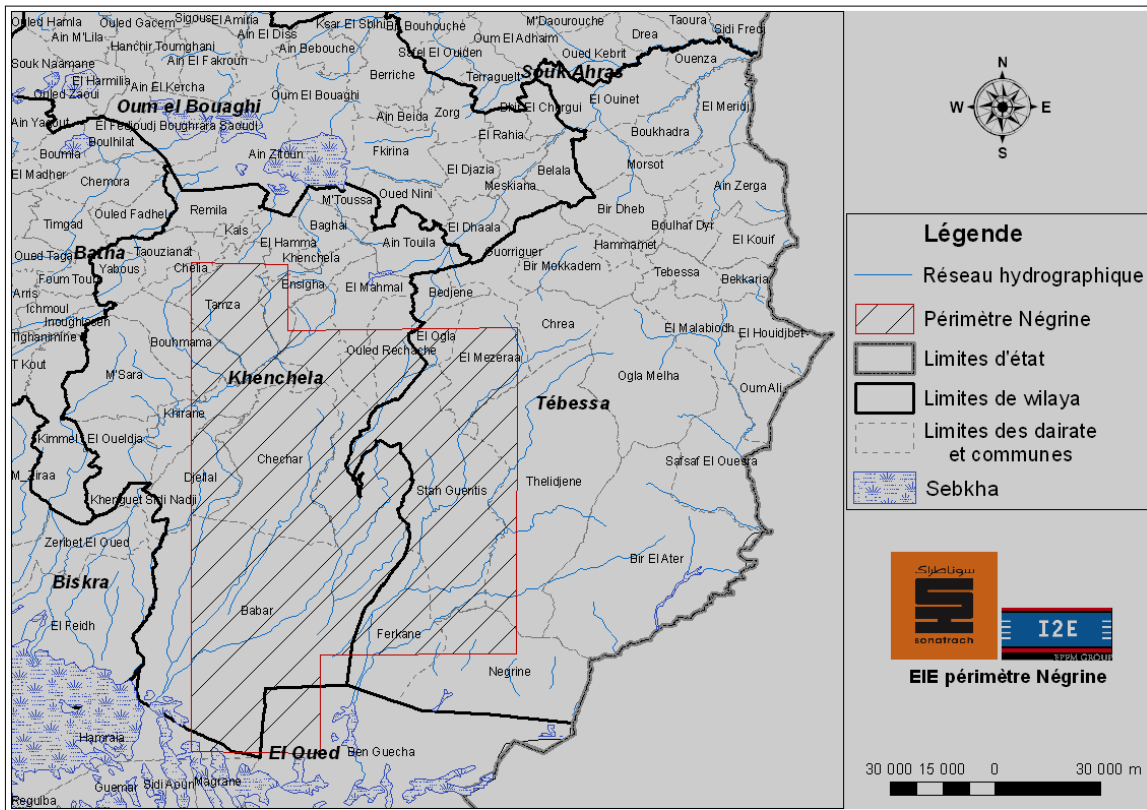


Figure 3.4 : Réseau hydrographique de la zone d'étude

a. Tébessa

L'ensemble des terrains de la wilaya est découpé par un chevelu très dense d'oueds principaux et d'oueds secondaires. Tous ces affluents qui n'ont pour but que le drainage de différentes montagnes ainsi que les piémonts et les plaines parcourent la wilaya de Tébessa et la partagent en zones disproportionnées. Dans la région nord par exemple, se trouve Oued Mellègue et Oued Ksob, dans la région Centre Oued Chéria et dans la région Sud Oued Soukies et Oued Djeurch. Tous ces oueds, à l'exception d'Oued Cheria qui a un écoulement temporaire, ont un écoulement permanent, c'est à dire leurs lits sont submergés durant sept mois sur douze par une lame d'eau atteignant en moyenne une hauteur de 10 cm (sauf en cas de crue).

b. Khenchela

La wilaya est drainée par deux (02) grandes familles d'oueds :

- Les uns se dirigent vers le Nord pour se déverser généralement dans la dépression du tarf (Oued Baghai, Oued Kais, Oued Boulefrains, Oued Tamza etc....).
- Les autres, toujours parmi les plus importants (Oued El Abiod, Oued El Arab, Oued Mellagou et Bejer) se dirigent vers le Sud pour se déverser dans les chotts.

1.3.4.2 Hydrogéologie :

Le système aquifère du sahara septentrional (SASS) désigne la superposition de deux principales couches aquifères profondes (figure 3.5) :

1. La formation du continental intercalaire (CI) : qui est la plus étendus et la plus profonde.
2. Le complexe terminal (CT) très sollicité dans la région des chotts.

Sur chacune de ces nappes souterraines s'exerce des contraintes qui limitent la faculté d'exploiter leur potentiel. Ces contraintes sont de l'ordre économique et environnemental liés à l'exploitation et à la vulnérabilité des nappes sahariennes qui constituent aujourd'hui les contraintes les plus déterminantes. La nappe du Complexe Terminal est exploitée dans la région du Bas-Sahara ou région des Chotts. La prépondérance de l'exploitation de cette nappe s'explique par le fait qu'elle est accessible à des profondeurs souvent inférieures à 500 m et avec des conditions de mobilisation facilement maîtrisables (figure 3.2).

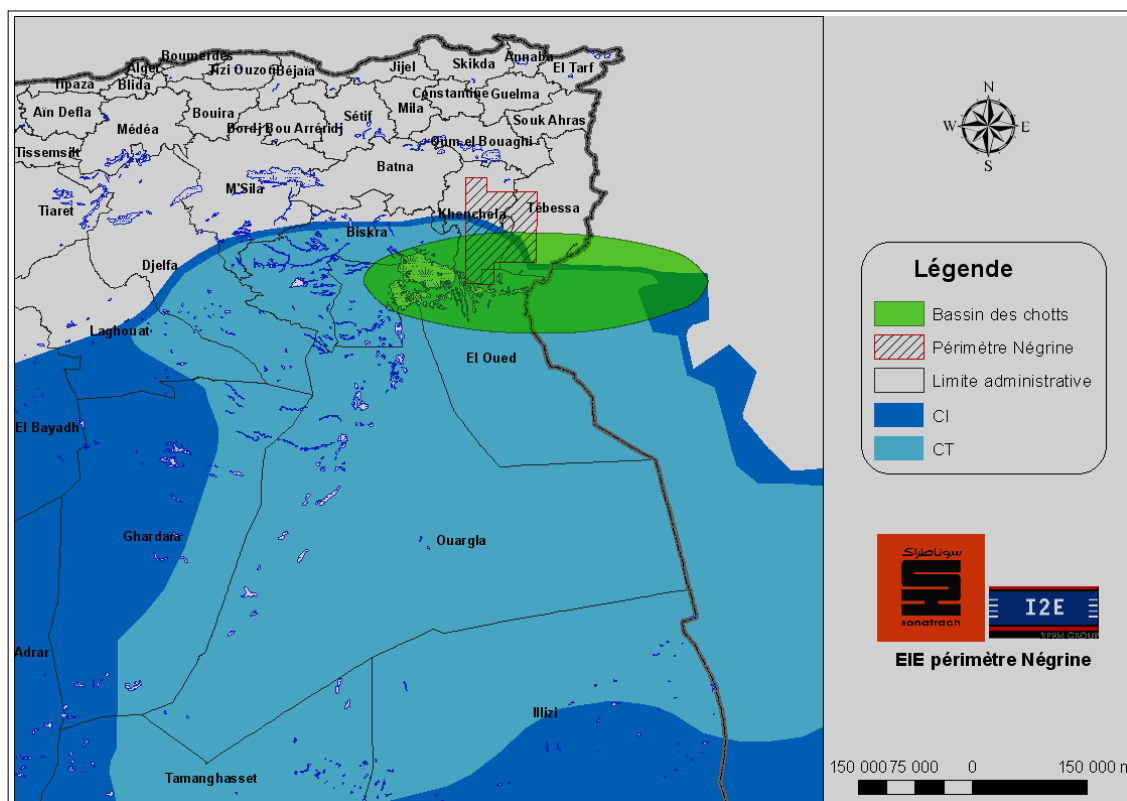


Figure 3.5 : Le système aquifère de sahara septentrional (SH)

Année	1950	1955	1960	1960	1965	1970	1970	1980	1985	1990	1995	2000
Total Fp Tébessa (l/s)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	144,0	465,3	485,3	460,3
Total Fp Khenchela (l/s)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,4	255,8	255,8	228,8
Total (Fp + Fa) El Oued (l/s)	3011,0	3021,0	3034,0	3329,0	4280,0	4280,0	4118,9	4060,7	5656,5	7983,5	9815,2	10667,7

Tableau 1.1 : Historique des prélèvements sur le Complexe Terminal par wilaya

1.3.5 Flore

1.1 Tébessa :

La végétation naturelle de la wilaya de Tébessa se caractérise par des espèces qui s’adaptent aux conditions pédo-climatiques de la région. Les différentes espèces qui la composent correspondent à l’étage semi-aride. Il y a le pin d’Alep (*Pinus halepensis* Mill.) (Apiacées), le chêne vert (*Quercus ilex* L.) (Fagacées), le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.) (Cupressacées), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) (Labiatae) et L’alfa (*Stipa tenacissima* L.) (Graminées) s’y trouvent.

Ces différentes formations trouvent des conditions plus ou moins favorables à leur développement et les précipitations qui dépassent les 300 mm/an.

1. Les forêts
2. Les maquis
3. L’alfa

1.2 Khenchla :

La couverture végétale de la wilaya de Khenchela est composée de trois (03) strates : Arbres, arbustes et plantes pérennes. La végétation varie selon les différentes régions naturelles. Ainsi, au niveau des hautes plaines du nord se trouvent essentiellement des types de végétation basse ; Armoise ou Chih (*Artemesia Helba, Alba*), Guetaf (*Atriplex*), salsola, jujubier (*zizyphus*).

La zone centrale peut être divisée en deux (02) parties :

- a- La partie ouest boisée et la partie est (Monts des Nmemcha) a forêts dégradée. Parmi les espèces rencontrées, en plus de la strate arbre (Pin d’alpes, Cèdre vert, Pin noir, Cyprès, Frêne), l’alfa, l’armoise, jujubier, R’tem, Accacia, Genévrier de phinicie sont rencontrés.
- b- Dans la région sud, formé par les parcours steppiques et sahariens, les principales espèces rencontrées sont : Tarfa (*Tamarix*), R’tem (*Ratama*), Accacia, Salsola, Guetaf (*Atriplex*) et Sparthe.

1.3.6 Faune :

La zone d'étude abrite une grande variété d'espèces animales. Dans le nord du périmètre, des montagnes et des forêts dans lesquels cohabitent les renards, lièvres, belettes, chats sauvages, hérissons, chacals et sangliers.

Dans les aires, les montagnes restent le domaine des aigles, faucons et vautours alors qu'en ville, les cigognes, de passage en hiver, installent leur nid sur le toit des usines désaffectées ou sur les minarets des mosquées.

Quant à la partie centrale abrite de nombreuses espèces endémiques, souvent menacées. Parmi les animaux, figurent le Macaque berbère (*Macaca sylvanus*), le Léopard de Berbérie (*Panthera pardus panthera*), le Cerf de Barbarie (*Cervus elaphus barbarus*), le Mouflon à manchettes (*Ammotragus lervia*), la Gazelle de Cuvier (*Gazella cuvieri*), l'Ibis chauve (*Geronticus eremita*), le Cincle plongeur (*Cinclus cinclus*) et la Vipère naine de l'Atlas (*Vipera monticola*).

Le Sud du périmètre d'étude abrite une faune composée pour l'essentiel de fennecs, gazelles, gerboises, chats des sables, guépards, porcs-épics et lézards.

1.3.7 Zones agricoles :

Le secteur de l'agriculture emploie près de 35% de la population active du périmètre d'étude. Plusieurs projets de lutte contre la désertification et du développement du pastoralisme ont été engagés dans la zone d'étude. L'État prévoit la régénération, la réhabilitation des terres par la plantation pastorale dans les zones très arides et la réalisation de correction torrentielle et l'irrigation par épandage des eaux de crues. De nombreux arbres furent plantés afin de ralentir l'avancée du désert comme le barrage vert a noté que le secteur de l'agriculture au sud de cette région très aride et sans intérêts.

a. Tébessa :

La wilaya dispose de 312.175 ha de terres agricoles (38 % de la superficie totale) dont près de 14.225 ha sont irrigués et de 171 000 ha en exploitations forestières et enfin 280000 ha comme zones alfatières. Elle dispose aussi d'un cheptel estimé à 875.000 têtes ovines et 152.000 têtes caprines.

La production végétale est très diversifiée, céréales d'hiver, fourrage sec, maraîchage, fruits, olives et dattes.

b. Khenchla :

Le secteur de l'agriculture est considéré comme étant la principale activité économique de la wilaya. La superficie agricole utile représente 232.395 ha soit 24,10 % de la superficie agricole totale de la wilaya. La superficie irriguée est de 196.104 ha. L'arboriculture prédominante se propage au niveau de la zone des Hauts-Plateaux et des plaines. La production arboricole connaît une nette évolution due au programme de reconversion de la céréaliculture en arboriculture fruitière.

Le potentiel de développement dans ce secteur se situe dans :

- L'élevage ovin et bovin.
- Les petits élevages.
- L'aliment de bétail.

Chapitre II

Problématique

Ce chapitre présente un survol des enjeux économiques, environnementaux, sociaux et sanitaires de l'industrie pétrolière et gazière. Ensuite, nous abordons les différentes activités du segment en amont de l'industrie pétrolière et gazière en décrivant le processus d'exploration., ainsi que les enjeux environnementaux, sanitaires et sociaux qui y sont associés. Après nous analysons les lois et règlements en vigueur depuis le début des opérations pétrolières et gazières.

2.1 Industrie pétrolière et gazière : survol des principaux enjeux :

Dans cette section, nous verrons l'importance économique de l'industrie pétrolière et gazière au niveau mondial, en Algérie, ainsi que les principaux enjeux environnementaux, sociaux et sanitaires qui y sont associés.

2.1.1. Importance économique :

Depuis des décennies, les hydrocarbures fossiles occupent une place importante dans notre vie. En effet, la majorité de nos activités quotidiennes ont un lien, à un degré ou à un autre, avec cette ressource non renouvelable. Au début, les hydrocarbures ont été utilisés à des fins domestiques, domaines d'utilisation qui ont ensuite été étendus au transport, à la production pharmaceutique, de plastiques et d'engrais et à bien d'autres domaines (Mousseau, 2008). Cette dépendance a donné à l'industrie pétrolière un pouvoir presque monopolistique sur l'économie mondiale.

