

Université Kasdi Merbah Ouargla



Faculté des hydrocarbures énergies renouvelables et science de la terre et de l'univers

Département de production des hydrocarbures

MEMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de Master

Option: Production

Présenté Par :

SERDOUK Asma

-THEME-

Production du gaz de schiste en Algérie, enjeux et perspectives

Soutenue le : 28 / 05 / 2015 devant la commission d'examen

Jury:

Président:	KHABAZ	Univ. Ouargla
Rapporteur:	DOUAK Mohamed	Univ. Ouargla
Examineurs:	MEHASSOUEL Ammar	Univ. Ouargla



REMERCIEMENT

*Je remercie tout d'abord mon Dieu qui m'a donné
la force pour terminer ce travail.*

*Je remercie mon promoteur Mr M. Douak d'avoir
accepter de me suivre, pour son aide et ses
conseils durant la préparation de ce thème.*

*Je remercie également tout les enseignants du
département, notamment ceux de l'option
production.*

*Je remercie aussi les membres de jury d'avoir
évaluer mon travail.*

SERDOUK Asma



DEDICACE

*Je dédie ce modeste travail
A ma chère mère et mon cher père
A mes frères et ma sœur
A mes oncles et mes tantes
A tous Les familles SERDOUK
BOUSLAH et LATAMENE
A Tous mes amis
A tous mes collègues de promotion Master
production
A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin
pour la réalisation
de ce Modeste travail.*

Asma

RESUME

RESUME :

La politique énergétique de l'Algérie adaptés pour l'ère poste-pétrolière se repose sur deux volets contradictoires, le premier est celui du développement des énergies renouvelables et propres dites amies de l'environnement, le second volet est l'exploitation de gaz de schiste qui est une véritable source de pollution.

Dans ce travail j'étudie dans un premier temps la genèse du gaz de schiste et les différents procédés d'extraction puis ses aspects. Et on finira avec ses enjeux et ses perspectives en Algérie.

الملخص :

جانبيين متناقضين، الأول هو تطوير الطاقة

الذي يعتبر .

ه ثم مظهره. الأخير تحدياته ه

السياسة الطاقوية الجزائرية

المتجددة والنظيفة صديقة البيئة الثاني هو

في هذا العمل

Table des matières

Remerciements	I
Dédicace	II
Résumé	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux	V
Nomenclature	VI
Introduction	01

CHAPITRE I: PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISES EN AVANT

I.1. L'origine et la nature de gaz de schiste	02
I.1.1. La genèse de gaz de schiste	02
I.1.2. Les hydrocarbures conventionnels et non conventionnels	04
I.2. L'exploration du gaz de schiste	06
I.3. L'exploitation du gaz de schiste	07
I.3.1. le forage dirigé	07
I.3.2. La fracturation hydraulique	08
I.3.3. Les alternatives à la méthode classique de la fracturation hydraulique	10
I.3.3.a. La fracturation électrique	10
I.3.3.b. La fracturation pneumatique	10
I.3.3.c. La fracturation au CO_2	10
I.3.3.d. La fracturation au propane	10
I.3.3.e. La fracturation exothermique non hydraulique	11

CHAPITRE II: LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

II.1. Introduction	12
II.2. L'impact quantitatif sur la ressource en eau	12
II.3. L'impact spécifique des additifs chimiques	13
II.4. La contamination des nappes phréatiques	15

Table des matières

II.5.	Pollution de l'air	17
II.6.	Risques sismiques	20
II.7.	Impact paysager	20
II.8.	Enjeux environnementaux pour l'Algérie	21

CHAPITRE III: LE MARCHE ET SES ACTEURS

III.1	Contexte énergétique mondiale	23
III.2	Répartition des gaz de schiste dans le monde	24
III.3	Acteurs majeurs	26

CHAPITRE IV: ETUDE LE CAS DE L'ALGERIE

IV.1	Etat des réserves découvertes à ce jour	27
IV.2	L'exploration du gaz de schiste en Algérie	27
IV.3	La production en Algérie	28
IV.4	Potentiel et perspective	29
IV.5	Les besoins du marché intérieur	29
	Conclusion	31

Références bibliographique

Liste des figures

Listes des figures :

N° Figure	Titre de la figure	Page
Figure I.1	Echelle des temps géologiques	02
Figure I.2	Enfouissement des matières organiques par les dépôts sédimentaires	03
Figure I.3	La perméabilité entre réservoirs conventionnels et non conventionnels	05
Figure I.4	Les différents types d'hydrocarbure gazeux	05
Figure I.5	Les étapes d'extraction du gaz de schiste	09
Figure II.1	Composition de fluide de fracturation	14
Figure II.2	Les bassins de décantation d'Ahnet à In Salah	15
Figure II.3	Différents types de risques de contamination des aquifères par les eaux de fracturation	16
Figure II.4	La quantité de méthane fuyant les réservoirs visible via une caméra infrarouge	20
Figure II.5	Etendue du continental intercalaire et du complexe terminal en Algérie, Tunisie et Libye	21
Figure III.1	La consommation énergétique mondiale en 2013	24
Figure III.2	Répartition de gaz de schiste dans le monde	24
Figure IV.1	Les réserves de gaz de schiste identifiées en Algérie	28

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

N° Tableau	Titre de tableau	page
Tableau I.1	transformation de matière organique en fonction de la profondeur	03
Tableau I.2	La spécificité du gaz de schiste	06
Tableau II.1	Résumé des principaux contaminants émis lors des différentes activités de la phase d'exploration	18
Tableau II.2	Résumé des principaux contaminants émis lors de la phase d'exploitation	19
Tbleau.III.1	Réserves des gaz de schiste dans le monde	25

Nomenclature

Nomenclature :

m^3	Mètre cube
EPA	Agence de Protection de l'Environnement
COV	Composé Organique volatil
GIES	Groupement Inter Entreprise de Sécurité
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
NO_x	Les d'Oxydes d'azote
CO	Monoxyde de carbon
SO_2	Dioxyde de soufre
PAT	Poussières dans l'air totales
PM	Particules fines
H_2S	Sulfures d'hydrogène
SASS	Système Aquifère du Sahara Septentrional
TEP	Tonnes Equivalent Pétrole
BP	British Petroleum
EIA	Energy Information Administration
US	United States (Etats Unis)
AIE	Agence Internationale de l'Energie
CGG	Compagnie Générale de Géophysique
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
ENI	Ente Nazionale Idrocarbur (Société Nationale italienne des hydrocarbures)
PIB	Produits Intérieurs Brut
BTP	Bâtiment et des Travaux Public

INTRODUCTION

INTRODUCTION :

Désormais, 7 milliards d'êtres humains peuplent la Terre et les demandes énergétiques de la planète ne cessent d'augmenter. ces dernières années nous allons commencer à manquer de pétrole. L'homme va donc devoir trouver des solutions pour remplacer cette source d'énergie qui est devenue vitale à notre croissance. la découverte de gisement de pétrole d'un genre nouveau fait polémique. Ce pétrole et ce gaz sont le pétrole et le gaz de schiste.

Le gaz de schiste suscite depuis quelques années un très vif débat et fait l'objet de fortes controverses qui opposent d'une part, ceux qui voient dans la mise en exploitation de cette ressource un moyen d'assurer une indépendance énergétique et des revenus et d'autre part les mouvements écologistes plus sensibles aux impacts environnementaux induits par la fracturation hydraulique, notamment sur les ressources hydriques. A ce jour, seuls les Etats Unis et le Canada produisent du gaz (et du pétrole) de schiste.

Depuis la révolution industrielle au XIXème siècle, l'énergie est au coeur de la politique mondiale. Avec l'épuisement de ressources énergétiques fossiles conventionnelles des nouvelles stratégies énergétiques sont mise en lumière, tel que le développement des énergies renouvelables et l'exploitation des énergies fossiles non conventionnels.

La politique énergétique que l'Algérie adapte pour l'ère poste-pétrolière se repose sur deux volets contradictoires, le premier est celui du développement des énergies renouvelables et propres dites amie de l'environnement, le second volet est l'exploitation de gaz de schiste qui est une véritable source de pollution.

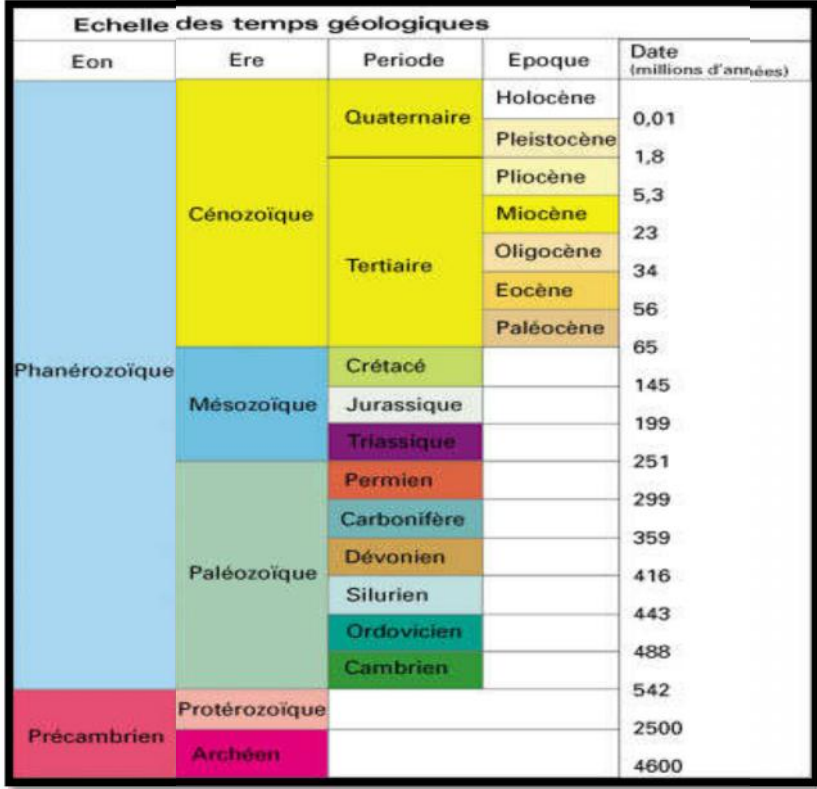
CHAPITRE I:
PRESENTATION GENERALE
DU GAZ DE SCHISTE ET
DES TECHNOLOGIES MISES EN AVANT

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISE EN AVANT

I.1. L'origine et la nature de gaz de schiste :

I.1.1. La genèse de gaz de schiste:

La genèse de gaz de schiste et la même genèse du pétrole, du gaz naturel, et du charbon. Ces derniers se sont formés depuis des millions d'années quand des conditions favorables étaient réunies. Tout ces éléments sont riches de carbone et dérivent de la transformation de matières organiques (végétales et/ou animales). La grandes période de cette transformation est le Carbonifère, à la fin du Paléozoïque il ya 359 à 299 millions d'années (Ma) mais pas seulement. Aussi des autres périodes favorables qui s'appellent le Silurien (de 443 à 416 Ma), le Jurassique (de 199 à 145 Ma), et le Crétacé (de 144 à 65 Ma). (1)



The figure is a geological time scale chart titled 'Echelle des temps géologiques'. It is organized into columns for Eon, Ere, Periode, and Epoque, with a corresponding Date in millions of years on the right. The chart is color-coded by geological period.

