



Université d'Oran 2

Faculté des Sciences Economiques, Commerciales et des Sciences de Gestion

THESE

Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences
En Sciences économiques

Énergie, environnement et développement durable
en Algérie étude de cas de la région de Hassi-Messaoud

Présentée et soutenue le 28/11/2016 publiquement par :
Mme LOUKIL Leila

Devant le jury composé de :

Mr DERBAL Abdelkader	Professeur	Université d'Oran2	Président
Mr SENOUCI Benabbou	Professeur	Université d'Oran2	Rapporteur
Mr BOULNOUAR Bachir	Maître de conférences-A-	Université d'Oran2	Examineur
Mr BENHABIB Abderrezak	Professeur	Université de Tlemcen	Examineur
Mr BELMOKADDEM Mostafa	Professeur	Université de Tlemcen	Examineur
Mr CHERIF TOUIL Nasreddine	Professeur	Université de Mostaganem	Examineur

Année universitaire 2015/2016

Dédicaces

A la mémoire de mon père,

A Ma mère ,

A mon mari et mes filles, Meriem et Fatima noor el houda

A toute ma famille.....

A tous ceux qui me sont chers.....

L. LOUKIL

Remerciements

Je m'adresse tout d'abord à dieu tout puissant avec mes plus sincères remerciements et ma profonde gratitude de m'avoir donné toutes les facultés morales et physiques pour suivre mes études et pouvoir réaliser cette thèse.

*Je tiens dans un premier temps à remercier mon directeur de thèse Pr **B. SENOUCI** qui a dirigé ces recherches tout en m'accordant sa confiance durant toutes ces années de thèse, sa grande disponibilité, ses conseils avisés et ses compétences ont permis de faire évoluer ce travail à grand pas. Merci également à Melle **M. BENYAMINA** ingénieur forage **SONATRACH** (dans la région de Hassi -Messaoud) pour son aide et pour sa contribution dans la réalisation de ce travail.*

Je remercie chaleureusement tout les membres du jury.

Sommaire

Sommaire	4
Liste des figures	8
Liste des tableaux	10
Liste des photos	12
Liste des Abréviations	13
Liste des abréviations utilisées pour le pétrole et le gaz naturel	15
Résumé	16
Introduction générale	18
<i>PARTIE THÉORIQUE : ETUDE DU CONCEPT DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET LES THÉORIES DE L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE</i>	
<i>CHAPITRE 1. Etude du concept du développement durable</i>	
Introduction	24
1.1. Définition et historique du développement durable	25
1.1.1 Définition du développement durable	25
1.1.2. Son historique.....	34
1.1.2.1. Etymologie du mot	34
1.1.2.2. Sa Chronologie	34
1.1.3. Les enjeux et les objectifs du développement durable	40
1.2. Les théories économiques du développement durable	48
1.2.1. Les théories de la durabilité de l'économie grâce à la dimension environnementale	48
1.2.2. La notion des biens publics mondiaux et l'étude du concept d'externalités	52
1.2.3. La courbe du Kuznets : la relation entre croissance économique et environnement	60
1.3. Le réchauffement climatique.....	64
1.3.1. L'équilibre thermique de la terre.....	64
1.3.2. Les principaux gaz à effet de serre (GES).....	65
1.3.3. Les effets à long terme des (GES).....	70
1.3.4. Limiter les émissions des GES à travers les protocoles de Montréal et de Kyoto	72
Conclusion.....	79

CHAPITRE 2 : L'industrie pétrolière et gazière et ses conséquences sur l'économie Et l'environnement.

Introduction	82
2.1. Les chaînes d'hydrocarbures	82
2.1.1. Le pétrole et le gaz naturel	83
2.1.2. Le charbon	86
2.1.3. Les opérations de raffinages.....	89
2.1.4 .Les technologies GTL et CTL.....	93
2.1.5. Le calcul des coefficients de conversion pour les différentes énergies.....	94
2.2. Le concept de la rente dans l'industrie pétrolière	97
2.2.1. Les rentes différentielles	97
2.2.2. Les rentes de monopoles	102
2.3. Les grandes étapes de l'industrie pétrolière	104
2.4. Les caractéristiques de l'industrie pétrolière.....	105
2.4.1. Une industrie multi produits.....	106
2.4.2. Une industrie fortement capitalistique	107
2.4.3. Une industrie à forte disparités.....	107
2.4.3.1. Les différentes catégories de pétrole brut	107
2.4.3.2. Les disparités du coût technique de production	108
2.5. Les déterminants du prix de pétrole : (facteurs économiques et géopolitique).....	109
2.5.1. L'épuisement des réserves	110
2.5.2. Les déterminants liés à l'offre disponible ; structure de la production, taux d'utilisation des capacités disponibles et coût d'accès au brut.....	111
2.5.3. Les déterminants liés à la demande	113
2.5.4. Les déterminants liés au pouvoir des marchés de producteurs	114
2.4.5. Les déterminants liés à la spéculation et au cours du dollar	115
2.4.6. Les déterminants liés à la capacité d'absorption des exportateurs et aux tensions ...	117
Conclusion.....	118

PARTIE II : L'ÉTUDE DES CAPACITÉS ÉNERGÉTIQUES EN ALGÉRIE ET LE CAS

PRACTIQUE DES EFFETS DES DES REJETS PÉTROLIERS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ DANS LA ZONE DE HASSI-MESSAOUD

CHAPITRE 3. l'Etude des capacités énergétiques en Algérie

Introduction	120
3.1. Représentation de la société SONATRACH.....	122
3.1.1. Définition	122
3.1.2 .Les principales activités de la Société.....	124
3.1.2.1 .Activité en Amont	124
3.1.2.2 .Activité en Aval.....	125
3.1.2.3. Activité de transport par canalisation.....	127
3.1.2.4. L'activité de commercialisation	130
3.1.3. Les principales filiales de SONATRACH	131
3.2.Productions, Exportations, Réserves du pétrole et du gaz naturel en Algérie	132
3.3.L'Importance des ENR dans le développement durable en Algérie	143
3.3.1. Définition et développement mondiale du concept des énergies renouvelables (ENR)	143
3.3.2. Les ENR dans la nouvelle politique énergétique nationale et les réalisations et les projets en cour dans le domaine des ENR.....	148
Conclusion.....	164

CHAPITRE 4. L'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-Messaoud.

Introduction	166
4.1. Représentation du champ de Hassi-Massaoud	167
4.1.1. Situation géographique du champ de Hassi- Messaoud	167
4.1.2. Situation géologique du champ de Hassi- Messaoud	168
4.2. Historique du champ de Hassi-Messaoud	172
4.3. Difficultés géologiques du champ de Hassi-Messaoud	174
4.4. Principe général sur le forage pétrolier, fluide de forage et bourbiers.....	176
4.4.1. Définition d'un forage pétrolier	176
4.4.2. Définition de fluide du forage	176

4.3. Types de fluide de forage	177
4.3.1. Les fluides à base d'eau	177
4.3.2 .Les fluides à base l'huile	178
4.3.3 .Les fluides de forage gazeux	178
4.4. Définition des bourbiers	178
4.5. La composition de boue de forage	179
4.6. La toxicité.....	183
4.7. Le développement de législations sur l'environnement.....	190
4.8. La nouvelle politique de la Société SONATRACH pour préserver son environnement	195
4.9. Les méthodes des traitements des déchets effectuées par la SONATRACH.....	197
4.10. Les solutions environnementales appliquées par la société SONATRACH	206
Conclusion.....	210
Conclusion générale	211
Références bibliographiques	213
An nexa	216

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE 1.

Figure.1.1. Les trois piliers du développement durable.....	32
Figure.1.2. Les principales dates des accords du développement durable.....	38
Figure.1.3. Illustration de la durabilité de l'économie	48
Figure 1.4. La courbe environnementale de Kuznets	60
Figure 1.5 : CO ₂ et la croissance.....	60
Figure 1.6 : SO ₂ et croissance.....	62
Figure 1.7. Les interactions entre l'Espace, l'Atmosphère et la Surface de la Terre.....	64
Figure.1.8. Concentration des 3 types de gaz dans l'atmosphère.....	66
Figure 1.9. Evolution des émissions de CO ₂ par type de combustible (millions de t de CO ₂).....	67
Figure.1.10. Evolution des émissions de CO ₂ par zone économique (millions de t de CO ₂).	67
Figure.1.11. L'émission de GES en 2004 par secteur d'activité à l'Etats Unies dus à cause des Combustibles fossiles.....	76

CHAPITRE 2.

Figure.2.1. La transformation de la matière organique.	85
Figure.2.2. La séparation des chaînes d'hydrocarbures par distillation.	89
Figure.2.3. Les étapes de processus de raffinage du pétrole.	91
Figure.2.4. Le principe d'Hydrocraqueur.....	92
Figure.2.5. Rente minière mondiale en 2004 pour toutes les matières premières.....	97
Figure 2.6. Evolution de la décote de quelques bruts par rapport au Brent entre 2005 et 2007 (en \$ par baril),	101
Figure 2.7 : Capacités de production résiduelle des pays de l'OPEP (En million de barils par jours)(1990-2006).....	103

Figure 2.8. Décomposition des variations du prix du pétrole (1973-2011)..	113
Figure 2.9. Le prix du pétrole en % du PIB...	113

CHAPITRE 3.

Figure 3.1 : l'organigramme de la société Sonatrack.....	124
Figure.3.2. Situation des installations et projets de l'Activité Aval.....	127
Figure.3.3. Réseau de transport par canalisations... ..	130
Figure.3.4. Production totale commercialisée de la Sonatrack (2013-2014).....	135
Figure .3.5: Répartition des actifs de production des hydrocarbures par exploitants En 2012.....	136
Figure.3.6. Principales destinations des exportations gazières en 2012.....	137
Figure3.7. Exportations pétrolières par destination en 2011.....	138
Figure.3.8. Consommation, production, exportation d'hydrocarbures en Algérie Entre 2000 et 2012... ..	141
Figure 3.9 . Pénétration des ENR dans la production nationale en TWh.....	152
Figure.3.10. Structure du Parc de la production Nationale en MW.....	153
Figure.3.11. Processus d'une centrale thermique solaire avec stockage.....	162

CHAPITRE 4.

Figure.4.1. La carte géographique du champ de Hassi-Messaoud.....	168
Figure.4.2. La situation des puits étudiés dans la zone d'étude 1-A, champ de Hassi Messaoud.....	170
Figure.4.3. Localisation de la zone II.....	171
Figure.4.4. Gisement de Hassi-Messaoud.....	172
Figure.4.5. Cycle du fluide sur le site de forage (Schlumberger, 1997).	177
Figure.4.6. Action des polluants dans le sol.....	182
Figure.4.7. TDU flow diagramme (thermal présentation).....	204

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE 1.

Tableau1.1. Chronologie du développement durable.	35
Tableau1.2. Classification des BPM par la PNUD.....	54
Tableau1.3. Les différents biens publics mondiaux (BPM).....	55
Tableau 1.4. Caractéristiques des principaux gaz à effet de serre.....	69
Tableau1.5. Principales conclusions du 4e rapport du GIEC (2février 2007).....	70
Tableau1.6. Le pouvoir de réchauffement global, durée de vie et forçage radiatif De 6GES.....	71
Tableau1.7. Emission de GES des pays étudié par la CCNUCC.....	74

CHAPITRE 2.

Tableau 2.1. Composition chimique spécifique du gaz naturel et du pétrole brut.....	84
Tableau 2.2. Les principaux types de gaz dans le gaz naturel et les chaînes moléculaires du Brut.....	85
Tableau 2.3. Les caractéristiques des divers charbons.....	88
Tableau 2.4. Tableau des coefficients de conversion pour les énergies.....	95
Tableau 2.5. Les caractéristiques des différents types de pétrole.. ..	100
Tableau 2.6. Rendements au raffinage.....	108
Tableau 2.7. Les coûts d'accès au pétrole en 2007.....	109

CHAPITRE 3.

Tableau3.1. la production des hydrocarbures en Milliards de DA de 2002-2014.....	133
Tableau3.2. Production du pétrole et du gaz naturel de 2009-2012.....	133
Tableau 3.3. Les estimations des réserves prouvées du pétrole en millions de barils	

(2002-2010).....	139
Tableau 3.4. Réserves pétrolières et gazières du Maghreb et du Moyen-Orient en 2011...	139
Tableau3.5. Production de condensats et de liquides de gaz naturel au Maghreb Et au Moyen-Orient (Gm3).....	141
Tableau3.6. la production et vente d'électricité (2009-2011) en GWh.....	142
Tableau3.7. Les capacités en GW de production électrique des ENR et non renouvelable de 2007-2030.....	144
Tableau 3.8. Les puissances installées dans différents régions en 2007.	146
Tableau 3.9. Les puissances installées dans différents régions en 2008.	146

CHAPITRE 4.

Tableau4.1. Les principaux additifs utilisés dans les fluides de forage.....	179
Tableau4.2. Les législations sur l'environnement en Algérie.....	189
Tableau4.3. Matrice d'évaluation de traitement par Inertage (Stabilisation/Solidification).	197
Tableau4.4. Matrice d'évaluation de Traitement par Désorption thermique.....	198
Tableau4.5. Matrice d'évaluation de Traitement par biorémediation.....	198
Tableau4.6. Matrice d'évaluation de Traitement par incinération.....	200
Tableau4.7. Comparaison entre les types de traitements	201
Tableau4.8. Les émissions des gaz polluants.....	205
Tableau 4.9. Les gaz stockés.....	206

LISTE DES PHOTOS

CHAPITRE 4.

Photo 4.1. Image des puis forés de la Sté Repal.....	174
Photo 4.2. Bourbiers avant l'opération de forage.....	181
Photo 4.3. Bourbiers après l'opération de forage.....	181
Photo 4.4. Les rejets de forage après le traitement thermique.....	185
Photo 4.5. Chameaux mort à cause de la contamination de la nappe phréatique.....	186
Photo 4.6. Pollution par infiltration de fluide de forage.....	186
Photo 4.7. Pollution des sables de la région de Hassi-Messaoud Du à cause des bourbiers.....	188

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ONU	Organisation des Nations Unies
INSEE	Institut nationale des statistiques pour des études économiques.
L'ANFOR	L'Association française de normalisation.
ONG	Organisation non gouvernementale.
L'AGNU	Assemblée Générale des Nations Unies
PtIB	Produit intérieur brut.
OCDE	Organisation et Coopération pour le Développement Economique.
CMDE	Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement des Nations Unies.
BPM	Biens Publics Mondiaux.
RSE	Responsabilité Sociétale des Entreprises.
IFORE	Institut de formation de l'environnement.
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement.
UICN	Union Internationale de Conservation de la Nature
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
CCNUCC	Convention et cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.
FAO	Food and Agriculture Organisation
CEA	Le Commissariat de l'énergie atomique
DD	Développement durable
CMED	Commission Mondiale sur l'environnement et le Développement.
CFC	Les chlorofluorocarbones
PNUD	Programme des Nation Unie pour le Développement.
TIPP	La Taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques
TGAP	La taxe générale sur les activités polluantes
NOAA	La National Oceanic and Atmospheric Administration
GES	Les gaz à effet de serre
AIE	Agence Internationale d'Energie
CP	Conférence des Parties

L'OPEP	L'Organisation des Pays Exportateurs du Pétrole.
ONE	Office Nationale de l'Energie
NAFTAL	Entreprise Nationale de raffinage et de distribution des produits pétroliers
AEO	l'Annual Energy Outlook
API	American Petroleum Institute
ONE	Office National de l'Energie
CFC	Chlorofluorure de carbone
TDU	Thermal Desorption Unit

LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES POUR LE PÉTROLE

b : baril
b/j : baril par jour
kb/j : mille barils par jour
m³ : mètre cube
Mb : million de barils
Mb/j : million de barils par jour

LISTE DES ABRÉVIATIONS UTILISÉES POUR LE GAZ

Pi³ : pied cube
m³ : mètre cube
bcf : billion cubic feet (milliard de pieds cubes).
bcm : billion cubic meters (milliard de mètres cubes)
tcf : trillion cubic meters (billion de mètres cubes)
Mpi³/j : million de pieds cubes par jour

« Intitulé »

Résumé :

On ne peut concevoir une cohabitation de l'énergie et de l'environnement que dans la perspective d'un développement durable. Effectivement, l'énergie est considérée à la fois comme un bien de consommation finale et comme une consommation intermédiaire utilisée dans le processus productif. Ce bien à des impacts environnementaux au niveau de la production et de la consommation, ces aspects sont abordés sous le vocable de développement durable (J. Pessy, Banque mondiale, 1989 et conférence de Rio 1992). Actuellement, l'étude du domaine du développement durable prend une place primordiale dans l'intérêt des autorités publiques, face à un climat changeant, tous les états du monde essaient d'investir dans ce domaine pour améliorer la croissance économique et éviter une dégradation de l'environnement. Pour cela tous les nations du monde encouragent le concept du développement durable qui intègre trois dimensions de base de la soutenabilité : environnementale, économique et sociale.

L'Algérie contient de grandes richesses en matière des combustibles fossiles tels que le pétrole et le gaz naturel. Mais la production est en baisse à partir de l'année 2007, (le pétrole). La question qui se pose Est-ce qu'on peut contrôler le niveau de production des hydrocarbures en Algérie quant à une problématique de développement durable ? La société SONATRACH est la société chargée de la production et commercialisation et du transport du pétrole, les principales activités de cette société sont les activités en Amont et Aval : qui représente la recherche sur les gisements et l'exploitation des hydrocarbures, essentiellement dans les régions de Hassi-Messaoud et Hassi-Rmel. L'Algérie vise à changer sa politique énergétique et améliorer son potentiel énergétique par les ressources qui durent à long terme (énergie inépuisable).

En outre, l'étude pratique de l'impact de l'industrie pétrolière du champ de Hassi-Messaoud sur l'environnement (système écologique) nous permet de dire que : le développement de l'activité pétrolière dans cette région à permet de créer des rejets qui ont des effets graves sur l'écosystème (personne, animaux, la nature). Les bourbiers des forages pétroliers sont les principales causes de cette pollution, ainsi que l'extraction et le traitement des hydrocarbures ont permit la pollution des différents aquifères. Le traitement des hydrocarbures a permet aussi l'apparition d'une importance toxicité envers l'environnement écologique et la santé. Pour cela, les autorités publiques ont permet de créer des nouveaux législatifs et loi qui permet la protection de l'environnement, ces décrets concernent généralement l'impact des rejets pétroliers sur l'environnement. Aussi bien, Afin de diminuer la pollution causés par ces rejets qui sont dangereux pour l'écosystème, la société SONATRACH a crée des traitements thermiques et chimiques. Mais, jusqu'à maintenant, il reste toujours une petite quantité liquide des rejets qui pénètre dans la nappe phréatique. Malgré les traitements thermiques et chimiques qui sont été effectués dans les opérations des forages.

***Mots-clés :** Énergie, Environnement, Développement durable, Combustibles fossiles, Hydrocarbures, Bourbiers de forage, Ecosystème, Pollution, Nappe phréatique.*

« Title »

Abstract :

We can design a cohabitation of energy and environment in the context of sustainable development. Indeed, energy is seen both as a final consumption good and as intermediate consumption used in the production process. I think that the environmental impact in terms of production and consumption, these aspects are discussed under the heading Sustainable Development (J. Pessy, World Bank, 1989 and 1992 Rio conference). Currently, the study of sustainable development takes a prominent place in the interest of public authorities, in a changing climate, all states of the world are trying to invest in this area to improve economic growth and prevent degradation of the environment. For that all nations of the world encourage

the concept of sustainable development that incorporates three basic dimensions of sustainability: environmental, economic and social.

The Algeria has great wealth in fossil fuels such as oil and natural gas. But production is down from 2007, (oil). The question Is what we can control the level of production of hydrocarbons in Algeria on an issue of sustainable development? SONATRACH is the company responsible for the production and marketing and transportation of oil, the main activities of this company are the Upstream and Downstream activities: representing research on deposits and exploitation of hydrocarbons, mainly in the regions Hassi-Messaoud and Hassi Rmel. The Algeria aims to change its energy policy and improve its energy potential with the resources that last long (endless energy).

In addition, the practical study of the impact of the oil industry of the Hassi Messaoud field on the environment (ecological system) allows us to say that: the development of the oil industry in this region creates releases that have serious effects on the ecosystem (people, animals, nature). Sloughs oil drilling are the main causes of this pollution and the extraction and processing of hydrocarbons have allowed pollution of different aquifers. Hydrocarbon processing also allows the onset of toxicity importance to ecological environment and health. For this the public authorities can create new legislative and law that allows the protection of the environment, these decrees generally concern the impact of oil spills on the environment. Both, In order to reduce the pollution caused by these emissions that are harmful to the ecosystem, the Sonatrach company creates thermal and chemical treatments. But until now, there is still a small amount of liquid waste that enters the groundwater. Despite the heat and chemical treatments that are carried out in drilling operations.

Key words: Energy, Environment, Sustainable Development, Fossil Fuels, Hydrocarbons, drilling Mires Ecosystem Pollution Groundwater.

" العنوان "

الملخص:

لا يمكننا الحديث عن توافق بين الطاقة والبيئة الا في إطار التنمية المستدامة، في الواقع، تعتبر الطاقة استهلاك نهائي واستهلاك وسطي أي تستعمل في عملية الإنتاج، أعتقد أن هذه الطاقة لديها الأثر البيئي من حيث الإنتاج والاستهلاك. وناقش هذه الجوانب تحت عنوان التنمية المستدامة وقد عالجهـا (J. Pessy، البنك الدولي، 1989 و 1992 مؤتمر ريو). حاليا، موضوع التنمية المستدامة يأخذ مكانا بارزا عند السلطات العامة، مقابل التغيرات المناخية التي تحدث الآن، حيث أن كل دول العالم تحاول الاستثمار في هذا المجال لتحسين النمو الاقتصادي ومنع تدهور البيئة. لذلك كل دول العالم تشجع مفهوم التنمية المستدامة الذي يشتمل على ثلاثة أبعاد أساسية للاستدامة: البيئية والاقتصادية والاجتماعية. والجزائر لديها ثروة كبيرة في قطاع المحروقات مثل النفط والغاز الطبيعي. ولكن الإنتاج بدأ ينخفض ابتداء من سنة 2007، (البترول). والسؤال هو هل يمكننا التحكم في مستوى إنتاج النفط والغاز في الجزائر في إطار التنمية المستدامة؟ وتهدف الجزائر إلى تغيير سياستها الطاقوية وتحسين إمكانات الطاقة من الموارد النقية التي تدوم طويلا (الطاقة التي لا نهاية لها).

إن الدراسة التطبيقية في هذا الموضوع (تأثير صناعة النفط من حقل حاسي مسعود على البيئة) تسمح لنا أن نقول ما يلي: تطوير صناعة النفط في هذه المنطقة يخلق لنا تأثيرات خطيرة على النظام البيئي (الانسان والحيوان والطبيعة). بقايا التنقيب عن النفط من الأسباب الرئيسية لهذا التلوث، اضافة الى ذلك استخراج وتصنيع النفط والغاز سمح بتلوث المياه الجوفية. وبالتالي فرض ذلك على السلطات العامة التدخل لسن التشريعات اللازمة لحماية البيئة. اضافة الى ذلك وضعت شركة سوناطراك عدة علاجات حرارية وكيميائية. لكن حتى الآن، لا يزال هناك كمية صغيرة من النفايات السائلة التي تدخل إلى المياه الجوفية. وعلى الرغم من المعالجة الحرارية والكيميائية التي تتم في عمليات الحفر. كلمات مفتاحية : الطاقة، البيئة، التنمية المستدامة، والمحروقات، تلوث المياه الجوفية.

Introduction générale

On ne peut entendre une cohabitation de l'énergie et de l'environnement que dans la perspective d'un développement durable. Effectivement, l'énergie est considérée à la fois comme un bien de consommation finale et comme une consommation intermédiaire utilisée dans le processus productif. Ce bien a des impacts environnementaux au niveau de la production et de la consommation, ces aspects sont abordés sous le vocable de développement durable (J. Pessy, Banque mondiale, 1989 et conférence de Rio 1992).

Actuellement, l'étude du domaine du développement durable prend une place primordiale dans l'intérêt des autorités publiques, face à un climat changeant, tous les états du monde essaient d'investir dans ce domaine pour améliorer la croissance économique et éviter une dégradation de l'environnement. Pour cela tous les nations du monde encouragent .Le concept du développement durable qui intègre trois dimensions de base de la soutenabilité : environnementale, économique et sociale. Dans ce cas, le progrès humain joue un rôle important qui répond aux besoins et aux aspirations de la génération présente sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs besoins.

Les théories du développement durable sont généralement en relation avec le changement climatique qui ce passe dans ces dernières années, donc la dimension environnementale représente la dimension de base du développement durable et peut influencer sur la croissance économique à long terme. Ces théories apparaissent dans les années 1990, C'est en 1972 : la première conférence de l'ONU sur l'environnement à Stockholm, puis en 1992: le sommet de Rio, qui assiste à l'apparition de la notion de « Biens publics mondiaux ».