Au niveau mondial, les hydrocarbures ont joué un rôle très important dans le développement des sociétés (La France, 2002). Ils ont été le principal facteur de la révolution industrielle, et jusqu'à ce jour, l'économie mondiale demeure étroitement liée à ces hydrocarbures. En effet, le développement croissant que l'humanité a connu depuis le début de l'Anthropocène a conduit à une augmentation de la demande mondiale en énergie. Cependant, les énergies fossiles, en raison de leur disponibilité et de leur potentiel énergétique élevé, restent la source d'énergie la plus utilisée au monde (Agence internationale de l'énergie (AIE), 2018). Parallèlement, d'autres sources d'énergie ont été utilisées ces dernières années, telles que les biocarburants et les énergies éolienne et solaire, mais l'efficacité énergétique et le problème de stockage (notamment pour l'énergie éolienne et solaire) constituent un obstacle majeur à leur développement (Odru, 2013).

En effet, la circulation mondiale des produits pétroliers (plus de deux tiers des hydrocarbures extraits dans le monde font l'objet d'échanges commerciaux) et les surplus financiers générés par cette circulation ont favorisé le rôle des hydrocarbures comme

accélérateur de la mondialisation (Semmoud, 2010).

Par conséquent, la santé de l'économie mondiale est liée aux variations des prix de pétrole plus que tout autre facteur, d'autant plus que l'on savait par le passé que les conflits géopolitiques et les catastrophes naturelles affectaient les économies (Semmoud, 2010).

En Algérie, les ressources naturelles jouent un rôle de premier plan dans le développement du pays. On y trouve plusieurs ressources naturelles fossiles comme le pétrole, le gaz naturel et les minerais métallifères. Avec d'importantes réserves pouvant atteindre 14 milliards de barils de pétrole, 45 trillions de pieds cubes de réserves en gaz naturel, l'Algérie occupe une place importante dans le marché mondial des énergies fossiles. D'autre part, l'industrie pétrolière et gazière était le premier contributeur aux recettes publiques du pays avec des rentrées totalisant 20 milliards de dollars pour l'année 2021 et parie pour l'année 2022 sur près de 40 milliards de dollars d'exportations. (Ministre du commerce, Algérie). En termes d'emploi, le secteur emploie 41 204 salariés (180 000 avec ses filiales), et génère 30 % du PNB de l'Algérie. (SH, 2018).

En Algérie, le premier puits foré à des fins d'exploration d'hydrocarbures fossiles date de 1953. Depuis, près de 67 puits ont été forés un peu partout dans notre région d'étude (Tébessa et Khenchla). Néanmoins, la production pétrolière et gazière a eu peu d'impact sur l'économie de la région. En effet, il y a eu de nombreuses tentatives de trouver des réserves d'hydrocarbures conventionnels commercialisables, mais les résultats des activités d'exploration ont été majoritairement négatifs, apparemment en raison du faible potentiel du sous-sol.

2.1.2. Principaux enjeux environnementaux :

L'exploration des hydrocarbures pétroliers et gaziers peuvent avoir des impacts négatifs sur l'environnement. Ceux-ci sont susceptibles de survenir à toutes les étapes des activités d'exploration et d'exploitation. En effet, l'industrie pétrolière se divise en trois grands segments : le segment en amont qui comprend les activités sismiques, l'exploration et l'exploitation ; le segment intermédiaire qui commence par le traitement initial des hydrocarbures, le transport (routier, ferroviaire ou maritime), puis le stockage et la commercialisation du produit brut ; enfin, le segment en aval qui comprend le raffinage et la distribution des produits pétroliers raffinés (Campbell, 2016).

De nombreux effets négatifs sur l'environnement sont associés au segment en amont, notamment la perturbation de la faune et la flore, le déversement de produits chimiques et de pétrole, ainsi que le risque de contamination des eaux souterraines et de surface (Aba et Kavak, 2019 ; McMahan et al., 2018 ; Wisen et al., 2020).

Pendant le segment intermédiaire, les risques les plus importants concernent les déversements causés par les accidents lors du transport routier, ferroviaire ou maritime des hydrocarbures, ainsi que le risque d'explosion et de fuites des pipelines (Aba et Kavak, 2019 ; Addy et al., 2016 ; Elkin, 1968).

Enfin, dans le segment en aval, l'émission des gaz à effet de serre (GES) constitue le principal phénomène pouvant survenir soit durant le processus de raffinage des hydrocarbures, soit en utilisant les produits raffinés (industrie et transport) (Elkin, 1968). Comme nous nous intéressons uniquement aux activités qui se passent au niveau des puits (les travaux sismiques, l'exploration), les enjeux environnementaux relatifs au segment en amont seront présentés plus en détail dans la section 1.2.

2.1.3. Principaux enjeux de santé et de sécurité :

Étant donné que la santé humaine est étroitement liée à la santé de l'environnement, tout impact négatif sur la qualité de ce dernier affectera directement la santé humaine (Lebel, 2003). En fait, les effets néfastes de l'industrie pétrolière ne s'arrêtent pas uniquement à l'environnement, ils ont des conséquences graves non seulement sur la santé des travailleurs et travailleuses, mais aussi sur la santé de la population en général.

Le segment en amont du cycle de vie d'un puits de pétrole ou de gaz comporte des risques importants pour la santé et la sécurité des personnes travaillant dans cette industrie ou vivant à proximité. En fait, les travailleurs et travailleuses font face à de nombreux risques notamment l'intoxication par les gaz toxiques contenus dans le sous-sol comme le sulfure d'hydrogène (H₂S), les explosions et les incendies (Chevalier et al., 2015). De même, une contamination des eaux souterraines et de surface causée par des fuites susceptibles de survenir au cours ou après le forage pourrait poser des risques sur la santé des consommateurs (Chevalier et al., 2015).

Les risques associés au segment aval constituent principalement les émissions des GES. En effet, le raffinage et la combustion des produits pétroliers raffinés émettent d'énormes quantités de GES, ce qui contribue au réchauffement climatique. De plus, les émanations des raffineries conduisent à la production de la pluie acide qui contamine par la suite les eaux de surface (Amadi, 2014).

2.1.4. Principaux enjeux sociaux :

En plus des effets environnementaux et sanitaires, les hydrocarbures peuvent avoir des impacts aux niveaux économique et social. En effet, le fait d'avoir des réserves pétrolières ou gazières ne signifie pas nécessairement que le pays a une économie forte (Sarkis, 1971). Par exemple, malgré leur immense potentiel en ressources naturelles, des pays producteurs d'hydrocarbures en Afrique, au Moyen-Orient et en Amérique latine sont majoritairement parmi les pays les moins avancés (Maurice et al., 2001). De plus, la fluctuation des prix du pétrole et de gaz affecte directement le niveau de vie des pays dont l'économie est principalement centrée sur l'exportation des hydrocarbures (Maurice et al., 2001).

D'autres impacts sur la qualité de vie sont associés aux activités reliées au secteur des hydrocarbures. On recense notamment la perturbation par le bruit, la circulation des engins, les vibrations et la luminosité intense causant des nuisances pour les personnes habitant à côté des chantiers de travaux (Chevalier et al., 2015). De plus, d'autres études ont confirmé que plusieurs problèmes sociaux sont susceptibles de se produire lorsque les travailleurs déménagent dans les villes près des zones d'extraction des hydrocarbures. Ceci peut engendrer une hausse de la demande en services sociaux et services essentiels (éducation, services de soin, sécurité civile, etc.) résultants d'une croissance démographique. Cette croissance peut également engendrer des problèmes socioéconomiques tels qu'une pénurie de logements, une augmentation des loyers et des impacts négatifs sur le tissu social, notamment une hausse de la criminalité et des changements du mode de vie des communautés locales (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016 ; Chevalier et al., 2015). D'autres études ont confirmé que l'augmentation de la circulation dans les villes proches des sites d'extraction des hydrocarbures a causé une détérioration des routes locales accompagnée d'une hausse du taux d'accidents de route et un changement dans les habitudes de déplacement des communautés locales (Bouchard-Bastien et Gervais, 2016).

Des études ont été réalisées auprès des communautés ayant été impliquées dans des projets d'extraction des hydrocarbures, et celles-ci ont confirmé que ce type d'industries augmente la possibilité de déclenchement des conflits sociaux.

Le plus souvent, il s'agit de groupes de citoyens locaux qui s'opposent à l'exploitation des hydrocarbures sous prétexte de défendre les droits de l'environnement (Bouchard- Bastien et Gervais, 2016). En effet, l'acceptabilité sociale est devenue l'une des grandes barrières auxquelles font face, non seulement les projets extra-activistes, mais bien d'autres projets de 'développement' (Batellier et Maillé, 2017).

2.1.5 Les phases du segment en amont de l'industrie pétrolière et gazière :

Dans le cadre de ce travail, nous nous intéressons uniquement aux opérations pétrolières et gazières situées en milieu terrestre. Nous avons choisi de nous concentrer sur la première phase du segment en amont de l'industrie pétrolière et gazière, c'est-à-dire l'exploration, pour cela les enjeux environnementaux, sanitaires et sociaux seront détaillés dans la présente section.

1.2.1 La phase d'exploration :

Dans l'industrie pétrolière, la phase d'exploration se divise en deux étapes :

1) les opérations sismiques qui servent à donner une image structurale du site, et donc à estimer la présence de réservoirs d'hydrocarbures.

2) les opérations de forage qui consistent à creuser un trou dans la formation afin de confirmer ou d'infirmer la présence des hydrocarbures (UNEP, 1997).

En bref, la première étape de la phase d'exploration se concentre sur les études géophysiques et a pour but de produire une image structurale de la zone. Trois types de levés géophysiques sont utilisés :

Les techniques magnétiques, gravimétriques et sismiques de réflexion (Assaad, 2008) cité par (Malo et al., 2015).

La méthode la plus utilisée est celle des levés sismiques. Le principe de cette méthode est simple, il s'agit d'envoyer des ondes magnétiques provoquées en surface, le plus souvent générées par les vibrations de camions géants, des « camions-vibreurs ».

2.2 Cadre réglementaire et législatif :

2.2.1. Introduction :

Ce Point présente un résumé des lois, et réglementation.

La structure de ce point est la suivante :

Législation et réglementation algérienne relative à la protection de l'environnement.

2.2.2 LOIS :

Loi 83-13 du 02 juillet 1983 : relative aux accidents du travail et aux maladies professionnelles.

Loi n° 85-05 DU 16 février 1985 : relative à la protection et à la promotion de la santé.

Loi n° 88-07 du 26 janvier 1988 : relative à l'hygiène, sécurité et la médecine du travail.

Loi n°99-09 du 28 juillet 1999 : relative à la maîtrise de l'énergie.

Loi n°01-19 du 12 décembre 2001 : relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.

Loi n°01-20 du 12 décembre 2001 : relative à l'aménagement du territoire dans le cadre du développement durable.

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

Loi n° 04-03 du 23 juin 2004 : relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Loi n° 04-20 du 25 décembre 2004 : relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

Loi n° 05-12 du 04 août 2005 : relative à l'eau.

Loi n° 06-06 du 23 juin 2004 : portant loi d'orientation de la ville.

Art. 3. L'utilisation rationnelle de l'énergie couvre l'action d'optimisation de la consommation d'énergie aux différents niveaux de la production d'énergie, de la transformation d'énergie et de la consommation finale dans les secteurs de l'industrie, des transports, du tertiaire et du domestique.

2.2.3 DECRETS :

Décret exécutif n°84-378 du 15 Décembre 1984 : fixant les conditions de nettoyage, d'enlèvement et de traitement des déchets solides et urbains.

Décret exécutif n° 85-232 du 25 août 1985 : relatif à la prévention des risques catastrophiques.

Décret exécutif n° 90-245 du 18 août 1990 portant réglementation des appareils à pression du gaz.

Décret exécutif n° 91-05 du 19 janvier 1991 : relative aux prescriptions générales de la protection applicable en matière d'hygiène et sécurité en milieu de travail.

Décret exécutif n°93-120 du 15 mai 1993 : relative à l'organisation de la médecine de travail.

Décret exécutif n°93-161 du 10 juillet 1993 : réglementant le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu naturel.

Décret exécutif n°93-162 du 10 juillet 1993 : fixant les conditions et les modalités de récupération et de traitement des huiles usagées.

Décret exécutif n°93-163 du 10 juillet 1993 : portant institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles.

Décret exécutif n°93-184 du 27 juillet 1993 : réglementant l'émission des bruits

Décret exécutif n°03-410 du 05 novembre 2003 : fixant les seuils limites des émissions de fumée, gaz toxiques et des bruits par les véhicules automobiles.

Décret exécutif n° 03-451 du 1 décembre 2003 : définissant les règles de sécurité applicable aux activités portant sur les matières et produits chimiques dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression.

Décret exécutif n° 03-452 du 1 décembre 2003 : fixant les conditions particulières relatives au transport routier de matières dangereuses.

Décret exécutif n°04-199 du 19 juillet 2004 : fixant les modalités de création d'organisation, de fonctionnement et de financement du système public de traitement des déchets d'emballages.

Décret exécutif n° 04-409 du 14 décembre 2004 : fixant les modalités de transports des déchets spéciaux dangereux.

Décret exécutif n° 05-315 du 1 septembre 2005 : fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.

Décret exécutif n°06-138 du 15 avril 2006 : réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées vapeurs, particule liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.

Décret exécutif n°06-141 du 19 avril 2006 : définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Décret exécutif n°06-198 du 31/05/2006 : définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.

Décret exécutif n°07-144 du 19 mai 2007 : fixant la nomenclature de l'installation classée pour la protection de l'environnement

Décret exécutif n°07-145 du 19 mai 2007 : déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.

Décret exécutif n° 07-300 du 27 septembre 2007 : fixant les modalités d'application de la taxe complémentaire sur les eaux usées.

Décret exécutif n° 09-209 du 11 juin 2009 : octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autre que domestiques dans un réseau publique d'assainissement.

Décret exécutif n° 18-255 du 29 Moharram 1440 correspondant au 9 octobre 2018 modifiant et complétant le décret exécutif n° 07-145 du 2 Joumada El Oula 1428 : correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.

Décret exécutif n° 19-149 du 23 Chaâbane 1440 : correspondant au 29 avril 2019 relatif au constat d'entrée en phase d'exploitation des investissements.

Décret exécutif n° 19-241 du 8 Moharram 1440 correspondant au 8 Septembre 2019 modifiant et complétant le décret exécutif n° 07-145 du 2 Joumada El Oula 1428 : correspondant au 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.

Décret exécutif n° 22-167 du 18 Ramadhan 1443 correspondant au 19 Avril 2022 : modifiant et complétant le décret exécutif N° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 Mai 2006, Définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.