Eon	Ere	Periode	Epoque	Date (millions d'années)
Phanérozoïque	Cénozoïque	Quaternaire	Holocène	0,01
			Pleistocène	1,8
		Tertiaire	Pliocène	5,3
			Miocène	23
			Oligocène	34
			Eocène	56
			Paléocène	65
	Mésozoïque	Crétacé	145	
		Jurassique	199	
		Triassique	251	
		Permien	299	
		Carbonifère	359	
		Dévonien	416	
		Silurien	443	
Paléozoïque	Ordovicien	488		
	Cambrien	542		
	Protérozoïque	2500		
Précambrien	Archéen		4600	

Figure I.1 : Echelle des temps géologiques

La formation des matériaux énergétiques nécessite un milieu riche en matière organique rapidement enfoui pour empêcher son oxydation et sa mise en profondeur pour sa transformation sous l'action conjuguée de la température et de la pression. [1]

La matière organique constituée de fragments végétaux et animaux de différentes tailles vont se mélanger aux sédiments. Les sédiments s'entassent par couches successives.

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISE EN AVANT

Ces sédiments viennent de l'érosion (sables, argiles), d'une activité biologique (calcaire), ou de l'évaporation de l'eau des lagunes (gypse, sel)... Recouvertes par d'autres couches, ces couches de sédiments sont compactées : l'eau est chassée, la densité s'accroît. Durant l'enfouissement naturel qui s'opère au fur et à mesure, la pression, la température. Les sels minéraux contenus dans l'eau ont précipité et conduisent à une sorte de ciment : les sédiments meubles du départ se sont transformés en roche solide. [2]

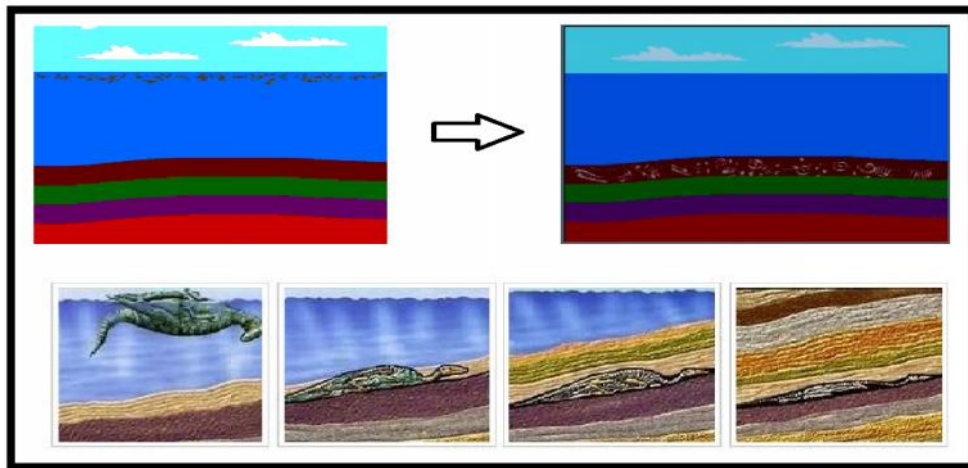


Figure I.2 : Enfouissement des matières organiques par les dépôts sédimentaires

Suite à cet enfouissement, les sédiments en majorité argileux et riches en matières organiques (ils auront donc tendance à être noirs) vont entamer leur processus de transformation en fonction de la profondeur. [3] (Tableau I.1)

Tableau I.1 : transformation de matière organique en fonction de la profondeur

Profondeur (mètre)	Transformation	Description
0-1000	Gaz naturel (méthane)	Gaz produit en faible quantité et qualité car il est associé à d'autres composés (H_2O , CO_2 ...)
2000-3000	huile et un peu de gaz naturel	maturation thermique et transformation thermogénique
3000-4000 et plus	Grande quantité de gaz naturel	Au-delà de 4000m le gaz devient sec et pur.

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISE EN AVANT

Alors les hydrocarbures sont qualifiés de combustible fossile parce que leur mise en place s'est réalisée au cours des durées géologiques. Ils ne sont pas renouvelables.

Dans le sous sol, les hydrocarbures sont formés au sein de la roche mère = le schiste (shale en anglais), c'est une roche sédimentaire qui contient de l'argile, du quartz et divers autres minéraux, elle a tendance à former rapidement des feuillets. Sous l'effet combiné de la température et de la pression souterraines, ils sont progressivement expulsés de la roche mère, et migrent vers la surface car ils sont plus légers que l'eau. Au contact d'une couche imperméable les hydrocarbures se concentrent pour former un gisement.

Les hydrocarbures sont piégés dans des roches dites « réservoir ». Il ne s'agit pas de vastes poches continues, mais de minuscules pores entre les grains qui forment la matrice de cette roche. La qualité d'une roche réservoir est caractérisée par sa porosité et sa perméabilité.

La porosité représente l'espace entre les grains, c'est la capacité à stocker un hydrocarbure. Encore faut-il qu'il laisse ces fluides circuler (les pores soient contactés entre eux), c'est la perméabilité qui mesure cette aptitude de la roche à se laisser traverser par le gaz ou le pétrole. [4]

Si les schistes sont particulièrement imperméables ou s'ils n'ont pas été soumis à des forces tectoniques importantes, les hydrocarbures pourront rester dans leur roche-mère. C'est le cas des schistes bitumineux (schistes riches en kérogène) et des schistes comprenant encore du gaz, que l'on appelle le gaz de schistes. [5]

I.1.2. Les hydrocarbures conventionnels et non conventionnels:

Physiquement et chimiquement, un hydrocarbure conventionnel et un hydrocarbure non conventionnel sont les mêmes : il s'agit toujours de pétrole ou de gaz. Leur classement dans l'une ou l'autre catégorie tient aux conditions d'accumulation de cet hydrocarbure dans le sous sol et aux types de technologies à mettre en œuvre pour l'en extraire.

L'industrie pétrolière nomme « conventionnels » les gisements contenus dans des roches poreuses et perméables et dont l'exploitation est relativement facile, et elle nomme « non conventionnel » tous les autres. [6]

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISE EN AVANT

L'appellation « gaz non conventionnels » recouvre trois types de ressources gazières : le gaz de schiste (shale gas), le tight gas et le gaz de charbon (coal bed methane).

La perméabilité peut atteindre 1Darcy, voire plus, dans un piège à hydrocarbure classique de bonne qualité, et chute à quelques dizaines de micro Darcy dans les réservoirs de tight gas, plus compact qu'une brique. Dans le cas des gaz de schiste, elle s'effondre encore, se réduisant à des valeurs mille fois plus faibles que dans les tight gas. Elle se mesure alors en nano Darcy. [4]

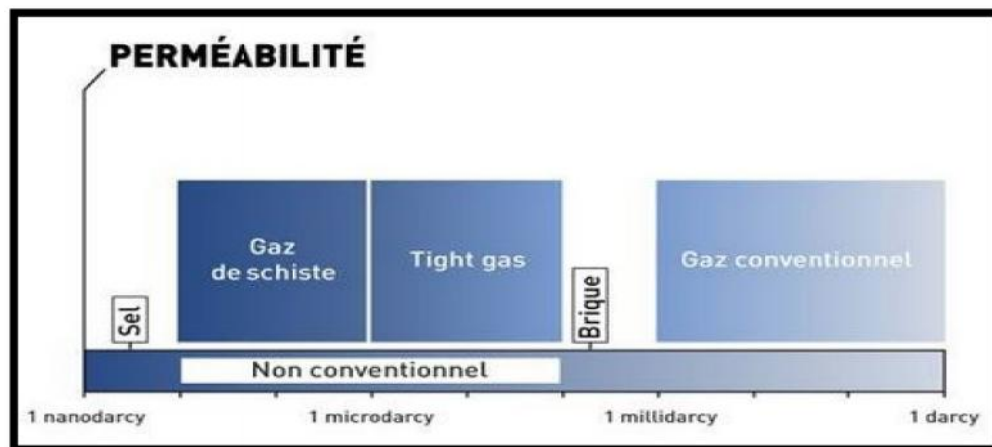


Figure I.3: La perméabilité entre réservoirs conventionnels et non conventionnels

Le gaz de schiste est quand à lui extrait de la roche mère et non d'un réservoir pétrolier classique. Une partie du gaz qui s'y trouve est soit adsorbé (intimement imbriqué dans la matière organique) soit à l'état libre dans le volume poreux de la roche.