Depuis quelques années, le développement durable occupe une place prépondérante dans la recherche universitaire transdisciplinaire. L'intérêt de cette problématique est dû à sa complexité tant en terme théorique, empirique et étymologique (S Latouche 2004) et (T.Donaldson, L.E.Preston 1995).

La dimension environnementale constitue la dimension de base du développement durable. Donc l'étude du concept d'externalité apparait essentiel à étudier. Ce concept a été introduit en 1887 par Sidgwick, puis précisé par Viner (1931). Ensuite, développé par Pigou en 1932, pour corriger l'incapacité du marché à prendre en charge les problèmes liés à la dégradation de l'environnement et à la répartition des revenus. Les externalités se

caractérisent par deux éléments : non rivalité et non exclusion. On peut classer les externalités en deux ⁽¹⁾:

Les externalités positives : qui représentent l'écart entre le gain privé et le gain social. Par exemple, par exemple, les activités de recherche et développement (R&D) qui ajoutent à la somme globale des connaissances et contribuent ainsi à d'autres découvertes et avancées. Dans ce type d'externalité, le gain social est supérieur au gain privé.

Les externalités négatives : La pollution issue par le secteur industriel est un exemple d'externalité négative car l'activité industrielle provoque des coûts négatifs qui ne sont pas supportés par l'entreprise polluante mais par l'ensemble de la communauté concernée par les conséquences négatives. A cause de ces effets négatives certain économistes défendent le principe pollueur payeur qui permet d'internaliser les coûts de la pollution industrielle.

Aussi bien, l'environnement peut représenter une contrainte pour l'efficacité économique et l'équité, cela peut créer une relation inversée entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement, connue sous le nom de «courbe environnementale de Kuznets ».

L'Algérie dispose d'un puissant potentiel énergétique, les hydrocarbures contribuent pour 41% au PIB du pays, pour 97% à ses recettes extérieures et pour 77% aux recettes budgétaires de l'Etat.

Notre projet de recherche a pour objet l'examen des grands enjeux auxquels doit faire face l'Algérie à court et à long terme, et a pour thème le développement durable et l'énergie. Notamment dans le cadre des politiques économiques environnementales, et cela sans se verser dans « l'environnementalisme idéologique »

Dans un secteur mature combinant une dimension très marquée de mondialisation et une forte tradition d'intervention publique, des facteurs puissants tels que la globalisation des marchés et les réformes instaurant de nouvelles régulations, la montée des contraintes d'environnement et de ressource, et enfin le progrès des techniques, redessinent les structures des industries et des marchés et impulsent des dynamiques nouvelles.

Les estimations établies par les organisations sur l'énergie, the EIA, accumulent trois types de relations entre croissance économique et environnement (conditions sanitaires, pollution atmosphérique, déchets et émissions de CO₂), le dernier aspect qui ne cesse de

(1) Thomas Helbling 'Qu'entend-on par externalités?', L'ABC DE L'Economie, finance et développement Décembre 2010.

défrayer la chronique sous un autre vocable, celui du réchauffement climatique lié à l'émission des gaz à effet de serre (GES). Le danois Bjorn Lomborg (Bjorn Lomborg 2001, 2004), est aujourd'hui le défenseur le plus en vue de la thèse de la croissance comme remède aux problèmes environnementaux. Il s'agit pour nous de développer une approche économique du phénomène.

Par rapport à l'étude de cas pratique de la thèse, on doit poser deux questions principales : Est-ce qu'il ya une cohabitation entre l'activité du secteur de l'énergie et l'environnement dans la zone de Hassi Messaoud ? et Est-ce que la Société SONATRACK et l'état Algérien ont réussi à permettre la protection de l'écosystème dans cette région et d'éliminer les déchets pétroliers à 0%, dus principalement aux activités forages et bourbiers ?

Cependant, par rapport à l'étude théorique du concept du développement durable, on doit aussi poser une question primordiale : Est-ce que tous l'état du monde ont conscience du changement climatique et vont réussir à diminuer l'émission du CO₂ dans les différents secteurs d'activités d'ici 2050, et cela bien sur pour éviter les catastrophes naturelles. D'autres questions viendront par rapport à l'étude de notre pays : Est-ce qu'on peut contrôler à long terme le niveau de production des hydrocarbures en Algérie et surtout quant ont a une problématique de développement durable ? Comment va évoluer la demande mondiale d'énergie, en liaison avec l'activité économique. Et en rapport avec ça, comment le prix directeur de l'énergie (celui du pétrole) va-t-il évoluer à long terme ? Ce prix est-il un prix "économique" ou un prix "politique" ? Comment répercuter ce prix sur l'utilisateur final, compte tenu de ce que peuvent être les préférences nationales ? (*J. Percebois* 2006). Existe-t-il un prix optimal lorsque l'entreprise en charge de produire, transporter et distribuer l'énergie est en situation de monopole.

-Montrer les objectifs et les enjeux du développement durable, et ses difficultés à réaliser sur le long terme. Notamment faire le point de connaissance des différents protocoles et colloques internationales du DD.

- D'autre part un ensemble structuré d'analyses économiques susceptibles de fonder les politiques publiques en matière de lutte contre la dégradation de l'environnement et le changement climatique.

- Le poids de l'énergie dans les préoccupations environnementales ;

- Les politiques d'internalisation des externalités environnementales dans le bassin méditerranéen.

-Rappeler les différentes théories de rentes pétrolières et montrer les Stratégies des compagnies pétrolières en matière d'exploration, d'innovation technologique, d'intégration verticale.

La production et la consommation d'énergie dans leur rapport à l'environnement interpelle les différents acteurs qui interviennent dans la chaîne en amont et en aval (Les producteurs d'énergie dans les pays développés consultent les intervenants à tous les niveaux, ainsi que les autorités gouvernementales pour limiter l'impact sur l'environnement.).

La complexité des questions environnementales et de développement durable ainsi que la mise en œuvre des résultats des recherches exigent :

- Une approche globale et systémique passant par la pratique d'une interdisciplinarité effective au sein de l'équipe de recherche ;

- Souligner l'importance de l'évaluation du coût environnemental et économique de différents modes de production et de distribution des différents biens énergétiques, en relation avec le rôle que doit jouer les différents acteurs, (L'Etat, les collectivités territoriales, les compagnies pétrolières et gazières, et la société civile).et montrer quelques travaux de la théorie du DD.

- procéder à une étude de cas pratique au niveau de la zone de Hassi Messaoud, pour montrer l'impact environnemental des industries pétrolières sur l'écosystème (santé, animal, eau).

Notre travail de recherche se subdivise en quatre chapitres :

Dans un premier chapitre nous allons étudier le concept et les théories du développement durable et montrer quelques travaux théoriques de l'économie environnementale. Notamment, étudier, les enjeux, les objectifs et les protocoles du DD. Etudier la courbe du Kuznets et rappeler les autres travaux empiriques qui favorisent et qui critiquent la courbe inversé de Kuznets, apparaît important pour analyser la relation entre la croissance et l'environnement sur le long terme. Dans un deuxième chapitre, nous allons procéder aux différents théories de rentes pétrolières ; Car les prix du pétrole sont déterminés par le marché internationale, et sont généralement monopolisés par les pays productifs de cette ressource naturelle comme les pays de l'OPEP par exemple. Dans le chapitre qui suit, nous allons faire une étude des

capacités énergétiques de notre pays, notamment, étudier les différents activités de la société SONATRACH (amont et aval), connaître le développement de la production (qui est en diminution) , la consommation et l'exportation des différents combustibles fossiles (pétrole et du gaz naturel), durant la période 2000-2013. En fin indiqué les projets à long terme d'ici 2050 de d'autres capacités énergétique(ENR), le solaire est la principale source de cette énergie.

Le dernier chapitre sera consacré à une étude de cas pratique du champ de Hassi-Messaoud, nous allons montrer l'impact de l'industrie pétrolière sur l'environnement, l'écosystème de la zone de Hassi-Messaoud, notamment détaillés quels sont les causes de la contamination des aquifères et la nappe phréatique dus à causes des forages pétroliers, bourbiers..... Voir aussi des photos concernant la pollution des sables, mort des animaux principalement les chameaux, pollution de la nappe phréatique, en fin dans un dernier sous chapitre, nous allons parler de développement des législations sur l'environnement en Algérie, notamment la nouvelle politique de la société SONATRACH pour préserver son environnement et les différentes méthodes (thermiques et chimiques) de traitement des déchets appliqués par la société SONATRACH.

Hypothèses

- Les traitements des problèmes du développement ne se limitent pas seulement aux aspects quantitatifs mais ca se passe aussi par l'amélioration des aspects environnementaux ;
- Le développement durable est un outil de conciliation économique et environnementale et que s'il y'a problème, cela est du à l'absence de la durabilité ;
- L'activité pétrolière dans la région de Hassi-Messaoud respecte les normes de l'environnement.

*Partie théorique (I): Etude
du concept du développement
durable et les théories de
l'industrie pétrolière*

Chapitre 1

Etude du concept du
développement

Durable

Introduction :

L'étude du domaine du développement durable a pris une place primordiale dans l'intérêt des autorités publiques, face à un climat changeant, tous les états du monde essaient d'investir dans ce domaine pour améliorer la croissance économique et éviter une dégradation de l'environnement. Pour cela toutes les nations du monde encouragent le concept du développement durable qui intègre trois dimensions de base de la soutenabilité : environnementale, économique et sociale. Dans ce cas, le progrès humain joue un rôle important qui répond aux besoins et aux aspirations de la génération présente sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs besoins.

Les théories du développement durable sont généralement en relation avec le changement climatique constaté ces dernières années, donc la dimension environnementale représente la dimension de base du développement durable et peut influencer sur la croissance économique à long terme. Ces théories apparaissent dans les années 1990, mais les préoccupations d'ordre environnemental c'était depuis 1972 : la première conférence de l'ONU sur l'environnement à Stockholm, puis en 1992: le sommet de Rio¹, qui a vu l'apparition de la notion de « Biens publics mondiaux ».

Pendant les deux dernières décades, La théorie économique commence à s'intéresser à l'analyse de la dimension environnementale du développement durable et sur les lois de la thermodynamique, qui mettent en exergue les notions fondamentales d'asymétrie du progrès technique.

Le développement durable est essentiellement un concept de transition environnementale. La dimension environnementale constitue ainsi la dimension de base. Aussi bien, l'environnement peut représenter une contrainte pour l'efficacité économique et l'équité, cela peut créer une relation inversée entre la croissance économique et la dégradation de

1 On recensait plus de 350 définitions au Sommet de Rio en 1992, c'est la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, aussi connue sous le nom de "Sommet planète Terre" qui s'est tenue à Rio de Janeiro, au Brésil, en juin 1992. Cette conférence globale s'est tenue à l'occasion du 20ème anniversaire de la première conférence sur l'environnement humain (Stockholm, 1972). Elle a réuni des dirigeants politiques, des scientifiques, des diplomates, des représentants des médias ou encore des Organisations Non Gouvernementales (ONG) de 179 pays. L'idée était d'initier une politique globale qui aurait pour ambition de réconcilier les activités socio-économiques et l'environnement, c'est-à-dire une politique de développement durable. Ce sommet demeure aujourd'hui l'un des plus grands rassemblements de dirigeants mondiaux.

l'environnement, connue sous le nom de «courbe environnementale de Kuznets ». La relation de Kuznets suppose que les modes de consommation et de production évoluent dans le sens d'une demande croissante de qualité environnementale en fonction des revenus. Les tentatives de vérification empirique ont donné des résultats très variables selon les études et selon les niveaux de développement des pays. Nous allons étudier cette relation dans ce chapitre.

Dans ce premier chapitre, nous allons aborder la notion et l'historique du développement durable notamment ces enjeux et ces objectifs, ensuite nous essayerons d'analyser quelques théories du développement durable, ces théories concernent en générale la dimension environnementale, et notamment l'étude du concept d'externalité et la notion des biens publics mondiaux, qui apparaissent importants dans cette partie théorique. Par la suite, nous passons à la courbe du Kuznets pour montrer la relation entre la dimension économique et la dimension environnementale et faire l'évaluation environnementale du concept de développement durable à l'aide de plusieurs approches du DD. Dans la dernière section de ce chapitre, nous essayerons de décrire un peu le changement climatique objet d'un débat houleux ces dernières années par l'étude des gaz à effets de serre et ses effets négatifs sur le long terme.

1.1. Définition et historique du développement durable

1.1.1. Définition du développement durable

Définition dans l'Agenda 21⁽²⁾ : La notion de développement durable est entièrement contenue dans l'Agenda 21.

Un texte adopté lors du sommet de la terre (la conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement), qui eut lieu en juin 1992 à Rio de Janeiro. Le principe est énoncé dès le début : « Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive, en harmonie avec la nature ». Le texte définit ensuite ce qu'est un développement harmonieux et équilibré : « Le droit au développement doit être réalisé de façon à satisfaire équitablement les besoins relatifs au développement et à l'environnement des générations présentes et futures ». Le respect de la nature est affirmé : « Pour parvenir à un développement durable, la protection de

(2) on s'est inspiré de l'ouvrage de :Loic CHAUVEAU « le Développement Durable » produire pour tous protéger la planète 3ème Edition LAROUSSE, France 2009(P10).

l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée comme isolément ». L'entraide internationale est précisée : « Tous les Etats et tous les peuples doivent coopérer à la tâche essentielle de l'élimination de la pauvreté, qui constitue une condition indispensable du développement durable, afin de réduire les différences de niveau de vie et de mieux répondre aux besoins de la majorité des peuples du monde. »

L'Agenda 21 fut adopté par tous les Etats membres de l'Organisation des Nations Unies (ONU). Lors de cet événement, les pays riches ont réitéré leur promesse de consacrer 0.70% de leur produit intérieur brut (PIB) à l'aide au développement.

Concernant le rapport « notre avenir à tous » de madame Harlem Brundtland, le développement durable se définit comme étant un développement qui répond aux besoins du présent, sans pour autant compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Ce rapport, publié en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies, insiste sur la nécessité de protéger la diversité des gènes, des espèces et de l'ensemble des écosystèmes naturels terrestres et aquatiques. Et cela se réalisera par des mesures de protection de la qualité de l'environnement, notamment par la restauration, l'aménagement et le maintien des habitats essentiels aux espèces. Cela veut dire une gestion durable de l'utilisation des populations animales et végétales exploitées : c'est la gestion rationnelle des ressources humaines, naturelles et économiques qui vise à satisfaire les besoins essentiels de l'humanité, dans le très long terme⁽³⁾.

La Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement de l'ONU (WCED), dite "Commission Brundtland" en a donné la définition suivante⁽⁴⁾ : le concept de développement durable est considéré comme l'ensemble des processus de changement par lesquels l'exploitation des ressources, l'orientation des investissements et des institutions se trouvent en harmonie et soutiennent le potentiel actuel et futur de satisfaction des besoins des hommes. Les résultats de la Commission Mondiale ont éveillé l'émergence d'un droit international de l'environnement: convention de Sofia et d'Helsinki pour la pollution atmosphérique, directive et convention de Bâle pour les déchets, convention de Montréal pour

3 Rapport Brundtland « Notre avenir à tous » (Our Common Future)/ par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies, présidée par la Norvégienne Gro Harlem Brundtland, 1987

(4) CEP de Florac, « le développement durable, son concept ». 1996, page 2 .

le contrôle des CFC et la protection de la couche d'ozone, conventions de Ramsar, Washington, Bonn et Berne pour la protection de la nature, convention d'Oslo et de Paris pour la protection du milieu méditerranéen de l'Atlantique Nord-Est, convention de la mer du Nord sur le déversement et l'incinération des déchets en mer, directives européennes sur la qualité des eaux, directive nitrates, directive habitats.....

Définition de L'INSEE :

Le développement durable est « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs », citation de Mme Gro Harlem Brundtland premier ministre norvégien (1987). En 1992, le Sommet de la Terre à Rio, tenu sous l'égide des Nations unies, officialise la notion de développement durable et celle des trois piliers (économie/écologie/social): un développement économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable)⁽⁵⁾.

Le développement durable est un genre de développement économique qui a pour but principale de concilier la dimension économique et la dimension sociale avec la préservation de l'environnement. Aussi bien, le développement durable (anglais : *sustainable development*, parfois traduit en français par le développement soutenable) est une conception de l'intérêt public développée depuis la fin du XX^e siècle. Dans son application est en faveur à la croissance économique et considérée à l'échelle mondiale, la notion vise à prendre en considération les aspects environnementaux et sociaux d'une globalisation financière des intérêts à long terme)⁽⁶⁾.

Certains économistes de l'INSEE, tels que Grégory DURIER, Gérard MORDEAU, ajoutent la dimension gouvernementale au développement durable, qui les considèrent un projet politique qui repose sur quatre dimensions : le développement humain et la cohésion sociale, l'économie, l'écologie, la gouvernance en interrelation. Sa mise en œuvre implique de croiser ces différentes dimensions pour analyser, comprendre et faire des choix d'action.

(5) <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/developpement-durable.htm>. Jour de vue, 2/02/2013.

(6) http://www.poitou-charentes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Des_enjeux_de_developpement_durable_en_PC_synthese_rencontres_octobre_2013_cle5b9952.pdf page 7 du PDF.jour de vue, le 12/12/2014

En cela, le recours à des indicateurs contribue à la prise de décisions collective et à la qualité de l'action⁽⁷⁾.

Pour l'AFNOR⁽⁸⁾, en 2012, un état est dit « durable » si « les composantes de l'écosystème et leurs fonctions sont préservées pour les générations présentes et futures ». Dans cette définition les “composantes de l'écosystème” incluent, outre les êtres humains et leur environnement physique, les plantes et les animaux. Pour les êtres humains, le concept sous-entend un équilibre dans la satisfaction des besoins essentiels : conditions économiques, environnementales, sociales et culturelles d'existence au sein d'une société⁽⁹⁾ »

Le développement durable se fonde sur la recherche d'intégration et de mise en cohérence des politiques sectorielles et impose un traitement conjoint des effets économiques, sociaux et environnementaux de toute politique ou action humaine. Une telle approche d'intégration impose des démarches multi-partenariales et interdisciplinaires. Son succès repose sur le partenariat et la coopération entre acteurs de disciplines différentes (économie, sociologie, écologie, etc.), de secteurs d'activités différents (transport, eau, déchets, industrie, milieu naturel, développement social, etc.), de milieux différents (entrepreneurial, associatif, institutionnel, administratif, commercial, syndical, etc.), agissant à des échelons territoriaux différents, du niveau international au niveau local⁽¹⁰⁾.

Cependant, au moment de la préparation du Sommet de la terre de Rio en 1992, les Nations Unies veut ajouter un PIB vert (ajusté) dans le nouveau système de la comptabilité nationale (SCN93), pour prendre en compte les impacts des activités économiques sur

(7) http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=12&ref_id=20509. Jour de vue 3/3/2013

(8) L'AFNOR : L'Association française de normalisation (**AFNOR**) est l'organisme officiel français de normalisation a été créée en 1926 ; elle est placée sous la tutelle du ministère chargé de l'Industrie. Elle compte environ 3 000 entreprises adhérentes. Depuis sa fusion avec l'Association française pour l'assurance de la qualité en 2004, elle fait partie du groupe AFNOR

(9) <http://www.environnement.gouv.sn/d%C3%A9veloppement-durable-d%C3%A9finition> jour de vue 5/5/2013

(10) F.Flipe, 'développement durable' Edition Bréal 2007, page 61.

l'environnement, mais beaucoup d'économistes refusent cette idée et faire le calcul monétaire)⁽¹¹⁾.

La définition de Mr Claude NJOMGANG Professeur de Sciences Économiques à l'Université de Yaoundé II-Soa au Cameroun; spécialiste d'Économie de l'Environnement, et membre du réseau MOGED (Maîtrise des outils de gestion de l'environnement et du développement) : « Bien qu'encore très controversé (on recensait déjà plus de 350 définition au Sommet de Rio en 1992!), le concept de développement durable intègre, dans l'acception commune, les trois dimensions de la soutenabilité (environnementale, économique et sociale) dans une dialectique qui constitue l'essentiel des débats actuels sur l'impact des activités humaines sur l'habitat naturel et social. Au cœur du débat se trouve le défi de traduire, dans les politiques économiques concrètes, les principes du développement durable. Le Rapport de la Commission mondiale pour l'Environnement de 1987 (Rapport Brundtland) constitue aujourd'hui la référence commune pour la définition du développement durable. Celui-ci se réfère aux « sentiers de progrès humain qui répondent aux besoins et aux aspirations de la génération présente sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs besoins »)⁽¹²⁾.

Le développement durable repose sur des contenus validés internationalement. Son avènement était dans les années 1980, le développement durable se définit comme un « *développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs* » (Rapport Brundtland de 1987), c'est-à-dire c'est un processus qui vise à concilier l'écologique, l'économique et le social en établissant une sorte de cercle vertueux entre ces trois aspects. Popularisé par le Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992, le développement durable s'est imposé comme une nouvelle manière de penser le monde, de définir un projet de société et de faire face à de nombreux défis

(11) .SENOUCI Benabbou 'Développement, Développement durable « Concepts et Indicateurs de mesures » P146.Publication de la fondation Temimi pour la recherche scientifique et l'information § la Délégation Wallonie-Bruxelles, Tunis, Juin 2010.

(12) .Cette définition ce trouve dans : INSTITUT DE L'ÉNERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE LA FRANCOPHONIE,' Economie de l'environnement et des ressources naturelles', la publication, Liaison Energie-Francophonie N° 66-67, 1° et 2em trimestres 2005. Page 24.

contemporains. Donc le développement durable recouvre un champ plus large que celui de la transition écologique) (13).

Le développement durable doit combiner plusieurs exigences) (14):

- Satisfaction des besoins essentiels des générations actuelles et futures, en rapport avec les contraintes démographiques (eau, nourriture, éducation, santé, emploi).
- Amélioration de la qualité de vie (prestations sociales, logement, culture...).
- Respect des droits et des libertés de la personne.
- Renforcement de nouvelles formes d'énergies renouvelables (éolienne, solaire, géothermique etc.).
- La protection de la planète on évitant le réchauffement climatique et l'effet de serre et la dégradation de l'environnement.

Dans le domaine de l'énergie, le développement durable est sensé à long terme de protéger les différents types d'énergies soit renouvelables ou non renouvelables contre la dégradation de l'environnement. Le secteur de l'énergie est lié aux trois dimensions du développement durable, aussi bien l'énergie est devenue le moteur de la civilisation moderne. Les services énergétiques contribue pour le bien-être humain et au renforcement de la stabilité sociale grâce à l'augmentation régulière du niveau de vie.

Et en matière d'agriculture aussi, le développement durable signifie une gestion économiquement rentable, sans compromettre l'environnement et sans réduire les ressources naturelles pour les générations futures. Cela doit se faire par une production loin de la pollution, respectant les exigences sanitaires environnementales et prenant en compte l'avenir des agriculteurs. L'agriculture biologique doit aller vert une agriculture durable) (15).

(13) Cette définition ce trouve dans le PDF : ENA – Centre de documentation – Bibliographie - Février 2015 France.

(14) Cette explication se trouve dans l'adresse : http://www.toupie.org/Dictionnaire/Developpement_durable.htm. Jour de vue: le 5/5/ 2013.

(15) http://www.toupie.org/Dictionnaire/Developpement_durable.htm, jour de vue : 12/12/2012.

Le développement durable est une traduction française, avant la conférence de la terre de rio on l'appeler souvent sous le terme de "*sustainable development*" (développement soutenable). Derrière ce concept qui peut paraître abstrait se trouvent trois notions fondamentales⁽¹⁶⁾ :

La notion de développement au sens économique du terme ;

- La notion de besoin, essentiellement pour les individus les plus démunis, à qui il faudra donner une importance particulière ;
- La notion de finitude des ressources, qui impose la prise en compte de l'environnement pour que la planète puisse répondre aux besoins du présent et du futur.

Le développement durable est donc une conception de l'intérêt public appliquée à trois dimensions fondamentales :

- La croissance économique ;
- L'environnement global (c'est-à-dire considéré à l'échelle planétaire) ;
- Les enjeux sociaux (sociétaux) d'une planète globalisée.

Selon Herman Daly, *Beyond growth : The economics of sustainable development*, Beacon Press, 1996: « Le développement durable correspond avant tout à un processus : véritable changement culturel qui implique de nouvelles méthodes de travail plus collectives, plus transversales, et la mise en place de nouvelles organisations qui permettent la coproduction, la mise en œuvre et l'évolution, au cours du temps, d'une stratégie d'amélioration continue⁽¹⁷⁾ »

Pour BARBIER⁽¹⁸⁾ (1987) : Le concept de développement économique durable tel qu'il est appliqué au Tiers-Monde est directement lié au niveau de vie croissant des classes pauvres, qui peut être mesuré quantitativement en terme d'accroissement de la part alimentaire, du revenu effectif, des services d'éducation, de la sécurité sociale, des équipements sanitaires et d'eau potable, etc. Il n'est qu'indirectement concerné par la

(16) Bruno Riondet 'Clés pour une éducation au développement durable' Paris, Edition Hachette Livre, Collection « Ressources Formation » 2004, Préface de Michel Mousel, partie I page 17.

(17) IFOR ' Une introduction au développement durable p 25.