1.5.2. Législation algérienne de protection de l'environnement :

Aux lois adoptées par le Gouvernement s'ajoutent des mesures visant à l'application de la réglementation, principalement sous forme de décrets et d'ordonnances émanant de l'exécutif. Au niveau local, le wali émet des arrêtés qui adaptent la législation nationale pour tenir compte des circonstances locales.

Tableau III-1 : Législation algérienne relative la protection de l'environnement.

Thème principal : Gestion des hydrocarbures	
Décret exécutif n° 94-43 émis le 30 janvier 1994	Ce décret fixe les règles de conservation des gisements d'hydrocarbures et de l'abandon provisoire .
Loi n° 13-01 du 20 février 2013	Loi code des hydrocarbures
<p>Observation :</p> <p>Article 13. L'autorité de régulation des hydrocarbures est chargée, pour les activités hydrocarbures régies par la présente loi, notamment de veiller au respect de la réglementation en matière d'hygiène, de sécurité industrielle, d'environnement et de prévention et gestion des risques majeurs, notamment à la protection des nappes phréatiques et des aquifères à l'occasion de l'exercice des activités objet de la présente loi ;</p> <p>Article 17. Dans l'exercice des activités, objet de la présente loi, est observé le plus strict respect des obligations et prescriptions afférentes au contenu des lois et règlements en vigueur en matière de protection de l'environnement et de l'utilisation des produits chimiques notamment dans les opérations relatives aux hydrocarbures non conventionnels.</p> <p>Article 159 : toute fermeture temporaire supérieur à trois (3) mois doit faire l'objet d'une demande d'autorisation accompagnée d'un dossier technique détaillé, adressée au ministre chargé des hydrocarbures.</p> <p>Article 160 : les puits fermés temporairement doivent être entretenus régulièrement (étanchéité en tête de puits...).</p>	

Thème principal : Etude de risque.

1. Présentation du demandeur et du bureau d'étude.
2. Résumé du rapport d'étude de risque.
3. Description et l'analyse détaillées de l'état initial des conditions socio-économiques et environnementales du périmètre de recherche portant notamment sur les caractéristiques essentielles et/ou sensibles des différents éléments du milieu terrestre.
4. Description détaillée des différentes phases des travaux de recherche des hydrocarbures (phases de préparation, d'exécution, D'abandon et de remise en état des lieux), portant notamment sur les caractéristiques des moyens, des techniques et des procédés mis en œuvre, ainsi que les produits et les ressources utilisés.
5. La méthodologie d'identification et d'analyse des risques, appliquée.
6. Analyse de l'accidentologie
7. Identification des dangers et évaluation des risques de l'activité de recherches sur la santé, la sécurité et l'environnement.
Présentation du demandeur et du bureau d'étude.

Thème principal : Aménagement du territoire	
Loi 04-03 du 23 juin 2004	Cette loi est relative à la protection des zones de montagne dans le cadre du développement durable
Thème principal : Procédures administratives Environnementales	
Lois n° 03-10 du 19 juillet 2003	Cette loi est relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable et ses objectifs
<p>Observation :</p> <p>Cette Loi a pour objet la mise en œuvre d'une politique nationale visant à :</p> <p>La protection, la restructuration et la valorisation des ressources naturelles ; la prévention et la lutte contre toute forme de pollution et nuisance ; l'amélioration du cadre et de la qualité de la vie.</p> <p>Cette loi se fonde sur les principaux grands principes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principe de préservation de la biodiversité et de non dégradation des ressources ; • Principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement ; • Principe de précaution ; • Principe du pollueur-payeur, • Principe d'information et de participation. <p>- Elle définit les aspects essentiels de la protection environnementale, qui seront détaillés dans des textes d'application successifs</p> <p>Elle annonce la définition des valeurs limites, de seuils d'alerte et d'objectifs de qualité notamment pour l'air, l'eau, le sol et le sous-sol ainsi que les dispositifs de surveillance de ces milieux récepteurs et les mesures qui devront être observées en cas de situation</p>	

Thème principal : Déchets Dangereux	
Décret exécutif n° 04-409 du 14 décembre 2004	Ce décret fixe les modalités de transport des déchets spéciaux dangereux.
Décret exécutif n° 06-104 du 28 février 2006	Ce décret fixe la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux (<i>se référer à l'annexe III du décret exécutif n°06-104</i>).
Thème principal : Gestion des rejets hydriques	
Décret exécutif n° 10-88 du 10 mars 2010	Ce décret fixe les conditions et les modalités d'octroi d'autorisation de rejets d'effluents non toxiques dans le domaine public hydraulique.
Thème principal : Effluents liquides industriels	
Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006	Ce décret définit les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.
Thème principal : Huiles usages	
Décret exécutif n° 93-161 du 10	Ce décret régleme le déversement des huiles et lubrifiants dans le milieu
Thème principal : Pollution atmosphérique	
Décret exécutif n° 03-410 du 05 novembre 2003	Ce décret fixe les seuils limites des émissions de bruit et de fumées de gaz toxiques par les véhicules automobiles

Décret exécutif n°06-02 émis le 7 janvier 2006	Ce décret définit les valeurs limites, les seuils d'alerte et les objectifs de qualité de l'air en cas de pollution atmosphérique.
--	--

Thème principal : Bruit	
Arrêté du 25 février 1964	Cet arrêté fixe les différentes interdictions qui sont en rapport avec les sources causant un bruit qui peut nuire au public

Thème principal : Héritage culturel et archéologie	
Loi n° 98-04 promulguée le 15 juin 1998	Cette loi est relative à la Protection de l'héritage culturel
Thème principal : Prévention des risques majeurs et gestion des catastrophes	
Décret présidentiel n° 85-231 du 25 août 1985	Ce décret fixe les conditions et modalités d'organisation et de mise en œuvre des interventions et secours en cas de catastrophe
Loi n° 04-20 promulguée le 25 décembre 2004	Cette loi est relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

Thème principal : Protection des espèces animales	
Décret exécutif n° 83-509 émis- le 20 août 1983	Ce décret a pour objet la protection des espèces animales non domestiques dont la préservation à l'état naturel et la multiplication sont d'intérêt national.
Ordonnance n° 06-05 émise le 15 juillet 2006	Cette ordonnance fixe les modalités de protection et de préservation de certaines espèces animales menacées de disparition.
Décret exécutif n° 08-412 du 24 Décembre 2008	Ce décret fixe les mesures de protection pour la sauvegarde des espèces animales protégées et de leurs habitats.
Décret exécutif n° 12-235 du 24 mai 2012	Ce décret fixe la liste des espèces animales non domestiques protégées
Thème principal : Protection des espèces végétales	
Décret exécutif n° 12-03 du 4 janvier 2012	Ce décret fixe la liste des espèces végétales non cultivées protégées
<p>Observation :</p> <p>Article 2. Sont considérées comme non cultivées protégées les espèces végétales qui n'ont pas subi de modification par sélection de la part de l'Homme et qui :</p>	

Thème principal : Protection des Ressources en eau	
Décret exécutif n° 93-163 du 10 juillet 1993	Portant institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles.
Thème principal : Gestion des ressources en eau	
Loi n°05-12 du 04 août 2005	La présente loi a pour objet de fixer les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien de la collectivité nationale.
Thème principal : Gestion des matières dangereuses	
Décret exécutif n°03-451 du 1er décembre 2003	Ce décret définit les règles de sécurité applicables aux activités portant sur des matières et produits chimiques dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression
Décret exécutif n° 03-452 du 1er décembre 2003	Ce décret fixe les conditions particulières relatives au transport routier des matières dangereuses.
Thème principal : Gestion des parcs nationaux	
Décret exécutif n° 98-216 du 24 juin 1998	Ce décret fixe le statut-type des parcs nationaux ainsi que la structure des parcs divisés selon des classes

Chapitre III

Méthodologie

3.1 Logiciels :

Pour le traitement des données géo-spatiales, nous avons utilisé Géo media qui est un éditeur de logiciel d'infrastructure. Le logiciel permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. D'autre part il nous donne la possibilité de :

- Créer, partager et utiliser des cartes intelligentes.
- Rassembler les informations géographiques.
- Créer des applications basées sur la carte.
- Communiquer et partager des informations grâce à la puissance de la géographie et de la visualisation.

Nous avons également utilisé « Excel » pour le traitement des données, ainsi que pour regrouper les données des puits inactifs (AP) extraites de différentes bases de données de la division exploration.

Nous avons aussi utilisé « google earth » afin de localiser les situations des différentes infrastructures bâties dans différentes communes de notre zone d'étude et qui avoisinent les puits inactifs (AP).

3.2 Variables à l'étude et sources de données :

Les variables à l'étude sont regroupées en quatre catégories principales :

- Les données relatives aux puits de pétrole et de gaz inactifs, à savoir le nom des puits, la date de forage, la date d'abandon, les coordonnées géographiques, la profondeur, et le statut actuel.
- L'environnement naturel qui comprend l'eau souterraine (représentée par les puits artésiens), l'eau de surface et les zones agricoles localisées.
- L'environnement bâti qui inclut le réseau ferroviaire, les établissements scolaires et les hôpitaux ainsi que le réseau pipeline.
- L'environnement humain qui inclut la densité de la population de toutes les catégories d'âges.

3.3 Sources de données :

Les sources de données principales utilisées dans le cadre de ce projet d'étude afin de fournir les informations nécessaires à chaque variable, soit le système d'information de :

L'entreprise national la Sonatrach ; division exploration ; activité exploration et production.

3.3.1 Le système d'information de la division exploration :

En Algérie la Sonatrach est la seule autorité à disposer de tous les documents relatifs aux puits de pétrole et de gaz, tels les fiches techniques, les rapports de forage, les rapports de restauration.

L'activité exploration est accessible depuis le site internet officiel du Sonatrach (<https://sonatrach.com/exploration-production>). À partir de cet outil, il est possible de réaliser des recherches sur des données publiques, effectuer des demandes d'accès à l'information, sur des produits diffusés par la Sonatrach. Pour ce faire, nous avons eu recours à la base de données de la division exploration afin d'obtenir des informations sur l'année de forage, l'année d'abandon, les coordonnées géographiques, ou l'opérateur et le statut actuel du puits. Ces informations ont été récupérées à partir des fiches techniques et des rapports de forages.

3.3.2 Eau de surface :

En général, l'eau de surface (appelée aussi eau superficielle) est l'eau qui se trouve en contact direct avec l'atmosphère (en surface). Par conséquent, elle inclut les ruisseaux, les rivières, les lacs, les océans et les mers. Dans le cadre de notre projet d'étude, nous avons choisi d'étudier la situation des cours d'eau de notre région par rapport aux puits inactifs (AP) afin d'essayer de déduire s'il y a un risque de contamination de ces eaux.

Nous avons utilisé les données géographiques et hydrogéologiques et hydrologiques d'une étude d'impact et environnement du périmètre Negrine réalisée par la société d'ingénierie de l'environnement et de l'énergie S.A et la société du conseil en développement pour le compte de la Sonatrach division exploration, afin d'obtenir les données sur les eaux de surface pour l'ensemble de la région (Tébessa et Khenchla). Ces données offrent une collection de cartes à l'échelle 1 :1 000 000 y compris la carte des eaux de surface. La carte téléchargée inclut les différents types de cours d'eau à savoir les ruisseaux et les rivières.

3.3.3 Eau souterraine :

Pour le moment, la cartographie des puits artésiens de la région de Tébessa et Khenchla n'est toujours pas disponible, à l'exception des puits d'eau forés par la Sonatrach. Dans le cadre de notre projet d'étude, nous avons choisi de déterminer dans quelle mesure les personnes pourraient être exposées à une contamination potentielle des eaux souterraines provenant des puits de pétrole ou de gaz inactifs (AP), et les risques de contamination des nappes.

Nous avons utilisé la carte des puits artésiens diffusée par le système d'information de la Sonatrach. L'outil fournit de nombreuses informations relatives aux puits artésiens, telles que le nom du puits, la date du forage, la profondeur, et les coordonnées géographiques.

3.3.4 Réseaux ferroviaire :

La carte du réseau ferroviaire de l'Algérie représente un réseau linéaire montrant les voies ferrées de différentes wilayas telles que Tébessa et Khenchla. La carte a été produite par la société nationale des transports ferroviaire la SNTF consulté sur le site présent : <https://www.sntf.dz/index.php/a-propos-de-la-sntf>.

En effet, l'industrie du transport ferroviaire joue un rôle important dans l'économie de la région. Le réseau compte plusieurs lignes de voies ferrées qui font partie du grand réseau ferroviaire de l'Est algérien. Ces rails sont exploités essentiellement pour transporter des marchandises, des passagers ou les deux.

Nous avons procédé à ces recherches pour situer les puits (AP) par rapport aux lignes de chemin de fer afin de déduire un potentiel danger.

3.3.5 Etablissements scolaires :

Pour l'instant la carte des établissements scolaires de la région de Tébessa et Khenchla n'est toujours pas disponible c'est pour cela que nous avons pris des captures d'écran à partir de recherche effectué sur le logiciel Google earth. Nous avons procédé à des recherches d'établissements scolaires sur les différentes communes où sont situés les puits inactifs (AP).

3.3.6 Hôpitaux :

Dans le cadre de ce projet d'étude, nous avons choisi d'inclure les hôpitaux parmi les secteurs potentiellement vulnérables aux effets des puits inactifs (AP), compte tenu des caractéristiques des personnes qui y séjournent.

Pour cela que nous avons pris des captures d'écran à partir de recherche effectué sur le logiciel Google earth. Des wilayas de Tébessa et Khenchla.

On prend en considération seulement les hôpitaux ; On entend par hôpital tout établissement hospitalier dans lequel les malades peuvent séjourner.

3.3.7 Zones agricoles :

Les informations et la carte des zones agricoles de la région de Tébessa et Khenchla n'est toujours pas disponible c'est pour cela que nous avons utilisée Google.

3.4 Cartographie des variables à l'étude :

3.4.1 Création de la base de données des puits de pétrole et de gaz inactifs :

Tout d'abord, la fonction de « découpage administratif » de la carte interactive des hydrocarbures nous a délimité la région de la Tébessa et Khenchla. Ensuite, l'outil de sélection des puits à afficher sur la carte selon leur statut actuel (AP). Ce dernier nous a permis d'afficher uniquement les puits inactifs (AP) de la région d'étude. À partir de cette carte, nous avons pu déterminer les noms des puits que nous avons utilisé plus tard comme point de départ pour la création de la base de données qui regroupe toutes les informations disponibles sur les puits (AP).

Comme les informations sur les puits sont disponibles sous format téléchargeable.

Une importance particulière a été accordée aux coordonnées géographiques des puits afin d'éviter les erreurs pouvant survenir lors de la transcription. Les coordonnées ont été traitées manuellement pour corriger, vérifier, au format compatible avec géo média.