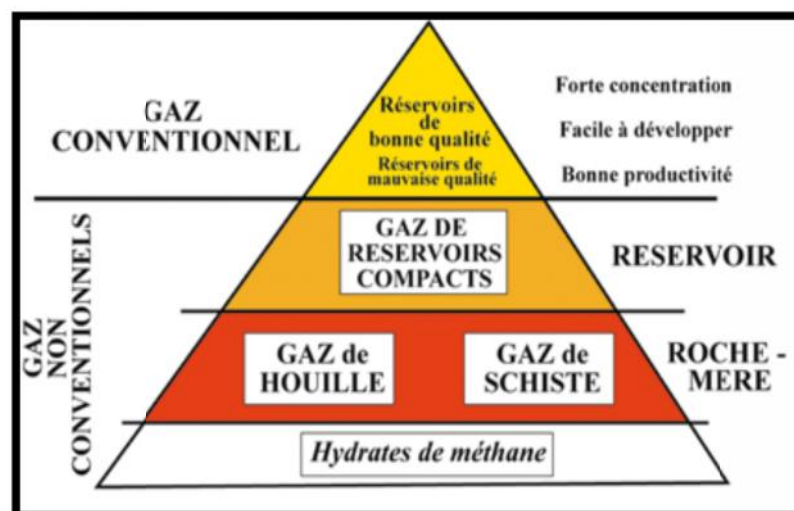


Figure I.4 : Les différents types d'hydrocarbure gazeux

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISE EN AVANT

I.2. L'exploration de gaz de schiste :

Pour ce type de gisement du gaz de schiste, l'exploration fait appel à des études spécialisées. Les techniques d'exploration utilisée pour rechercher les gisements de gaz de schiste sont comparables à celle utilisées pour les gisements de gaz conventionnel. Géologues et géophysiciens étudient la roche mère et les caractéristiques géologiques du sous sol (sa composition et sa structure) grâce à des techniques de cartographie et de sismographie. [7]. Ces études préliminaires se fondent sur l'analyse de divers échantillons et données : échantillons de roche mère et données préexistants (carottes, données sismiques, déblais d'anciens forage, etc.). L'analyse de ces données permet d'élaborer les premières hypothèses sur :

- L'épaisseur de la roche et son étendue qui serve à évaluer les dimensions.
- Sa composition en minéraux qui conditionne la réaction de la roche à la fracturation. [4]

Après on va faire l'évaluation de la quantité de gaz disponible à l'exploitation avec le forage d'exploration. Généralement le gaz de schiste présent dans les zones souterraines composées d'argile litée : c'est une argile schisteuse contenant des sédiments à grain fin.

Tableau I.2 : La spécificité du gaz de schiste.

Le gaz conventionnel	Le gaz de schiste
<ul style="list-style-type: none">• résulte de l'expulsion du fluide produit par la roche mère vers un réservoir.• Se présente sous la forme d'accumulation, dans des réservoirs poreux et perméables.	<ul style="list-style-type: none">• correspond à la partie du fluide retenue dans la roche mère.• Reste diffus dans l'ensemble de la couche roche mère peu poreuse et peu perméable.
Méthode d'exploration et de production : <ul style="list-style-type: none">• La démarche consiste à repérer un bassin sédimentaire où des hydrocarbures ont été générés, à traquer le piège par des méthodes géophysiques, le tester par un puits d'exploration, évaluer le volume poreux fermé, les volumes de gaz en place puis les réserves.	Méthode d'exploration et de production : <ul style="list-style-type: none">• la démarche consiste à localiser une roche mère de très bonne qualité ayant atteint des enfouissements suffisants pour générer du gaz tout en restant à des profondeurs raisonnables pour être atteinte par des puits.• Il est par ailleurs préférable que cette

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISE EN AVANT

<ul style="list-style-type: none">• la localisation des zones propices à la production ne se fait pas seulement par des méthodes géophysiques mais surtout par le forage et le carottage de puits qui ont pour but de confirmer la nature, la maturité et surtout la teneur en gaz de la formation ciblée.	roche mère, souvent de nature argileuse, renferme une partie non négligeable de silice ou de carbonate pour pouvoir être fracturée localement et ainsi libérer le gaz piégé.
--	--

I.3. L'exploitation de gaz de schiste :

Si les critères géologiques sont remplis. Il en découle des méthodes d'extraction adaptés qui nécessitent le recours systématique aux techniques combinées du forage dirigé et de la fracturation hydraulique qui permettent d'obtenir des productions économiquement fiable.

- Le forage horizontal pour toucher un maximum de surface de la roche mère (augmente la longueur du drain dans la formation produire.
- La fracturation hydraulique pour améliorer localement la perméabilité de la formation (libérer les hydrocarbures qui y sont piégés en créant une perméabilité artificielle).

I.3.1. Le forage horizontal :

Le forage commence par une partie verticale jusqu'à la zone de la roche mère ciblée (entre 1500 et 3000 m de profondeur) puis devient progressivement horizontale pour s'insinuer sur quelques milliers de mètres à l'intérieur de la couche à exploiter.

Alors que le forage horizontal permet de recouper sur de grandes distances la formation productrice et ainsi augmenter les points de récupération du gaz.

Le forage horizontal est beaucoup plus adapté au gaz de schiste mais il est également beaucoup plus coûteux. Un forage vertical coûte de l'ordre de 300.000 à 1 million d'euros en fonction de la profondeur alors qu'un forage horizontal coûte entre 4 et 8 millions d'euros.

Un forage est composé d'un derrick et un train de forage (tiges et trépan). Le trépan attaque la roche en appuyant mais surtout en tournant à grande vitesse : il broie la roche en petits morceaux. Pour les roches très dures on utilise des trépans sertis de diamants. [3]

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISE EN AVANT

Si l'on veut mieux connaître les roches traversées, on remplacera le trépan par un carottier.



Un trépan

Mais pour permettre au gaz d'être drainé vers le puits horizontal, il faut rendre la roche mère plus perméable car les fractures naturelles du schiste qui présente dans la roche mère ne sont pas nombreuses et ne communiquent pas entre elles. L'exploitation va donc créer des fractures artificielles en utilisant la méthode de la fracturation hydraulique.

I.3.2. La fracturation hydraulique :

La fracturation hydraulique (dit aussi "fracking") par injection d'un fluide (eau le plus souvent) et la mise en place dans la fracture créée d'un matériel granulaire de soutènement (sable) qui maintient la perméabilité. La fracturation hydraulique est réalisée après la fin du forage. On retire la boue de forage et on injecte sous haute pression le fluide de fracturation composé généralement de 95 % d'eau, de 4,5 % d'agent de soutènement (sable) qui s'injecte dans les fractures nouvellement créées et les empêchent de se refermer, et de 0,5 % d'additifs chimiques dont la composition dépend du contexte géologique. [9]

La fracturation hydraulique se fait en trois grandes étapes :

- a. Le forage, dans notre cas, horizontal.
- b. La réalisation de petites explosions successives pour créer les premières fractures.

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISE EN AVANT

- c. L'injection d'un fluide sous très haute pression pour élargir ces premières fractures et les prolonger. [3]

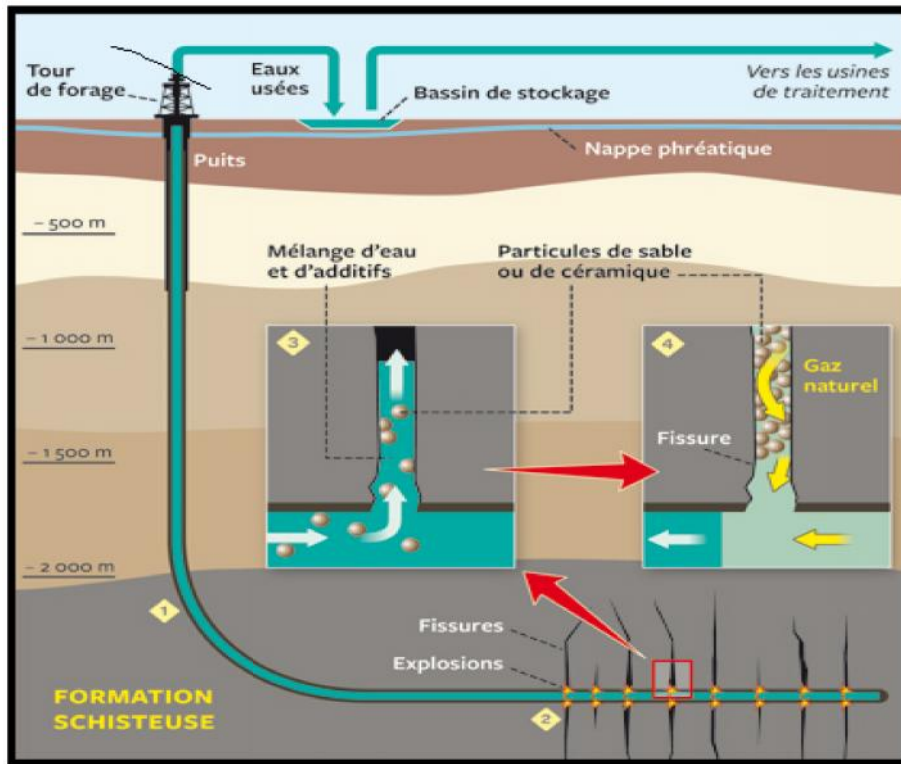


Figure I.5. Les étapes d'extraction du gaz de schiste

Il s'agit d'y déposer une charge explosive qui sera par la suite détonnée afin de fracturer la couche de schiste où se trouve le gaz et d'y injecter une très grande quantité de liquide de fracturation dans la roche entre 10 000 et 30 000 mètres cube à haute pression afin d'écartier les fissures et les fractures naturellement existantes. Afin de maintenir les fractures ouvertes, dans cette eau est incorporé du sable qui en se coinçant, empêchent les fissures de se refermer.)

De plus l'eau contient un mélange de produits chimiques, principalement des bactéricides, des détergents, qui sont censés lisser et nettoyer les parois des fissures pour favoriser le passage du gaz. Ensuite le gaz afflue en surface et est aussitôt, récupéré. Quand le gaz et le liquide remonte à la surface ils sont envoyés dans un condensateur puis dans un séparateur afin de les départager. Il y aura d'un coté le liquide de fracturation et de l'autre le gaz condensé de schiste.

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISE EN AVANT

La nature du fluide : il s'agit le plus souvent d'eau, mais dans certains cas où la roche réagit mal à l'eau (certaines argiles gonflent en présence d'eau, ce qui a un effet contraire à celui recherché)

La composition exacte du fluide de fracturation injecté reste toujours complexe et tenue secrète par les sociétés de forage.