(18) : CEP de Florac, « le développement durable, son concept ». 1996, page 5.

croissance économique nationale et globale. En termes généraux, l'objectif premier est de réduire la pauvreté absolue des pays pauvres, en fournissant des moyens de subsistance durables et sûrs qui puissent minimiser l'épuisement des ressources, la dégradation de l'environnement, la rupture culturelle et l'instabilité sociale.

Selon Robert Solow⁽¹⁹⁾ (prix Nobel d'économie 1987 et technicien de la croissance) : déclare qu'un développement est dite durable si l'opération ci-contre est positive, c'est-à-dire « si le capital total Par individu est non décroissant à l'échelle de l'humanité. Et on peut rappeler l'équation de Solow sur le développement et la croissance :

$$\Delta K T(\text{variation du capital total}) / \text{pop} = \Delta K m(\text{variation du capital productif physique}) + \Delta K h(\text{variation du capital humain}) + \Delta K n / \text{pop}(\text{variation du capital naturel}).$$

En français, l'expression "développement soutenable" n'a pas été retenue pour la traduction du terme anglophone "*sustainable development*" alors que le verbe anglais "*to sustain*" se traduit aisément par "soutenir" ou "supporter" ou encore "maintenir". Ainsi, le terme original fait bien apparaître les limites de notre mode de vie sur l'environnement. Le vrai développement durable, ou "développement soutenable" indique implicitement qu'il convient de trouver un équilibre entre les besoins (présents et futurs) et les limitations imposées par notre environnement.

Les piliers du développement durable permettent à l'entreprise d'entrer dans la société, l'économie et l'environnement, en prenant des engagements et des actes. Pour les entreprises, la meilleure traduction est la RSE : La responsabilité sociétale des entreprises. Notamment l'organisation de travail. Les trois piliers du développement durable permettent d'atteindre les objectifs de développement durable grâce aux : performance économique, responsabilité sociale et respect de l'environnement⁽²⁰⁾.

Ce "triptyque" est le fondement des politiques de développement durable en tant qu'approche globale reposant sur les trois piliers ou les trois sphères du développement durable, et traditionnellement représentée par la *figure 1.1* :

(19) Institut de Formation de l'Environnement, ifore, une introduction au développement durable, document pédagogique-France- 2010, page 23.

(20) Cette explication des trois piliers ce trouve dans l'adresse web : <http://rse-pro.com/piliers-du-developpement-durable-1066> jour de vue : 12/04/2014.

Figure 1.1. Les trois piliers du développement durable.



Source : <http://rse-pro.com/piliers-du-developpement-durable-1066,jour> de vue 12 / 04/2014.

A partir de cette *figure 1.1* on peut dire que :

Pour qu'une politique du développement durable soit réelle, elle doit faire l'intersection des trois piliers ⁽²¹⁾ : environnement-économie-société et non au confluent de deux seules notions. On peut dire que le développement durable, indiqué par l'intersection de trois sphères ou trois piliers, est un concept intégrant les notions d'environnement, d'économie et de société. En outre, ce schéma qui illustre le concept de Développement Durable et la RSE montre aussi, qu'une économie stable et un environnement sain ne sont pas deux concepts contradictoires, et devraient à long terme traités des objectifs et des actions complémentaires qui pourraient donc être réalisés dans le paradigme de la durabilité au 21^{ème} siècle.

(21) En anglais les trois Piliers du développement durable sont couramment appelés les trois P : *Profit, People, Planet*.

1.1.2. Son historique

1.1.2.1. Etymologie

Le terme du développement durable a existé depuis l'avènement du rapport de Brundtland de 1987 qui insiste sur le terme « durable » plutôt que le mot « soutenable » pour donner une importance à la durabilité qui peut être définie comme une cohérence entre les besoins et les ressources globales de la Terre à long terme. En outre, d'après le document pédagogique de l'IFORE⁽²²⁾ publié en 2010, Le terme du « développement durable » a commencé pour la première fois en 1980. Ce sont les Nations Unies et deux organisations non gouvernementales (ONG) environnementales qui l'introduisent. Le premier document officiel l'abordant s'intitule « La stratégie de la conservation mondiale ». Son sous-titre est « La conservation des ressources vivantes au service du développement durable ». Ce document est produit conjointement par le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), l'UICN (Union Internationale de Conservation de la Nature) et le WWF⁽²³⁾.

1.1.2.2. Sa Chronologie

Le vrai avènement du concept du développement durable à commencer dans le début du XX^e Siècle, pour un développement qui peut réduire les inégalités sociales et réduire la pression sur l'environnement. Nous pouvons résumer quelques dates importante⁽²⁴⁾ par le

Tableau 1.1.

(22) L'IFORE est un service à compétence nationale du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM) en France. L'institut a pour but d'accompagner la mise en œuvre de la Stratégie nationale de développement durable et des décisions issues du Grenelle de l'environnement. L'IFORE s'articule autour de trois enjeux fondamentaux : L'intégration du développement durable dans les politiques publiques ; L'exemplarité et la gestion éco responsable des administrations publiques ; La facilitation du changement des comportements, des modalités d'action et de la gouvernance. L'IFORE organise des formations sur les politiques de développement durable à destination des administrations publiques.

(23) Institut de Formation de l'Environnement, ifore, une introduction au développement durable, document pédagogique-France- 2010. Page 15.

(24) Institut de Formation de l'Environnement, ifore, une introduction au développement durable, document pédagogique-France- 2010. Page 17-21.

Tableau 1.1 .Chronologie du développement durable.

Année	Les événements
1824	Essai : la théorie analytique de la chaleur : L'effet de serre, proposé par J.Fourier. Il s'intéresse au fait que les gaz de l'atmosphère terrestre augmentent la température à sa surface.
1907	Discours du président F. D. Roosevelt, « Nous pensons que les ressources de notre planète, sont inépuisables. Ce n'est pas le cas. Le charbon, le fer, le pétrole, le gaz, les matières fossiles, ne sont pas renouvelables [...] vu la manière dont nous les gaspillons aujourd'hui, nos descendants connaîtront leur épuisement une génération ou deux plus tôt que prévu ».
1938	L'ingénieur anglais G. Steward Callendar, Spécialiste de la vapeur (1898-1964), effectue la relation entre la croissance des émissions industrielles de gaz carbonique dans l'atmosphère depuis 50 ans, et l'augmentation des températures moyennes.
1945	Avènement de l'énergie nucléaire par l'Essaie de la Bombe atomique d'Alamogordo (Nouveau Mexique, USA le 16 juillet).
1948	Création de l'UIPN, l'Union Internationale pour la Protection de la Nature à Fontainebleau (5 octobre) en favorisant le gouvernement français et de l'UNESCO. Publication d'un ouvrage sur La planète au pillage du naturaliste par l'américain H. F. Osborn en 1948. Ce livre alarmiste décrit l'utilisation abusive de la Terre par l'humanité. Au début des années 50, J. Giono écrit L'homme qui plantait des arbres. L'auteur a mis volontairement ce texte dans le domaine public à sa création. Cette ouvrage a été traduit dans de nombreuses langues et a inspiré plusieurs opérations de De reforestation.
1956	L'UIPN devient l'UICN (union internationale pour la conservation de la nature).
1961	Création de l'organisation de protection de l'environnement et de la biodiversité en Suisse. World Wild Fund (WWF)
1963	Programme d'Alimentation Mondiale
1968	Conférence UNESCO La conférence de la biosphère de l'UNESCO avance l'idée d'un «développement écologiquement viable ».
1970	Le jour de la Terre : Flower power « L'emprise de l'homme sur la nature est devenue telle qu'elle comporte le risque de destruction de la nature elle-même ». (G. Pompidou, discours à Chicago, 28/02/70), 22 avril : Première journée mondiale de la Terre.
1971	Création du ministère de l'environnement En France Celui-ci est confié à R. Poujade (janvier) sous le gouvernement de P. Messmer.

1972	<p>Rapport du Club de Rome, L'appel de Stockholm : rapport qui prévoit l'épuisement des réserves mondiales de pétrole de l'année 1992 et du gaz en 1994.</p> <p>R. Dubos et B. Ward rédigent un rapport pour la conférence des Nations Unies à Stockholm : Nous n'avons qu'une Terre, PNUE.</p>
1973	<p>Crise de l'énergie, premier choc pétrolier</p>
1980	<p>Le développement durable : L'Union Internationale de Conservation de la Nature (UICN), le World Wild Fund (WWF) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) publient un rapport intitulé La stratégie mondiale pour la conservation dans lequel apparaît le terme « sustainable development » traduit par la suite en Français par « développement durable »</p>
1982	<p>Deuxième réunion internationale Deuxième réunion internationale qui rassemble les dirigeants et les scientifiques internationaux, après Stockholm. Ce rendez vous à Nairobi au Kenya fut un échec du fait en partie du désintérêt des Etats Unis pour les causes écologiques.</p>
1987	<p>Rapport Brundtland : Notre avenir à tous Rapport publié par la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement qui porte le nom de sa présidente, Mme Gro Harlem Brundtland (premier ministre de la Norvège, de 1981 à 1991, directrice de l'OMS de 1998 à 2003). Ce rapport définit la politique nécessaire pour parvenir un développement durable. Protocole de Montréal, (l'année de la découverte du trou dans la couche d'ozone, au dessus de l'antarctique) : traité international pour éliminer les CFC.</p>
1988	<p>GIEC (IPCC) : la création du groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC appelé IPCC en anglais) est créé par l'OMM et par le PNUE. Il a pour mission « d'évaluer de façon claire et objective les informations scientifiques, techniques et socio-économiques nécessaires pour une compréhension optimale des risques liés aux changements climatiques d'origine humaines ».</p>
1989	<p>Conférence internationale sur les climats et les réchauffements climatiques : Les perspectives vues par les pays en voie de développement à New-Delhi, 21-23 février.</p> <p>S. Schneider, climatologue américain : publie un livre sur le Réchauffement climatique : Est-ce que nous commençons le siècle de l'effet de serre? (global warming, are we entering the greenhouse century? oct. 1989). Ce livre est une recherche concernant les défis environnementaux de l'époque, et présente les conséquences possibles du réchauffement de la planète et les actions nécessaires afin de les réduire.</p>

1990	Premier rapport et évaluation scientifique de l'IPCC (GIEC). Ce rapport confirme les préoccupations scientifiques sur le changement climatique. Réchauffement climatique. Publication d'un rapport intitulé Le rapport de Greenpeace. Deuxième conférence mondiale sur le climat, à Genève. Création du FEM, Fond pour l'Environnement Mondial, chargé de financer des actions environnementales dans les pays pauvres ou émergents.
1992	Sommet Mondial de la Terre, Rio Adoption de l'Agenda 21 (XXIe siècle) par 173 chefs d'états. Ce programme d'actions pour la décennie sous-titré « stratégie mondiale pour le développement durable » comporte 27 principes. Durant ce sommet de la Terre, 3 axes d'actions ainsi qu'une déclaration sur la gestion durable des forêts furent adoptés par tous : Les piliers du développement durable (agenda 21), La Convention sur la diversité biologique, Une Convention sur la lutte contre la désertification. Création de la CCNUCC, Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. L'organe suprême est la conférence des parties (COP). Les pays signataires sont au nombre de 154 plus la communauté Européenne ainsi que le GIEC et l'organe de mise en application. Leurs représentants se réunissent annuellement, afin d'évaluer des stratégies de réduction du réchauffement global
1995	Loi Barnier : En France, adoption de la loi relative à la protection de l'environnement, dite loi Barnier. Cette loi a notamment pour objet : - la participation du public et des associations en matière d'environnement, - la prévention des risques naturels, - la protection et la gestion des espaces naturels, - la gestion des déchets et la prévention.
1997 1997	Protocole de Kyoto : 38 pays industrialisés s'engagent à réduire globalement leurs émissions de gaz à effet de serre de 5,2% entre 2008 et 2012. Les États-Unis refusent de ratifier le protocole en raison du manque de contraintes pesant sur les pays émergents (notamment l'Inde et la Chine). La Russie n'a toujours pas donné son accord. Réunion à New York des participants du sommet de 1992.
2001	La biodiversité : la journée mondiale de la biodiversité le 22 mai. Les ministères allemands de la coopération économique et du développement ainsi que de l'environnement, de la protection de la nature et de la sécurité nucléaire collaborent avec GEO Magazine pour organiser des journées de la biodiversité en Allemagne et dans divers pays. Depuis, le mouvement s'est étendu à 35 pays.

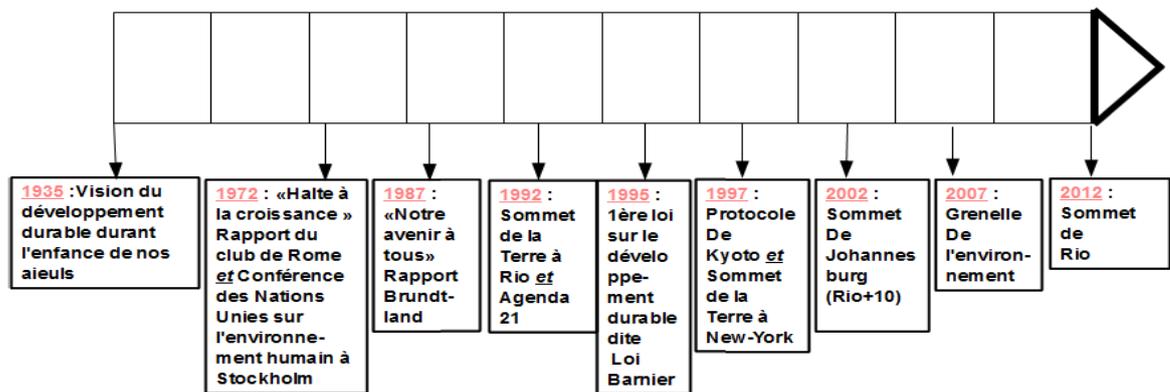
2002	<p>Sommet de la Terre à Johannesburg Durant ce sommet, le président français, J.Chirac affirme lors d'un discours :« Notre maison brûle et nous regardons ailleurs. La nature mutilée, surexploitée, ne parvient plus à se reconstituer et nous refusons de l'admettre. L'humanité souffre. Elle souffre de mal développement, au Nord comme au Sud et nous sommes indifférents. La Terre et l'humanité sont en péril et nous en sommes responsables ».</p> <p>Adoption d'un plan d'actions en 153 articles. Les thèmes prioritaires étaient l'eau, l'énergie, l'agriculture, la biodiversité et la santé. L'Union Européenne ratifie le protocole de Kyoto.</p>
2003	<p>Conférence World Climate Change conference, à Moscou (29 septembre – 3 octobre). Cette conférence n'accueille pas seulement des scientifiques mais aussi différentes personnalités qui exprimèrent leurs points de vue. Cela fut jugé inapproprié et peu rigoureux pour la communauté scientifique.</p>
2005	<p>La faim dans le monde : En 2005, selon la FAO (food agriculture organization), environ 16 000 enfants dans le monde meurent par jour de maladies liées à la faim et à la malnutrition</p>
2006-2007	<p>Une vérité qui dérange : Le Grenelle Environnement Film d'Al Gore sur la menace climatique.</p> <p>Ce documentaire présenté au festival du film de Sundance puis au festival de Cannes a participé à la prise de conscience internationale des enjeux environnementaux. Il fut récompensé par 2 Oscars. Mise en place du Grenelle de l'environnement qui vise à créer les conditions favorables à l'émergence d'une nouvelle donne française en faveur de l'environnement.</p>
2008	<p>L'année de la Terre : Création de l'année internationale de la Terre. A cette occasion 71 pays ont établi des comités nationaux.</p>
2009	<p>Sommet de Copenhague : Ce sommet réunit les dirigeants du monde entier, du 7 au 18 décembre 2009. Après 10 jours de sommet, le bilan est pour beaucoup décevant. La négociation a mis en avant l'impact des 2 pays les plus pollueurs de la planète, les Etats-Unis et la Chine. Aucun accord contraignant n'a été signé. Le président N. Sarkozy n'a pas caché sa déception. Les groupes écologistes ont qualifié ce sommet «d'échec lamentable».</p>
2010	<p>Mexique, Bolivie... Evolution du Grenelle Suite à l'abandon de la taxe carbone, la Fondation N. Hulot se retire du Grenelle Bolivie: Le président E. Morales convie gouvernants, scientifiques et représentants des ONG en avril 2010 à une conférence mondiale sur les droits de la « Terre mère » et les changements climatiques. La prochaine conférence des Nations Unies sur le réchauffement climatique est prévue à Cancun au Mexique du 29 nov au 10 Déc 2010.</p>
2011, 2012....	<p>Le sommet de la Terre, Rio Rio + 20. Les sommets de la Terre se déroulant tous les 10 ans entre les dirigeants mondiaux depuis</p>

	1992, le prochain devrait se tenir en 2012 à Rio (souhait exprimé par le gouvernement brésilien et soutenu par l'Union Européenne).
--	---

Source : à l'aide, Institut de Formation de l'Environnement, ifore, une introduction au développement durable, document pédagogique-France- 2010.page, 17-21.

Aussi bien, nous pouvons résumer l'histoire du développement durable par la *figure 1.2* :

Figure 1.2. Les principales dates des accords du développement durable.



Source : tpe-developpement-durable.e-monsite.com/pages/partie-i-contexte-historique-du-developpement-durable-dans-quel-atmosphere-est-nee-cette-notion.html jour du vue le 3/6/2014.

La *figure 1.2* décrit les plus importants date des accords concernant le Développement Durable, comme le rapport de Brundtland « *Notre avenir à tous* », en 1987. Et le sommet de la terre à Rio et l'Agenda 21, en 1992.

Selon le rapport de Brundtland : la préservation de la nature n'est pas une science représente une obligation et priorité , pour sauver l'humanité d'un excès de science appliquée et particulièrement de compétition économique, fait appel aux connaissances les plus

disparates, non seulement en matière de biologie et d'écologie, mais aussi d'économie politique, de droit, d'organisation administrative ou de sciences sociales)⁽²⁵⁾.

La définition du développement durable suite aux sommets de la Terre de Rio (1992) et de Johannesburg (2002) appuie le rapport Brundtland (1987) : « Prise en compte plus globale, multiplicité et interdépendance reflètent les principes de la nouvelle stratégie mondiale » avancée par les partisans du développement durable. Au-delà, le développement durable apporte une « vision située à moyen et long terme, vision de solidarité vis-à-vis des territoires et des groupes sociaux les plus démunis, de décentralisation des responsabilités, et d'implication des divers publics »⁽²⁶⁾.

1.1.3. Les enjeux et les objectifs du développement durable

Grâce à la conférence de Rio (1992), les différentes nations du monde sont décidées de construire une nouvelle stratégie du développement durable. Sa réalisation sera un peu difficile, car elle devra faire face aux enjeux du développement durable. Ces enjeux,⁽²⁷⁾ seront aussi ceux qui pèseront sur la réussite du sommet de Johannesburg (2002), dont l'issue est nécessairement fragile. Car le développement durable impose des changements structurels en profondeur.

On peut résumer les enjeux et les objectifs du Développement Durable dans les éléments suivants⁽²⁸⁾ :

(25) Institut de formation de l'environnement IFOR' en France,' op cit page 23.

(26) Institut de formation de l'environnement IFOR' en France,' op cit page 24.

(27) Arnaud, Berger, Christian de Perthuis, Le développement durable Edition Nathan, Paris 2011 cet ouvrage présente en 75 notions clés les enjeux du développement durable. Chaque thème est documenté avec cartes, photographies, graphiques et utilise des informations récentes. Il aborde des questions principales tels que : Où en est-on du protocole de Kyoto ? Qu'est ce que l'empreinte écologique ? Quelles limites au modèle énergétique ? Qu'est ce que la pression démographique ? Qu'est ce qu'une entreprise responsable ? Quel rôle pour l'ONU ou les ONG ? Clair, net, précis et efficace.

(28) chapitre 10'les enjeux du développement durable' Comment poursuivre le développement de la planète sans compromettre l'avenir des générations futures ?, N° 206.page 11.

- Les stratégies de développement durable doivent permettre de passer aux problèmes nationaux, à des problèmes et politiques globaux. Et cela apparaît difficile à réaliser notamment à long terme, et c'est l'enjeu principal des politiques de développement durable. Ce dernier ne peut être réalisé que si tout les états du monde agit globalement, et cela apparaît très difficile à réaliser. C'est pourquoi, dès le Sommet de la Terre de Rio, il a été décidé d'agir à l'échelle locale, en particulier grâce à la mise en place des Agendas 21.

- La gestion des déchets est l'une des opérations qui peut être menée localement en diminuant leur volume et en les recyclant davantage. Elle permet de retarder l'épuisement des ressources naturelles.

- Réduire les émissions de gaz polluants, en utilisant des modes de transport durables, qui aide à lutter contre le réchauffement de la planète.

- Développer un tourisme durable permet de préserver les sites touristiques et de contribuer à l'augmentation du niveau de vie des populations locales, particulièrement dans les pays pauvres.

Les objectifs du développement durable ne peuvent être atteints, que si en intégrant les ressources naturelles, humaines et énergétiques et gérer ses ressources dans le sens de préserver l'environnement pour les générations futures et augmenter la croissance économique, sans dégrader l'environnement. Pour réaliser ces objectifs, il faut que tous les ministres de l'environnement, les organisations mondiale de l'environnement et tous les acteurs publics et privés jouent un rôle primordiale dans la décision et la gestion et de mettre en cause les responsabilités des entreprises ainsi que citoyens pour protéger l'environnement⁽²⁹⁾.

Selon l'Agenda 21 adopté lors du Sommet de la Terre à Rio en 1992, les finalités essentielles du développement durable sont les suivantes :

« Lutte contre le changement climatique et protection de l'atmosphère, Préservation de la biodiversité, protection des milieux et des ressources, Cohésion sociale entre territoires et

(29) Institut de formation de l'environnement IFOR' en France,' Une introduction au développement durable', Présent pour l'Avenir. Document pédagogique – 2010 page 24.

CHAPITRE 1 *Etude du concept du développement durable*

entre générations, Epanouissement de tous les êtres humains, Dynamique de développement suivant les modes de production et de consommation responsables⁽³⁰⁾ »

Le développement durable signifie la conciliation des trois domaines, sociaux et environnementaux et économiques, donc il est indispensable de mettre en place les démarches suivantes⁽³¹⁾ :

- la coopération de différents domaines (économie, sociologie, écologie, sciences pour l'ingénieur, ...).
- De différents secteurs (transports, énergie, eau, déchets, milieux naturels, développement social, ...).
- Créer plusieurs institutions et établissements (entreprises, associations, administrations, syndicats, organisations ...).
- Agissant à différents niveaux territoriaux (international, national, régional et local).
- Améliorer la transparence et la coopération fiscale au niveau nationale et international.
- Multi-partenariales et interdisciplinaires.

Le développement durable repose donc sur une nouvelle forme de gouvernance, dont tous les acteurs ou les agents économiques: les organisations, les entreprises, les ménages..... Doivent se mobiliser. Aussi bien, il faut traiter le même problème à tous les niveaux, dans tous les secteurs, et par tous les acteurs. Les enjeux du développement durable concernent une nouvelle forme de gouvernance et une appropriation des démarches par les acteurs.

La conférence de Stockholm de 1972 a permis une déclaration de 26 principes, dont le premier commence par la phrase suivante:⁽³²⁾

(30) Institut de formation de l'environnement IFOR' en France,' Une introduction au développement durable', Présent pour l'Avenir. Document pédagogique – 2010 page 25.

(31) http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap01/co/ch01_020_1-2.html, jour de vue 3/3/2014.

(32) http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap01/co/ch01_020_1-2.html, jour de vue, 3/3/2014.

« L'homme a un droit fondamental à la liberté, à l'égalité et à des conditions de vie satisfaisantes, dans un environnement dont la qualité lui permet de vivre dans la dignité et le bien-être. »

Dans la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement Humain en 1972 à Stockholm. Les questions environnementales étaient en 1^{er} rang de préoccupations internationales.

Les représentants de cette conférence ont adoptés un grand plan d'action pour lutter contre la pollution. Les dirigeants mondiaux se sont engagés à se rencontrer tous les dix ans pour faire le point sur l'état de la Terre. Aussi bien, grâce à la réussite de cette conférence il, il y aura eu le Sommet de Rio de 1992, parmi ses principales actions⁽³³⁾ :

- Remettre l'homme au cœur de l'économie est indispensable. Il faut faire le rééquilibrage des pouvoirs entre les priorités économiques et les impératifs sociaux et écologiques. En intégrant des obligations de respect de l'environnement et des normes sociales dans le mécanisme des marchés financiers. Et en substituant aux spéculations boursières rapides des projets économiques viables et équitables à long terme.

- Il faut construire une nouvelle politique gouvernementale. Les décisions politiques sont généralement prises ou provisionner sur une courte période, pour répondre à des intérêts économiques particuliers sans tenir compte de l'impact à long terme pour l'ensemble de la population et l'impact environnementaux.

- Les autorités publiques ne sont pas les seules responsables du développement durable. Il faut une implication de tous les groupes socio-économiques et les organisations mondiales. La réalisation effective des objectifs du développement durable, ne peut se faire que si l'ensemble des acteurs de la société agit ensemble: les entreprises privées, publiques, les associations, les ONG, les syndicats et les citoyens.....