Cependant, nous avons trouvé des puits qui avaient les mêmes coordonnées géographiques, avec des caractéristiques différentes (année de forage, responsable, profondeur). Dans ce cas, nous avons décidé de prendre le puits le plus profond, car il s'agit peut-être de l'un des puits qui ont été re-forés à plusieurs reprises afin d'aller chercher les hydrocarbures dans des couches plus profondes.

Enfin, nous avons utilisé la base de données sur Excel qui regroupe toutes les informations nécessaires sur les puits inactifs de la région de Tébessa et Khenchla, chaque ligne représentant un puits et chaque colonne représentant les variables suivantes : année de forage, année d'abandon, profondeur, état, coordonnées géographiques (latitude et longitude), statut actuel. Cette base de données a été utilisée pour créer la carte des puits de pétrole et de gaz (AP).

3.4.2 Analyse spatio-temporelle des forages pétroliers et gaziers :

Pour analyser l'évolution des forages pétroliers et gaziers dans les wilayas de Tébessa et Khenchla, nous avons catégorisé les puits selon leurs années de forage. Chaque catégorie s'étend sur dix 10 ans. Ensuite, nous avons localisé les puits inactifs (AP) sur la carte de la région en fonction des catégories (par décennie). Nous avons utilisé un code de couleurs afin d'identifier les puits de chaque décennie. Enfin, nous avons pu procéder à une analyse spatiale à partir de la carte montrant la répartition des puits (AP) sur les deux wilayas.

Chapitre IV

RÉSULTATS

Les résultats de la recherche effectuée selon les objectifs et la méthodologie adoptée sont présentés dans ce chapitre. Au total, la recherche documentaire et cartographique nous a permis de répertorier 67 puits de pétrole ou de gaz qui ont été forés dans les wilayas de Tébessa et khenchla pendant la période 1956-2022. Comme mentionné dans la méthodologie, le traitement des données nous a conduits à sélectionner uniquement vingt-deux (22) puits ayant le statut provisoirement abandonnés.

Afin de répondre à notre premier objectif, nous avons utilisé une carte montrant l'évolution spatio-temporelle des puits inactifs (AP).

En bref, la majorité des forages ont été effectués dans le Sud de notre région d'étude précisément au Sud de Tébessa et au Sud-Est de Khenchla, dont plus de la moitié ont été creusés entre 2000 et 2010. En deuxième lieu, les travaux de cartographie ont permis de produire un ensemble de cartes montrant la position des puits inactifs (AP) par rapport aux variables utilisées pour la cartographie.

À cet effet, sept (7) cartes ont été produites. Les résultats de l'analyse cartographique ont été illustrés dans des tableaux afin de faciliter l'exploitation de ces cartes.

4.1 Cartographie des variables à la zone d'étude :

4.1.1 Données relatives aux puits de pétrole et de gaz inactifs :

Nous avons répertorié soixante-sept (67) puits de pétrole et de gaz qui ont été forés dans les wilayas de Tébessa et Khenchla. À l'heure actuelle, il n'y a aucune activité pétrolière ou gazière dans cette région : vingt-deux (22) puits sont (AP). En plus des douze (12) puits d'eaux forées par la Sonatrach.

Le premier puits dans la région a été foré en 1955 et que l'exploration s'y est poursuivie jusqu'en 2018.

La profondeur des puits inactifs (AP) variait entre 1200 m et 4600m. La majorité des puits avaient une profondeur inférieure 4000m, dont trois (03) puits ont été forés à une profondeur supérieure à 4000 m. Enfin, nous avons répertorié seulement deux (02) puits qui ont une profondeur de moins de 2000m et sont forés pendant la période coloniale.

Profondeur(m)	Nombre de puits	Pourcentage
>0 – 1000	0	0%
1000- 1500	1	5%
1500- 2000	1	5%
2000 – 2500	4	18%
2500 – 3000	4	18%
3000 – 3500	6	27%
3500- 4000	3	14%
4000 – 4500	2	9%
4500 – 5000	1	5%

Tableau 4.1 : Répartition des puits de pétrole et de gaz selon leurs profondeurs.

4.1.2 Analyse spatio-temporelle des puits inactifs :

La Figure 4.1 illustre la distribution des puits inactifs.

Elle représente notre zone d'étude (Tébessa et Khenchla) avec une variable de couleur qui est affecté à chaque décennie. Pour cela le puits est représentée sous forme d'un point de couleur bien définie sur la carte. Car il s'agit d'une analyse du nombre d'opérations de forage effectué entre 1950 et 2020 (figure 4.1).

Période	Nombre de puits	Pourcentage
1950-1960	2	9%
1960-1970	1	5%
1970-1980	0	0
1980-1990	1	5%
1990-2000	1	5%
2000-2010	9	41%
2010-2020	8	36%

Tableau 4.2 : Nombre de puits de pétrole et de gaz forés par décennie.

Avec une case de période qui rassemble toutes les décennies associées aux nombre de puits (AP) de chaque décennie, qui est ensuite développé en pourcentage (tableau 4.2).

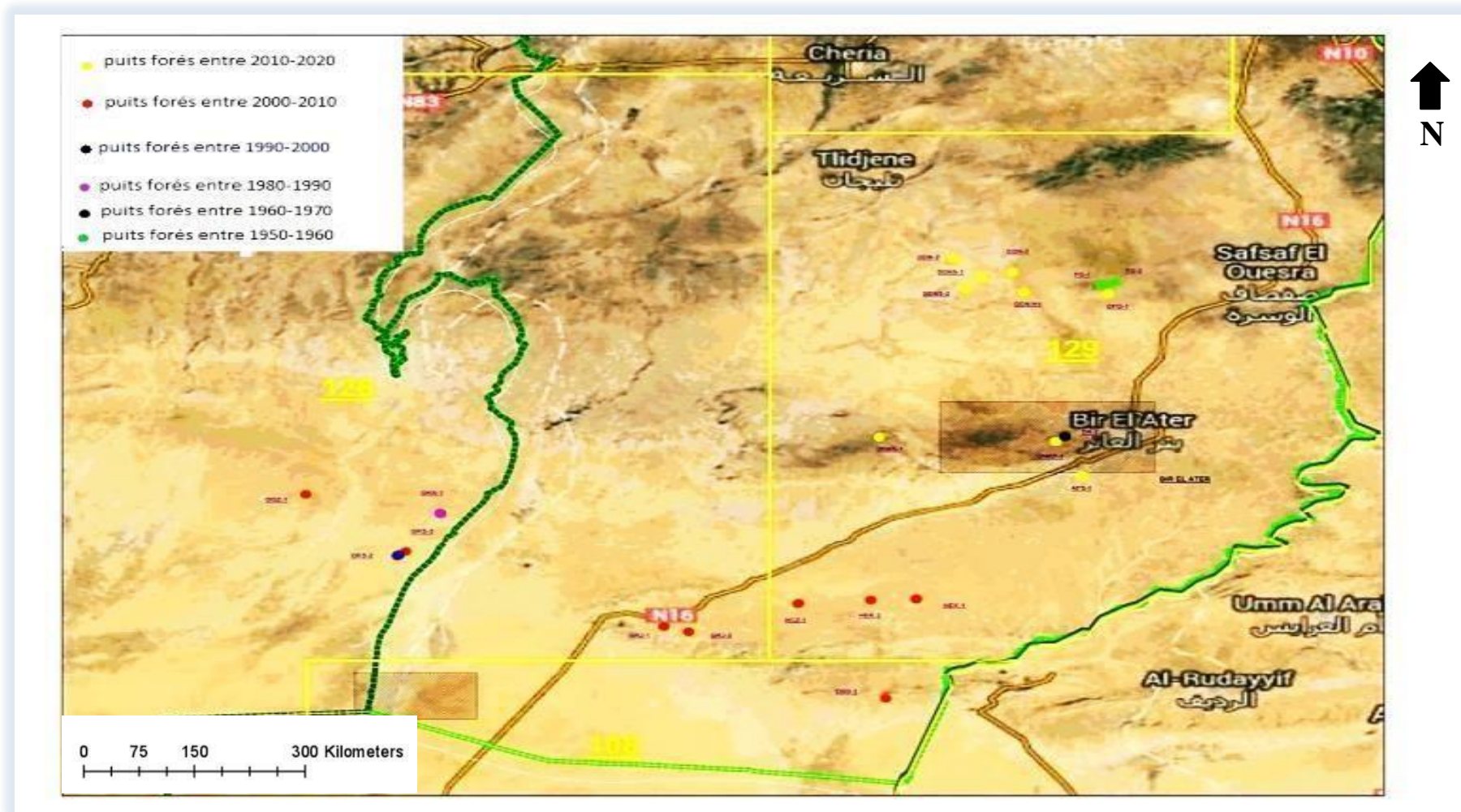



Figure 4.1 : Évolution des forages pétroliers et gaziers de Tébessa et khenchla par décennie.


Sigle	NOM	WILAYA	PROFONDEUR	DATE DEBUT FORAG	Date fin de forage
FO-1	DJEBEL FOUA-1	Tebessa	1515	19913	1955
FO-2	DJEBEL FOUA-2	Tebessa	2527	20183	1955
GKN-1	GUERGUIT EL KIHAL Nord-	Khenchela	3627	32132	1989
GKS-2	GUERGUIT EL KIHAL Sud-2	Khenchela	4370	34433	1994
GKS-3	GUERGUIT EL KIHAL Sud-3	Khenchela	4120	37746	2003
GRJ-1	GOURBEDJ-1	Tebessa	2220	37898	2003
GRJ-2	GOURBEDJ-2	Khenchela	3651	38599	2005
HEK-1	HASSI EL KERMA-1	Tebessa	3690	36958	2001
HEK-3	HASSI EL KERMA-3	Tebessa	3200	38259	2004
OSD-1	OUED SENDES-1	Tebessa	3020	38365	2005
DFO-1	DJEBEL FOUA-1	Tebessa	3250	41395	2014
DDN-2	DJEBEL DARMOUN-2	Tebessa	2776	41516	2014
AFS-1	AIN FOURIS-1	Tebessa	2510	41699	2014
ONKP-1	DJEBEL ONK Profond-1	Tebessa	2750	41232	2013
OGZ-1	OGLAT EL MEZGOUB-1	Khenchela	4609	36540	2000
DDNS-2	DJEBEL DARMOUN Sud -2	Tebessa	3158	41350	2013
DDNS-1	DJEBEL DARMOUN Sud-1	Tebessa	2460	40698	2011
DKMK-1	DJEBEL KEMAKEM-1	Tebessa	2150	41964	2015
DDN-H1	DJEBEL DARMOUN Horizo	Tebessa	2020	43119	2018
DDN-1	DJEBEL DARMOUN-1	Tebessa	3172	36759	2001
HCZ-1	HANCHIR BAAZIZ-1	Tebessa	3100	37495	2002
DK-8	DJEBEL ONK-8	Tebessa	1245	22451	1961

Tableau 4.3 : Données relatives aux puits de pétrole et de gaz inactifs forés dans les wilayas de Tébessa et Khenchla entre 1950-2020

4.1.3 Fiches des puits :

Tableau 4.4 : Les tableaux suivants présentent la fiche d'un puits inactif (AP) et ses caractéristiques.

Puits	Puits GR5-1		
			
Périmètre	NÉGRINE		
Bloc	126		
Wilaya	TEBESSA	Commune	FERKANE
Daira	NÉGRINE		
Date du forage	2001-2002		
Coordonnées (précision 3 m)	WGS 84	Lat. 34 °32' 5.72"	Long. 7° 20' 58.27"
Altitude (m)	173		

<p>Entourage immédiat du puits (Google Earth Pro)</p> <p>Date de prise des images satellites</p> <p>25/09/2011</p>			
<p>Tête de puits</p>	<p>Identifiée, non clôturée</p>		
<p>Cave avant puits</p>	<p>Non cimentée, eau accumulée dans la cave de puits</p> <p>(Largeur = 2,5/Longueur = 1,5)</p>		
<p>Plateforme</p>	<p>Identifiée/ Cimentée</p>		
<p>Surface Plateforme (m²)</p>	<p>582</p>		
<p>Bourbier</p>	<p>Identifié</p>		
<p>Surface bourbier (m²)</p>	<p>1317</p>		
<p>Coordonnées de l'échantillon de l'eau</p>	<p>Cave avant-puits</p>	<p>Lat. 34° 32' 5.72"</p>	<p>Long 7° 20' 58.27"</p>
<p>Coordonnées de l'échantillon du sol</p>	<p>Tâche d'hydrocarbures dans le sol</p>	<p>Lat. 34° 32' 7.44"</p>	<p>Long. 7° 21' 1.13"</p>

Etat général de l'emplacement	Etat propre et entretenu/ périmètre du site bien défini par les piles de sables
Description du site	Zone désertique
Pollution (Observation)	Vis corrodé, boîte de conserve/ des tâches d'hydrocarbures dans le sol
Autres observations	Présence de végétation/ d'animaux (ânes, papillons, abeilles...)
Proximité de puits	A 2 km de la route CW149

4.2 Cartographie de l’environnement naturel :

4.2.1 Eau souterraine :

La Figure 4.2 : présente la distribution des puits artésiens. À partir de cette carte, nous remarquons que les puits artésiens ont été forés un peu partout sur le territoire de la région et surtout près des puits au cas d’une éventuelle exploitation des hydrocarbures. D’ailleurs, les informations fournies montrent que 18 puits artésiens ont été forés dans la région. Les profondeurs des puits artésiens vont de quelques centaines de mètres à plus de 4000 mètres.