I.3.3. Les alternatives à la méthode classique de la fracturation hydraulique :

Compte tenu de difficultés d'acceptation de cette méthode notamment liées aux impacts environnementaux. Des recherches existent pour développer des techniques alternatives afin de permettre l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste. [3]

I.3.3.a. La fracturation électrique :

Grâce à des ondes de chocs électriques, une onde acoustique provoque des microfissures dans la roche et libère le gaz. Le principal inconvénient de cette technique réside dans l'important besoin d'électricité, en particulier d'un générateur de forte puissance situé en surface au niveau du puits. Par ailleurs, elle nécessite tout de même l'emploi d'eau mais en plus faibles quantités que la fracturation hydraulique.

I.3.3.b. La fracturation pneumatique :

Il s'agit d'injecter de l'air comprimé dans la roche-mère pour la désintégrer par ondes de chocs. L'utilisation de l'eau est donc complètement éliminée et remplacée par l'air. Le problème principal reste les produits chimiques. [11]

I.3.3.c. La fracturation au CO₂ :

La technique utilisant du dioxyde de carbone injecté dans le sol sous forme supercritique – en phase liquide – et récupéré sous forme gazeuse, est déjà utilisée dans l'État du Wyoming (États-Unis) grâce à leur réseau de pipelines CO₂ qui rendent cette technique économiquement viable. [10]

I.3.3.d. La fracturation au propane :

C'est une technique envisagée actuellement par une entreprise canadienne (GasFrac). Il s'agit d'injecter un mélange de propane pur et de proppant (sable et céramique) dans le puits foré. Ce fluide de stimulation sous pression fait des fissures dans la roche mère. Le proppant permet ensuite de garder les fissures ouvertes, permettant au gaz de s'échapper. Sous l'effet de

CHAPITRE I : PRESENTATION GENERALE DU GAZ DE SCHISTE ET DES TECHNOLOGIES MISE EN AVANT

la pression et de la température, le propane injecté est libéré et remonte avec le gaz naturel produit. La technique semble séduisante, mais l'utilisation de cette substance inflammable soulève le risque d'explosion en surface. [10]

I.3.3.e. La fracturation exothermique non hydraulique :

Il s'agit d'injecter l'hélium sous sa forme liquide dans le puits foré puis la chaleur naturelle du fond le réchauffe avec l'aide de réactions chimiques le fait passer au stade gazeux, gonflant ainsi son volume avec une grande force puissante mécanique pour fracturer la roche mère. [10]

CHAPITRE II:

LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

CHAPITRE II : LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

II.1. Introduction :

Les projets de production de gaz de schiste comme tous les projets industriels comportent des risques qui doivent être identifiés et maîtrisés et ont un impact sur l'environnement qu'il faut minimiser.

Les principaux risques et les enjeux associés à la production des gaz de schiste sont : la pollution de l'eau, la contamination des nappes phréatiques, la pollution de l'air, l'impact paysage des forages et le risque sismique..etc. Ce sont des problèmes qui font des perturbations de l'écosystème.

II.2. L'impact quantitatif sur la ressource en eau:

Le risque pour l'eau ne concerne pas seulement sa contamination, mais également sa surconsommation. La fracturation hydraulique requiert en effet l'utilisation de quantités considérables d'eau entre 10 000 et 20 000 m³ (10 million litres d'eau douce) par forage, dont seule 40% environ peut être recyclée. Cette donnée peut inquiéter dans des pays dont les ressources en eaux sont limitées mais qui disposent d'importantes réserves de gaz de schiste, comme l'Algérie. Des études hydrogéologiques doivent être réalisées pour définir la meilleure solution dans le contexte de chaque projet.[12]

Des méthodes de traitement des eaux permettent de réutiliser une certaine quantité de ces eaux, des quantités peu rassurantes toutefois. Alors que certains quartiers manquent encore d'eau aujourd'hui, et que nombre d'agriculteurs se plaignent régulièrement de l'accès continu à l'eau pour leurs terres, la légitimation de l'injection de 20 000 m³ dans les roches (l'équivalent de la consommation annuelle de 1 200 habitants). [13]

- **La quantité d'eau :**

Les données :

- Si on a 300 puits de gaz de schiste.
- 4 à 6 fracturations hydrauliques par puits.
- 10 à 20 million litres (10 000 à 20 000 mètre cube) d'eau par fracturation.
- 30 000 litres par camion

Résultat :

- le nombre moyen est 5 fracturations par puits.
- La quantité moyenne d'eau pour seulement une fracturation est 15 000 000 litres.

CHAPITRE II : LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

Alors la quantité d'eau consommée est:

$$300 \times 5 \times 15\,000\,000 = 22\,500\,000\,000 \text{ litres d'eau (22\,500\,000 mètre cube)}$$

Et les voyages aller retour sur routes sont :

$$22\,500\,000\,000 / 30\,000 = 750\,000 \text{ voyages aller retour.}$$

Le prélèvement d'eau doit être encadré localement, afin d'éviter les conflits d'usage. Les dates de ce prélèvement peuvent être réglementées. En outre, l'eau prélevée n'est pas nécessairement potable (utilisation d'eau issue d'un aquifère profond non potable, d'eau de mer, d'eau usée traitée...). La réutilisation de l'eau produite pour réaliser de nouvelles fracturations est aujourd'hui privilégiée aux Etats-Unis : elle permet de limiter la consommation et le transport d'eau. Dans le Marcellus, par exemple la totalité de l'eau dite de flow back (remontée à la surface) est réutilisée pour les activités de forage et de stimulation. [14]

II.3. L'impact spécifique des additifs chimiques :

Le fluide de fracturation est composé de près de 94.69% d'eau, de 5.17% de sable et d'approximativement 0,14% d'additifs chimiques. Cette composition peut varier d'un industriel à un autre.[15]

L'eau est le fluide vecteur de la pression permettant de briser la roche et de transporter le sable. L'eau douce est privilégiée pour dissoudre les sels contenus dans la roche-réservoir et faciliter l'accès aux hydrocarbures. [15]

Le sable est utilisé comme « agent de soutènement » (proppant en anglais) : il s'insère dans les fissures ouvertes et a pour effet d'empêcher la roche de se refermer. La couche géologique devient alors poreuse, ce qui facilite l'écoulement de gaz jusque-là emprisonné dans la roche peu poreuse, y compris lorsque l'injection d'eau sous pression est interrompue. Le sable peut être remplacé par d'autres agents de soutènement tels que des billes de verres, de métal, de céramique ou de résine. [15]

Les additifs sont : des acides, des bactéricides, des réducteurs de frottement, des contrôleurs de viscosité, et des inhibiteurs de dépôt....

CHAPITRE II : LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

- L'acide le plus utilisé est l'acide chlorhydrique, il est utilisé avant les opérations de fracturation pour nettoyer les abords du puits (dissout les ciments minéraux dans les fractures).
- Des inhibiteurs de corrosion sont ajoutés afin de protéger les installations (empêche la corrosion du train de tubes).
- Les contrôles de viscosité (agent gélifiant) visent à permettre au sable de rester en suspension dans le fluide (rend l'eau plus épaisse).
- Les réducteurs de friction (réducteur de frottement) permettent de diminuer les pertes par frottement (rend l'eau plus glissante).
- Des agents antibactériens (antimicrobiens ou bactéricides) permettent d'éviter le développement d'un milieu microbien (détruit les bactéries de l'eau produisant des produits corrosifs).
- Des inhibiteurs de dépôt (agent anti dépôt) permettent d'empêcher la formation de dépôts dans le tube et les équipements de surface. [15]

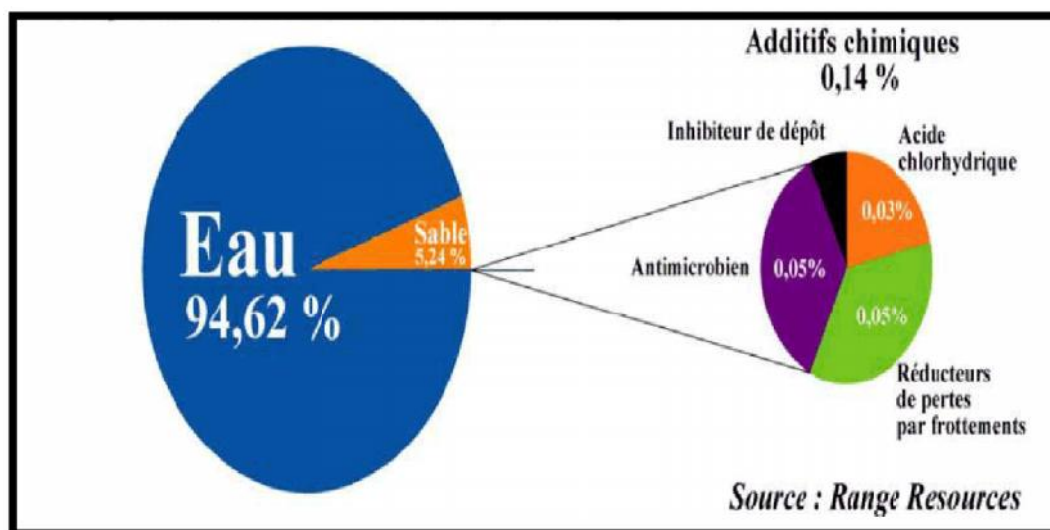


Figure II.1. Composition de fluide de fracturation source : RANGE Ressources

La composition exacte de ces produits n'est pas connue mais la plupart toxique voire concérigène il s'agit principalement de benzène, éthil benzène, soude caustique, toluène etc..... A certaines concentrations, plus de 75 % des produits identifiés sont connus pour affecter négativement les yeux, la peau et d'autres organes sensoriels, le système respiratoire, le système gastro-intestinal et le foie, écrivent les auteurs. Et 52 % ont le potentiel d'affecter négativement le système nerveux, tandis que 37% sont de possibles perturbateurs endocriniens.[16]

CHAPITRE II : LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

Une grande partie de l'eau (entre 50 et 70%) reste en profondeur, et l'autre partie remonte en surface dès les premiers jours de l'opération. [17]; Cette eau est contaminée par des produits chimiques injectés, par des sels dissous et par des contaminants qui peuvent être naturellement présent dans les formations géologiques, tels les métaux lourds et les éléments radioactifs (radon, uranium, plomb....etc). [3]

L'eau polluée est stockée dans des réservoirs ou dans des bassins de décantation pouvant atteindre une surface de 2 hectares et une capacité de 40 000 à 70 000m³ pour faire le traitement, cette technique va produire de l'eau douce mais l'inconvénient est son coût extrêmement élevé et donc sa très faible utilisation. La deuxième solution consiste à injecter l'eau polluée à très grande profondeur (une étude géologique doit être réalisée afin de s'assurer que les produits polluants ne remontent pas à la surface les années suivantes). [3]



Figure II.2. Les bassins de décantation d'Ahnet à In Salah

II.4. La contamination des nappes phréatiques :

L'un des impacts les plus nocifs de l'exploitation du gaz de schiste est le risque de pollution des nappes phréatiques. De nombreux retours empiriques ont mis en évidence les ravages provoqués par les produits chimiques utilisés pour la fracturation hydraulique, et dont les fuites sont inévitables.