- Il faut instaurer un partenariat et une intégration durable (social, économiques, environnementale...) entre les pays du Sud et du Nord. Il faut diminuer ou supprimé la dette extérieure publique du Tiers-Monde, appliquer une taxe de type Tobin en affectant les recettes

(33) <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-enjeux-du-developpement.15068.html>, jour de vue, le 12/12/2014.

à des projets de développement durable, et abandonner les politiques d'ajustement structurels.

- Créer de nouvelles organisations mondiales, spécialisés sur l'environnement sur le long terme, qui se chargent de la protection de la planète, notamment du réchauffement climatique. Aussi bien, protéger les citoyens du changement climatique qui est remarquable dans ce XXI siècle et dans les prochains siècles.

En outre, d'autres actions ont été prises en questions aux services du DD tels que :

- Fournir les informations et les statistiques nécessaires aux démarches de développement durable et proposer des indicateurs de suivi,

- Développer les études économiques et les outils d'évaluation à priori et à postériori nécessaires aux politiques de développement durable,

- Développer les outils qui permettront aux acteurs d'effectuer leurs démarches de développement durable (réglementation, engagements volontaires, opérations de communication et d'information),

- Chercher les modèles futurs qui permettront de progresser vers le développement durable à long terme (2040/2050).

L'Union Internationale pour la Conservation de la Nature a publié en 1980 un rapport intitulé « *La stratégie mondiale pour la conservation* » dans lequel est utilisé pour la première fois le terme « *développement durable* » traduit de l'anglais « *sustainable development* ».

Mais ce n'est qu'en 1987 que ce concept est défini d'une façon claire. C'est la Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement des Nations Unies, qui publie un rapport « intitulé "*Our Common Future*" ("*Notre avenir à tous*") et connu sous le nom de Rapport Brundtland, du nom de la Norvégienne Gro Harlem Brundtland, alors présidente de la CMED.

Le rapport Brudtland définit la politique nécessaire pour parvenir à un développement durable. Il est principalement basé sur la préservation de l'environnement et la consommation prudente des ressources naturelles, et souligne la relation entre la pauvreté et la protection

CHAPITRE 1 *Etude du concept du développement durable*

de l'environnement. Il repose sur le besoin de concilier entre le développement et l'environnement. Le rapport Brundtland contient trois parties³⁴ :

La première partie traite des préoccupations communes. Il y est fait le constat d'un avenir compromis, de la nécessité de mettre en place un développement durable, et enfin de donner une redéfinition du rôle de l'économie mondiale dans ce contexte.

La deuxième partie expose les problèmes communs à gérer. Il y est question de la population mondiale, de la finitude des ressources, de la sécurité alimentaire, de la nécessité de la préservation des espèces et des écosystèmes, de la problématique de l'énergie, du rôle de l'industrie et du défi urbain.

La troisième partie fait des propositions en matière d'efforts communs, notamment une gestion commune du patrimoine, la question de la paix, de la sécurité, du développement et de l'environnement, et enfin la nécessité d'une action commune.

Le rapport Brundtland établit que la croissance économique (via le développement technologique) est nécessaire pour assurer la "sauvegarde" de la planète (ce qui est une différence fondamentale avec le Club de Rome).

Le rapport Brundtland précise sept objectifs critiques relatifs aux politiques de développement³⁵ :

- La reprise et le maintien de la croissance (économique) ;
- La modification de la qualité de la croissance ;
- La satisfaction des besoins essentiels (emploi, alimentation, énergie, eau, salubrité) ;
- La maîtrise de la démographie ;
- La préservation et la mise en valeur des ressources ;
- La réorientation des techniques et la gestion des risques ;
- L'intégration des considérations relatives à l'économie et à l'environnement dans la prise de décision.

34 http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/sites/odysee-developpement-durable/files/5/rapport_brundtland.pdf

35 http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap01/co/ch01_070_1-4-4_1.html
[page1](#)

En outre, le rapport de Brundtland donne une importance accrue aux problèmes environnementaux, non seulement dans les pays industrialisés, mais aussi dans les pays en développement tels que³⁶ :

- Désertification.
- « Salinisation ».
- Disparition des forêts.
- Pollution atmosphérique.
- Insuffisance croissante d'eau potable et de moyens d'assainissement.
- Augmentation des déchets industriels...
- Surexploitation des ressources naturelles ...

Le rapport Brundtland pose la définition "officielle" du développement durable. Il a servi de base de discussion dans les négociations internationales qui ont précédé et prolongé le Sommet de Rio.

L'objectif du développement durable est de définir des schémas viables qui réunissent les aspects économiques, sociaux et environnementaux des activités humaines. Ces trois domaines sont donc à prendre en compte par les collectivités, comme par les entreprises et les individus. La finalité du développement durable est de trouver un équilibre cohérent et viable à long terme entre ces trois enjeux. À ces trois piliers s'ajoute un enjeu transversal, indispensable à la définition et à la mise en œuvre de politiques et d'actions relatives au développement durable, il s'agit de la bonne gouvernance. La gouvernance correspond aux modalités du processus de décision. En matière de développement durable, la définition des objectifs et leur mise en œuvre, suppose un consensus entre tous les acteurs de la société : les entreprises privées, publiques, les associations, les ONG, les syndicats et les citoyens³⁷.

36 http://stockage.univ-valenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap01/co/ch01_020_1-2.html page2

37 <http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2012/12/Cadre-du-d%C3%A9veloppement-durable-%C3%A0-l%20horizon-2030.pdf>.

L'assemblée générale des Nations Unies crée des objectifs du développement durable après 2015 à la suite d'un processus intergouvernemental de négociation. On peut résumer ces objectifs dans les éléments suivants³⁸ :

- Eliminer d'une façon définitive la pauvreté et favoriser une croissance durable.
- Promouvoir une vie saine et une fertilité contenue.
- Favoriser le bien être, la sécurité et l'égalité des sexes dans les entreprises et dans la société.
- Eviter la pollution industrielle et le changement climatique.
- Assurer une éducation qualitative dans différents établissements publics et privés et améliorer les compétences professionnelles.
- Protéger la biodiversité et les services éco systémique.
- Veiller à la bonne gouvernance et la responsabilisation.
- Tenir la promesse des technologies pour le développement durable.
- Construire des villes saines et intelligentes.

Ces objectifs paraissent un peu difficile à réaliser sur le long terme. Néanmoins l'AGNU, a annoncé que le taux de la pauvreté a baissé entre 1990 et 2010, passant de 43% ³⁹ à un peu près de 22%. Les taux de mortalité infantile sont baissés, de 97% à 63%. Le taux de scolarisation dans l'enseignement primaire est élevé de 82 % à 90 % du nombre d'enfants en âge de fréquenter l'école primaire. L'accès à l'eau potable a augmenté de 76 % à 89 % de la population. Et le développement de la technologie est amélioré par l'augmentation du nombre d'abonnements de téléphonie mobile, qui dépasse les 6 milliards à travers le monde, dont 250 millions en Afrique subsaharienne. Aussi bien, d'ici 2017, plus de 80 % du monde aura accès à Internet haut débit sans fil. La sensibilisation mondiale semble être ambitieuse en matière de développement durable.

38 SUSTANAIBLE DEVELOPPMENT SOLUTION NETWORK, A global initiative for the United nations' Définir des objectifs de développement durable à l'horizon 2030, janvier 2013, page 10.

39 SUSTANAIBLE DEVELOPPMENT SOLUTION NETWORK, A global initiative for the United nations' Définir des objectifs de développement durable à l'horizon 2030, janvier 2013, page 10.

1.2. Les théories économiques du développement durable

1.2.1. Les théories de la durabilité de l'économie grâce à la dimension environnementale

Le secteur de l'énergie représente une contrainte pour l'environnement et au même temps peut développer la croissance économique et augmenter le produit intérieur brut d'un pays, il est donc un peu responsable des problèmes environnementaux, parce que l'augmentation de la consommation énergétique peut causer l'augmentations des émission de CO₂ dans l'atmosphère, c'est à travers le protocole de Kyoto que tout les états du monde ont créé des instruments de contrôle pour résoudre ce problème de pollution du à l'industrie énergétique et cela deviendra difficile à résoudre.

Le secteur de l'énergie n'est pas uniquement responsable de la pollution de l'air mais aussi des sols et des eaux, de l'accumulation des déchets solides et de la pollution thermique tant au niveau nationale qu'au niveau mondiale.

L'économie néoclassique et spécialement l'économie du bien être, ont étudié ces problèmes environnementaux grâce à des analyses et des outils mais reste limité pour résoudre le problème, les travaux de Baumol et Oates, 1988 qui traitent des instruments de régulation ou de marché. Les taxes de Pigou : pour lui la pollution est une externalité qui doit être diminué ou supprimé par le paiement des impôts. Coase (1960) : convaincre le public que les externalités peuvent disparaître si les droits de propriétés sont construits on éliminant les coûts de transactions. Après viendront les travaux de l'OCDE (1989, 1991, 1994), ces travaux ont pour but de réaliser une conciliation entre le développement économique et la protection de l'environnement, et cela deviendra difficile à réaliser avec la courbe de Kuznets qui décrit une relation inversé entre certains polluants et le PIB d'une nation (Rapport de la banque mondiale, 1992, Grossman et Krueger 1993, Selden et Song, 1994⁴⁰).

De nouveaux instruments sont apparus après, comme l'écocertification et la divulgation de l'information. Mais jusqu'à maintenant, les économistes n'ont pas trouvé une solution pour l'utilisation ou la non-utilisation d'une ressource naturelle, dans le modèle d'Olson en 1990 à deux périodes, dans sa théorie Olson montre que l'information et l'apprentissage ne

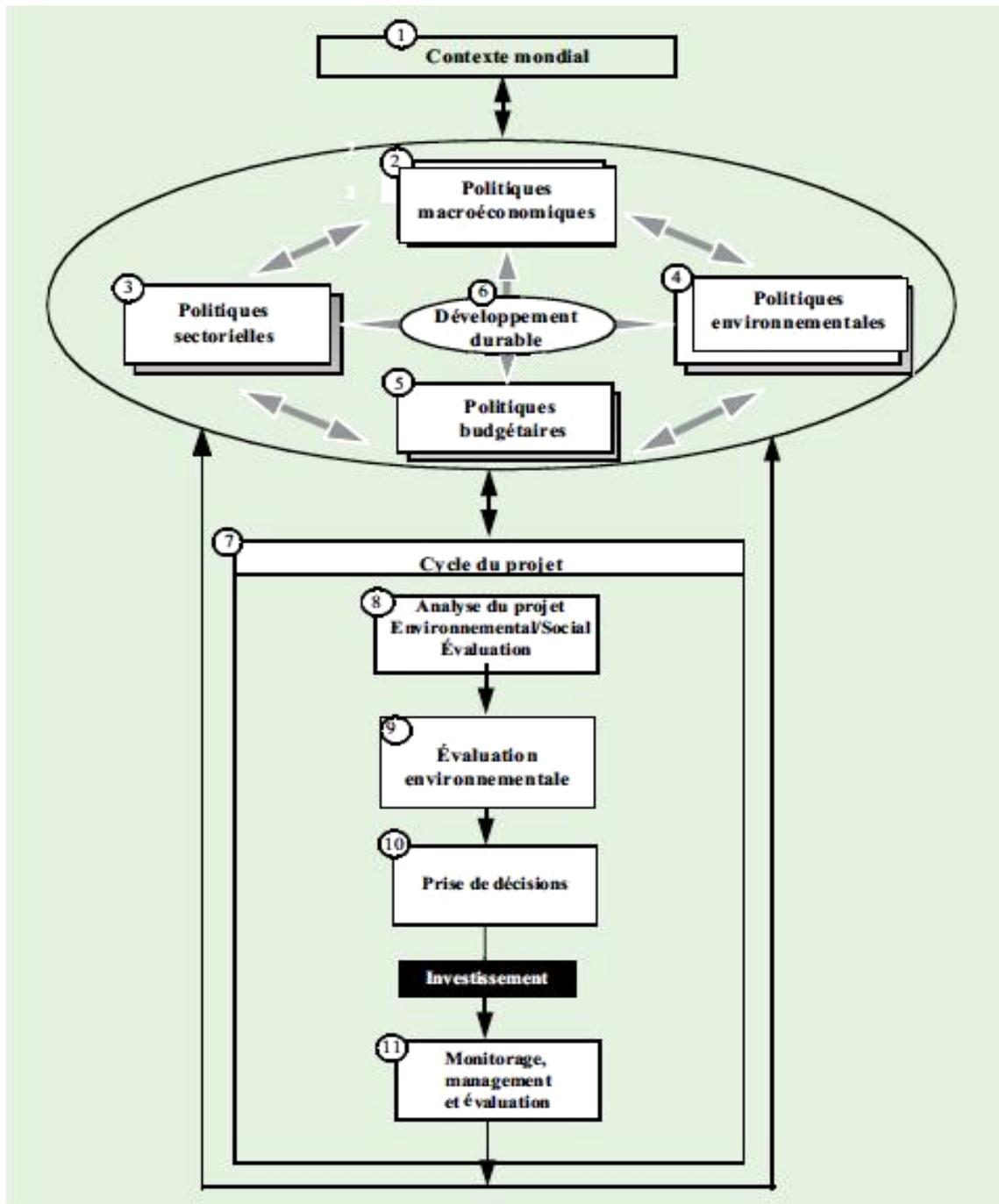
40 : INSTITUT DE L'ÉNERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE LA FRANCOPHONIE NUMÉROS 66-67
-1er ET 2e TRIMESTRES 2005, France, 'Economie de l'environnement et des ressources naturelles' P10.

permettent pas toujours de faire le choix entre l'utilisation et la non-utilisation d'une ressource comme input (facteur de production) dans le processus de production.

Neumayer, en 1998 : dit que les décisions d'utilisation de ressource environnementale sont souvent réalisées dans un contexte incertain. L'incertitude concerne la productivité de l'utilisation de la ressource dans le processus de la production et bien sure, elle concerne les bénéfices liés à la non utilisation de la ressource dans la production. Pour chaque option, utilisation ou non utilisation de la ressource, il ya des effets irréversibles : première option : une consommation réduite de biens produits, deuxième option : une réduction de la ressource naturelle, le choix deviendra clair quant la ressource naturelle fait l'objet d'une valorisation. Les travaux de Henry en 2002 parlent de la conservation et de l'application du principe de précaution.

La *figure 1.3*, proposé par Harou, 1998 pour la formation des praticiens du développement durable a été repris avec plus de détails dans un manuel pour praticiens de l'économie du développement et de l'environnement par Markandya, 2002, cette figure montre la nouvelle orientation de l'économie de l'environnement.

Figure 1.3 : Description de la notion de durabilité de l'économie



Source : IFOR 66-67 –1er ET 2e TRIMESTRES 2005, France, 'Economie de l'environnement et des ressources naturelles' P11.

Explication de la figure 1.3 :

On ne peut pas traiter les problèmes environnementales dans un cadre nationale, par exemple l'effet de serre, la destruction de la couche d'ozone touchent tout le monde, ce qui est montré par la *figure 1.3*, elle montre notamment, le rôle des autres politiques (politique macro-économique, politique budgétaire, politique environnementale, bonne gouvernance...) aux services du DD.

En outre⁽⁴¹⁾, Les problèmes environnementaux demandent une analyse économique globale, dans certaines analyses par exemple pour Harou [1989] les transferts disparaissent mais la question de la répartition des coûts et des avantages entre parties prenantes prend une grande considération par Ballet en 2005.

Aujourd'hui, l'impact des politiques macro-économiques sur l'environnement est apparu par plusieurs analyses : les travaux de Markandya, 2002, Gueorguieva et Bolt, 2003, les impacts de l'ajustement structurel sur l'environnement. Même la mesure du PNB à été mise en questions et les comptes nationaux sont modifiés par l'addition des statistiques sur l'environnement et les ressources naturelle dans les comptes économiques de la comptabilité nationale de chaque nation. (Hamilton, 2000). Pour un puriste, c'est le modèle d'équilibre générale qui doit être utilisé pour démontrer l'impact des effets globaux de l'environnement et des projets environnementaux sur l'économie (List et Zeeuw, 2002).

Les écotaxes (Bovenberg et Moij, 1994), ont motivé les économistes de l'environnement à quantifier un possible double dividende, mais après cette tache devient plus déficile.les travaux de Beltrati, 1996 ; Bovenberg et Smulders, 1995, Musu, 1995 ; Vellinga, 1995, viendront d'endogénéiser l'environnement de même que les progrès technologiques.

Pour Levinson en 2002, la courbe Kuznets ne doit pas toujours se vérifier.

La conciliation de l'environnement avec l'économie s'intéresse un secteur important, celui du secteur énergétique (Munasinghe et Meier, 1993), l'économie néoclassique l'économique et l'énergétique, comme la mesure de l'entropie (Georescu-Roegen,1974). L'environnement est touché par le secteur énergétique et ne devient pas saint, maintenant la nouvelle branche de l'écologie industrielle donne une grande importance à la trilogie « Entreprise, Environnement et Société » (Reynaud, 2004 ; Ferone,2004 ; Spaeter,

(41) INSTITUT DE L'ÉNERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE LA FRANCOPHONIE NUMÉROS 66-67 -1er ET 2e TRIMESTRES 2005, France, 'Economie de l'environnement et des ressources naturelles' P12-P15.

2004 ; Vivien, 2004). Cependant, Les énergies renouvelables aussi représentent un élément clé du développement durable car se sont des énergies saines et non polluantes, techniquement fiables et non couteuses, surtout pour les économies en voie de développement.

1.2.2. La notion des biens publics mondiaux et l'étude du concept d'externalités

On peut définir les biens publics mondiaux (BPM) comme une ressource ou bien ou service, ou il ya une interaction collective internationale. Charles Kindleberger, auteur et spécialiste dans le domaine du BPM, définit les biens publics mondiaux comme « *l'ensemble des biens accessibles à tous les États qui n'ont pas nécessairement un intérêt individuel à les produire* »⁽⁴²⁾. Cette définition donne une importance au caractère universel de ces biens. Elle montre aussi que les biens publics mondiaux peuvent créer une difficulté supplémentaire par rapport aux biens publics « nationaux », celle de la coordination et la coopération entre les nations.

Kindleberger donne des exemples sur les BPM concernant le domaine de l'environnement, il cite la préservation de la couche d'ozone et la réduction des gaz à effet de serre. Autres exemples qu'il cite sur les BPM, l'existence d'un système monétaire stable entre les nations, un régime commercial ouvert, des changes fixes, une monnaie d'échange unique internationale. Tous ces biens publics globaux correspondent à des objectifs complexes difficiles à réaliser à court terme où il est nécessaire pour que tous les États du monde passent par un long processus de négociations.⁽⁴³⁾

La notion du bien public mondial se base sur la définition économique : les BPM est un bien ou service dont les caractéristiques inhérentes en termes de non-exclusion et de non-rivalité⁽⁴⁴⁾ rendent difficile l'établissement de droits de propriété ou d'usage, excluant ainsi la possibilité de rentabiliser sur un marché les efforts de production ou de conservation. Quand ils sont produits gratuitement par la nature, ils sont souvent menacés par la surexploitation : pourtant l'intérêt collectif est de les préserver, la meilleure stratégie individuelle est de se

(42) Kindleberger, Charles, « International public goods Without international government », *American Economic Review*, n° 76, 1, 1986.

(43) Aujourd'hui l'économie de l'environnement pense à la relation de politique transnationale plutôt que penser au niveau nationale ou relation internationale

(44) <http://www.senat.fr/rap/r03-233/r03-23320.html> jour de vue le 12/7/2014

servir avant que le voisin ne le fasse aussi. Il est donc nécessaire pour produire et protéger ces biens de se doter de règles et de moyens collectifs, coordonnés par une communauté locale ou par la puissance publique nationale.

Henri Bourguinat insiste sur l'idée suivante : la gestion des biens publics mondiaux suppose bien souvent de prendre en compte une importante dimension inter temporelle : « Qu'il soit question de l'effet de serre, des CFC ou des grandes campagnes de départ de maladies endémiques comme la variole ou le sida, les dommages à combattre et les solutions à apporter dépendent de stocks s'accumulant en longue période. Pour le réchauffement climatique, par exemple, c'est parce que les gaz à effet de serre se sont accumulés par le passé que les flux nouveaux sont particulièrement dangereux. En sens inverse interviennent les stocks de capital (technique ou humain), les stocks biologiques ou génétiques, ou encore les réserves de crédibilité pour les systèmes monétaires. Les dommages ou les bénéfices se manifestant le plus souvent par accumulation lente et parfois irréversible, la gestion de ces biens publics est particulièrement délicate en raison de ces décalages temporels importants. En matière biologique, par exemple, la disparition actuelle d'une espèce peut très bien avoir une incidence future sur l'équilibre du biotope sans commune mesure avec son impact immédiat. La gestion de ces biens publics doit donc prendre en compte non seulement l'intérêt de la génération présente, mais aussi celui des générations futures. »⁽⁴⁵⁾

Samuelson(1954), caractérise les BPM en deux éléments⁽⁴⁶⁾ :

- Non rivalité des consommations: la consommation par une personne ne réduit pas l'utilité du bien pour une autre personne ;
- Non exclusion des utilisations: l'usage ne peut être réservé à certains.

La PNUD classe les BPM en trois groupes⁽⁴⁷⁾ :

Le premier groupe, concerne les biens publics naturels comme par exemple la biodiversité et la stabilité climatique, un problème se pose c'est la sur utilisation de ces biens. Le deuxième groupe, concerne les biens publics mondiaux d'origine humaine, tels que les

(45) Cet argument se trouve dans le site <http://www.senat.fr/rap/r03-233/r03-23320.html> jour de vue le 12/7/2014.

(46) Diaporama 'les Biens Publics Mondiaux' La coopération Internationale, une offre de biens publics mondiaux' page 3.

(47) Diaporama 'les Biens Publics Mondiaux' La coopération Internationale, une offre des biens publics mondiaux' page 6.

CHAPITRE 1 *Etude du concept du développement durable*

connaissances scientifiques. L'enjeu est leur sous-utilisation. Le troisième groupe appelé « *résultats politiques globaux* », se type de bien inclut la stabilité du système financier internationale, la santé, la paie..... Ce type de bien à une relation avec la production contenu par contre les autres groupes sont des variables de stock comme il a indiqué H. Bourguinat.

On peut résumer la classification de la PNUD dans le *tableau 1.2*.

Tableau 1.2. Classification des BPM par la PNUD.

BPM naturels	BPM humaine	BPM Résultats politiques globaux
Stabilité climatique Biodiversité	-Les connaissances scientifiques. -l'éducation	-la Paie -la santé -stabilité du système financier international -Assistance humanitaire.
Problème : de sur-utilisation de ces biens	-Enjeu : sous-utilisation, propriété industrielle.	Distinction : processus contenu de production -problème ociopolitique.

Source : Diaporama 'les Biens Publics Mondiaux' La coopération internationale, une offre de biens publics mondiaux' page 6 du diaporama.

En outre, La globalisation ou la mondialisation, permet que les nations deviennent de plus en plus interdépendantes : par exemple la France importe le pétrole et exporte de l'industrie (véhicule) et en même temps produit dans le textile en Chine. Cette globalisation à permet aussi plus de solidarité et prise de conscience entre les habitants de la planète pour trouver des solutions à long terme de plusieurs problèmes globaux, qui touchent tous le monde tels que : limites de l'exploitation des ressources naturelles, conséquences climatiques des émissions de gaz à effet de serre, inégalités économiques, alimentation des plus pauvres, activités illégaux, liberté d'expression. Cette prise de conscience entre les habitants du monde a créé ce que n'appellent les biens publics mondiaux ou communs (BPM).

Le *tableau 1.3*. Nous donne quelques exemples sur les BPM avec leurs institutions qui ont été crée et leurs accords internationaux qui ont été signés ou pas encore.

Tableau 1.3. Les différents biens publics mondiaux (BPM).

Bien public mondial (exemples)	Institution mondiale	Accord international
L'ordre politique mondial	ONU	
La sécurité alimentaire	FAO	
La stabilité financière	FMI	
Le commerce international	OMC	
La santé publique	OMS	
La diversité culturelle	UNESCO	
L'utilisation de l'espace		OUI
La couche d'ozone		OUI
Le climat		OUI
L'accès aux voies navigables		OUI
Les réserves de pêche		OUI
La biodiversité		OUI
Les connaissances scientifiques		NON
La lutte contre la pauvreté		NON

Sources : http://www.humandee.org/spip.php?page=imprimer&id_article=181

Ce tableau montre aussi qu'il reste des problèmes communs non encore résolus auxquels fait face le monde comme par exemple la lutte contre la pauvreté, restent quelques institutions et accords insuffisants et incomplets.

Cependant, Le concept de bien public mondial permet de rationaliser l'approche des problèmes globaux internationaux. Il met en évidence des imperfections de marché, et nécessite le publique de donner d'autres avis sur la mondialisation. après, le problème se déplace vers la question des modalités de production des biens publics mondiaux, qui se ramène à une difficulté de la coopération internationale.