Nom_Puits	Sigle	Longitude	Latitude	Date début forage	Date fin Sondage	PROFONDEUR_MTR
AIN M'DILA-101	AMD-101	7:22:57,49155	34:42:00,54	09/01/19	28/01/19	185
Ben Guecha-101	BGH-101	7:21:01,54	34:11:34,87	26/09/87	32052	115
DJBEL DARMOUNE SUD-1	DDNS-101	7:52:43	34:57:39	22/09/12	25/11/12	
DJEBEL FOUA-101	DFO-101	8:02:01,41	34:56:15,18	18/12/13	17/03/13	
DJEBEL ONK-5	DK-5B	7:54:12,000000	34:43:17,000000			
Ferkane-101	FKN-101	7:23:42,39	34:33:56,30	15/08/90	17/09/90	
Guerguit El Kihal-101	GKN-101	7:18:47,99	34:37:35,94	22/10/87	26/10/87	120
Guerguit El Kihal Sud-101	GKS-101	7:17:54,99	34:34:19,68	05/08/76	10/12/76	4194,5
Guerguit El Kihal Sud-102	GKS-102	7:15:39,84	34:33:59,33	03/01/94	26/01/94	4192
Djebel Djahfa-101	JHF-101	7:07:21,39	35:16:15,67	05/03/85	16/03/85	460
KEMAKEM-1	KM-1	7:44:52,000000	34:42:47,000000			2410
KEMAKEM-101	KM-101	7:44:50,000000	34:42:49,000000			
EL KSAR-101	KSR-101	6:41:12,43	34:48:13,89	28/08/06	02/12/06	
DJEBEL MANNDRA-101	MAN-601	7:47:31,000000	34:26:08,000000			
OUED SENDES WEST-101	OSDW-101	7:45:30,25	34:21:09,76	19/04/18	13/06/18	
Ras Toumb-101	RTB-101	7:16:19,8	34:21:07,6	09/08/76	05/10/76	560
TIN SERIRINE-101	SER-101	7:50:00,000000	35:31:00,000000			
DJEBEL TAYA-101	TYA-101	08:17:37,42	35:13:57,24			

Tableau 4.5 : Données relatives aux puits artésiens forés dans les wilayas de Tébessa et kenchla entre 1950-2020

La **figure 4.2**, représente les puits artésiens et leur situation sur notre zone d'étude ainsi que son nom bien définie. Et aussi leur situation par rapport aux puits inactif (AP).

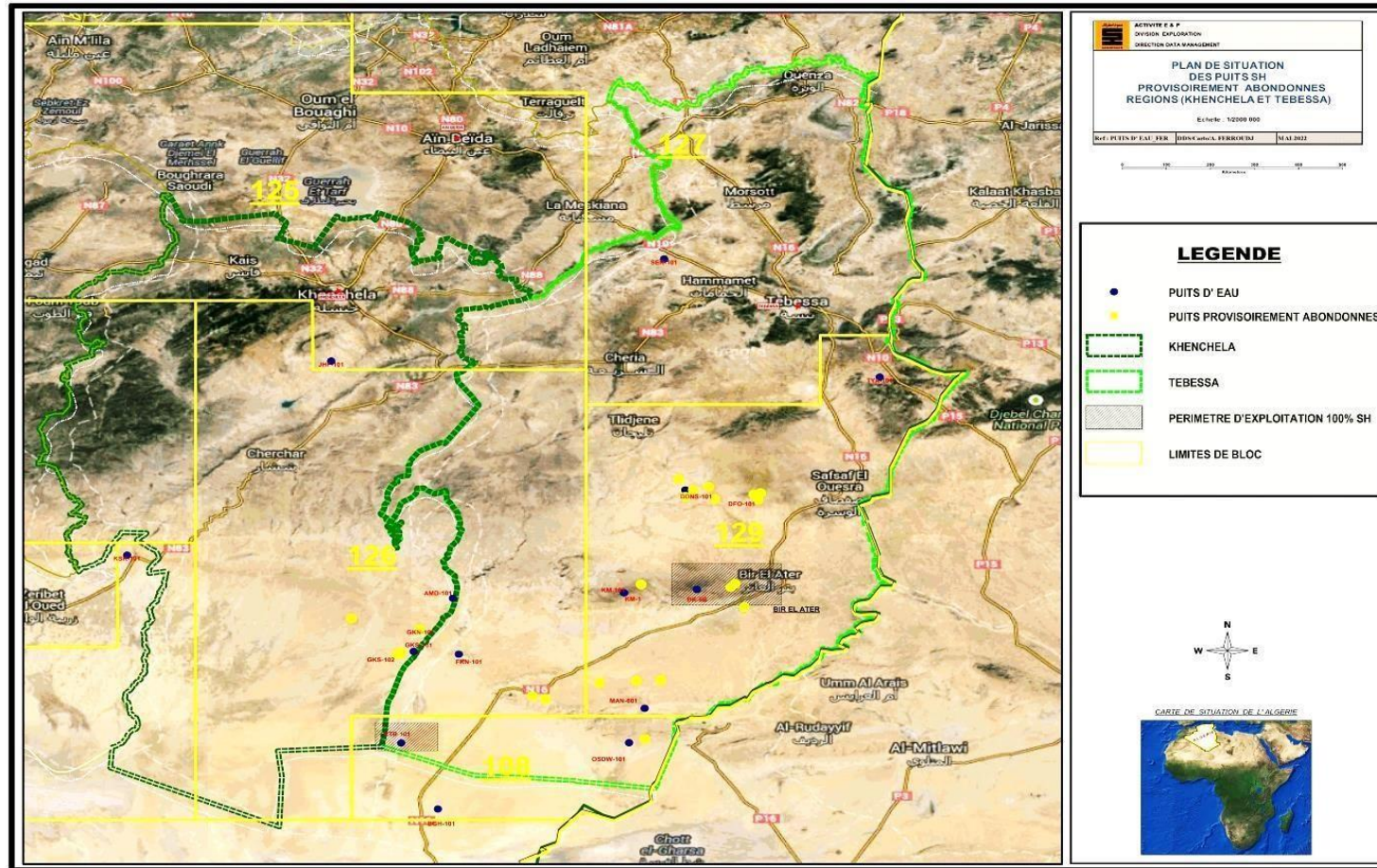


Figure 4.2 : Position des puits de pétrole et de gaz inactifs(AP) par rapport aux puits artésiens.

4.2.2 Eaux de surface :

La Figure 3.2 : illustre les eaux de surface des deux wilayas (Tébessa et Khenchla).

D'une part l'ensemble des terrains de la wilaya de Tébessa est découpé par un chevelu très dense d'oueds principaux et d'oueds secondaires. D'autre part, leurs lits sont submergés durant sept (07) mois sur douze (12) par une lame d'eau atteignant en moyenne une hauteur de 10 cm (sauf en cas de crue).

Alors que pour la wilaya de Khenchla les oueds se dirigent vers le Sud pour se déverser dans les chotts. D'autre part les oueds se dirigent vers le Nord pour se déverser généralement dans la dépression du Tarf.

La Figure 4.3A. Montre la localisation des puits inactifs par rapport aux cours d'eau de la région d'étude qui sont représentés en un point rouge.

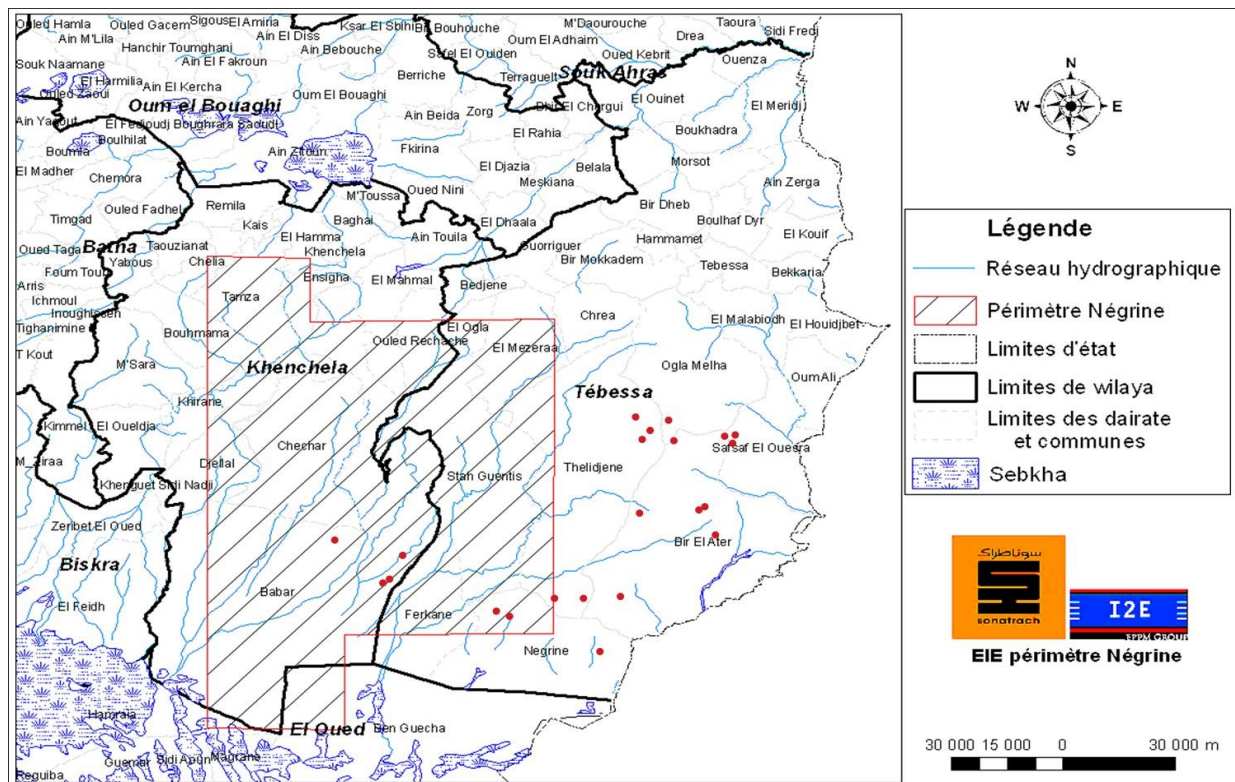


Figure 4.3 : Position des puits de pétrole et de gaz inactifs (AP) par rapport aux cours d'eau de la zone d'étude.

4.2.3 Réseau ferroviaire :

La Figure 4.4 montre le tracé des voies ferrées traversant la région. Ces chemins de fer ont permis de relier les différentes zones de la région entre elles, en plus de mettre les deux wilayas en connexion avec l'extérieur.



Figure 4.4 : Réseau ferroviaire de l'est algérien (Source : sntf 2022).

Nous remarquons que la ligne de chemin de fer trace une ligne qui traverse différentes communes de notre zone d'étude qui présente des puits inactifs (AP).

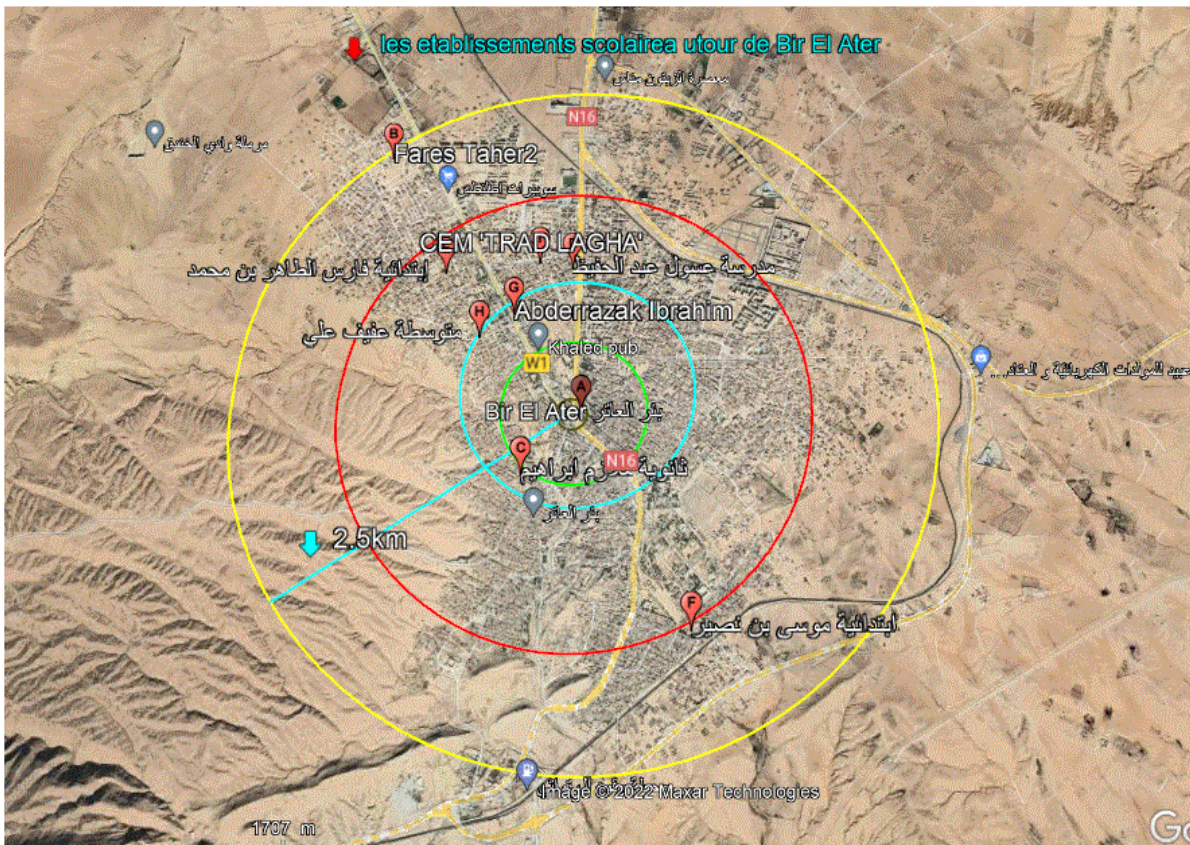
4.2.4 Établissements scolaires :

Les données ministérielles ont confirmé la présence de 793 établissements scolaires dans la zone d'étude (Tébessa et Khenchla).