CHAPITRE II : LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

La contamination de l'eau peut être provoquée par les facteurs suivants:

- Déversement de boue de forage, de liquide de refoulement depuis des bassins ou des réservoirs de résidus
- Des fuites ou des accidents provoqués par les activités en surface, par exemple fuite des conduites ou bassins à fluide ou à eaux usées
- Fuites causées par une mauvaise cimentation des puits
- Fuites à travers les structures géologiques, par les fissures ou les passages naturels ou artificiels

Le risque de migration des gaz ou des produits utilisés pour la fracturation n'est pas fondamentalement différent de celui qui est associé à un forage conventionnel mais le nombre de puits nécessaires pour produire une quantité donnée d'hydrocarbures est plus important pour les gisements non conventionnels que pour les gisements conventionnels.[14]

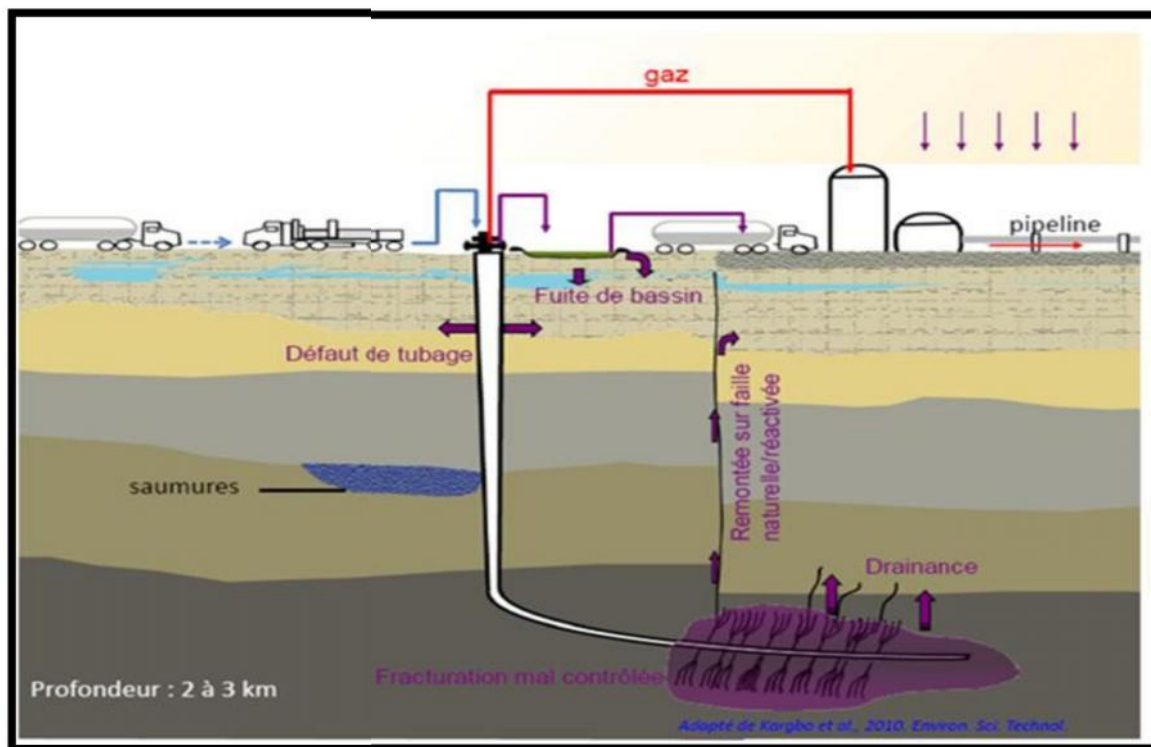


Figure II.3. Différents types de risques de contamination des aquifères par les eaux de fracturation.

Aux Etats-Unis, où des cas de pollution d'eau potable ont été observés (par exemple à Pavillion au Wyoming), l'Agence de protection de l'environnement américaine (EPA) a entrepris une étude sur les impacts environnementaux de la fracturation hydraulique. [14]

CHAPITRE II : LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

La protection des aquifères est un sujet quotidiennement géré par les opérations pétrolières. La pose de tubages successifs et leurs cimentations dans les puits ont pour objectif d'assurer l'étanchéité du puits sur toute sa hauteur. Des opérations spécifiques sont réalisées pour tester la qualité des cimentations. Pour ce qui est de la contamination par les fractures créées, gardons en mémoire que les schistes sont localisés à des profondeurs de 2000 à 3000 m donc très loin des aquifères d'eau douce présents généralement dans les premières centaines de mètres.[12]

II.5. La pollution de l'air :

Outre la pollution de l'eau, l'extraction et l'exploitation du gaz de schiste à également un impact sur l'air. Elles résultent en émissions qui contribuent à la formation du **smog** (un nuage brun-jaune qui se crée lorsque la présence des polluants précurseurs et les conditions météo favorable sont réunies), et aux changement climatique. Tout d'abord, utilisées pour le forage l'eau est ensuite stockées dans d'immense bassin de récupération à ciel ouvert favorise l'évaporation de COV (composé organique volatils) et les émissions contiennent du benzène et de l'hexane. Cela pourrait avoir un impact sur la santé des population riveraines et causer le cancer. [19]

De plus, le méthane fugitif d'origine fossile liée à la production, au raffinage et aux transports est considéré comme un gaz à effet de serre 36 fois plus puissant que le CO_2 sur 20 ans et 87 fois plus puissant sur 100 ans (GIES Groupement Inter Entreprise de Sécurité 2013).

D'après une étude menée par des chercheurs de l'agence américaine responsable des océans et de l'atmosphère (National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA) les puits de gaz de schiste laisseraient fuir 9% de méthane. [19]

Les opérations dégagent également des oxydes d'azote (NO_x) du monoxyde de carbone (CO), du dioxyde de soufre (SO_2), et des particules fines. (TableauII.1)

Le 7 septembre 2012 la commission Européenne a publié trois rapports sur les effets potentiels de l'extraction du gaz de schiste. Le second rapport révèle que l'extraction du gaz de schiste impose une empreinte écologique plus importante que les gaz conventionnels. [19]

Les émissions proviennent de plusieurs sources dont les suivantes : [19]

CHAPITRE II : LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

- Activités de construction (camion et équipement) chaque puits générerait 800 et 1300 trajet de camion.
- Forage (équipement au diesel, émissions fugitives du puits).
- Fracturation hydraulique (évaporation des produits chimiques des fluides de fracturation pendant l'utilisation, l'entreposage, et le transport).
- Bassins de rétention (évaporation des produits chimiques des fluides après l'utilisation et l'entreposage dans les bassins).
- Manipulation du gaz puisé (compresseurs, condensateurs et déshydrateurs).
- Torchage (flambage des gaz indésirables)
- Emission fugitives (pompes, valves, compresseurs, tuyaux, camion-citernes).
- Fuites (puits en opération, puits fermés, puits abandonnés).

Tableau II.1 : Résumé des principaux contaminants émis lors des différentes activités de la phase d'exploration. Source : MDDEP.

Activité	NO_x	CO	SO_2	COV	PAT	PM	H_2S
Forage*	+	+	+	+	+	+	**
Fracturation*	+	+	+	+	+	+	**
Complétion*	+	+	+	+	+	+	
Torchère	+	+	+	+	+	+	
Entreposage des fluides							
camionnage	+	+	+	+	+	+	

*Inclut les émissions provenant de moteurs portatifs alimentés au diesel ou à l'essence

**Émissions possibles

[Oxydes d'azote (NO_x), monoxyde de carbone (CO), dioxyde de soufre (SO_2), composés organiques volatils (COV), poussières dans l'air totales (PAT), particules fines (PM), sulfure d'hydrogène (H_2S).]

CHAPITRE II : LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

Tableau II.2: Résumé des principaux contaminants émis lors de la phase d'exploitation.
Source : MDDEP.

Activité	NO_x	CO	SO_2	COV	PAT	PM	H_2S
Torchère	+	+	+	+	+	+	
Compresseur ou turbine	+	+	+	+	+	+	

De nombreux COV individuels sont connus ou soupçonnés pour leurs effets toxiques directs sur les êtres humains qui vont de la carcinogenèse à la neurotoxicité. Certains d'entre eux (ex. le benzène présent dans certaines eaux de fracturation) ont été évalués et déclarés toxiques. Les oxydes d'azote (NO_x) sont des agents très irritants pour les poumons. Le NO_2 , en particulier, peut affecter les voies respiratoires, provoquer une hyper-réactivité bronchique chez l'asthmatique et accroître la sensibilité aux infections des bronches chez l'enfant. À forte concentration, l'ozone troposphérique (O_3 au sol) est un puissant irritant pour les yeux, le nez et les voies respiratoires supérieures. De plus, son pouvoir oxydant lui permet de réagir avec une grande variété d'éléments cellulaires de l'organisme, provoquant l'inflammation du tissu pulmonaire, la diminution des mécanismes de défense contre les infections et une altération des fonctions pulmonaires. L'exposition à une concentration élevée de SO_2 peut affecter et amplifier les maladies du système respiratoire. Les personnes souffrant d'asthme et de maladies cardio-respiratoires sont les plus vulnérables, ainsi que les enfants et les personnes âgées. De nombreuses études ont établi un lien entre les particules fines totales (PM) et la recrudescence de diverses formes de maladies du coeur et de troubles respiratoires tels que l'asthme, la bronchite et l'emphysème. Les particules peuvent également causer des effets néfastes sur la végétation et les constructions. [19]

On peut voir, grâce à une caméra infrarouge, les énormes quantités de méthane fuyant les réservoirs. [19]



Figure II.4. La quantité de méthane fuyant les réservoir visible via une caméra infrarouge

II.6. Risque sismique :

Les sismologues affirment que l'exploitation de gaz de schiste fait courir un risque sismique. Différents exemples concordent avec cette conclusion : [20]

- En avril 2013, au Royaume-Uni, des activités de fracturation hydraulique ont entraîné un tremblement de terre d'une magnitude de 2,3 sur l'échelle de Richter (ainsi qu'un autre séisme de magnitude 1,5 en juin de la même année).
- En 2011, plus de 1220 tremblements de terre dont un de 4,7 ont obligé la Commission du pétrole et du gaz de l'Arkansas à suspendre toute exploitation.
- Certains sismologues avancent que le nombre de secousses dans l'Oklahoma a été multiplié par 20 depuis que le gaz de schiste y est exploité.