Philippe Hugon⁽⁴⁸⁾, en 2004, classe les biens publics mondiaux (BPM) en biens communs, collectifs et publics, on ajoutant une nouvelle régulation internationale à des forces sociales transnationale. Dans sa théorie, il étudie deux types d'instruments, la première concerne la régulation économique en termes d'intérêts (stiglitz, 1999), de règles (Kindleberger, 1986) et de défaillance de marché (Buchanan et Musgrave, 1999). le deuxième concernant la régulation en terme de conflit de valeurs avec les défaillances de droit, les patrimoines commun et les nouveaux construits sociopolitiques (Hugon, 2004).

tous ces travaux rejoignent les travaux de l'Ecole Publique Internationale (Palan, 1998). Actuellement, l'économie de l'environnement se pratique avec les études coûts-avantages dans un cadre juridique planétaire ou les transferts entre les pays sont illuminés.

Définition des externalités :

On parle d'externalités lorsque les actions d'un agent économique ont un impact positif ou négatif sur le bien-être et le comportement d'autres agents et que cet impact n'est pas pris en compte dans les calculs de l'agent qui le génèrent. Les externalités peuvent être positives ou négatives⁴⁹. Il existe une externalité lorsqu'une activité induit des coûts (externalité négative) ou des bénéfices (externalité positive) pour un autre agent qui n'est pas impliqué directement, par exemple dans l'activité d'une entreprise.

Le concept d'externalité a été introduit en 1887 par Sidgwick, puis précisé par Viner (1931). Ensuite, développé par Pigou en 1932, pour corriger l'incapacité du marché à prendre en charge les problèmes liés à la dégradation de l'environnement et à la répartition des revenus. Pigou⁽⁵⁰⁾ le définit comme « *un effet de l'action d'un agent économique sur un autre qui s'exerce en dehors du marché* ».

Les externalités se caractérisent par deux éléments : non rivalité et non exclusion⁽⁵¹⁾ :

(48) Introduction aux finances publiques 2008-2009, chapitre 3 'les externalités', version du 6/8/2008, page 3.

49 Cette définition se trouve dans le site <http://www.melchior.fr/Les-externalites-economiques.5443.0.html> P1.

(50) CROZET, Yves. 1997. Analyse économique de l'Etat. Cursus. Paris : Armand Colin/Masson. p191.

(51) la lettre de la régulation N°48, ' les biens publics mondiaux et le niveau transnational de la régulation ' France 2004, page 1.

Non rivalité : l'activité de production ou de consommation n'engendre pas seulement le bien ou le service désiré mais induit un bénéfice ou un coût additionnel.

Non exclusion : l'auteur et la victime n'ont rien à payer ni ne reçoivent une compensation.

Pour Weber (1997)⁽⁵²⁾, le terme d'externalité signifie des bénéfices ou des coûts qui, bien qu'ils s'ajoutent aux bénéfices et aux coûts propres à une activité donnée, ne sont pas reflétés dans les prix de marché et touchent des agents économiques tiers, sans que ces derniers soient légalement tenus de payer ou en droit de recevoir un dédommagement.

D'une façon générale, on peut classer les externalités en deux⁽⁵³⁾ :

Les externalités positives : qui représentent l'écart entre le gain privé et le gain social. Par exemple, on considère généralement que les activités de recherche et développement (R&D) ont des effets positifs dont le producteur, c'est la société qui finance les recherches et elle n'est pas le seul à bénéficier. La recherche ajoute à la somme globale des connaissances et contribue ainsi à d'autres découvertes et avancées. Dans ce type d'externalité, le gain privé est inférieur au gain social.

Les externalités négatives : La pollution issue par le secteur industriel est un exemple d'externalité négative car l'activité industrielle provoque des coûts négatifs qui ne sont pas supportés par l'entreprise polluante mais par l'ensemble de la communauté concernée par les conséquences négatives. A cause de ces effets négatives certain économistes défendent le principe pollueur payeur qui permet d'internaliser les coûts de la pollution industrielle.

Dans ce type d'externalité, Le coût social, c'est-à-dire le coût total de la production est plus élevé que le coût privé. Ces coûts, représentent des coûts indirects, qui ne sont pas supportés par le producteur ou l'utilisateur, peuvent prendre plusieurs formes : dégradation de la qualité de vie, par exemple, une personne qui habite devant une cheminée d'usine, hausse des frais médicaux...etc.

(52) Introduction aux finances publiques 2008-2009, chapitre 3 'les externalités', version du 6/8/2008, page 4.

(53) Thomas Helbling 'Qu'entend-on par externalités?', L'ABC DE L'Economie, finance et développement Décembre 2010.

Ainsi l'objectif de la régulation environnementale est d'internaliser les coûts provoqués par la pollution dans le prix du produit. Ainsi, les consommateurs ont tendance à acheter une quantité plus faible du produit incriminé qui est plus cher et les entreprises sont censées moins en produire, car elles en tirent moins de bénéfices. En théorie l'intervention de l'Etat a donc pour objectif de réduire ces externalités environnementales et d'assurer une meilleure répartition des revenus (équité).

HANSEN.J .Pet Jacques PERCEBOIS⁽⁵⁴⁾ citent dans leurs ouvrages, Les trois outils dont dispose l'état pour minimiser les externalités négatifs concernant l'environnement, et qu'il peut l'utiliser simultanément :

1) l'instauration de normes (norme de rejet de polluants à ne pas dépasser, par exemple). Ce système est simple à mettre en place ; il est équitable car tous les opérateurs sont soumis à la même règle ; de plus, c'est un système transparent et l'information sur les normes en vigueur est un peu coûteuse, nul n'étant censé ignorer la loi et les règlements. Ce système souffre en revanche de deux inconvénients : il n'y a pas d'incitation à faire mieux que la norme et, de plus, les de contrôle peuvent être élevés. La norme ne permettra probablement pas d'égaliser les coûts marginaux des diverses actions.

2) L'instauration d'une taxe par unité de polluant déversé. Cette taxe dite « pigouvienne » va donner lieu à translation progressive, c'est-à-dire qu'elle sera répercutée dans le prix de vente du produit à l'origine de la pollution, c'est donc supportée in fine par le consommateur. C'est le cas en France de la TIPP (taxe intérieure sur les produits pétroliers) ou de la TGAP (taxe générale sur les activités polluantes appliquée à l'élimination des déchets, à certaines émissions de substances polluantes, aux matériaux d'extraction notamment). L'avantage avancé de la taxe tient au fait qu'elle procure des recettes fiscales à l'état, tout en envoyant un bon signal au consommateur. On n'objectera que le système des quotas peut lui aussi procurer des recettes à e si ces quotas sont mis aux enchères. le reproche que l'on fait à la taxe, dans le cas des produits pétroliers, est qu'elle est souvent inéquitable car le poids de cette taxe dans le budget des ménages est souvent plus élevé pour les ménages modestes que pour les ménages à revenu élevé, les dépenses de carburant représentant un

(54) Les trois outils qu'elle dispose l'état se trouve dans l'ouvrage de HANSEN.J .Pet Jacques PERCEBOIS 'Energie' 'Economie et Politique' P38-39.1er Édition de Boeck, la Belgique 2010.

pourcentage élevé du revenu pour les ménages obligés de se délocaliser dans la périphérie des villes, les loyers du centre-ville étant devenus inabordable.

de plus, tout impôt indirect engendre une perte sociale nette, comme le démontre la théorie dite du « triangle d'Harberger » : la perte de bien-être supportée par les consommateurs finaux est supérieure au gain récupéré par l'état sous forme de rentrées fiscales.

3. La mise en place d'un système de quotas avec mécanismes d'échanges. C'est le système adopté depuis 2005 dans l'Union européenne pour les émissions de CO₂, qui est en pratique une traduction atténuée du « marchandage de R. Coase, un marchandage entre les agents concernés conduit à la réalisation d'une allocation optimale des ressources, en cas d'externalités, si cinq conditions sont simultanément réunies (cf. C. Henry, 1997) :

- Tous les agents concernés contribuent à la négociation.
- Ils peuvent réaliser entre eux des transferts monétaires
- Ils négocient sans frais, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de coûts de transaction attachés au déroulement de la négociation.
- Ils sont parfaitement informés des conditions de cette négociation.
- Le marchandage est mené jusqu'au point où il n'est plus possible d'améliorer, au bénéfice de tous les participants, la situation à laquelle ils sont parvenus.

En outre, pour construire des politiques environnementales qui donnent une importance aux externalités, il faut, en théorie, calculer le niveau optimal de production des externalités et mettre en place un mécanisme qui va obliger (ou inciter) les agents économiques à l'atteindre. Le mécanisme peut agir sur les éléments suivants⁽⁵⁵⁾ :

- Les moyens techniques de l'entreprise à travers des instruments réglementaires qui imposent à l'entreprise des normes techniques ou d'émissions.
- Les moyens financiers de l'entreprise à travers des instruments économiques qui font reposer le coût des externalités sur les agents économiques à travers le principe pollueur-payeur (taxes et redevances) ou, plus récemment, le marché des permis d'émission.

(55)http://www.esige.ensmp.fr/cms/libre/edd/module2/module_2.2_enjeux_economiques/cours/m2_part3_cours_p5.php

- La stratégie de l'entreprise en lui proposant des approches contractuelles ou volontaires.

Cependant, Les politiques environnementales des pays développés sont fondées sur le « principe pollueur – payeur », adopté par l'OCDE en 1972. Selon ce principe, le pollueur doit supporter « le coût des mesures de prévention et de lutte contre la pollution », mesures qui sont arrêtées par les pouvoirs publics pour que l'environnement soit dans un état acceptable ». Ainsi, si c'est le « pollueur » qui doit supporter le coût des mesures de prévention et réduction de la pollution, c'est aux pouvoirs publics de définir le niveau de pollution de l'environnement qui soit « acceptable ». Ce choix implique un processus politique : en effet, il est impossible de mesurer de façon méthodique et équitable les coûts liés aux pollutions, à la dégradation des ressources naturelles et, à plus forte raison, le niveau « optimal » de production d'externalités.

1.2.3. La courbe du Kuznets : la relation entre croissance économique et environnement

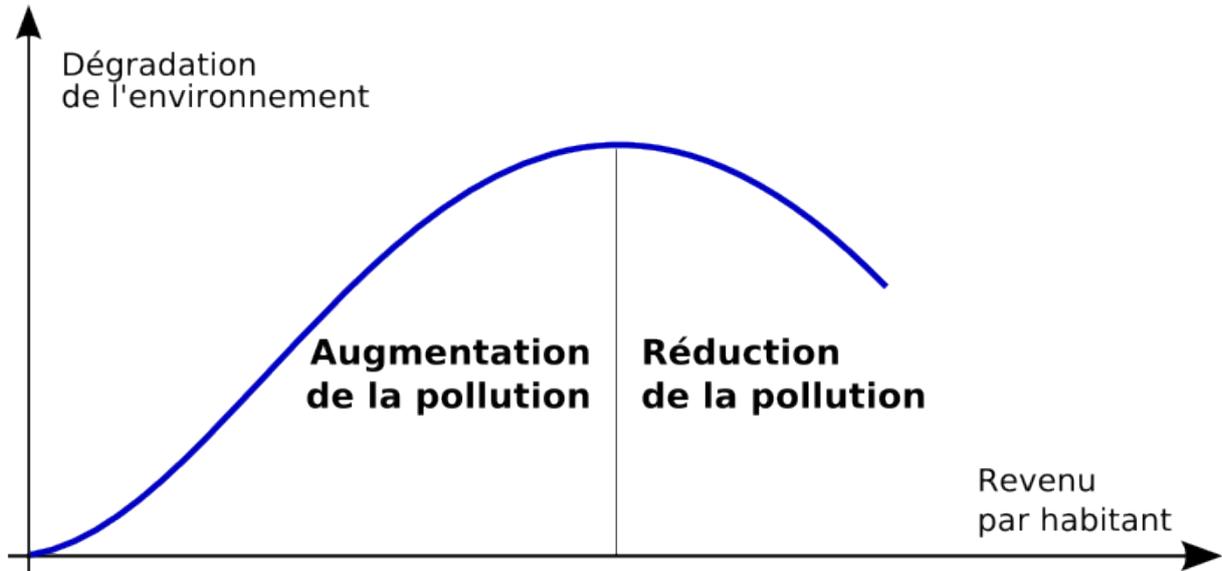
Simon Kuznets (1955) était l'un des premiers à estimer les déterminants des inégalités et à développer un modèle qui permette d'établir un lien entre l'inégalité dans la distribution des revenus et le degré de développement économique d'un pays. L'idée de Kuznets a été développée plus tard par Robinson (1976) axée sur les mouvements de la population de l'agriculture à l'industrie.

Dans l'hypothèse de Kuznets, l'auteur utilise un modèle à deux secteurs : l'un est agricole et l'autre industriel. Le secteur agricole représente l'intéressante partie de l'économie. L'hypothèse de Kuznets propose que le revenu dans le secteur industriel est supérieur à celui dans le secteur agricole, et que la distribution des revenus est plus égalitaire dans le secteur agricole.

L'hypothèse de Kuznets suppose que la croissance serait nuisible (c'est-à-dire l'augmentation de la production et la population amène à l'augmentation des rejets polluants) pour l'environnement dans les premiers stades du développement ; puis, au-delà d'un certain seuil de revenu par tête, la croissance entraînerait une amélioration de la qualité de l'environnement (figure 1.4). Donc, La relation entre croissance et dégradation de l'environnement aurait dès lors la forme d'un U inversé : dans un premier stade, l'augmentation de la production dégraderait l'environnement (l'effet d'échelle commande, pour reprendre la terminologie de Grossman et Krueger, 1992), puis, après d'un point d'inflexion, la

croissance réduirait les dégradations environnementales (l'effet technique l'emporte). La figure 1.4 illustre cette hypothèse.

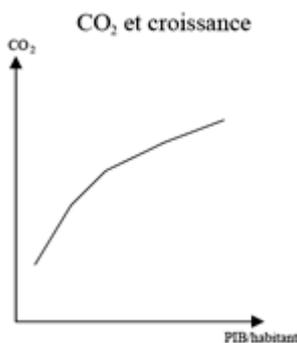
Figure 1.4. La courbe environnementale de Kuznets.



Source : <http://www.ses-et-cie.fr/ses/spip.php?article4> jour de vue : 8/8/2014.

s

Figure 1.5 : CO₂ et croissance.



Source : Harbaugh, W., Levinson, A. et Wilson, D. 2000, Reexamining the Empirical Evidence for an EKC, NBER, WP n°7711.

D'une façon générale, l'impression qui se dégage des statistiques et l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets n'est vérifiée que pour certaines pollutions localisées,

essentiellement urbaines, de l'air et de l'eau. Au contraire, les pollutions transfrontières, notamment les émissions de CO₂, ne semblent pas connaître d'inflexion.

La disponibilité et le coût des techniques antipollution représentent deux éléments importants pour expliquer les différences de résultat. Une comparaison entre la lutte contre les émissions de gaz CFC⁽⁵⁶⁾, responsables de la disparition de la couche d'ozone, et les émissions de CO₂ est éclairante sur ce point. Un accord international a pu être assez facilement obtenu pour éliminer les gaz CFC (accord de Montréal, 1987), parce que des produits de substitution étaient disponibles pour un coût commun. En matière de lutte contre les émissions de CO₂, les stratégies à mettre en œuvre apparaissent plus complexes et plus coûteuses, d'où de plus grandes sous-entendues à engager les politiques équitables.

Donc, qu'il faut souligner que les travaux de Kuznets confirment le fait que les inégalités ne peuvent aller vers la réduction que par l'utilisation des mécanismes sociaux et politiques, donc à tendance interventionniste. Par contre, ces travaux ne prennent pas en compte des données exogènes montrent que le modèle met en évidence un phénomène purement mécanique.

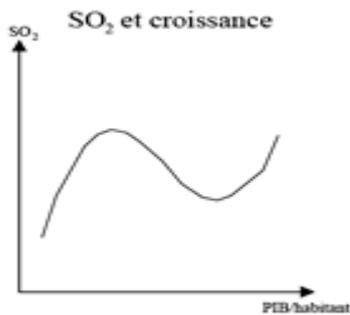
En outre, une nouvelle étude économétrique est réalisée en 2000 sur les bases du **GEMS**⁽⁵⁷⁾ dont les données ont été accumulées par l'apport d'informations sur dix années additionnelles. Cette étude met en évidence qu'avec un polluant tel que le dioxyde de soufre (SO₂), la courbe prend la forme d'un 'N' et non d'un « U inversé » figure 1.6. Bien que l'existence d'une courbe de Kuznets soit remise en cause par l'étude, les auteurs garantissent en conclusion que l'existence d'une courbe environnementale de Kuznets est tout à fait probable et que leur base de données est certainement trop peu significative. Aussi bien, Stern et Common réalisent une étude économétrique sur les bases de données provenant du département américain de l'énergie sur les concentrations de dioxyde de soufre. Ils mettent en évidence que le panel de représentation des pays sur les diverses études modifie le résultat des études ; les précédentes études ayant une forte représentation des pays de l'OCDE. Ils

(56) CFC, c'est les gaz Chlorofluorure de Carbone.

(57) les données de Grossman et Krueger, 1994, proviennent d'un programme mondial de surveillance établi par le Global Environmental Monitoring System (GEMS), un projet co-dirigé par l'OMS et le PNUE.

démontrent, lorsque les pays en développement sont mieux pris en compte, que l'existence d'une courbe environnementale de Kuznets est remise en cause)⁽⁵⁸⁾

Figure 1.6 : SO₂ et croissance



Source : Harbaugh, W., Levinson, A. et Wilson, D. 2000, Reexamining the Empirical Evidence for an EKC, NBER, WP n°7711

D'autres travaux montrent aussi, que l'approche par une courbe environnementale de Kuznets est plus qu'incertain, elle ne pourrait être envisagée sans circonspection pour les émissions de dioxyde de soufre mais en aucun cas pour les rejets carbonés ; ce qui contredit précisément les positions de Beckerman. « Bien que certaines études empiriques montrent que la croissance économique peut être associée à l'amélioration de quelques indicateurs environnementaux, elles n'impliquent pas que la croissance économique suffit à améliorer l'état de l'environnement en général » serait une approche plus réaliste.⁽⁵⁹⁾

Les discussions sur la courbe de Kuznets environnementale)⁽⁶⁰⁾ :

Les études vues antérieurement s'accordent à apprécier l'effet de la croissance sur l'environnement en partant d'études empiriques utilisant la méthode des moindres carrés pour orienter leurs études vers une généralisation qui permet de construire un modèle mathématique de prévision. L'une des problématiques importantes d'une telle démarche

(58) <http://www.agoravox.fr/actualites/economie/article/courbe-de-kuznets-des-inegalites-27156>

(59) <http://www.agoravox.fr/actualites/economie/article/courbe-de-kuznets-des-inegalites-27156>, jour de vue 3/6/2014

(60) <http://www.agoravox.fr/actualites/economie/article/courbe-de-kuznets-des-inegalites-27156>, jour de vue 3/6/2014

consiste à ignorer les effets de la dégradation environnementale sur la croissance économique ; ce qui rejoint la critique de l'approche de Kuznets face aux coïncidences. Cependant, d'après ces abords, une pluie acide, résultante de la dégradation climatique, n'aura strictement aucun effet économique sur les exploitations sylvicultrices.

Une autre étude sur le flottement des émissions de CO₂ utilisant des systèmes dynamiques non linéaires (approche thermodynamique) met en évidence des transitions brutales après avoir suivies des équilibres ponctués. Ces transitions émanent d'un choc exogène et se vérifient pour des pays à niveaux de richesses très différents. Ce qui montre qu'il est nécessaire de conduire des études par pays ; mais les données par pays sont peu disponibles et reste le manque de continuité temporelle.

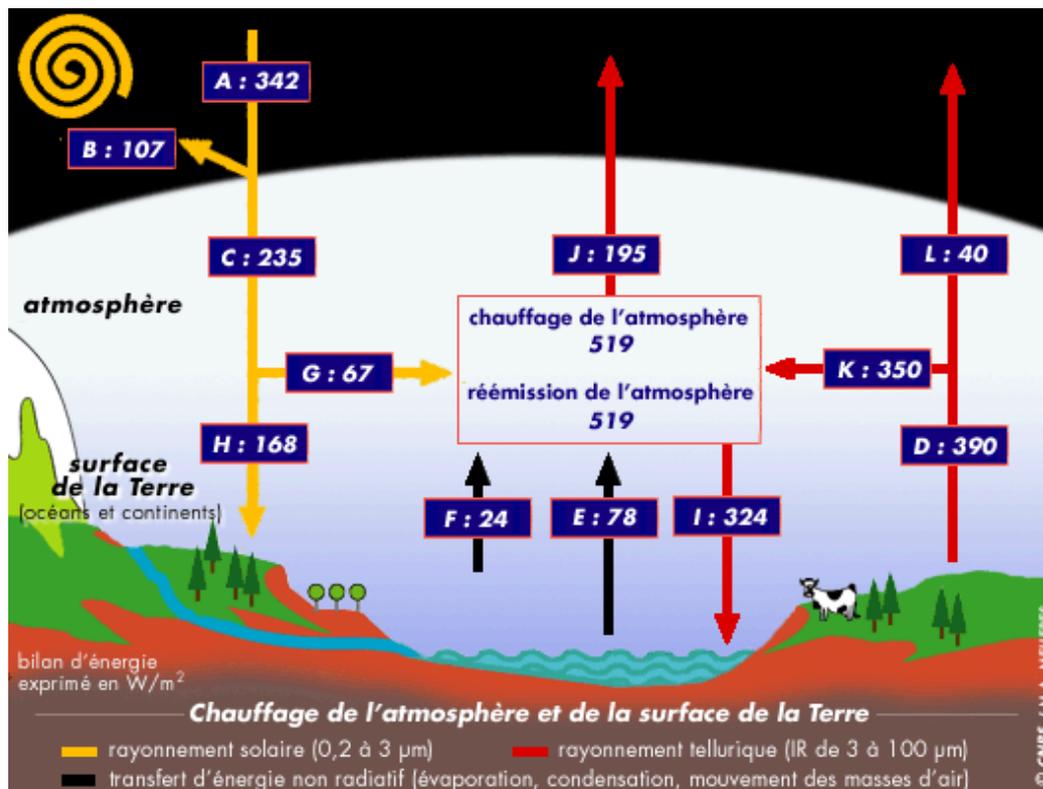
1.3. Le réchauffement climatique

1.3.1. L'équilibre thermique de la terre

Aujourd'hui, l'atmosphère et la surface de la terre (continents et océans) restent en équilibre,

L'atmosphère reçoit en moyenne, à chaque seconde, une énergie équivalente à $519 \text{ W} / \text{m}^2$ (voir la *figure 1.7*) et réémet cette énergie vers la Terre ($324 \text{ W}/\text{m}^2$) et l'espace ($195 \text{ W}/\text{m}^2$). Le bilan énergétique de la surface de la Terre reste en équilibre : un gain net de $492 \text{ W}/\text{m}^2$. Ce processus est conforme aux lois élémentaires de la thermodynamique.

Figure 1.7. Les interactions entre l'Espace, l'Atmosphère et la Surface de la Terre.



Source : <http://www.leseoliennes.be/GHG/AGWfr.htm>

Cette figure montre l'ensemble des mécanismes de chauffage de la manière suivante :

La surface de la terre (océans plus continents) est en équilibre : elle est chauffée en absorbant 492 watts par m^2 et elle se refroidit en perdant la même quantité d'énergie. La planète Terre est à l'équilibre : elle est chauffée en absorbant 235 watts par m^2 , elle perd la même quantité d'énergie sous forme de rayonnement infrarouge vers l'espace.

1.3.2. Les principaux gaz à effet de serre (GES)

Mme Marie-Antoinette Mélières montre dans son étude sur le réchauffement climatique que : A une émission de 235 watts par m^2 de la Terre vers l'espace, correspond une température moyenne de moins de $19^0 C$. la différence représente l'action globale de l'effet de

serre : 155 watts par m² de chauffage de la surface (dont environ 100 watts liés au rôle de la vapeur d'eau et 50 watts à celui du CO₂). Ce chauffage représente environ 30°C, il est d'origine naturelle et essentiellement de l'ordre de 20°C et le CO₂ de 10°C)⁽⁶¹⁾.

Les principaux GES sont :

-**Le dioxyde de carbone CO₂**, la vapeur d'eau et les nuages qui couvrent 50% de la surface de la planète. L'action des deux premiers s'additionne et ils absorbent près de 75% du rayonnement émis par la surface de la terre. Les nuages font le reste, ils absorbent l'énergie IR rayonnée par la terre.

-L'ozone(O₃) représente aussi un gaz à effet de serre, il réagit avec certains polluants à une basse altitude. Il provoque des effets nocifs pour la population, et des difficultés respiratoires. Selon une étude récente de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) déclare que l'ozone serait responsable du tiers à la moitié de la hausse de la température dans l'Arctique au cours des derniers 100 ans.