Le choix des niveaux d'enseignement primaire ; moyen et secondaire. Les détails de ces établissements sont présentés au Tableau 4.6 :

		wilaya	
		Primaire	moyen et secondaire
Niveau scolaire			
Nombre d'écoles	khenchla	293	40
	tebessa	411	49
Total		704	89

Tableau 4.6 : Les établissements scolaires de la région d'étude selon les niveaux d'enseignement (Source : ONS)



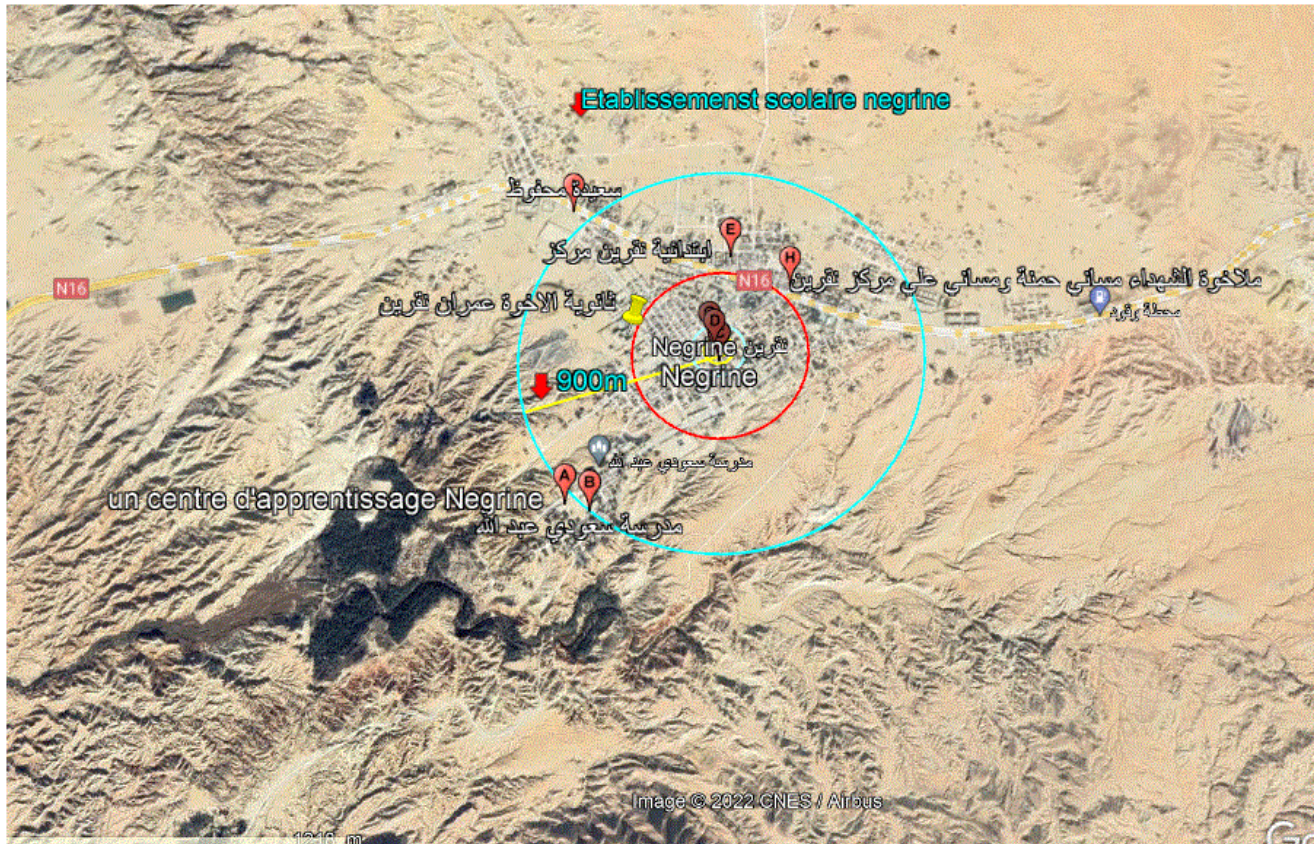


Figure 4.5 : représentent la situation des établissements scolaire dans les communes de Bir el ater et negrine par rapport au puits (google earth)

Hôpitaux :

La figure 4.6 : présente des informations sur la situation des hôpitaux présents sur les différentes communes ayant au moins un puits inactif (AP) et à l’aide du logiciel « google earth » nous avons pu réaliser une carte synthétisant la distribution des hôpitaux et de leurs annexes dans ces communes.

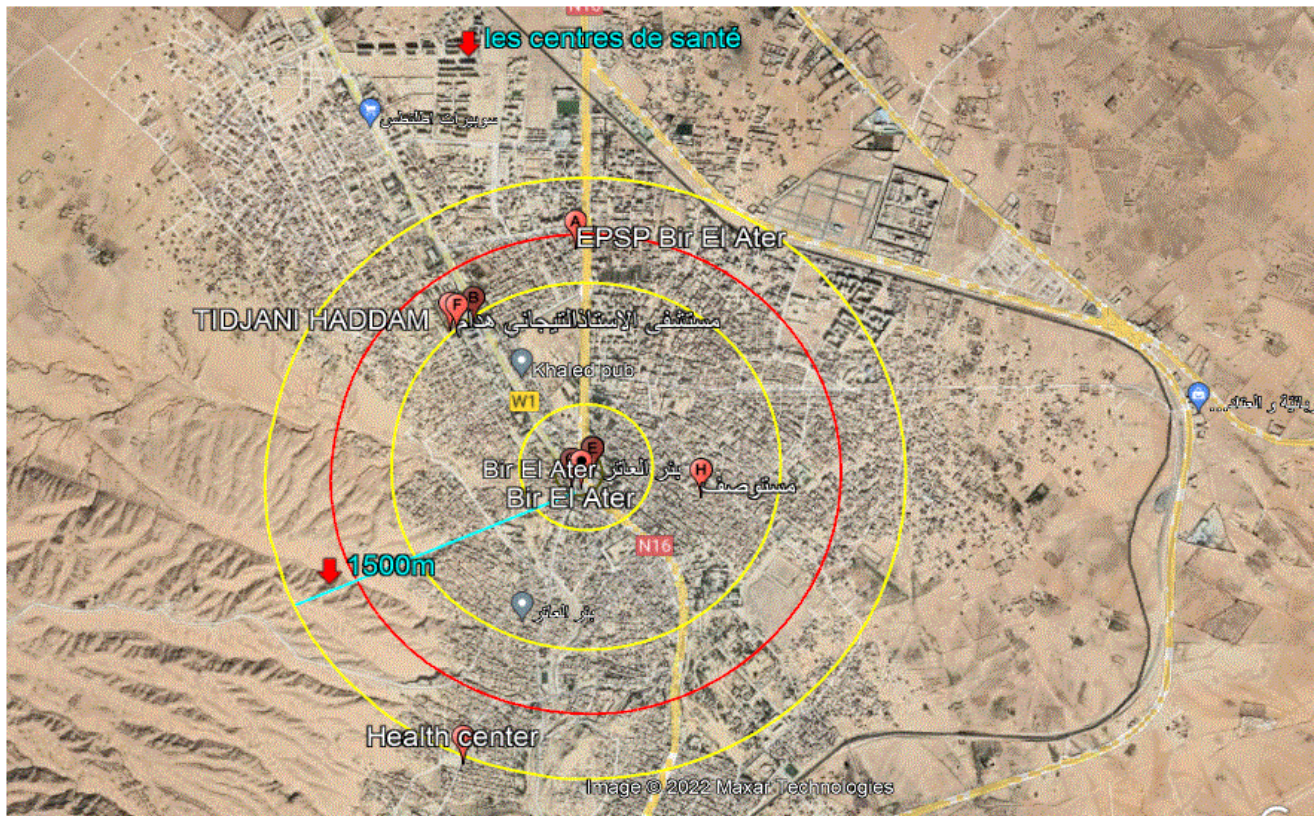


Figure 4.6 : situations des établissements de santé par rapport aux puits, source (googleearth 2022).

Ps : les hôpitaux se situent au centre de ces communes tel que les établissements scolaires cette concentration et représenté en un point rouge sur la carte dans la **figure 4.5A**.

4.2.5 Réseaux Pipeline :

La figure 4.7 illustre les différents trajets tracés par les réseaux piplines ainsi que la répartition des puits inactifs (AP) par rapport à ce réseau.

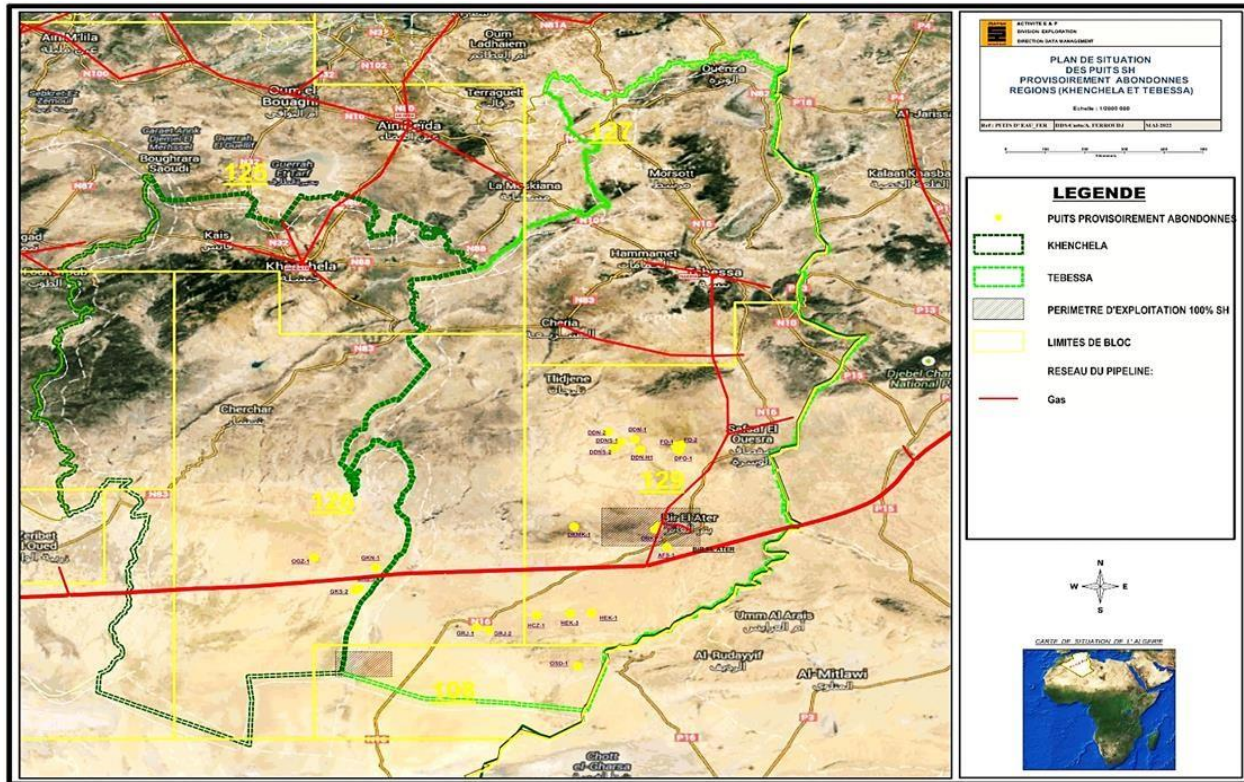


Figure 4.7 : répartitions des puits par rapport au réseau de pipeline (source : SH)

Nous déplorons qu’il existe six (6) puits qui sont à proximité du réseau pipeline trois (3) dans la région de khenchla et trois 3 autres à Tébessa précisément à Bir el atter.

4.2.6 Densité de la population

Concernant cette partie, nous avons utilisé la base de données de DB city pour acquérir les informations des différentes dairas qui recensent des puits inactifs (AP) et ensuite réalisée un tableau :

Wilayas	commune	population(h)	densité(km)
Tébessa	bir el ater	77 727	51
	sefsafa el ouesra	6074	12,7
	negrine	14 815	5,9
	olga el malha	5899	5,7
Khenchla	babar	34 844	8,6

Tableau 4.7 : représente la population et la densité de chaque commune (source :db-city) (2022).

Dans la zone d'étude, les habitations sont dispersées en petites agglomérations (villages). La situation de ces constructions (dispersées) dans le champ de l'étude et l'absence d'un plan d'aménagement organisé constituent des difficultés pour savoir précisément la répartition de la population par apport aux puits qui se situent à proximité.

Chapitre V

Discussion

Les puits de pétrole et de gaz inactifs peuvent constituer un risque pour l'environnement et pour la santé. Dans ce chapitre, nous analysons nos résultats en nous appuyant sur la littérature qui constitue notre cadre théorique. Nous présentons ensuite les forces et les limites de ce mémoire tout en proposant des recommandations pour les futures recherches.

5.1 Données relatives aux puits inactifs

La cartographie spatio-temporelle des forages réalisés dans la zone d'étude (Tébessa et Khenchla) a montré que vingt-deux (22) puits de pétrole et de gaz inactifs (AP) ont été forés à différentes périodes quatre (4) de ces puits dans la wilaya de Khenchla et dix-huit (18) dans la wilaya de Tébessa. Par conséquent, au début les compagnies ne disposaient pas de l'équipement, de la technologie et de l'expérience nécessaires pour creuser des puits profonds. De plus, à cette époque, il y avait peu d'information sur le potentiel d'hydrocarbures, ce qui explique le faible nombre de puits forés. C'est pour cela que nous avons répertorié seulement deux (02) puits qui ont une profondeur de moins de 2000m et sont forés pendant la période coloniale. De plus la profondeur des puits inactifs varie entre 1200 m et 4600m. La majorité des puits avaient une profondeur inférieure à 4000m, dont trois (03) puits ont été forés à une profondeur supérieure à 4000 m.

Les résultats de la cartographie ont également montré que les puits inactifs forés avant 1962 sont regroupés dans une zone spécifique et que la majorité des puits forés après cette année se trouvent dispersés au Sud de Tébessa et Sud-Est de Khenchla.

A noté qu'un grand nombre de puits (AP) avaient une profondeur comprise entre (3000m-3500m).

L'analyse temporelle des forages montre que neuf (09) puits inactifs ont été forés entre 2000 et 2010, ce qui représente la période de pointe dans l'histoire de l'exploration pétrolière dans cette région. Elle est due au fait de la stabilité politique et économique sociale de l'Algérie, et aux changements législatifs.

La période de 2010 à 2018 a également été marquée par un nombre important de forages, huit (08) puits ayant été forés pendant cette décennie.

Ce qui est des autres périodes, le nombre de puits forés variait entre un (1) et deux (2) par décennie qui est due au manque de l'équipement, de la technologie et de l'expérience nécessaires, sauf pour la période de 1962 à 1988 où il n'y a pas eu de forages. Ces puits (AP) ne sont pas en exploitation pour le moment.

5.2 Cartographie des variables à l'étude

5.2.1 Eau souterraine

Les puits artésiens dans de nombreuses régions sont le seul moyen permettant à la population de s'approvisionner en eau, en particulier dans les zones ne disposant pas de réseau d'alimentation en eau potable. D'autre part, les puits artésiens sont l'un des moyens utilisés par les agriculteurs pour l'irrigation des cultures. Disposant juste d'une base de données des puits d'eau forée par la Sonatrach.

Nous avons remarqué qu'un nombre important de puits artésiens ont été forés par la Sonatrach près des puits sur l'ensemble de territoire de la zone d'étude. Cependant, les résultats de l'analyse dénombrent dix-huit 18 puits artésien forés au cas d'une éventuelle exploitation. Se trouvent à proximité des puits de pétrole et de gaz inactifs. Seuls quelques puits ne présentaient aucun puits artésien dans ses environs ; à noter aussi la présence de certains puits artésiens isolés. Enfin, pour presque chaque puits ; nous avons dénombré un puit artésien à des distances différentes. Cependant l'approvisionnement peut se faire par citernage.

Les eaux souterraines de la région représentent une richesse naturelle renouvelable, et une source d'approvisionnement en eau douce capable de couvrir la superficie habitée et d'assurer une alimentation pour la population.