II.7. Impact paysager :

Les plates formes de forages ainsi que les zones pour y accéder nécessitent un espace important. La multiplication des puits de forage entraîne un mitage du paysage, afin que la récupération du gaz soit optimisée on quadrille la zone par de multiples forage.

De plus, des centaines de camions doivent circuler pour acheminer le gaz extrait, les eaux de fracturation, et les produits chimique. Ce qui nécessite un entretien voire la création de routes adaptées.

CHAPITRE II : LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

II.8. Enjeux environnementaux pour l'Algérie :

Du fait que la plupart des gisements algériens de gaz de schiste se trouvent dans des zones désertiques, l'impact sur le paysage ou la sismicité induite par l'exploitation du gaz de schiste, n'aura pas la même résonance que si on était dans des zones urbaines ou à vocation agricole. Il n'en est pas de même pour ce qui est de l'impact sur les eaux fossiles.

L'aquifère du Sahara septentrional s'étend sur plus de un million de kilomètres carrés sous l'Algérie, la Tunisie et la Libye et recèle environ 31 000 milliards de mètres cubes d'eau (certains l'estiment à 45.000 milliards de m³). Cet aquifère renferme deux réservoirs principaux : le « continental intercalaire », connue aussi sous le nom de nappe albiennne, le plus profond et le plus vaste, et le « complexe terminal ». (fig.II.4). [21]

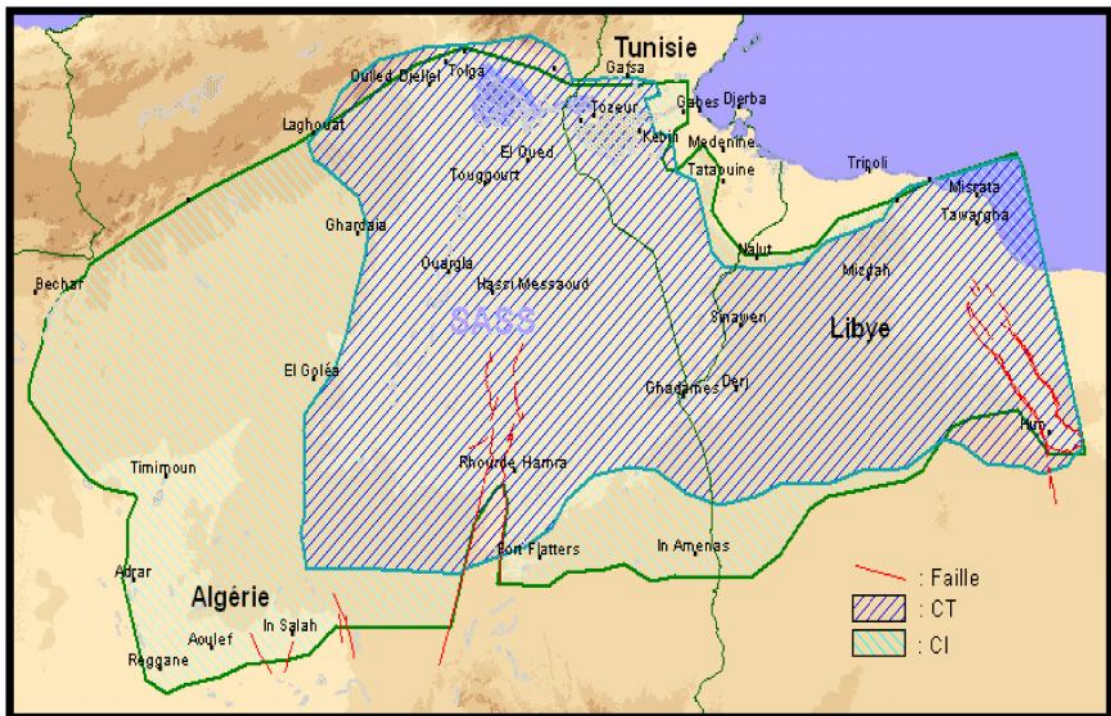


Figure II.5. Etendue du continental intercalaire et du complexe terminal en Algérie, Tunisie et Libye

Ces nappes sont la principale source d'approvisionnement en eau potable de la région. La question de la pérennité du système aquifère du Sahara septentrional (SASS) se posait déjà bien avant l'avènement de l'exploitation du gaz de schiste. Chaque année plus de 2,5 milliards de mètres cubes y sont prélevés pour l'irrigation et l'alimentation des villes et villages en eau potable, alors que la recharge, bien inférieure, n'est estimée qu'à 1 milliard de m³/an.

CHAPITRE II : LES ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

La quantité d'eau soustraite pour les besoins en eau de fracturation n'est pas en soi significative quant on la compare aux réserves de l'aquifère, mais cette ponction se fait sur une ressource déjà menacée par les milliers de forages qui y sont implantées.

Quant aux risques de contamination des nappes, il faut souligner que la grande majorité des gaz de schistes algériens (sauf le réservoir de Tindouf) se trouvent sous cette eau. [21]

CHAPITRE III: LE MARCHE ET SES ACTEURS

III.1 Contexte énergétique mondial :

la consommation mondiale, qui est actuellement de 12 milliards de tonnes équivalent pétrole (TEP) - dont 50% en hydrocarbures, 35% en charbon, et à peine 15% en renouvelables-nucléaire-hydroélectricité - passera, selon beaucoup d'analyses, en 2035 à 18 milliards de TEP, avec une progression presque identique pour chacune des ressources fossiles (entre 1 et 2%), et relativement importante pour les renouvelables et le nucléaire qui n'atteindront en 2035 que 22% de la consommation totale, avec un taux de croissance de 6,4%. (Source : Energyoutlook 2035-BP 2014). (Fig.III.1) [22]

La scène énergétique internationale a subi durant la décennie passée énormément de bouleversements et de mutations sous l'influence d'une multitude d'évènements et de facteurs conjoncturels ou non. On peut citer parmi eux les plus importants qui sont :

1. L'avènement des hydrocarbures non conventionnels, plus particulièrement celui du gaz de schiste ou tight-gas, qui semble bouleverser la répartition géographique des réserves et les échanges futurs.
2. Les progrès technologiques aussi bien en amont qu'en aval, depuis le gisement jusqu'au consommateur final.
3. L'apparition de nouveaux acteurs et de nouveaux marchés, ainsi qu'une tendance à la dérégulation des marchés.
4. L'apparition de nouvelles visions géostratégiques, notamment au niveau des pays gros consommateurs d'énergie.
5. Les problèmes d'environnement et la compétition ou la complémentarité avec les énergies renouvelables.
6. La volonté de certains acteurs à pousser vers la mondialisation de l'offre et de la demande, et par conséquent celle des marchés.
7. Et enfin des bouleversements économiques et géopolitiques plus complexes qu'ils n'en ont l'air, puisque nous assistons à une évolution vers une sorte d'économie mondiale à caractère libéral, mais avec d'une part de moins en moins d'influence des pays développés, de plus en plus frappés par une crise multidimensionnelle sans précédent, et d'autre part une montée en puissance des pays émergents dont les besoins énergétiques connaissent un accroissement rapide et très important.

C'est ainsi que de nos jours, la sécurité énergétique est pratiquement au cœur de toutes les stratégies de développement. [22]

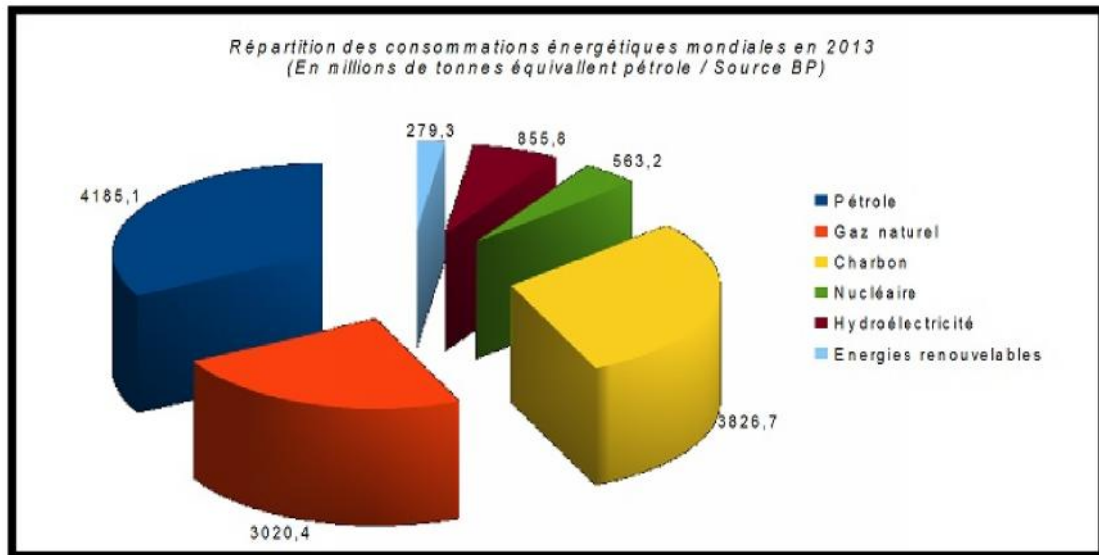


Figure.III.1. la consommation énergétique mondiale en 2013 (Source BP)