La documentation française définit les GES d'origine anthropique de la façon suivante « *les gaz responsables de l'effet de serre d'origine anthropique sont le gaz carbonique (CO₂), le méthane(CH₄), l'oxyde nitreux(N₂O), l'ozone troposphérique(O₃), les CFC et les HCFC, gaz de synthèse responsables de l'attaque de la couche d'ozone, ainsi que les substituts des CFC : HFC, PFC et SF₆* »⁽⁶²⁾. La figure 1.8 nous montre la concentration des 3 types de gaz dans l'atmosphère.

(61)Ce paragraphe est écrit dans l'ouvrage d'Albert LEGAULT 'Pétrole Gaz et les autres énergies' Edition TECHNIP France 2007, page 182.

(62)Document consulté à l'adresse suivante : <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/changement-climatique/effet-serre.shtml>.

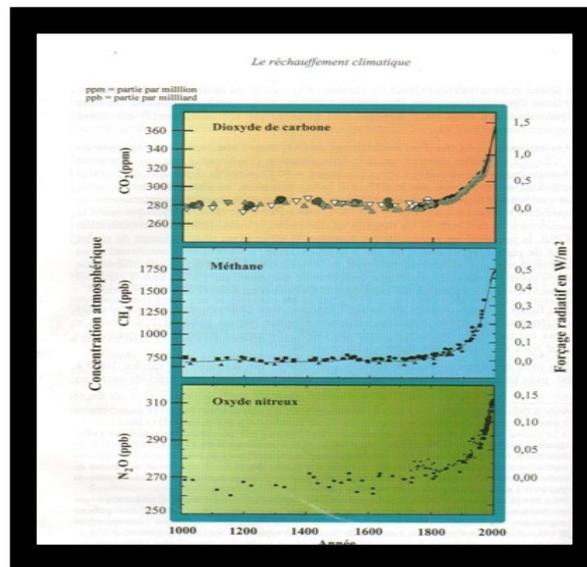


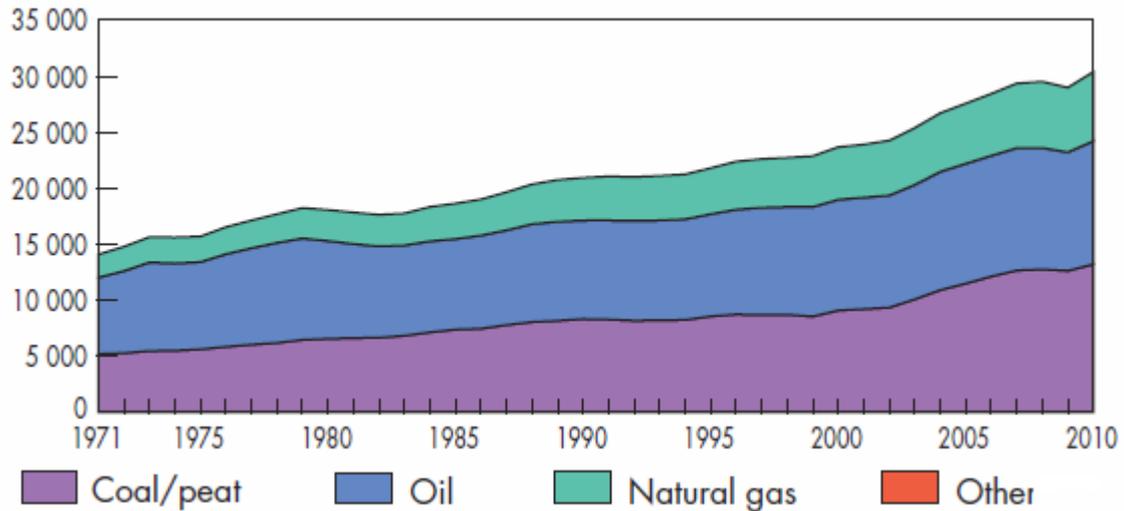
Figure 1.8. Concentration des 3 types de gaz dans l'atmosphère.

Sources : Albert.LEGAULT, *Pétrole, Gaz, et les autres énergies, le petit traité* Edition TECHNIP Année 2007, page 184.

Les causes principales de l'augmentation des gaz à effet de serre sont dues à l'activité humaine et principalement dans la production industrielle dont l'industrie pétrolière prend une grande partie. La *figure 1.8* illustre cette augmentation dus aux combustibles fossile : le charbon, le pétrole et le gaz naturel. Cette augmentation du CO₂ atteint au début de l'année 2013 les 392 ppm⁶³ et selon les études scientifiques du NOAA, cette augmentation continuera de sa croissance à un taux de 2 ppm chaque année. La *figure 1.9*, nous montre aussi que cette augmentation du CO₂ est du au développement économique de la chine.

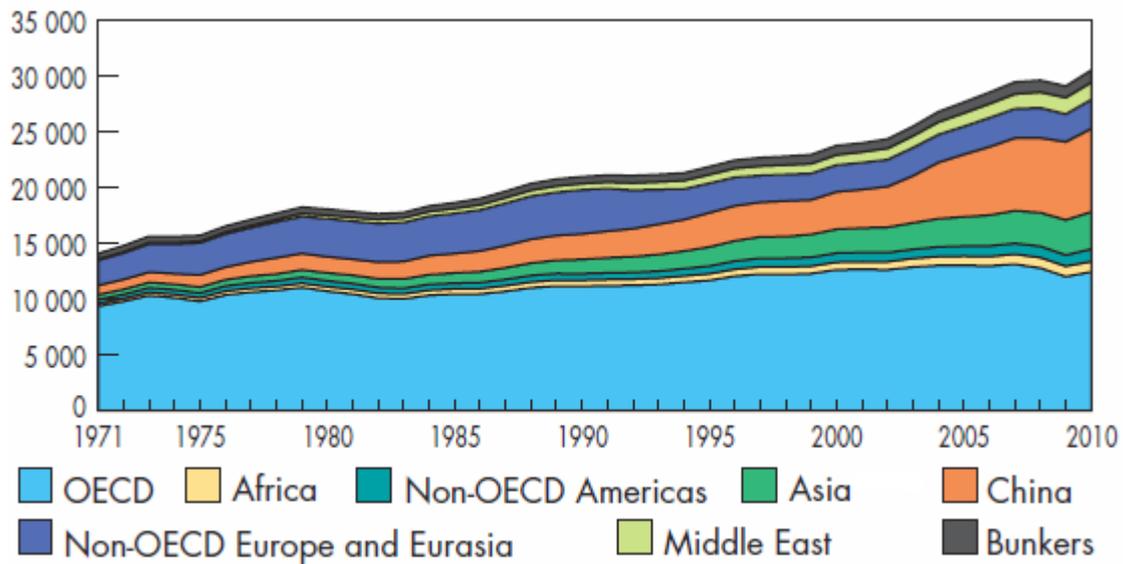
Figure 1.9. Evolution des émissions de CO₂ par type de combustible (millions de t de CO₂).

63 « Part per billion by volume » (concentration d'un polluant dans l'atmosphère)



Source : Fiche_2.1_situation_mondiale_de_l_energie_rev.septembre_2014_th.a.pdf page 4.

Figure 1.10. Evolution des émissions de CO₂ par zone économique (millions de t de CO₂).



Source : Fiche_2.1_situation_mondiale_de_l_energie_rev.septembre_2014_th.a.pdf page 5.

Cette figure souligne les principales régions de l'augmentation des émissions de CO₂, d'après cette figure, elle indique que les pays de l'Asie et les régions de non-OCDE Américain, et Bunkers sont les plus touchés par l'augmentation des gaz à effet de serre.

En outre, les gaz à effet de serre sont produits par des ressources naturelles, mais aussi par des sources anthropiques c'est-à-dire liées aux activités humaines. Le tableau qui suit, nous montre les principales caractéristiques des trois principaux gaz à effet de serre par (H.Chamley, 2002). Le *tableau 1.4* exprime ces principales caractéristiques:

Tableau 1.4. Caractéristiques des principaux gaz à effet de serre.

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Durée de vie dans l'atmosphère (années)	50-200	10	150
Concentration préindustrielle (ppbv ¹)	280.000	790	288
Concentration 1990 (ppbv)	353.000	1.720	310
Augmentation annuelle en %	0,5	1,1	0,3
Contribution relative à l'effet de serre en %	60	15	5

Source : l'ouvrage de HANSEN.J.Pet Jacques PERCEBOIS 'Energie' 'Economie et Politique' P594.1^{er} Édition de Boeck, la Belgique 2010.

L'explication du tableau 1.3

Le dioxyde de carbone CO₂ :

L'activité humaine qui est liée à l'augmentation du CO₂ est principalement : la combustion des combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel). Par exemple : si on brûle le gaz naturel (le méthane CH₄) il conduit à $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$. Un tiers du CO₂ rejeté est dû aux déforestations par de nouvelles plantations, et essentiellement dans les pays en voie de développement ou il ya l'utilisation et l'exploitation des surfaces continentales.

Le gaz méthane CH₄ :

Est liée d'une façon naturelle aux combustibles fossiles et aux fermentations biologiques (décomposition végétale, digestion, gaz des marais), le CH₄ est diffusé dans l'atmosphère à cause des activités humaines telles que l'extraction minière, la riziculture, le stockage de matières organiques en décharges publiques, la bio-incinération, etc.

L'oxyde nitreux N₂O :

Ce gaz est issu des combustibles fossiles, de la combustion du bois et des rejets agricoles et des engrais. Aussi bien, ce gaz est issu de l'activité microbologique dans les sols.

Les chlorofluorocarbones CFC :

1.3.3. Les effets à long terme des (GES)

Deux dangers graves provoquent la planète et l'humanité :

Le premier concerne l'augmentation de la température de la planète, c'est-à-dire le réchauffement de la planète va augmenter par le temps. Le deuxième danger est plus grave que le premier car il concerne la santé humaine, l'être humain est exposé à des maladies graves comme l'indique l'environnement de canada, les changements climatiques peuvent changer la planète par⁶⁴ :

-Les forêts boréales du monde risquent de subir davantage de feux à cause de l'assèchement du climat.

-Les réserves d'eau ne suffiront pas à répondre aux besoins.

-Les changements relatifs à l'évaporation aux précipitations entraîneront de grandes pertes d'eau.

-Des inondations toucheront les pays de faible altitude et les îles, et la hausse du niveau de la mer provoquera la perte de terres côtières.

-Les maladies tropicales, comme la malaria, se déplaceront plus facilement vers le nord, ou les populations ne possèdent pas ou peu de résistance immunitaire à ces maladies.

64 Tout ce résultat négatif du changement climatique se trouve dans l'ouvrage d'Albert LEGAULT 'Pétrole Gaz et les autres énergies' Edition TECHNIP 2007 P 188.

-Le commerce international se transformera sur le long terme.

Le *tableau1.5* résulte les effets négatifs du GES du 4^e rapport du GIEC (2février 2007) :

Tableau1.5.Principales conclusions du 4^e rapport du GIEC ⁶⁵(2février 2007).

Probabilité	Réchauffement	Prévisions pour la fin du 21 ^e siècle
Supérieur à 90% i.e très probable ou très vraisemblable	L'essentiel de l'accroissement de la température moyenne globale de la planète est du à des activités humaines (contre une certitude de 66% dans le 3 ^e rapport de 2001).	Par rapport à la moyenne globale des températures de la période 1980-1999, l'accroissement de la température pourrait varier entre 1,8et 4° C (valeur moyennes) ; Augmentation des quantités de précipitations aux latitudes élevées.
Supérieur à 65% i.e probable ou vraisemblable	Cyclones tropicaux plus fréquents.	Diminution des quantités de précipitations (jusqu'à 20%) dans les régions émergées subtropicales.
Inférieur à 5%	Que le réchauffement puisse être expliqué par les seules causes naturelles.	

Source : l'ouvrage de Albert LEGAULT 'Pétrole Gaz et les autres énergies' Edition TECHNIP 2007 P 186.

-Les observations depuis 1961 montrent que la température moyenne des océans a augmenté jusqu'à une profondeur de 3000mètres, les océans ont absorbé plus de 80% de la chaleur ajoutée au système climatique ; un réchauffement moyen de 1,9 à 4,6 °C par rapport

65 GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur Evolutions du Climat.

aux valeurs de l'ère préindustrielle entrainerait la disparition complète de la glace Groenland et une élévation du niveau de la mer de 7 mètres.

-Diminution de la glace aux deux pôles, la glace disparaîtrait presque entièrement en Arctique à la fin de l'été dans la seconde partie du XXI^e siècle.

- Pour la période 2000-2005, le principal gaz à effet de serre, le CO₂, affiche les résultats suivants : 26,4GtC. En 2005, la concentration du Méthane dans l'atmosphère passe à 1774 parties par milliard et celle de l'oxyde nitreux à 319 parties par milliard.

Le tableau ci dessous montre le pouvoir de réchauffement des différents GES :

Tableau1.6. Le pouvoir de réchauffement global, durée de vie et forçage radiatif de 6GES.

	Pouvoir de réchauffement global (PRG) (horizon 100ans)	Durée de vie (Année)	Forçage radiatif en W/m ² (1970-2000)
CO ₂ (dioxyde de carbone)	1	>100	0,67
CH ₄ (méthane)	21ou23	12(avec les effets radiatifs indirects)	0,13
N ₂ O (oxyde nitreux)	310	114(avec les effets radiatifs indirects)	0,068
HFC (hydrofluorocarbones)	De 140(HFC152a) à 11700(HFC-23)	1ans à deux décennies	<0,003
PFC(hydrocarbures Perfluorés)	6500à 9200(selon les molécules considérées)	1000à 50000	0,006

SF ₆ (hexafluorure de soufre)	23900ou 22200	3200	?
--	---------------	------	---

Source : l'ouvrage de Albert LEGAULT 'Pétrole Gaz et les autres énergies' Edition TECHNIP 2007 P 191. Le ou de la colonne PRG, indique les différences d'appréciation entre le deuxième et le troisième rapport du GIEC. L'horizon 100ans signifie qu'une émission de 1kg de méthane dans l'atmosphère produira le même effet, sur un siècle, si on avait émis 23kg de dioxyde de carbone ou bien si on avait émis 1kg de SF₆ produira le même effet que si on avait émis 22 200 kg de CO₂. cependant la part de tous les halocarbures dans le forçage radiatif est de 14% du total alors qu'ils ne composent en quantité que moins de 0,000001% de tous les GES. Voir : <http://13millennium.com/encycl/ency53.htm>.

Le *tableau 1.5* montre que le forçage radiatif du CO₂ est 5 fois plus élevé que celui du méthane et 10 fois plus élevé que celui de l'oxyde nitreux, les taux tombent à 200fois moins pour les GES sauf pour le SF₆, cela veut dire qu'il n'ya pas une stratégie bien précis pour réduire les GES surtout à long terme.

1.3.4. Limiter les émissions des GES à travers les protocoles de Montréal et de Kyoto⁽⁶⁶⁾ :

En septembre 1987, 24 pays ont signé le protocole de Montréal qui but de protéger la couche d'ozone et relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (SACO). Entré en vigueur le 1^{er} janvier 1989, toutes les membres de ce protocole visent à réaliser des objectifs à court terme de la consommation des principaux CFC (chlorofluorocarbures) et des halons⁽⁶⁷⁾.

Et cela pour réduire sa consommation de 50% sur 10 ans, ce protocole est ratifier par 175états et réalise des objectifs importants grâce à des réunions périodiques de Conférences des Parties (CP). En 1992, les hydrocarbures bromofluorés et les monobromométhanés ont été ajoutés à la liste des substances assujetties aux contrôles. Dans la neuvième réunion des parties en 1997 à Montréal, les parties ont décidé d'accélérer l'élimination progressive du bromure de méthyle. Dans la 11ème réunions des parties à Pékin, les parties ont décidé d'ajouter le bromochlorométhane à la liste des substances assujetties aux contrôles et interdire

(66)l'ouvrage de Albert LEGAULT 'Pétrole Gaz et les autres énergies' Edition TECHNIP 2007 P 192-195

(67) Composés chimiques qui contiennent tout à la fois du brome, du chlore, du fluor et du carbone dans leur structure, ils sont utilisés comme extincteurs d'incendie aussi bien dans les dispositifs fixes que dans des extincteurs portatifs pour comprendre ces produits chimiques consulter le site de climat, France, fiche climat n04,à l'adresse : www.rac-f.org/DocuFixes/fiches_thema/FicheClimat-ozone.pdf.

de toute production et toute consommation pour l'année 2002. dans le cadre du protocole de Montréal, de nombreux pays ont réalisé des objectifs remarquables car les concentrations de CFC dans la basse atmosphère ont commencé à diminuer.

La convention-cadre des nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) représente la plus importante convention, car son principal objectif était de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Cette convention ouverte à la signature des états lors du « Sommet de Terre » à Rio de Janeiro en juin 1992 et entrée en vigueur le 21 mars 1994⁽⁶⁸⁾.

La convention englobe 26 articles⁽⁶⁹⁾, dans le paragraphe 2 de son article 2, la convention parle du « dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre non réglementés par le protocole de Montréal ». Cette carence a été corrigée grâce au protocole de Kyoto, adopté le 11 décembre 1997. Les gaz à effet de serre englobent :

- Dioxyde de carbone (CO₂).
- Méthane (CH₄).
- Oxyde nitreux (N₂O).
- Hydrofluorocarbones (HFC).
- Hydrocarbures perfluorés (PFC).
- Hexafluorure de soufre (SF₆).

Le protocole de Kyoto est entré en vigueur le 16 février 2005, dans son article 25, dit qu'il ne peut être effectif que si il est ratifié par en moins de 55 pays. Sans doute le protocole de Kyoto est le premier instrument légalement contraignant à lutter contre le changement climatique, il implique des obligations comme la réduction de GES de 5,2% pour les pays industrialisés de 2008 à 2012 par rapport à leur niveau de 1990. Il oblige aussi les pays en voie de développement (PED) de réduire leurs émissions de GES. Aussi bien, les parties de ce

(68) En Mars 2006, 189 parties avaient signé cette convention

(69) Pour lire les articles de cette convention consulter l'adresse suivante : www.er.uqam.ca/nobel/oei/pdf/Guide_IHQEDS_CP-RP.pdf

protocole comptabilisent chaque année leurs émissions de GES et transmettent les résultats au Secrétariat de la CCNUCC, qui est responsable de l'application du Protocole. Ce dernier à permet la réalisation du onzième session de la conférence des parties (CP) qui s'est déroulé à Montréal, du 28 novembre au 9 décembre 2005.

L'objectif du Canada est de réaliser de nouveaux engagements sur la période 2008-2012, parmi les résultats de cette conférence, les états- Unis, ont accepté de participer à un dialogue sur l'avenir d'un régime post 2012, mais sans engagement de leur part. Ce protocole n'est pas mort, car la discussion se poursuivent, le ministre de l'environnement de l'époque, Stéphane Dion, a appelé les trois « A » : Application, Amélioration et Avenir. Un groupe de recherche commence à travaillé depuis Mai 2006 sur « les engagements futurs des pays développés après 2012 ». Aussi bien, les accords de Marrakech de 1997, permettent l'établissement d'un marché mondial du carbone. En outre, la réalisation d'une conférence à Bali en Indonésie, l'objectif de ce Forum est de réduire 50% de GES par rapport à l'année 2000.

Le Nairobi aussi a retenu le constat du rapport Nicolas Stern à l'effet que la « *déforestation représente de 20 à 25% des émissions mondiales de CO₂, comparativement à 14% pour le transport* ».

Le secrétariat de la CCNUCC à publié en 2005 un important article statistique, qui montre la poursuite des différents pays pour la réduction des GES, cette étude statistique concerne l'année 2003 par rapport à l'année 1990. les résultats de cette étude montre que l'ensemble des parties ont réussi à diminuer leur taux de GES jusqu'à 7,4%, cette diminution n'est pas vraiment réel, elle est dus au faible activité énergétique des pays en transitions économiques (PTE), et au désindustrialisation qui a suivi le démantèlement de l'ex-URSS. Les PTE ont diminué leurs émissions de GES près de 47% soit (de 5700 à 3000)⁽⁷⁰⁾

On peut résumer cette étude statistique de l'année 2004 par rapport à 1990 dans un *tableau 1.7*, qui montre la réduction ou l'augmentation de l'ensemble des pays étudiés, comme l'indique le tableau ci-dessous :

Tableau 1.7. Emission de GES des pays étudié par la CCNUCC.

(70) L'unité de mesure est exprimée en 1000 Tg (Téragramme) d'équivalent CO₂. un Tg est égale à un million de tonnes. Les PTE sont ainsi passés de 5700 à 3000 Tg d'équivalent CO₂ durant la période 1990-2003, soit d'une diminution de 47%.

CHAPITRE 1 *Etude du concept du développement durable*

L'ensemble de pays	Augmentation de GES en % ¹	Réduction de GES en %
Turquie	72,6	
Espagne	49	
Portugal	41	
Canada	26,6	
Grèce	26,6	
Australie	25,1	
Irlande	23,1	
Nouvelle-Zélande	21,3	
Liechtenstein	18,5	
Etats-Unis	15,8	
Autriche	15,7	
Finlande	14,5	
Italie	12,1	
Norvège	10,3	
Japon	6,5	
Pays bas	2,4	
Belgique	1,4	
Suisse	0,4	
Luxembourg	0,3	
Communauté		0,6

CHAPITRE 1 *Etude du concept du développement durable*

européenne		
France		0,8
Slovénie		0,8
Danemark		1,1
Monaco		3,1
Suède		3,5
Islande		5,0
Croatie		5,4
Grande-Bretagne		14,3
Allemagne		17,2
République tchèque		25,0
Slovaquie		30,4
Pologne		31,2
Hongrie		31,8
Fédération de Russie		32,0
Roumanie		41,0
Belarus		41,6
Bulgarie		49,0
Estonie		51,0
Ukraine		55,3
Lettonie		58,5
Lituanie		60,4

CHAPITRE 1 *Etude du concept du développement durable*

L'augmentation ou la réduction en % de GES est pour l'année 2004 par rapport à l'année de base 1990, sauf pour les pays suivants qui ont une autre année de base : Bulgarie (1988), Hongrie (moyenne des années 1985-1987), Pologne(1988), Roumanie (1989) et Slovénie (1986)

Source : travail individuelle on utilisant les données de l'enquête statistique de CCNUCC qui se trouvent dans la figure 7 dans l'ouvrage : de Albert LEGAULT 'Pétrole Gaz et les autres énergies' Edition TECHNIP 2007 P 197.

Dans ce tableau, la pluparts des pays ont eue une augmentation des GES, le Secrétariat de la CCNUCC s'inquiète, car d'ici 2017, l'atmosphère se dégrade. Sergei Kononov du Secrétariat de la CCNUCC prévoit une hausse de 11% de GES pour l'ensemble du pays du tableau 3, les pays industrialisés sont responsable de 20% de cette augmentation comparativement à -18% pour les pays PTE)⁽⁷¹⁾. la chine a multiplier par 4 ses émission de CO₂ pendant la période 2000-2004.

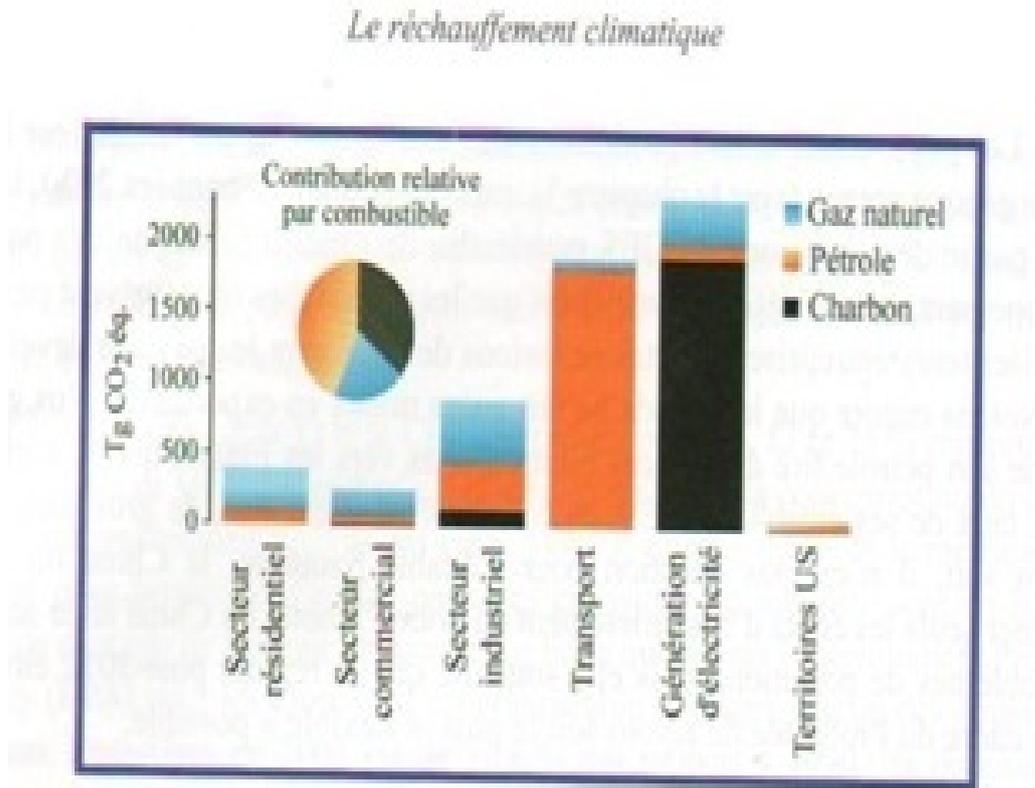
Les combustibles fossiles sont responsables d'une grande partie de l'augmentation des émissions de GES.les expériences scientifiques ont prouvé que une grande partie des émissions de CO₂ provient du pétrole utilisé pour satisfaire les besoins de transports et aussi due à l'utilisation du charbon pour alimenter les centrales électriques américaines par exemple. De plus, au niveau mondial, les émissions de GES ont dépassé en 2005, 25Gt)⁽⁷²⁾ éqCO₂.