Par conséquent, cette richesse doit être protégée contre les différentes sources de contamination potentielles. Dans cette perspective, bien que les hydrocarbures n'aient pas été cités comme une source de pollution, on recommande des analyses supplémentaires sur ces eaux et leur teneur en méthane et d'autres gaz (éthane, propane, hélium et radon). Car l'origine du méthane (biogénique et thermogénique) réside dans le fait que, le méthane biogénique est produit dans le sol à de faibles profondeurs grâce à la décomposition de la matière organique sous l'effet de l'action bactérienne, tandis que le méthane thermogénique est formé dans les réservoirs souterrains par la pyrolyse des hydrocarbures lourds sous l'effet de la température et la pression élevées (Clark et Fritz, 1997).

Dans notre cas, nous n'avons pas été en mesure de confirmer ou d'infirmer une hypothèse en raison d'absence de la partie pratique et du manque d'informations concernant l'analyse des eaux de puits artésien et la profondeur de la nappe phréatique dans la zone d'étude. En outre, selon des études, plus on rapproche de la source de pollution (les puits inactifs), plus la concentration des contaminants augmente (Jackson et al., 2013 ; Osborn et al., 2011a), suggérant que les puits artésiens proches des puits de pétrole ou de gaz inactifs sont plus vulnérables aux contaminants pétroliers et gaziers.

5.2.2 Eau de surface

Ainsi, les eaux de surface demeurent plus vulnérables aux sources de pollution par rapport aux eaux souterraines, en raison de leur contact direct avec le sol et l'atmosphère. D'ailleurs, nous recommandons des études à mener une campagne d'analyse sur les eaux de surface afin de signaler des possibles dépassements des seuils de certains contaminants qui peuvent représenter un potentiel danger.

La majorité des puits inactifs ont été forés près des cours d'eaux. En fait, la proximité des forages du milieu hydrique s'explique par l'absence d'un cadre réglementaire à l'époque qui permet de protéger ces écosystèmes vulnérables des effets nocifs des puits de pétrole et de gaz.

Donc il est essentiel de protéger ces eaux. Au final, les eaux de surface sont plus vulnérables aux polluants, car, ces derniers se propagent rapidement à cause du mouvement de l'eau dans les rivières et les lacs, ce qui accélère le transport de ces polluants vers d'autres cours d'eau au cas d'observation du pétrole en surface.

5.2.3 Zones agricoles

Les terres agricoles continuent à disparaître jour après jour à cause de la désertification, et ce, malgré les lois et projets met en place tel que le (barrage vert). Ces sols de bonne qualité se trouvent principalement dans le nord de la zone d'étude, c'est pour cela que les puits inactif (AP) qui se situe au sud de la zone n'affectent pas vraiment l'agriculture locale directement mais engendre des dommages indirects.

L'ouverture des accès dans les talus, les haies et les clôtures ainsi qu'au niveau des traversés des oueds et des ruisseaux pendant la phase d'exploration entraîne l'enlèvement de la terre végétale. Ceci conditionne des dégradations importantes du couvert végétal, étant donné la multiplication des lignes d'émission. En examinant la position approximative des lignes « source » et des lignes « receiver » communiquées par la Sonatrach. Le sud de la zone d'étude est semi-aride donc ne représente pas une grande importance par rapport au nord de la région.

5.2.4 Réseau ferroviaire :

Historiquement, les chemins de fer ont grandement contribué au développement des nations, ils ont joué un rôle central dans l'épanouissement de l'économie mondiale (Mansour, 2006). La carte du réseau ferroviaire de la région de l'Est algérien montre que les chemins de fer ont permis de relier les différentes zones de la région entre elles, en plus de connecter notre zone d'étude avec l'extérieur.

Pour l'industrie pétrolière, la présence de chemin de fer a été l'un des facteurs clés pour la commercialisation des hydrocarbures, avant la construction des pipelines.

En Algérie, la procédure sur les hydrocarbures n'exige pas de laisser une distance entre une voie ferrée et un puits de pétrole ou de gaz inactif(AP). De nombreux puits de pétrole et de gaz ont été forés ainsi proche des chemins de fer. Cependant, la raison pour laquelle la compagnie avait choisi de s'approcher du réseau ferroviaire pourrait être purement logistique.

En ce qui concerne notre zone d'étude. On peut citer les communes traversées par la ligne ferroviaire et où l'on signale la présence de six (06) puits inactifs tel que : Sefsafa el ouesra ; Olga el malha, Bir el ater qui font partie de la wilaya de (Tébessa) (Figure 4.4).

D'autre part, en ce qui concerne la wilaya de Khenchla les puits se localise au Sud-Est alors que la ligne ferroviaire ne s'étend pas au-delà de chef-lieu de la wilaya (Khenchla).

5.2.5 Établissements scolaires :

On recense 793 établissements dans notre zone d'étude, dans les communes suivantes : **Negrine, Bir el ater** et **Sefsafa el ouesra**. A partir des carte google earth que nous avons établie pour le cas de la commune de **bir el ater** les établissements se trouvent loin de puits inactifs donc loin de sa zone d'influence a plus de 2.5km.

Pour le cas de puits de **negrine** il se situe à plus de 900m des principaux établissements scolaire mais non loin de l'école saida mahfoudh.

Cette situation est préoccupante, puisque ces écoles accueillent des enfants et des adolescents de cinq (5) à dix-huit (18) ans. Ce groupe est particulièrement vulnérable aux contaminants, étant donné que les enfants respirent beaucoup plus d'air par rapport aux adultes (Kleinman, 2000). L'hypothèse de la présence d'une fuite de gaz d'un puits inactif près d'une école peut nuire à la santé de ces enfants, d'autant plus qu'ils sont fortement exposés en raison du temps qu'ils passent à l'école. D'autre part, il y a également un risque de contact direct avec des puits inactifs. Pour cela nous recommandons d'établir une analyse de l'aire dans ces établissements afin de prendre les mesures nécessaires pour le bien de ces enfants en cas d'éventuelle fuite.

5.2.6 Hôpitaux :

Les résultats ont montré l'existence de plusieurs hôpitaux qui se situent au centre des communes : **Negrine, Bir el ater**. Près de cinq (5) puits inactifs, à l'exception de l'**hôpital Saidi Mamar Chechar** qui est loin des puits.

A partir de la carte établie dans la commune de **bir el ater** le puits se situe à plus de 1500m des principaux centres de santé.

Cependant, la présence des puits inactifs réellement loin des hôpitaux est susceptible d'avoir des conséquences sur la santé des personnes qui y séjournent en raison de leur vulnérabilité aux contaminants. Généralement, les hôpitaux accueillent les personnes de différentes catégories d'âges (enfants, adultes ou personnes âgées).. Par ailleurs, de nombreuses substances chimiques

peuvent s'échapper de ces puits et avoir des effets néfastes sur la santé de ces personnes tel que :

1. La pollution de l'eau profonde.
2. Problème d'inhalation : due aux gaz émis de puits.
3. Problème d'ingestion due à l'eau polluée.

5.2.6 Réseaux pipeline :

Nous déplorons l'existence de six (6) puits inactifs (AP) qui sont à proximité du réseau pipeline dont trois (3) dans la wilaya de **khenchla** et trois (3) autres dans la wilaya de **Tébessa** précisément à **Bir el atte**

Les autorités doivent s'assurer et se prévenir d'éventuel problème dû à l'emplacement des Puits.

5.2.7 Densité de la population :

À la lumière de ce qui était présenté sur la densité de la population de notre zone d'étude les habitants se concentrent dans des zones de faible superficie, ils se rassemblent dans les zones urbaines, la densité est très faible.

On dénombre cinq (5) puits inactifs près de ces zones urbaines, (3) trois puits près de **Bir el atter** qui est peuplée par 77 727 habitants et (2) deux puits près de **Negrine** qui représente 14 815 habitants.

En fait, la présence des puits inactifs près des zones urbaines pose un risque plus important par rapport aux autres environnements, à cause du nombre élevé de personnes y vivent et de la proximité de ces puits inactifs, si bien qu'on n'a pas d'informations sur la situation exacte des puits, car les puits se trouvent souvent au milieu des champs et où il y a peu de personnes. Toutefois, nous ne pouvons ignorer le risque auquel seraient exposées les personnes qui vivent ou travaillent près de ces puits inactifs en cas d'accident.

5.3 Forces et limites de la recherche :

Ce mémoire est un inventaire sur l'impact social et environnemental des puits inactifs, avec établissement de couts de risques qui peuvent servir comme un outil de précision a la décision étant aussi la première étude ayant mis en évidence la vulnérabilité pour l'environnement et la santé humaine face à la présence des puits de pétrole et de gaz inactifs on ALGERIE et au sein de la société Sonatrach division exploration qui a pris comme zone d'étude la région (Tébessa et Khenchla). Ces puits peuvent représenter une source de pollution susceptible d'nuire à la qualité de l'environnement et à la santé humaine.

Cette étude est la première à utiliser la cartographie comme étant un outild'aide à la décision pour la priorisation des puits inactifs en cas de planification des travaux de réparation. Fondée sur une approche éco-systémique, cette étude a permis de mettre en évidence lacomplexité de la question des puits de pétrole et de gaz inactifs. En effet, le fait d'avoir un puits inactif, peu importe son emplacement et sa situation, représente un risque pour l'écosystème. Par conséquent, il est difficile d'estimer les risques sur l'environnement et sur la santé des personnes associés à ces puits, étant donné que plusieurs facteurs sont susceptibles d'entrer en interaction et par rapport au manque d'informations due à l'absence de la sortie de terrain et d'analyse.

Évidemment, une fuite de méthane dans un aquifère pourrait causer des risques pour la santé à long terme, tandis que, si ce gaz s'échappe dans l'atmosphère et en présence d'une étincelleest capable de causer un risque immédiat sur la sécurité des personnes. Ainsi, si la fuite se produitdans un puits inactif se trouvant dans une zone éloignée, elle présente peu de risque par rapport à une fuite dans un puits inactif dans une zone peuplée.

Cette étude a révélé que certaines zones comptent plus de puits inactifs que d'autres. Cela nous laisse supposer qu'il faut peut-être questionner si les gens qui logent proche de ces puits inactifs, vivent dans des conditions (socioéconomiques et environnemental) différentes que les autres régions. Il serait donc pertinent d'en savoir plus sur la situation socioéconomique de ces régions dans les futurs travaux afin de répondre à cette hypothèse.

Aujourd'hui, ils sont confrontés à de nombreux risques à savoir la contamination du sol, la contamination de la nappe phréatique dont dépendent les populations pour l'approvisionnement en eau potable, les risques d'explosions en cas de fuite de gaz et la baisse de la valeur de leur propriété.

La présente étude a révélé que plusieurs puits inactifs se trouvent peut-être près des habitations (quartiers résidentiels, écoles et hôpitaux). Dans ce cas, nous signalons que certains groupes pourraient être plus vulnérables aux effets des puits inactifs que d'autres. Il serait donc pertinent de procéder à une caractérisation rigoureuse de l'état de santé de ces catégories de personnes dans les régions ayant connu des puits inactifs.

Cette étude et malgré les limites signalées, a permis de proposer une vision des puits inactifs (AP) de la zone d'étude qui pourrait être utilisée dans les prochaines études, à partir des connaissances du risque que présente chaque puits. De plus, l'approche adoptée dans ce mémoire est applicable pour le reste des régions Algériennes.

D'un côté, il est important de mentionner que les jeunes enfants sont plus sensibles non seulement aux effets négatifs des contaminants provenant des puits inactifs (AP), mais aussi en cas de contact direct avec un ou plusieurs équipements de ces puits, notamment ceux qui se trouvent dans des zones habitées. D'un autre côté, l'étude de San Sebastian et ses collaborateurs (2002) sur les communautés autochtones de l'Amazonie équatorienne exposées aux polluants des compagnies pétrolières, a confirmé que la grossesse chez les femmes de ces communautés se terminait souvent par une fausse couche (San Sebastián et al., 2002). De plus, des études ont démontré que les femmes portent un plus grand fardeau face aux changements environnementaux mondiaux par rapport aux hommes. Elles se retrouvent plus souvent avec des moyens d'adaptation limités face aux changements environnementaux (Cutter, 1995 ; Silventoinen et al., 2000).

Finalement, il est connu que les personnes sous traitement médical et les personnes âgées ont un système immunitaire faible ou affaibli par l'effet de traitements médicaux. Ceci rend ce groupe particulièrement vulnérable aux agents toxiques de toutes natures. Dans notre cas, nous avons constaté que les hôpitaux sont réellement loin des puits inactifs et par conséquent le risque est moins important par rapport aux autres variables.

Enfin, nous avons remarqué que la question des puits inactifs ne se limite pas sur une seule catégorie de personnes et que plusieurs facteurs peuvent entrer en interaction. Il est donc important de voir le problème en plusieurs angles tout en assurant une participation équitable de toutes les composantes susceptibles d'être affectées par les effets négatifs de ces puits

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Les enjeux environnementaux et sanitaires relatifs aux activités pétrolières et gazières sont multiples. En effet, la phase d'exploration des hydrocarbures, assume certainement une partie de ces impacts. Cependant, nous trouvons que peu d'études qui s'intéressent à cette question et surtout en Algérie, ce projet d'étude est le premier à traité cette anomalie. Cela nous amène à poser les questions suivantes : connaissons-nous les impacts environnementaux et sanitaires posés par les puits de pétrole et de gaz inactifs ? Connaissons-nous les voies d'exposition de la population aux effets des puits inactifs, et enfin, connaissons-nous les groupes de la société les plus susceptibles d'être affectés par les effets de ces puits ?

Les impacts sur l'environnement et sur la santé humaine des puits inactifs (AP) sont le but de notre projet d'étude. Par ailleurs, nous avons préféré étudier cette question à une échelle locale. Nous avons donc choisi deux wilayas (Tébessa, Khenchla) de l'est Algérien comme zone d'étude. L'objectif était de dresser un portrait de l'évolution des forages pétroliers et gaziers dans cette région pendant la période 1950-2020 pour ensuite cartographier la vulnérabilité des milieux naturels, bâtis et humains face à la présence de ces puits. Enfin, notre dernier objectif était de classer les puits inactifs de cette région selon leurs profils. Cette étude constitue le début d'un sujet de recherche très large qui mérite plus de travaux de terrain hélas gelés par les autorités algériennes à cause de la propagation du (**covid**) qui aurait due nous permettre de bien saisir les impacts environnementaux et sanitaires des puits inactifs.

L'examen des données relatives aux puits pétroliers et gaziers publiés dans les bases de données de l'entreprise Sonatrach nous a permis de recenser soixante-sept (67) puits dont vingt-deux (22) avec le statut inactif (AP). Ces derniers sont répartis principalement dans le sud de la wilaya de Tébessa et le sud-ouest de la wilaya de Khenchla. D'autre part, les résultats de la cartographie ont révélé que 62% des puits inactifs avaient au moins un puits artésien à proximité. Dans le même contexte, nous avons remarqué que la majorité des puits ont été forés dans des zones ayant une faible densité de population et sans développement agricole. Enfin, nous avons constaté que certains puits se trouvaient proches de chemins de fer et loin des établissements scolaires.