III.2 Répartition des gaz de schiste dans le monde :

Les réserves de gaz de schiste sont réparties dans tous les continents. Des zones ne présentant pas de potentiel pétrolier classique car dépourvues de pièges pétroliers ayant pu emmagasiner les hydrocarbures, peuvent apparaître comme potentiellement très intéressantes pour ce qui est du pétrole et/ou du gaz de schiste. (Fig.III.2). [21]

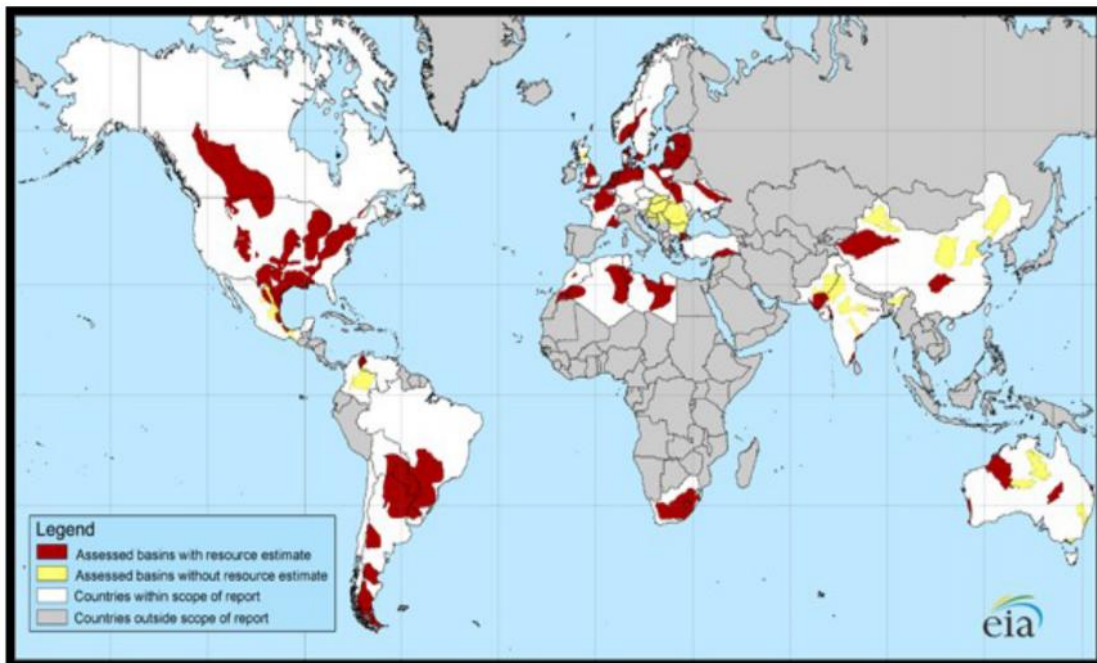


Figure.III.2 : Répartition de gaz de schiste dans le monde : source : US EIA, domaine public

CHAPITRE III : LE MARCHE ET SES ACTEURS

Les réserves dans le monde ont été estimées en 2013 à 207 milliards m³ de gaz de schiste (32% des réserves totales de gaz naturel) et 345 milliards de barils d'huile de schiste (10 % des réserves totales de pétrole). La Chine, l'Argentine, l'Algérie et les États-Unis en sont les plus gros détenteurs. [21]

Tbleau.III.1 : Réserves des gaz de schiste dans le monde. Source : Rapport AIE 2013

Pays	Réserves non prouvées (en milliard de m ³)
Chine	32.000
Argentine	23.000
Algérie	20.000
Etats-Unis	19.000
Canada	16.000
Mexique	15.000
Australie	12.000
Afrique du Sud	11.000
Russie	8.000
Brésil	7.000
Monde	207.000

Les seuls pays qui exploitent le gaz de schiste sont les états Unis et le Canada. L'augmentation de la production de gaz de schiste dans ces pays a entraîné une pression à la baisse du prix du gaz. Sachant le coût élevé de l'exploitation du gaz de schiste, cela pose un problème sur sa rentabilité.

Bien que les hausses du prix du gaz naturel des années 2000 et les progrès technologiques de la fracturation hydraulique et des forages horizontaux aient amélioré la rentabilité du gaz de schiste, ses coûts de production restent généralement plus élevés que ceux des gisements traditionnels. Les coûts élevés du forage horizontal et de la fracturation hydraulique, (entre 8 et 10 millions de dollars par puits) ainsi que le cycle de vie très court (5 ans) des puits concourent à rendre difficile et même aléatoire, la rentabilisation des gisements de gaz de schiste.

Seul le type d'exploitation que permet le modèle économique américain (déréglementation, politique active de subventions et règles fiscales) autorise une rentabilité

CHAPITRE III : LE MARCHE ET SES ACTEURS

sur le très court terme. Ajoutons que, en raison de l'instabilité des prix du gaz et de la volatilité de cette activité, celle-ci peut s'effondrer à la moindre modification des paramètres économiques. [21]

III.3 Acteurs majeurs :

Les majors du secteur pétrolier comme BP, Chevron, Exxon, Shell, Total ou du secteur gazier comme Gazprom ou GDF Suez, consacrent une part importante de leurs investissements à cette phase de prospection/exploration (5 à 10% du chiffre d'affaires). L'offshore est en général leur priorité. Les acteurs principaux du « schiste » aux États-Unis sont à l'origine des nouveaux entrants tels que Chesapeake. [23]

Les géophysiciens, les géologues, les ingénieurs et les foreurs indépendants auxquels les majors font appel pour mener à bien les travaux de prospection pétrolière et gazière. Parmi ces sociétés, quelques acteurs majeurs se démarquent : [23]

- CGG (Compagnie Générale de Géophysique) Veritas,
- Schlumberger,
- Halliburton,
- PGS (Petroleum Geo-Services),
- BGP,
- Fubro.

L'opérateur de la fracturation hydraulique est responsable des risques associés. Il fait souvent appel à des prestataires spécialisés pour contrôler les opérations de fracturation depuis la surface. Citons parmi les plus importants prestataires les groupes Halliburton et Schlumberger. [24]

CHAPITRE IV:

ETUDE LE CAS DE L'ALGERIE

CHAPITRE IV : ETUDE LE CAS DE L'ALGERIE

IV.1 Etat des réserves découvertes à ce jour :

L'état des réserves conventionnelles actuelles, leur répartition géographique, ainsi que le statut de leur exploitation, permettent de constater que :

- Les réserves restantes récupérables en 2012 étaient de 2,5 milliards de tonnes d'hydrocarbures liquides dont 72% prouvés et 4.500 milliards de m^3 de gaz naturel, dont seulement 53% prouvés. Le reste est probable et possible. [22]
- La majeure partie des réserves en hydrocarbures est renfermée dans les gisements de Hassi Messaoud et Hassi R'mel opérés par la Sonatrach seule.
- La majeure partie des réserves en pétrole algérien (51%) est exploitée par la Sonatrach seule.
- Seules 49% sont en association et la part de production qui revient aux associés est en moyenne de 20 à 25% seulement de cette portion.
- La majeure partie des réserves en gaz, condensat et GPL (80%) est exploitée par la Sonatrach seule.
- Seuls 18 à 20% sont en association, avec un système de partage de production relativement identique à celui du pétrole liquide. [22]

IV.2 L'exploration du gaz de schiste en Algérie :

Les réserves d'hydrocarbures conventionnels de l'Algérie sont estimées à 12,2 milliards de barils de pétrole et de 4,5 mille milliards de mètres cubes de gaz naturel. On estime que d'ici 20 ans du fait de l'explosion de la demande énergétique, l'Algérie n'arrivera même plus à satisfaire sa demande interne. Le pays compte enrayer le recul de sa production de gaz en exploitant le gaz de schiste.

Les réserves de gaz de schiste identifiées en Algérie se situent dans sept (7) bassins: Mouydir, Ahnet, BerkineGhadames, Illizi, Timimoun, Reggane et Tindouf (figure IV.1).

La société algérienne d'hydrocarbures Sonatrach prévoit de forer quatre puits d'exploration du gaz de schiste dans les bassins d'Ahnet et Illizi en 2014. L'objectif annoncé du gouvernement, une production de 60 milliards m^3 /an qui se traduirait par le forage de 12.000 puits sur une durée de 50 ans. [21]

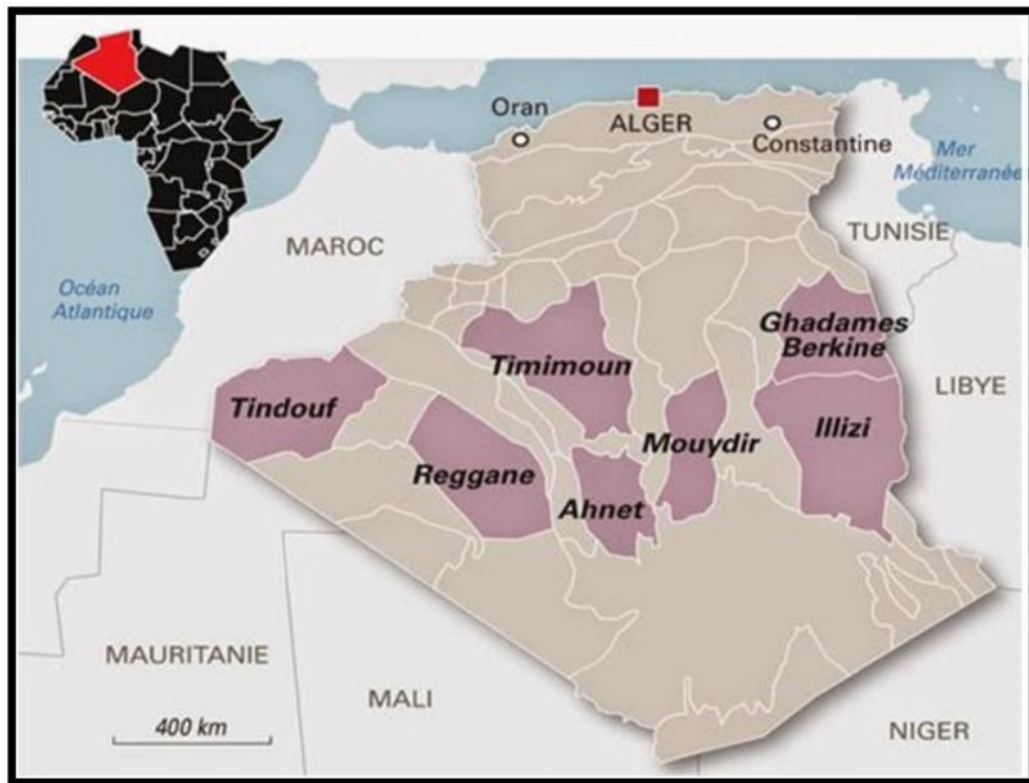


Figure IV.1 : Les réserves de gaz de schiste identifiées en Algérie

Géologiquement les bassins d'hydrocarbures de l'Algérie comportent deux importantes formations de gaz de schiste et d'huile de schiste, ce sont les argiles noires du Silurien (435 à 415 millions d'années) et les argiles du Dévonien supérieur – Frasnien (375 à – 360 millions d'années). Les épaisseurs du Silurien sont particulièrement importantes dans la majorité des bassins algériens, en particulier dans le bassin de l'Ahnet et Reggane. [21]

IV.3 La production en Algérie :

La consommation actuelle en 2015 est 35 milliards m^3 elle peut atteindre 50 milliards m^3 en 2025.