Voir la *figure 1.11*, montre l'émission de GES par secteur d'activité aux Etats Unies pour l'année 2004.

(71)Pour les pays en transition économique (PTE), leurs émissions de GES passent de -39% à -18%, voir la représentation sur power point de Sergey Kononov, « Key GHG Data », Bonn, novembre 2005, qui se trouve à l'adresse suivante : http://unfccc.int/essential_background/background_publications_htmlpdf/items/3604.php.

(72) L'ouvrage de Albert LEGAULT 'Pétrole Gaz et les autres énergies' Edition TECHNIP 2007 P 199.

Figure 1.11 .L'émission de GES par secteur d'activité à l'Etats Unies dus à cause des Combustibles fossiles.Année 2004.



Source : L'ouvrage de Albert LEGAULT 'Pétrole Gaz et les autres énergies' Edition TECHNIP 2007 P 200.

Plusieurs remarques sont entamées d'après le graphique 1.11 :

Nous pouvons dire que l'augmentation des gaz à effets de serre (CO₂) aux USA est due en générale à la hausse des utilisations des combustibles fossiles dans plusieurs secteurs d'activités :

- le secteur résidentiel enregistre en 2004 une augmentation du CO₂ soit de (400 T_g), due à l'augmentation du gaz naturel.
- Le secteur commercial enregistre en 2004 la plus faible augmentation du CO₂, par rapport à d'autres secteurs d'activités. Cette hausse est due aussi de l'augmentation du gaz naturel.
- Le secteur industriel enregistre en 2004 une augmentation du CO₂ plus de 800 T_g, due à l'augmentation des deux combustibles fossiles (le pétrole et le gaz naturel).
- Dans le secteur du transport, le pétrole est la cause principale de l'augmentation du CO₂ dans ce secteur d'activité (plus de 1900 T_g).
- Dans le secteur d'électricité, l'utilisation de charbon est la cause principale de l'augmentation du CO₂ dans ce secteur (2000 T_g) en 2004.

Conclusion :

Tous les états du monde doivent s'inquiéter à propos du changement climatique qui se passe dans ces dernières années, ainsi que la société. On pratiquant les objectifs du développement durable qui doit concilier entre les trois dimensions : l'environnement, l'économie et le développement humain. Sa mise en œuvre suppose de croiser ces différentes dimensions pour analyser, comprendre et faire des choix d'action. Et cela, implique une prise de décisions collective entre les nations. Le développement durable est un développement, économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement soutenable. Il est respectueux des ressources naturelles et des écosystèmes.

Parmi Les principaux objectifs du développement durable qui doivent se réalisés :

- Eviter la pollution industrielle et le changement climatique, notamment, la réduction des gaz à effets de serre (CO₂). Comme l'insiste l'Agenda 21 lors du sommet du Rio 1992, sur la lutte contre le changement climatique, la protection de l'atmosphère ainsi que épanouissement de tous les êtres humains.
- La gestion des déchets qui permet de retarder l'épuisement des ressources naturelles.
- Développer un tourisme durable permet de préserver les sites touristiques et de contribuer à l'augmentation du niveau de vie des populations locales, particulièrement dans les pays pauvres.

Cependant, le développement durable est essentiellement un concept de transition environnementale. Cette dimension constitue ainsi la dimension de base. Bien que, l'environnement peut représenter une contrainte pour l'efficacité économique et l'équité, cela peut créer une relation inversée entre la croissance économique et la dégradation de l'environnement comme l'indique la relation de Kuznets en 1955. Qui présume qu'à partir un certain niveau important de revenu par tête la pollution commencera à diminuer. Et la courbe prend la forme « U ». l'étude de Grossman et Krueger en 1992, venue confirmer l'hypothèse de la courbe environnementale de Kuznets. Mais d'autre étude empirique, indique le contraire, cette CEK est confirmé que pour certains polluants. Cette étude, réalisée en 2000, sur les bases du GEMS met en évidence qu'avec un polluant tel que le dioxyde de soufre

(SO₂), ou le dioxyde de carbone, la courbe prend la forme d'un 'N' et non d'un « U inversé ».

On conclure aussi, que les différentes définitions du développement durable sont données d'après les conférences et les organisations internationales de l'environnement (le rapport de Brundtland, la conférence de Rio, le protocole de Kyoto.....). C'est Grâce à la conférence de Rio(1992), les différentes nations du monde sont décidées de construire une nouvelle stratégie du développement durable. Sa réalisation sera un peu difficile, car elle devra faire face aux enjeux du développement durable. Parmi c'est enjeux, on trouve :

- Intégrer les ressources naturelles, humaines et énergétiques et gérer ses ressources dans le sens de préserver l'environnement pour les générations futures et augmenter la croissance économique. sans dégrader l'environnement et c'est l'enjeu principal à réaliser.
- Les stratégies de développement durable doivent permettre de passer des problèmes nationaux, à des problèmes et politiques globaux. Et cela apparait difficile à réaliser notamment à long terme, et c'est l'enjeu principal des politiques de développement durable.

Pour atteindre ces objectifs, il faut que tous les acteurs publics et privés, les organisations mondiale de l'environnement jouent un rôle primordiale dans la décision et la gestion et de mettre en cause les responsabilités des entreprises ainsi que les citoyens pour protéger l'environnement. Parmi les sujets abordés par la conférence de rio et la plupart des organisations internationales pour l'environnement ; c'est le changement climatique et les effets de serre, qui représente un vrai danger pour la planète et l'ensemble de l'humanité, le but de ces conférences est de trouver des mécanismes et des méthodes à long terme, pour lutter contre le réchauffement climatique et diminuer l'émission des gaz à effet de serre ainsi qu'encourager les énergies saines et diminuer la consommation des énergies épuisable pour protéger l'environnement et l'écologie.

Chapitre 2

L'industrie pétrolière et gazière et ses conséquences sur l'économie Et l'environnement

Introduction :

Le pétrole ou le gaz ne sont pas utilisés d'une façon brute, mais ils doivent passer par des étapes, ou ils subiront plusieurs traitements. On appelle ces étapes : l'industrie pétrolière.

L'industrie pétrolière est un ensemble des activités qui effectuent plusieurs opérations tels que : le forage, l'extraction, la transportation, le raffinage et la distribution du pétrole. L'industrie pétrolière s'occupe de la chaîne industrielle du pétrole, du gisement jusqu'au consommateur. En réalité, on extrait du pétrole brut (crue oil) et on consomme des produits pétroliers tels que, l'essence, gaz oil, fuel oil, etc. Mais l'industrie pétrolière est en partie à l'origine de quelques problèmes environnementaux dans différents régions du monde. Par exemple, certaines multinationales pétrolières appauvrissent des régions entières et touchent l'écosystème des régions. La pollution causée par l'industrie pétrolière est due aux différents opérations, tel que, le forage, la production et le raffinage du pétrole. Les rejets pétroliers sont dus aussi à la composition chimique du pétrole.

Nous commençons ce chapitre par l'étude des chaînes d'hydrocarbures, car, notre étude s'intéresse aux effets des rejets pétroliers sur l'environnement. Donc, savoir les composants des hydrocarbures qui sont responsables à la dégradation de l'environnement apparaît essentiel dans ce chapitre. Après, nous allons voir les principales théories des rentes pétrolières ; Car les prix du pétrole sont déterminés par le marché international. Ensuite, on verra les grandes étapes de l'industrie pétrolière et ses caractéristiques. Dans la dernière section de ce chapitre, nous allons expliquer les différents déterminants du prix de pétrole, en rappelant quelques travaux théoriques dans chaque section concernant les déterminants du prix de pétrole.

2.1. Les chaînes d'hydrocarbures

Nous aborderons dans cette section essentiellement la chaîne pétrolière et la chaîne gazière.

2.1.1. Le pétrole et le gaz naturel

Tous les combustibles fossiles, (le gaz, le pétrole et le charbon) sont composés d'atomes, de carbone (C) et d'hydrogène (H) et dans différentes proportions)⁽¹⁾.

La différence essentielle entre le pétrole et le gaz naturel c'est par rapport à la dimension des molécules hydrocarbonées. Tous les hydrocarbonés sont composés de cinq atomes de carbone (C) ou plus et sous forme liquide. Mais à une température normale, les composés de un, de deux, de trois ou de quatre atomes de carbone liés à un ou plusieurs atomes d'hydrogène se présentent sous forme gazeuse. On trouve : le méthane (CH_4), de l'éthane (C_2H_6), du propane (C_3H_8) et du butane (C_4H_{10}) qui sont les principaux constituants du gaz naturel. On peut dire que le gaz naturel n'est qu'une partie la plus légère du pétrole qui se représente sous forme gazeuse, aussi bien, le pétrole peut exister sous forme solide ou semi solide, il s'agit principalement des bitumes².

Le *tableau 2.1* indique la proportion moyenne des éléments chimiques composant le gaz et le pétrole. Le gaz et le pétrole contiennent des produits toxiques, tels que le soufre et l'azote. Le pétrole brute contient aussi des aromatiques très toxiques comme le benzène, le toluène et le xylène. La toxicité des produits tend à augmenter avec la grosseur des molécules, les molécules les plus légères sont les premières à s'évaporer. Pour le soufre, il faut l'éliminer, car il a un effet acide sur l'équipement et détériore les parois des pipelines et oléoducs. Aussi bien, le dioxyde de soufre est la cause principale des pluies acides. L'Extraction du soufre se fait à la tête du puits ou dans l'opération du raffinage pour le commercialiser et lui faire entrer dans la fabrication des engrais.

(1) Ces composants du pétrole et du gaz naturel se trouvent dans l'ouvrage Albert.LEGAULT, Pétrole, Gaz et les autres énergies, le petit traité Edition TECHNIP Année 2007, page 107-108.

2 C'est une substance minérale composée de matières hydrocarbonées diverses, utilisée notamment comme revêtement des chaussées.de couleur noir : la formule générale des groupes aromatiques est $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$

Tableau 2.1. Composition chimique spécifique du gaz naturel et du pétrole brut.

	Pétrole	Gaz naturel
	En pourcentage en %	En pourcentage en %
Carbone	84-87	65-80
Hydrogène	11-14	1-25
Soufre	0,06-2	0-0,2
Azote	0,1-2	1-15
Oxygène	0,1-2	0

Source : Albert.LEGAULT, *Pétrole, Gaz et les autres énergies, le petit traité* Edition TECHNIP Année 2007, page 108.

Quatre chaînes carbonées déterminent la composition chimique du pétrole. Ce sont³ :

- Les alcanes ou les paraffines ;
- Les cycloalcanes ou les naphènes ;
- Les composées aromatiques ou les benzènes ;
- Les asphaltées : molécules lourdes composées de 40 à 60 atomes ou plus de carbone⁴.

A partir du brut asphaltique qui ne contient pas de paraffines, on peut produire des bitumes plus résistants et de l'essence de haute qualité. L'huile paraffinée permet la production de Kérosène et lubrifiants de haute qualité.

Le *tableau 2.2*, nous permet de voir les pourcentages du poids moléculaire des différentes chaînes carbonées du brut et de connaître les types de gaz dans le gaz naturel.

3 Albert. LEGAULT, *Pétrole, Gaz et les autres énergies, le petit traité* Edition TECHNIP Année 2007, page 108.

4 Les hydrocarbures, ou les atomes de carbone sont liés par une seule liaison sont appelés « les hydrocarbures saturés » et pour ceux qui sont liés par plusieurs liaisons doubles sont appelés « les hydrocarbures non saturés ». les alcanes sont des chaînes de carbone aux liaisons saturées, leurs formule est C_nH_{2n+2} .

Tableau 2.2. Les principaux types de gaz dans le gaz naturel et les chaînes moléculaires du Brut.

Types de gaz dans le gaz naturel		Les chaînes carbonées du brut	
	En pourcentage du poids moléculaire		En pourcentages du poids moléculaire
Méthane	70 à 98%	Paraffines	30%
Ethane	1 à 10%	Naphtènes	49%
Propane	Négligeable à 5%	Aromatiques	15%
Butane	Négligeable à 2%	Asphaltènes	6%

Sources : Albert. LEGAULT, *Pétrole, Gaz et les autres énergies, le petit traité* Edition TECHNIP Année 2007, page 109.

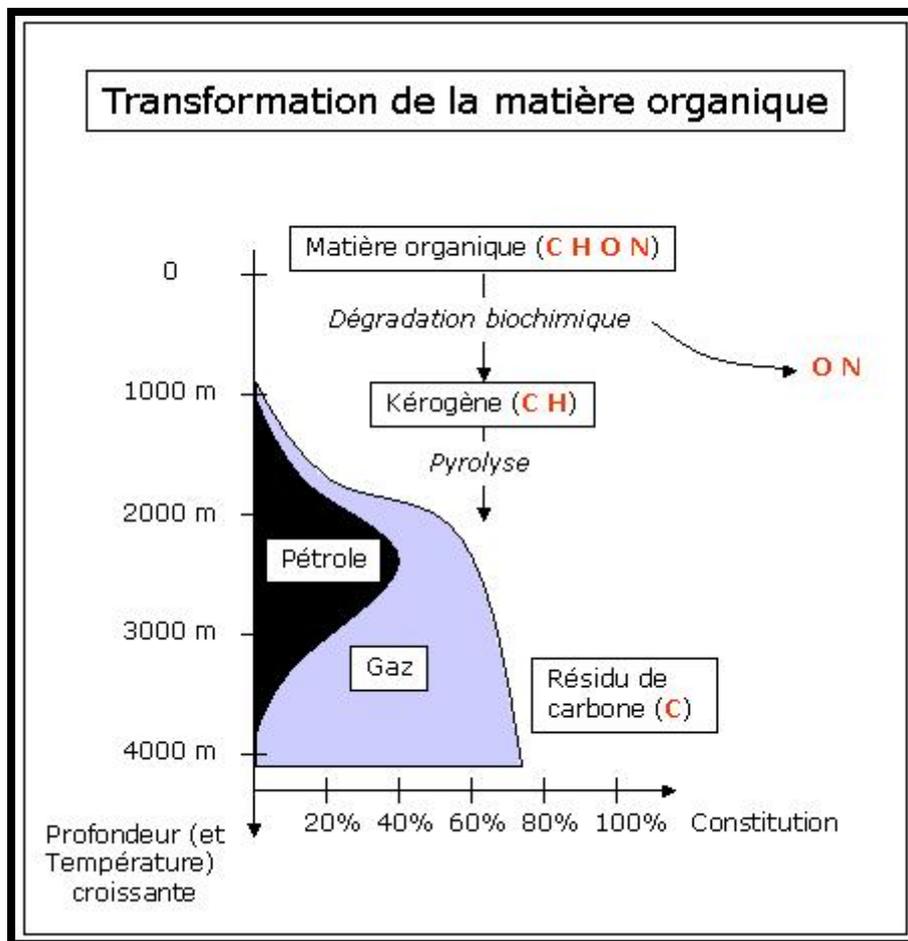
Dans la colonne droite du *tableau 2.2*, la chaîne des naphtènes est la plus intéressante, près de 50% de chaîne carbonées entre dans la composition du brut. Le pétrole en naphtènes est élevé à une valeur économique moindre que l'huile paraffineuse. Dans la chaîne aromatique le pourcentage en poids moléculaire est évalué à 15%, elle est utilisée dans l'industrie pétrochimique. Aussi bien, la chaîne des asphaltènes, recherchées par l'industrie du raffinage, elle est considérée comme un facteur de nuisance parce que, c'est la partie de la matière organique du pétrole non soluble dans le pentane ou l'heptane. Les asphaltènes contiennent plus de molécules de soufre, d'azote et d'oxygène, cela tire des effets nocifs provoqués par ces composantes NSO (azote, soufre et oxygène).

En ce qui concerne le gaz naturel, la colonne droite du *tableau 2.2* indique la proportion moyenne des différents types de gaz, ces pourcentages varient d'un gisement à un autre.

On remarque que le méthane est le gaz dominant, car il est transporté par gazoduc et alimente en énergie la plupart des foyers familiaux et l'industrie. Au Canada et aux États-Unis par exemple, la composition de gaz naturel est identique, est dans les deux pays : méthane (93,9%), éthane (3,2%) et propane (0,7%).

La figure 2.1 nous montre la transformation de la matière organique kérogène en pétrole et gaz naturel :

Figure 2.1 .La transformation de la matière organique.



Sources : l'ouvrage d'Albert LEGAULT, Pétrole Gaz et les autres énergies (p29)

2.1.2. Le charbon

- Définition :

G.Sarlos, P.A.Haldi et P.Verstraete définissent le charbon dans leur traité de génie civil sur les systèmes énergétiques : « le charbon est une forme d'énergie solaire stocké depuis les temps géologiques. La majeure partie des organiques constituant les débris végétaux des forêts de l'ère primaire s'est décomposée, en présence de l'oxygène atmosphérique, en gaz carbonique et en eau. Une infime proportion de ces débris a pu s'accumuler en certains sites géologiques propices pour se transformer ultérieurement en charbon. Il a fallu pour cela qu'à la suite d'un affaissement de terrain, la couche végétale ainsi formée soit recouverte et saturée

d'eau, puis isolé de l'atmosphère par une couche sédimentaire minérale d'origine alluvionnaire sur laquelle a pu à son tour se développer une nouvelle génération. Sous les effets combinés de la pression, de l'eau et de l'élévation de la température, et en l'absence d'air, il se produit une fermentation anaérobie au cours de laquelle les sédiments sont enrichis en carbone. L'aboutissement de ce processus de très longue durée est la formation successive de différents produits, dans l'ordre : la tourbe, le lignite et le charbon »⁵

- *La composition chimique du charbon :*

Les charbons contiennent en quantités différentes de carbone, de l'oxygène et de l'azote. La tourbe par exemple contient peu de carbone et beaucoup d'eau, sa combustion nous donne de nombreux résidus et peu de chaleur. Elle est très peu utilisée aujourd'hui car son pouvoir calorifique est moins. Le lignite est plus riche en carbone que la tourbe et la houille est plus riche en carbone que le lignite, elle est surtout utilisée pour la production d'électricité.

On distingue les charbons subbitumineux et les charbons bitumineux, on y trouve, les charbons gras et gonflants donnent du coke qui est utilisé pour la production d'acier ou le charbon est appelé charbon métallurgique ou sidérurgique. En chauffant les charbons gras à 1000°C pour obtenir le coke, ce dernier est utilisé pour la réduction du minerai de fer dans les hauts fourneaux. Les autres types de charbons bitumineux et subbitumineux constituent le charbon vapeur qui est utilisé pour la production d'électricité et pour la production de vapeur et de chaleur dans l'industrie.

Le *tableau 2.3* nous montre les différents types et caractéristiques des divers charbons ainsi les principaux pays dominants de type de combustible :

5 : Cette définition du charbon se trouve dans l'ouvrage de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1ère Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 490

Tableau 2.3 .Les caractéristiques des divers charbons.

Catégories de charbons	Principaux pays	Pouvoir calorifiques kgcil /kg	% carbone	Qualités et usages
Anthracite	Vietnam	6800-7000	90-95%	<ul style="list-style-type: none"> • Excellent pouvoir calorifique • Très bien adapté pour le chauffage domestique ou tertiaire
Bitumineux	Australie Afrique du sud chine Indonésie Russie	6000-6700	80-90%	<ul style="list-style-type: none"> • Très bon pouvoir calorifique • Utilisé pour la production d'électricité et dans divers usages industriels (chaleur, vapeur) • Certains charbons bitumineux servent à la production du coke (sidérurgie)
Subbitumineux	Indonésie	5000-6000	75-80%	<ul style="list-style-type: none"> • Bon pouvoir calorifique • Utilisé pour la production d'électricité et pour la production de vapeur et de chaleur dans l'industrie.
Lignite	Indonésie	4000-5000	60-75%	<ul style="list-style-type: none"> • Faible pouvoir calorifique • Utilisé pour la production d'électricité.

Source : l'ouvrage de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1^{ère} Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 492.

- *Exploitation du charbon*

Il existe deux techniques d'extraction du charbon :)⁽⁶⁾

La première dite des « chambres et piliers » : Dans le cas de l'extraction dans cette technique, les piliers résiduels peuvent être maintenus en place ou foudroyés. L'abattage du minerai se fait par tirs de mines donnant un quadrillage de chambres (des vides) et piliers. Les chambres servent de voies de roulage pour le transport par camions du minerai. Lorsque les veines de charbons sont étroites et pentues, l'exploitation est peu mécanisée et nécessite une main d'œuvre abondante.

La deuxième technique dite de « longue taille »

Deux tunnels sont creusés parallèlement et une machine fait l'aller-retour entre ces tunnels, en abattant au fur et à mesure le charbon. Au fur et à mesure que le « front de taille »

(6)Ces deux techniques se trouvent dans l'ouvrage de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1^{ère} Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 493

avance, on laisse le plafond s'effondrer (foudroyage). On peut aussi remplacer le charbon extrait par des roches stériles (remblayage), car le foudroyage peut dans certains cas provoquer des affaissements en surface. Cette technique de remblayage est toutefois plus coûteuse que le foudroyage. La technique de longue taille permet une meilleure productivité que la technique des chambres et piliers.

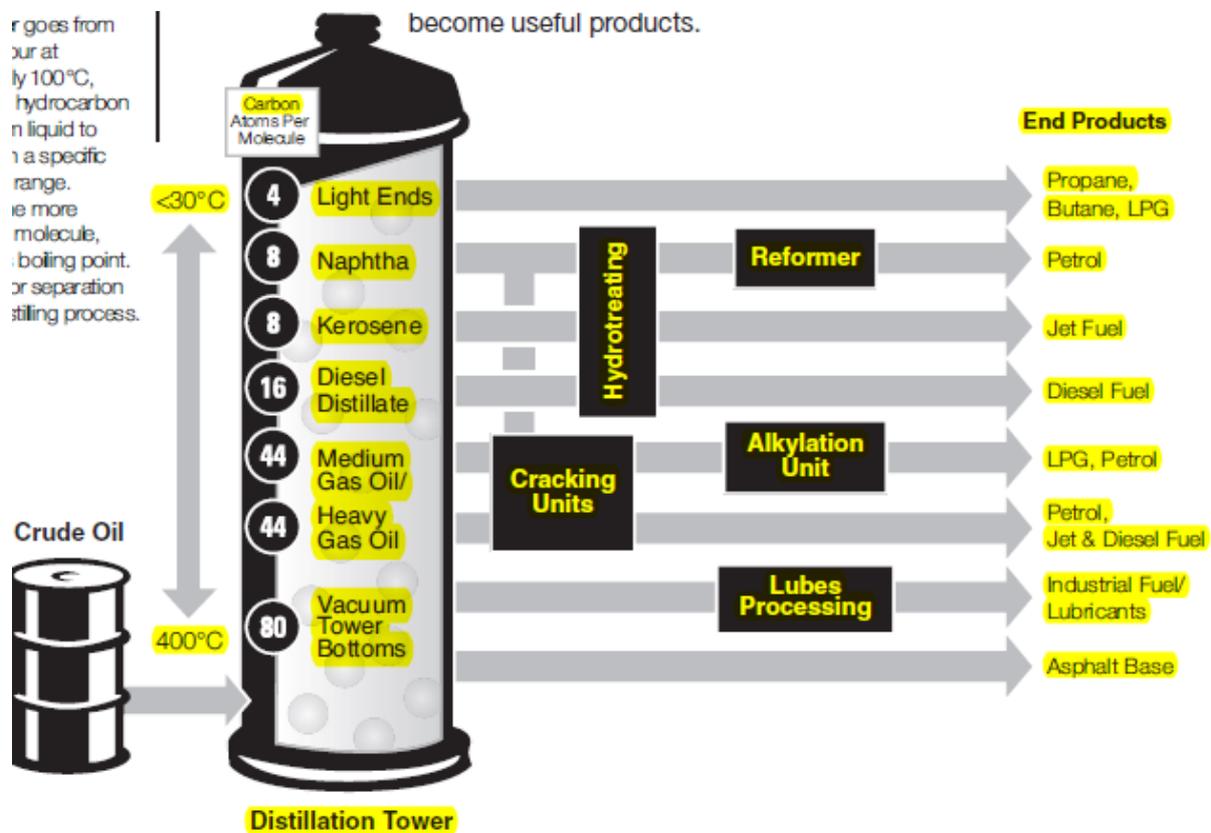
2.1.3 .Les opérations de raffinages :

Plusieurs technologies sont utilisées dans ces opérations de raffinages, on y trouve : la distillation, le craquage thermique et le craquage catalytique⁽⁷⁾.