Vu le manque d'informations (Date de constructions et habilitations des établissements) on ne peut pas dire que Sonatrach n'a pas pris en considération la présence de ces établissements car il se peut que les puits ont été forés avant la construction de ces établissements.

Nous proposons pour les prochaines études d'inclure les méthodes d'analyse multi variée de données (ACP et CAH) dans **XLSTAT** logiciel 2020.4.1 qui est utilisé pour les statistiques multivariées. Le logiciel est basé sur un nombre important de méthodes statistiques reconnues. Ce logiciel permet de préparer, décrire, analyser et modéliser des données (Addinsoft, 2020) pour classer les puits (AP) suivent les différentes catégories.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- Aba, T. et Kavak, O. (2019). Environmental Effects of Petroleum Leaks Around Diyarbakir City (SE Anatolia of Turkey) and Its Environment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (1 éd., vol. 221).
- Addinsoft. (2020). *XLSTAT statistical and data analysis solution*. (version 2020.4.1). Paris, France. Récupéré de <https://www.xlstat.com>
- Addy, R., Lawson, F. et Turnbull, H. (2016). Deepwater ghana abandoned and suspended wells monitoring and verification process; A basis for prevention of future unwanted environmental leakages of wellbore fluids. *Society of Petroleum Engineers - SPE African Health, Safety, Security and Environment and Social Responsibility Conference and Exhibition 2016* (p. 106-121). doi: <https://doi.org/10.2118/183583-MS>
- Ajayi, T., Torto, N., Tchokossa, P. et Akinlua, A. (2009). Natural radioactivity and trace metals in crude oils: implication for health. *Environmental geochemistry and health*, 31(1), 61-69.
- Amadi, A. N. (2014). Impact of gas-flaring on the quality of rain water, groundwater and surface water in parts of Eastern Niger Delta, Nigeria. *Journal of Geosciences and Geomatics*, 2(3), 114-119.
- Ana, G. R., Sridhar, M. K. et Bamgboye, E. A. (2009). Environmental risk factors and health outcomes in selected communities of the Niger delta area, Nigeria. *Perspectives in Public Health*, 129(4), 183-191.
- Archambault, S. et Toussaint, J.-P. (2016). Risques et impacts associés à l'exploration et à l'exploitation des hydrocarbures. *Le Naturaliste canadien*, 140(2), 35-40. doi: <https://doi.org/10.7202/1036501ar>
- Batellier, P. et Maillé, M.-È. (2017). *Acceptabilité sociale: sans oui, c'est non* Écosociété.
- Becerra, S. (2012). Vulnérabilité, risques et environnement: l'itinéraire chaotique d'un paradigme sociologique contemporain. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 12(1).
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. et Wisner, B. (2014). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters* Routledge.
- Bonnet, B. et Evrard, B. (2018). Allergies et médicaments: mécanismes de présentation de l'antigène au système immunitaire adaptatif. *Revue française d'allergologie*, 58(3), 126-127. doi: <https://doi.org/10.1016/j.reval.2018.02.201>

BIBLIOGRAPHIE

- Boris, R. (2013). L'effondrement d'un forage réalisé par Total en 1978 menace de polluer les eaux de Ouargla, l'un des plus grands oasis sahariens. Récupéré de *Nouara Algérie: écologie et environnement en Algérie*
<http://www.nouara-algerie.com/article-l-effondrement-d-un-forage-realise-par-total-en-1978-menace-de-polluer-les-eaux-de-ouargla-l-un-de-119241015.html>
- Bouchard-Bastien, E. et Gervais, M.-C. (2016). Relation entre les activités de l'industrie des hydrocarbures, la qualité de vie et la santé psychologique et sociale. Dans *Santé environnementale* [Revue des connaissances]. Québec : Institut national de santé publique du Québec. Récupéré de
https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2104_relation_hydrocarbures_qualite_vie_sante.pdf
- Brundtland, G. H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S. et Chidzero, B. (1987). Our common future. *New York*, 8.
- Campbell, J. (2016, 06 juin). Pétrole et gaz naturel : prouver sa valeur pour vendre à l'étranger. Récupéré de *Exportation et développement*
<https://www.edc.ca/fr/blogue/serie-secteurs-petrole-gaz-naturel.html>
- Charron, D. F. (2012). *La Recherche Écosanté en pratique: Applications novatrices d'une approche écosystémique de la santé* (vol. 2) Springer.
- Chevalier, P., Poulin, P., Valcke, M., Bourgault, M.-H., Smargiassi, A., Laplante, L., . . . Adib, G. (2015). *Enjeux de santé publique relatifs aux activités d'exploration et d'exploitation des hydrocarbures gaziers et pétroliers* (S. e. Évaluation d'impact sur la santé, Eau potable, Trans.). [Rapport de recherche, d'étude ou d'analyse]. Québec : Institut national de santé publique du Québec. Récupéré de
https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/1957_enjeux_exploration_exploitation_hydrocarbures.pdf
- Clark, I. D. et Fritz, P. (1997). *Environmental isotopes in hydrogeology* CRC press.
- Clayton, J. A. et Collins, F. S. (2014). Policy: NIH to balance sex in cell and animal studies. *Nature News*, 509(7500), 282.
- Cornwall, A. (2003). Whose voices? Whose choices? Reflections on gender and participatory development. *World development*, 31(8), 1325-1342. doi:
[https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(03\)00086-X](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(03)00086-X)
- Cornwall, A. et Jewkes, R. (1995). What is participatory research? *Social science & medicine*, 41(12), 1667-1676.
- Cossé, R. (1988). *Techniques d'exploitation pétrolière: Le gisement* (vol. 1) Éditions Technip.
- Cutter, S. L. (1995). The forgotten casualties: women, children, and environmental change. *Global environmental change*, 5(3), 181-194.

BIBLIOGRAPHIE

- Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in humangeography*, 20(4), 529-539. doi: <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>
- D'Andrea, M. A. et Reddy, G. K. (2014b). Health Risks Associated with Crude Oil Spill Exposure. *The American Journal of Medicine*, 127(9). doi: <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2014.04.035>
- Décamps, H. (2007). La vulnérabilité des systèmes socioécologiques aux événements extrêmes: exposition, sensibilité, résilience. *Natures Sciences Sociétés*, 15(1), 48-52.
- Eakin, H. et Luers, A. L. (2006). Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 31, 365-394. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>
- Elkin, H. F. (1968). Petroleum refinery emissions. Dans *Sources of Air Pollution and Their Control: Air Pollution* (p. 97-121). New York : Academic press.
- Esterhuyse, S., Sokolic, F., Redelinghuys, N., Avenant, M., Kijko, A., Glazewski, J., . . . Vos, A. T. (2017). Vulnerability mapping as a tool to manage the environmental impacts of oil and gas extraction. *Royal Society open science*, 4(11), 171044. doi: <https://doi.org/10.1098/rsos.171044>
- Forget, G. et Lebel, J. (2001). *An ecosystem approach to human health* Citeseer.
- Funtowicz, S. et Ravetz, J. R. (1994). Emergent complex systems. *Futures*, 26(6), 568-582. doi: <https://doi.org/10.22329/celt.v10i0.4745>
- Gillis, D., Nelson, J., Driscoll, B., Hodgins, K., Fraser, E. et Jacobs, S. (2017). Interdisciplinary and transdisciplinary research and education in Canada: A review and suggested framework. *Collected Essays on Learning and Teaching*, 10, 203-222.
- Jackson, R. B., Vengosh, A., Darrah, T. H., Warner, N. R., Down, A., Poreda, R. J., . . . Karr, J. D. (2013). Increased stray gas abundance in a subset of drinking waterwells near Marcellus shale gas extraction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(28), 11250-11255. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1221635110>
- Kates, R. W., Ausubel, J. H. et Berberian, M. (1985). *Climate impact assessment*.
- Klein, S. L., Schiebinger, L., Stefanick, M. L., Cahill, L., Danska, J., De Vries, G. J., . . . Woodruff, T. K. (2015). Opinion: sex inclusion in basic research drives discovery. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(17), 5257-5258. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1502843112>

BIBLIOGRAPHIE

- Kleinman, M. T. (2000). *The health effects of air pollution on children* Récupéré de www.aqmd.gov/docs/default-source/students/health-effects.pdf
- Kovacic, Z. (2017, 2017/08/01). Investigating science for governance through the lenses of complexity. *Futures*, 91, 80-83. doi: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.01.007>
- Kuhlman, T. et Farrington, J. (2010). What is sustainability? *Sustainability*, 2(11),3436-3448. doi: <https://doi.org/10.3390/su2113436>
- Lafrance, G. (2002). *La boulimie énergétique, suicide de l'humanité?* Editions MultiMondes.
- Lebel, J. (2003). La santé: une approche écosystémique. Canada, Ottawa, CRDI. *Unfocus*.
- Legeard, N. (2014). En Équateur, la lutte organisée des associations contre l'exploitation pétrolière en Amazonie. *Pour*, 223(3), 287-298.
- Malo, M., Lefebvre, R., Comeau, F.-A. et Séjourné, S. (2015). *Synthèse des connaissances portant sur les pratiques actuelles et en développement dans l'industrie pétrolière et gazière (1553)*. Québec : Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. Récupéré de <https://mern.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/Chantier-technique.pdf>
- Mansour, J. (2006). The Hijaz-Palestine railway and the development of Haifa. *Jerusalem quarterly*, (28).
- Maurice, J., Didier, M. et de Monchy, G. (2001). *Prix du pétrole* La Documentation française.
- Mayoux, L. (1995). Beyond naivety: Women, gender inequality and participatory development. *Development and change*, 26(2), 235-258. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.1995.tb00551.x>
- Mazure, C. M. et Jones, D. P. (2015). Twenty years and still counting: including women as participants and studying sex and gender in biomedical research. *BMC Women's Health*, 15(1), 94.
- McMahon, P. B., Thomas, J. C., Crawford, J. T., Dornblaser, M. M. et Hunt, A. G. (2018, 2018/09/01/). Methane in groundwater from a leaking gas well, Piceance Basin, Colorado, USA. *Science of The Total Environment*, 634, 791-801. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.371>

BIBLIOGRAPHIE

- Mousseau, N. (2008). *Au bout du pétrole- Tout ce que vous devez savoir sur la crise énergétique* Éditions MultiMondes.
- Nguyen, J.-P. (1993). *Le forage* Editions Technip.
- Nriagu, J. (2011). Oil industry and the health of communities in the Niger Delta of Nigeria. *Encyclopedia of Environmental Health*, 240-250.
- Nriagu, J., Udofia, E. A., Ekong, I. et Ebuk, G. (2016). Health risks associated with oil pollution in the Niger Delta, Nigeria. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(3).
- Osborn, S. G., Vengosh, A., Warner, N. R. et Jackson, R. B. (2011b). Reply to Saba and Orzechowski and Schon: Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(37), 665-666. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1109270108>
- Rogers, E. M. (1976). *Communication and development; critical perspectives* Sage.
- Osborn, S. G., Vengosh, A., Warner, N. R. et Jackson, R. B. (2011a). Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20), 8172- 8176. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1100682108>
- San Sebastián, M. S., Armstrong, B. et Stephens, C. (2002, 2002/10/01). Outcomes of Pregnancy among Women Living in the Proximity of Oil Fields in the Amazon Basin of Ecuador. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 8(4), 312-319.
- San-Sebastián, M. et Karin Hurtig, A. (2004). Oil exploitation in the Amazon basin of Ecuador: a public health emergency. *Revista panamericana de salud pública*, 15, 205-211.
- Sarkis, N. (1971). Pétrole et développement économique dans les pays arabes. *Études internationales*, 2(4), 562-574.
- Semmoud, B. (2010). Les hydrocarbures, mode majeur d'insertion dans l'économie mondiale. Dans *Maghreb et Moyen-Orient dans la mondialisation* (chap. 3, p. 73-102). Paris : Armand Colin.
- Silventoinen, K., Kaprio, J., Lahelma, E. et Koskenvuo, M. (2000). Relative effect of genetic and environmental factors on body height: differences across birth cohorts among Finnish men and women. *American journal of public health*, 90(4), 627
- Tetroe, J. (2007). Knowledge translation at the Canadian Institutes of Health Research: a primer. *Focus Technical Brief*, 18, 1-8.
- .
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., . . . Martello, M. L. (2003). A framework for vulnerability

analysis in sustainability science. *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(14), 8074-8079. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>

- Webb, J. C., Mergler, D., Parkes, M. W., Saint-Charles, J., Spiegel, J., Waltner-Toews, D., . . . Woollard, R. F. (2010). Tools for thoughtful action: the role of ecosystem approaches to health in enhancing public health. *Canadian Journal of Public Health*, 101(6), 439-441.
- Wisn, J., Chesnaux, R., Werring, J., Wendling, G., Baudron, P. et Barbecot, F. (2020). A portrait of wellbore leakage in northeastern British Columbia, Canada. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(2), 913-922. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1817929116>

Rapport et sites :

Agence internationale de l'énergie (AIE). (2018, 17/10/2020). Interviewé par. Data and statistics: World-Balances 2018. Dans AIE (prod.), Récupérée de <https://www.iea.org/data-and-statistics/data/tables?country=WORLD&energy=Balances&year=2018>

BRGM. (s.d.). *Techniques de forage*. Récupéré de <http://sigessn.brgm.fr/spip.php?article33>

ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT (11/2014). Réalisée pour le compte de SONATRACH - Division Exploration Par La société d'ingénierie de l'environnement et de l'énergie S.A. Et la société de conseil en développement des PME

UNEP. (1997). Environmental management in oil and gas exploration and production: an overview of issues and management approaches. *Joint E&P Forum - UNEP Technical Publication*. London, UK, 68.

*DB CITY/ ([https://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie\).le](https://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie).le)

*https://www.ons.dz/IMG/pdf/education_nat2018-2019.pdf

*<https://sonatrach.com/exploration-production>

*<https://www.sntf.dz/index.php/a-propos-de-la-sntf>

*<https://fr.wikipedia.org/wiki/Sonatrach#:~:text=L'entreprise%20emploie%2041%20204,vo%C3%BBte%20de%20l'%C3%A9conomie%20alg%C3%A9rienne.>

*<https://information.tv5monde.com/afrique/algerie-l-economie-peut-elle-trouver-un-nouveau-souffle-avec-la-hausse-des-prix-du-petrole#:~:text=Le%20minist%C3%A8re%20alg%C3%A9rien%20du%20Commerce,et%20en%20p%C3%A9trole%20du%20pays.>