L'Algérie est parmi les pays riches en énergies fossiles (conventionnels et non conventionnelles) et les énergies renouvelables. Elle est le 18^{ème} producteur mondial de pétrole. Elle occupe la 15^{ème} place mondiale en matière de réserves pétrolières. Dans son rapport mondial réactualisé sur les réserves de gaz et de pétrole de schiste de 42 pays, le département américain de l'Énergie propulse l'Algérie à la 3^{ème} place mondiale par ses réserves de gaz de schiste, avec 22 500 milliards de m^3 .

CHAPITRE IV : ETUDE LE CAS DE L'ALGERIE

L'Algérie produit environ 80 milliards m³ de gaz par an, comparativement à 1,3 millions de barils de pétrole par jour.

Le premier puits expérimental de gaz de schiste en 27 décembre 2014. Les compagnies d'exploration du gaz de schiste sont : la société américaine Anadarko, la société italienne ENI, compagnie anglo-néerlandaise Shell, la société britannique BP, l'entreprise canadienne Talisman.

Les revenus provenant de l'exportation de pétrole et de gaz en Algérie estimé à 60 milliard de dollars.

IV.4 Potentiel et perspective :

L'industrie des hydrocarbures se porte bien aujourd'hui en Algérie puisqu'elle arrive à nourrir le pays avec une belle rente de 98% des recettes d'exportation, 70% du budget de l'Etat et 33% du PIB.

Le potentiel en ressources spéculatives (espérées) dans le sous-sol est très controversé et peut varier de 1 à 5 selon les estimations disponibles: [22]

- Hydrocarbures conventionnels en place : 2.800 à 6.000 milliards de m³ de gaz naturel et 3 milliards de tonnes d'hydrocarbures liquides.
- Hydrocarbures non conventionnels en place : 25.000 à 168.000 milliards de m³ de gaz naturel (gaz de schiste et tight gas) et 20 à 30 milliards de tonnes d'hydrocarbures liquides.
- Il apparaît que le potentiel résiduel restant à explorer et à exploiter est essentiellement constitué d'hydrocarbures non conventionnels, plaçant l'Algérie au 4^{ème} rang mondial (pour le gaz de schiste seulement) dans ce domaine après les Etats-Unis, la Chine et l'Argentine.
- Les réserves en hydrocarbures conventionnels sont, quant à elles, entamées à au moins 50%, et l'évolution de la production globale d'hydrocarbures en Algérie est en phase de déclin depuis 2008. [22]

IV.5 Les besoins du marché intérieur :

On constate que le pays est en train de devenir l'un des modèles les plus énergivores en Afrique et en Méditerranée, avec un taux de croissance qui a atteint ou même dépassé les 14%

CHAPITRE IV : ETUDE LE CAS DE L'ALGERIE

par an pour l'électricité. La consommation énergétique nationale est en croissance importante et continue avec :

- +5,4% par an pour tous les Hydrocarbure (1,2 TEP/an/habitant) ;
- +8% par an pour les carburants ;
- +7% par an pour le gaz naturel.

Les prévisions de la CREG annoncent des besoins internes entre 42 (minimum) et 55 (maximum) milliards de m³ de gaz naturel en 2019. Sonelgaz prévoit quant à elle 75 milliards de m³ en 2030.

Selon le bilan énergétique 2013 publié par le secteur, la répartition de la consommation d'énergie primaire est la suivante :

- Production totale : 154 millions TEP, dont 64% exportés et 36% consommés sur le marché intérieur (y compris pour la génération électrique) ;
- Consommation des ménages et autres : 15,5% ;
- Consommation des Transport : 13% ;
- Consommation de l'industrie & BTP : 7,5%.

La consommation algérienne d'hydrocarbures a doublé en 10 ans et le ministère de l'Energie prévoit une augmentation entre 2013 et 2030 de 16 à 30 millions de tonnes pour les carburants et de 32 à 60 milliards de m³ pour le gaz naturel. Il faut noter aussi que la consommation industrielle est relativement faible si on exclut la consommation pour la pétrochimie qui correspond à mon point de vue à une autre forme d'exportation indirecte. [22]

CONCLUSION :

On peut dire que le gaz de schiste est un gaz non-conventionnel car celui-ci se forme dans des roches presque imperméables et poreuses, ce qui rendra par conséquent, son exploitation plus difficile.

En effet, son exploitation nécessite des procédés d'extraction d'un nouveau genre, relatif au XXIème siècle. Pour le moment une unique méthode d'extraction : la fracturation hydraulique couplée aux forages horizontaux.

Son exploitation place les pays face à des choix car elle présente des aspects contradictoires, comme pour toute activité industrielle, les aspects positifs des gaz de schiste sont principalement de nature économique et politique car l'exploitation du gaz de schiste permettrait de repousser de plusieurs siècles le moment tant redouté du « peak-oil », et que les aspects négatifs sont principalement de nature écologique et sociétale.

Les enjeux économiques et politiques sont considérables. Les préoccupations écologiques et environnementales sont justifiées. Des missions d'information sont en cours, des débats commencent et continueront certainement d'avoir lieu à l'avenir.

Le risque de pollution environnementale existe bel et bien mais n'est pas systématique mais uniquement en cas d'accident d'extraction. La multiplication des puits multiplie le risque d'accident.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

- [1] Jean-paul Liégeois. Le gaz de schiste sa genèse. Article 126 le dimanche 20 février 2011.
- [2] <http://nopetrolschistbocagegatin.jimdo.com/comprendre/hydrocarbures/>
- [3] M. Babilonne, Enjeux et perspectives du gaz de schiste en Europe, master 2 gedd 2012/2013, dossier technique.
- [4] <http://www.total.com/fr/energies-savoir-faire/petrole-gaz/exploration-production/>
- [5] Le Pélican n° 58 édité le 24 janvier 2012, L'Amicale de l'Offshore Pétrolier.
- [6] R. Vially – G. Maisonnier – T. Rouaud Hydrocarbures de roche-mère État des lieux, Rapport IFPEN 62 729 - 22 janvier 2013.
- [7] Wallonie, énergie non conventionnelle 122/123 Mai/Juin - Sept. /Oct. 2014.p32.
- [8] Jean-paul Liégeois, Le gaz de schiste son exploitation, Article 130 le dimanche 06 mars 2011.
- [9] Bruno Goffé - SPS n°301, juillet 2012, Université Aix-Marseille.
- [10] Astrid Gouzik - le 19 avril 2013, synthèse les différentes techniques de fracturation., L'Usine de l'Energie.
- [11] Gaz de schistes : les alternatives à la fracturation hydraulique <http://enerzine19.rssing.com/browser.php?indx=25302928&item=43>
- [12] JJ Jarrige Vice Président UFG, A propos des Gaz de schiste ou Gaz de roche mère conférence du 09 juin 2011 société géologique de France
- [13] Yacine Omar, Le gaz de schiste en Algérie au cœur des enjeux d'acceptabilité sociale, Article janvier 27, 2015
- [14] Rapport n° 174 (2013-2014) de MM. Jean-Claude LENOIR, sénateur et Christian BATAILLE, député, Les techniques alternatives à la fracturation hydraulique pour l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures non conventionnels, déposé le 27 novembre 2013.
- [15] Mathieu GENY, Alexandre SALVIGNOL, et Christophe LEGUEVAQUES. Mémoire d'observations en intervention relatives à une question prioritaire de constitutionnalité.
- [16] Stéphane Foucart, Gaz de schiste : quelles conséquences sanitaires, Le Monde.fr | 17.04.2014
- [17] Dossier technique centre des hydrocarbures non conventionnels FRACTURATION HYDRAULIQUE : TECHNIQUES ET ÉVOLUTIONS (Mise à jour mai 2015).
- [18] <http://bullschiste.com/pourquoi-lutter-contre/contamination-des-nappes-phreatiques>

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

- [19] Sophie-Anne Legendre , Alain Brunel, et André Bélisle, mémoire Le développement de la filière du gaz de schiste au Québec : c'est non. (juin 2014)
- [20] <http://bullschiste.com/pourquoi-lutter-contre/le-risque-sismique>
- [21] Bourefis Ahcène, Le Gaz de schiste ou gaz de roche mère. Laboratoire de Géologie et Environnement (LGE), FSTGAT –Université Constantine 1.
- [22] Abdelmadjid Attar En Algérie, la transition énergétique a besoin du gaz de schiste comme des énergies renouvelables lundi 26 janvier 2015. <http://www.maghrebemergent.info/actualite/maghrebine/item/44806?tmpl=component&print=1>
- [23] Prospection exploration gazière et pétrolière. <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/prospection-exploration-gaziere-et-petroliere>
- [24] La fracturation hydraulique. <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/fracturation-hydraulique>