- **La distillation** : Dans une raffinerie, le brut est chauffé à des températures pour provoquer la vaporisation (le passage d'un état liquide à l'état gazeux) des molécules d'hydrocarbonés dont on force le passage à travers une colonne de distillation voir la figure ci dessous, la *figure 2.2* plus la chaine d'hydrocarbonés est lourde, plus la vaporisation nécessite des températures plus élevées, les composés les plus volatils atteignent le sommet de la colonne de distillation en premier et les liquides les plus lourds retombent au fond de la colonne.

(7) Ces technologies de raffinages se trouve dans l'ouvrage de d'Albert LEGAULT, Pétrole Gaz et les autres énergies, p114-117

Figure 2.2 . La séparation des chaînes d'hydrocarbures par distillation.



Source : Australian-English/PA/Files/publication_2006_Simple_Guide_Refining.pdf jour de vue, le 17/6/2014.

Grâce à des systèmes de refroidissement, les particules vaporisées sont condensées en liquide et recueillies dans des plateaux séparateurs. On obtient ainsi des « coupes d'hydrocarbures » (production streams), c'est-à-dire des distillats dont les caractéristiques sont liées à leurs différents degrés d'ébullition. Les coupes obtenues sont, selon leur ordre respectif de refroidissement, des huiles et des gaz lourds, des gaz légers, du kérosène, du naphtha et enfin, au sommet de la colonne, de l'essence de distillation directe. Les résidus sont soumis à une distillation sous vide, ce qui permet de réduire les températures d'ébullition et de reprendre les processus de fractionnement. Les résidus permettent l'alimentation pour la tour de distillation suivante. Cette étape constitue l'étape de base des opérations de raffinages.

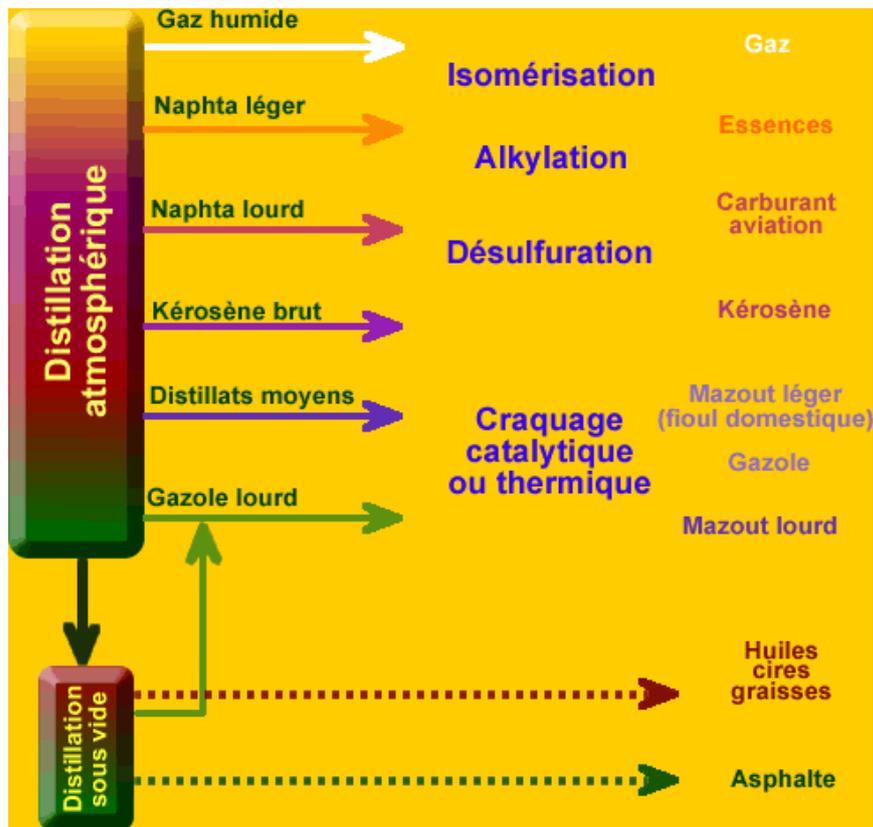
- ***Le craquage thermique***

Cette technique consiste à craquer ou briser les molécules d'hydrocarbonées les plus lourdes. Pour cela, il faut chauffer les résidus les plus lourds de pétrole sous pression et les porter à des températures élevées. Les chaînes d'hydrocarbonées les plus longues sont souvent acheminées vers des tours de craquage qui permettent le fractionnement de d'autres molécules lourdes pour faire l'extraction de l'essence et du gazole. Cette technique « le craquage thermique », est un processus industriel qui apparaît pendant les années 1930 permet principalement à favoriser le rendement des premières distillations.

- ***Le craquage catalytique***

Ce processus est apparu à la fin des années quarante (1940) et permet le recours à des catalyseurs : substance qui déclenche ou accélère certaines réactions chimiques. Et les tours de craquages fournissent des températures plus élevées, elles peuvent atteindre jusqu'à 500°C. L'unité de craquage catalytique est caractérisée par la circulation rapide du catalyseur, le but des opérations est de craquer les hydrocarbures lourds en fractions plus légères pour obtenir, des GPL : gaz de pétrole liquide, de l'essence ou du gazole. Dans cette opération, on peut ajouter des additifs à l'essence pour améliorer le rendement et l'efficacité. Aussi bien, les raffineries représentent un bon fournisseur de produits (reformage catalytique et alkylation)⁽⁸⁾ essentiellement pour l'industrie pétrochimique. Voir la figure ci-dessous (la figure 2.3) qui nous montre ce processus d'alkylation.

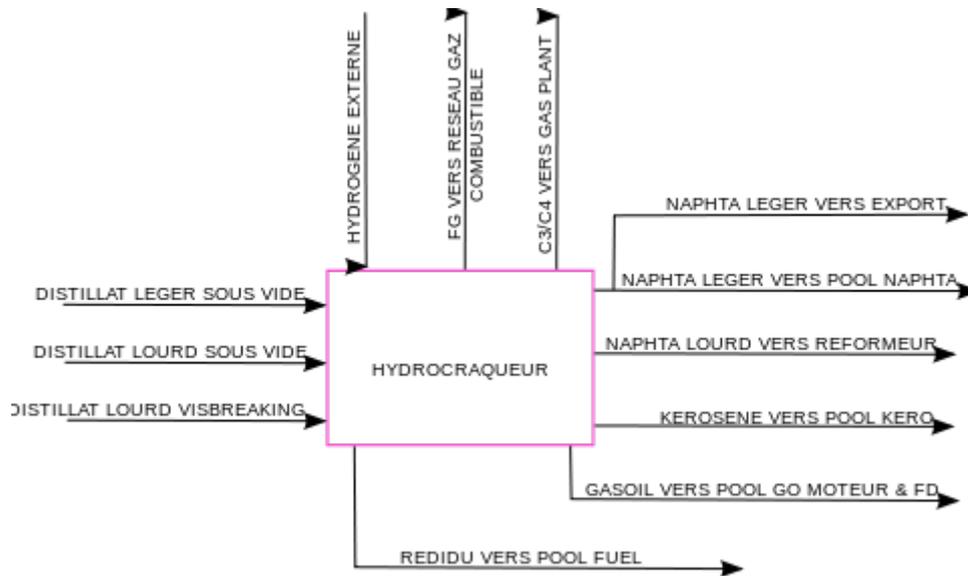
(8) Le produit, l'alkylat, est une iso paraffine, est mélangé à de l'essence automobile et d'avion, voir glossaire, office national de l'Énergie (ONE), dans Perspectives à court terme du gaz naturel et les liquides de gaz naturel, Ottawa, octobre 2005.

Figure 2.3. Les étapes de processus de raffinage du pétrole.

Source : Raffinage-UNCTAD.org

L'hydrocraquage Cette opération permet aussi de produire les carburateurs ou des lubrifiants voir la *figure 2.3*. Ce processus se rassemble de l'opération précédente car les mêmes principes qui sont appliqués au craquage catalytique sont utilisés dans cette opération. Le craquage se fait en présence d'hydrogène et avec des catalyseurs différents : se sont souvent des poudres.

Figure 2.4. Le principe d'Hydrocraqueur.



Source :

http://www.free-photos.biz/photographs/industry/chemicals/679522_ttd-paris-hydrocraqueur-reduit.php jour de vue, le 16/06/2014.

2.1.4 .Les technologies GTL et CTL ⁽⁹⁾ :

Cette nouvelle technologie utilisée dans le processus de raffinage, pratique le procédé Fischer- Tropsch : c'est une fabrication que les allemands et les japonais ont développé pendant la deuxième guerre mondiale, et cela, pour produire des carburants liquides.

Aussi bien, l'industrie peut fabriquer directement une grande quantité de produits liquides, ces derniers sont du naphte, des huiles lubrifiantes en passant par le kérosène, le diesel, le diméthyléther ⁽¹⁰⁾ ou le diesel ultra pur.

Selon une étude statistique de l'Annual Energy Outlook (AEO 2006), cette étude estime que d'ici 2030, la production mondiale de carburants liquides selon la méthode technologique

(9) L'ouvrage de d'Albert LEGAULT, Pétrole Gaz et les autres énergies, p117.

(10) Moins de cinq parties de soufre par million. Le carburant obtenu est plus efficace sur une base énergétique et moins polluant.

CTL pourrait varier entre 1,7 et 2,3 million de barils par jour (Mb/j). Et pour la conversion des hydrocarbures à partir du (GTL), les chiffres sont entre 1,1 et 2,6 Mb/j.

Selon cette étude aussi, seuls deux pays, la Malaysia et Afrique du Sud, disposent d'installations industrielles de GTL en opération, mais d'autres pays comme l'Algérie, Qatar, l'Australie, l'Égypte, l'Iran et le Nigeria vont bientôt utiliser cette nouvelle méthode.

2.1.5. Le calcul des coefficients de conversion pour les différentes énergies)⁽¹¹⁾ :

Les échanges d'énergies sont caractérisés par leurs quantités d'énergies transférées et par leurs durées du processus. L'unité de l'énergie consommée ou produite par unité de temps correspond au watt (W). et la puissance égale au transfert d'énergie d'un joule par seconde, Le Wh (watt/heure) est égale à 3600 J et un kilowatt heure (kWh) vaut 3600 000 J. si l'équivalence entre l'énergie mécanique et la chaleur est réalisé, sa devient facile de faire la correspondance entre les différentes énergies.

Le kilowattheure (kWh) représente ainsi l'énergie mise en jeu par un appareil d'une puissance de 1000W pendant un délai d'une heure (une heure = 3600 secondes ; $3600 \times 1000j = 3600000j$). On calcule l'énergie des centrales hydrauliques en mégawatts (MW = million de watts ; 1×10^6) et la production électrique d'un pays est calculée en térawatts (mille milliards de watts = TW, soit 1×10^6).

Aujourd'hui, le pétrole est la puissance énergétique, car il représente une unité de mesure énergétique. La tep (tonne équivalent pétrole) correspond à l'énergie dégagée par la combustion d'une tonne de pétrole .l'unité tep = 42 gigajoules (GJ : 1×10^9j). La tep a remplacé le tec d'hier (tonne équivalent charbon).

Chaque corps a une constante d'énergie de combustion et un pouvoir calorifique spécial. Par exemple la combustion d'un kg de bois nous donne 14,6 à 15,5 MJ, sachant que $1000kg \times 42MJ = 42GJ$. Aussi bien, la combustion d'un kg de gaz naturel (méthane) nous donne 42MJ et un kg d'hydrogène nous donne 120. Le pétrole fournit 42 MJ, le tableau qui suit, tableau 2.4, explique la comparaison des différents types d'énergie entre elles. D'une façon générale, la consommation mondiale d'énergie est calculée sur la base de la

(11) Ce calcul ce trouve dans l'ouvrage d'Albert LEGAULT, Pétrole Gaz et les autres énergies (p52)

consommation primaire d'énergie. Elle correspond à la somme des sources d'énergie à l'état brut (bois, charbon, pétrole ou gaz à la tête du puits)⁽¹²⁾.

Tableau 2.4 .Tableau des coefficients de conversion pour les énergies.

Energie	Unité physique	En gigajoules GJ (PCI)	En tep (PCI) ¹ soit le rapport GJ/42, sauf pour l'électricité nucléaire et géothermique
CHARBON	1tonne		
Houille	1tonne	26	0,619
Coke de houille	1tonne	28	0,667
Agglomérées et briquettes de lignite	1tonne	32	0,762
Lignite et produits de récupération	1tonne	17	0,405
PRODUITS PETROLIERS			
Pétrole brut, gazole/fioul domestique	1tonne	42	1
GPL	1tonne	46	1,095
Essence moteur et carburacteur	1tonne	44	1,048

(12) le canada calcule l'équivalence de l'énergie gazeuse non à la tête du puits mais en aval (au bec du bruleur), là ou le consommateur l'utilise.

Fioul lourd	1tonne	40	0,952
Coke de pétrole	1tonne	32	0,762
ELECTRICITE			
Production d'origine nucléaire	1MWh	3,6	$0,086/0,33=0,2606$
Production d'origine géothermique	1MWh	3,6	$0,86/0,10=0,86$
Autres types de production (échanges avec l'étranger), consommation	1MWh	3,6	0,086
BOIS	1 stère (=1m ³)	6,17	0,147
GAZ NATUREL ET INDUSTRIEL	1MWh	3,24	0,077

Sources : L'ouvrage d'Albert LEGAULT, *Pétrole Gaz et les autres énergies* (p55)

Dans ce tableau, l'énergie nucléaire, en réalité, l'énergie géothermique, est calculée à la sortie des bornes d'une centrale et prend en compte le taux de rendement des installations en place. Cette procédure est utilisée en France pour minimiser la production électriques dans sa consommation primaire d'énergie, en réalité, 33% pour les centrales nucléaires, le reste est dissipé en chaleur ou pour réchauffer les bâtiments et 10% pour les centrales géothermiques, ce qui explique dans le tableau 2.4 que les coefficients d'équivalence soient imputés à travers d'un ratio qui tient compte des taux de rendement. Cette qualité explique les grandes différences de coefficient entre l'énergie électrique qui vient de l'étranger (qui est la norme de calcul internationale) et les équivalences tep pour l'énergie nucléaire ou géothermique. Ca

dépend donc de ce que l'on veut mesurer, ce que le consommateur paie ou consomme, ou ce qu'un pays produit en énergie primaire.

2.2. Le concept de la rente dans l'industrie pétrolière

Les théories de Ricardo et de Marx distinguent deux types de rentes⁽¹³⁾ :

- Les rentes appelées classiques : qui déterminent les rentes absolues et les rentes différentielles.
- Les rentes de monopole : appelées anormales chez Marx, et qui font référence d'après la théorie économique à des situations de déséquilibre momentanées.
- L'industrie pétrolière contient deux types de rentes : les rentes différentielles et les rentes du monopole.

2.2.1. Les rentes différentielles

La rente différentielle fournit un surprofit aux producteurs bénéficiant d'un coût individuel inférieur au prix général de production de l'industrie. Ce surprofit est « égal à la différence entre le prix individuel de production de nos producteurs plus favorisés et le prix de production général, social, qui régularise le marché dans toute cette sphère de production. »⁽¹⁴⁾

Aussi bien, le prix de production du brut est déterminé par les producteurs supportant les coûts individuels les plus élevés, ce qui entraîne l'apparition d'une rente différentielle pour les autres producteurs (Angelier, 1976).

Ils existent plusieurs types de rentes différentielles :

- La rente minière représente la majeure partie des rentes différentielles. Il s'agit de la différence entre les coûts d'extraction dans deux gisements différents nécessaires à un marché de consommation donné (Chevalier, 1975, cité par Aoun). La rente pétrolière est mesurée ou

(13) http://www.iamm.fr/ressources/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2381 page 1 du PDF, le 9/06/2015.

(14) http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 20

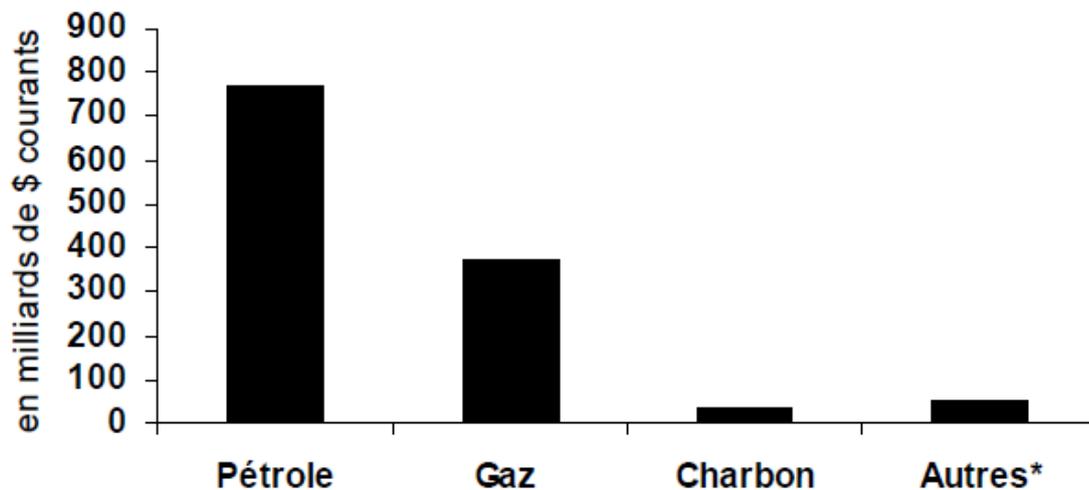
calculé par la banque mondiale entre 1970 et 2004, elle a été calculée par la valeur de marché de la ressource extraite moins le coût moyen d'extraction, suivant la formule suivante

(Bolt, Matete et Clemens, 2002)

Rente = (volume de production) x (prix de marché – coût moyen unitaire de production)⁽¹⁵⁾.

Les marges réalisées dans l'industrie pétrolière sont plus importantes que les marges réalisées dans d'autres industries. Le graphique qui suit présente la rente minière totale mondiale de plusieurs matières premières en milliards de dollars pour l'année 2004.

Figure 2.5. Rente minière mondiale en 2004 pour toutes les matières premières.



Source : http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 20. Page 22 du Pdf.

(15) http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 20. sachant que Les données sur la production proviennent de différentes sources : BM,AIE, International Petroleum Encyclopedia et du Monthly Bulletin Statistics publié Par les Nations Unies. Et les données sur Le prix a été obtenu en considérant la moyenne de quatre prix spots du brut en dollars par barils et ont ensuite été convertis en dollars par tonnes (source : BP). Concernant les données des coûts de production proviennent essentiellement des données de l'AIE

Le graphique ci-dessous nous indique que la grande rente minière mondiale se trouve dans le pétrole, qui atteint les 772 milliards de dollars contre 377 milliards de dollars pour le gaz. Durant l'année 2004. La somme des rentes minières générées par l'ensemble des autres ressources naturelle a représenté 85 milliards de dollars pendant la même année.

L'Augmentation de cette rente de l'industrie pétrolière est due grâce à la diminution des coûts de production par rapport au prix, il ya une différence entre le coût de production le plus bas et le coût le plus élevé. Cette diversité des coûts permet la formation d'une rente différentielle pour les compagnies qui exploitent les meilleurs gisements. Dans les cas les plus favorables (un gisement de brut au Moyen Orient)⁽¹⁶⁾,

Les marges ou les rentes minières représentent souvent 3 à 5 fois les prix de revient. Par exemple, les coûts unitaires d'une chaîne gazière comparable (gisement de gaz situé au Moyen Orient) sont bien plus élevés. Les rentes minières varient entre 33% et 100% des coûts (Bauquis, 2005).⁽¹⁷⁾

Aussi bien, on trouve d'autres rentes différentielles tels que : les rentes de qualités, les rentes de positions et les rentes de technologies.

- Les rentes de qualités sont liées à l'hétérogénéité de la composition physico-chimique du pétrole brut extrait.⁽¹⁸⁾ chaque brut est caractérisé par sa densité mesurée par le degré API⁽¹⁹⁾ (tableau 2.5), ainsi que par sa teneur en soufre. Plus la densité et la teneur en soufre sont faibles, plus la rente de qualité est élevée. Les bruts de moindre qualité subissent donc une décote. Le tableau compare la qualité des pétroles avec les bruts de référence (West Texas Intermediate, Brent et Dubaï)

:

(16) http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 20

(17) http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 20

(18) http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 22

(19) Degré API (American Petroleum Institute) : Mesure définie par l'American Petroleum Institut qui permet de classer les pétroles bruts selon leur densité : léger (supérieur à 31,1° API), moyen (de 22,3 à 31,1° API), Lourd (de 10 à 22,3° API), extra lourd (inférieur à 10° API).

Tableau 2.5. Les caractéristiques des différents types de pétrole.

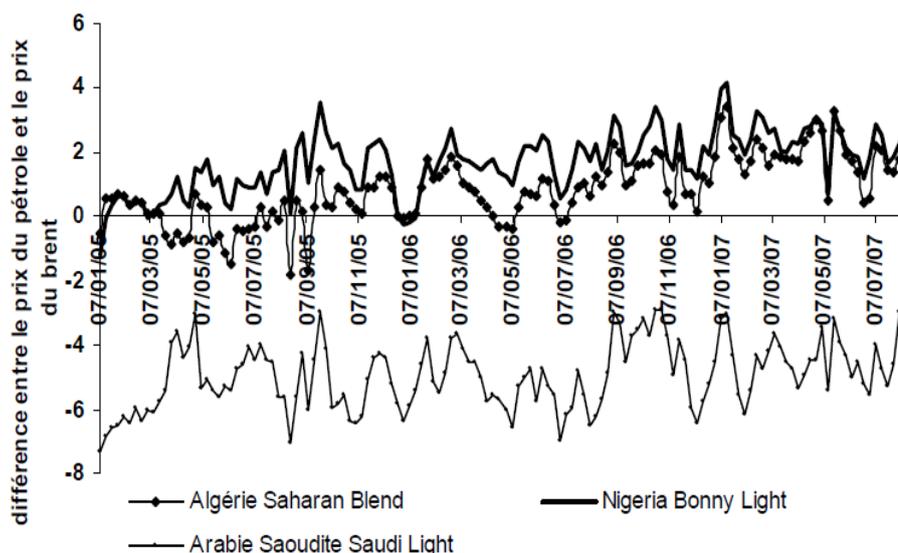
	Gravité degrés API	Teneur en Soufre (% du poids total)	Appellation*
Brent	38.0	0.40	Léger doux
West Texas Intermediate (WTI)	36.4	0.48	Léger doux
Dubai	31.1	2.00	Moyen sulfuré
Sahara Blend (Algérie)	45.5	0.05	Léger doux
Iranian Heavy (Iran)	30.0	1.20	Moyen sulfuré
Bonny Light (Nigeria)	36.7	0.12	Léger doux
Basrah Light (Irak)	33.7	1.95	Léger sulfuré
Kuwait Export (Kuwait)	31.4	2.52	Léger sulfuré
Arabian Light (Arabie Saoudite)	31.8	1.77	Léger sulfuré
BCF24 (Venezuela)	23.5	1.85	Moyen sulfuré
Cabinda (Angola)	31.7	0.17	Léger doux
Mandji (Gabon)	30.7	1.10	Moyen sulfuré
Djeno Blend (Congo Brazzaville)	26.9	0.33	Moyen doux
Doba (Tchad)	21.2	0.10	Lourd doux
Sakhalin (Russie)	32.3	0.25	Léger doux

* : Les pétroles à faible teneur (inférieure à 0.5% du poids total) sont qualifiés de doux, au-delà, les Pétroles sont qualifiés de sulfurés.

Source : http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 23.

On remarque d'après le *tableau 2.5* que la plupart des pays du golf ont une forte teneur en soufre, donc, ils ont une rente de qualité plus élevés. Contrairement aux pays africains comme l'Algérie ou l'Angola, ou leurs pétroles sont plus légers et doux. En outre, le brut de Doba au Tchad subit une lourde décote à cause de sa qualité inférieure. Le graphique qui suit, nous indique l'évolution de la décote de quelques bruts par rapport au Brent.

Figure 2.6. Evolution de la décote de quelques bruts par rapport au Brent entre 2005 et 2007 (en \$ par baril), graphique 1.6 du pdf page 23 du pdf.



Source : http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 24.

Nous remarquons d'après ce graphique que les prix du Bonny Light du Nigeria et du Saharan Blend en Algérie sont les plus élevés, grâce à leur qualité supérieure et leur faible teneur en soufre. Par contre, le pétrole saoudien subit une décote sur le marché par rapport au Brent. La rente de qualité de ce dernier est donc inférieure à celle du pétrole algérien et nigérian.

- Les rentes de position : sont en relation avec le coût de transport pour un marché de consommation. Le coût de transport est d'autant plus bas que le gisement est proche. Ainsi, le coût du transport est fortement pénalisant dans le cas des ressources enclavées et éloignées des centres de consommation, comme celles de la Caspienne, du Tchad ou du Soudan (Leenardt, 2004).⁽²⁰⁾

(20) http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 24.

• Les rentes technologiques s'expliquent par l'hétérogénéité de l'appareil productif et par Les rentes technologiques s'expliquent par l'hétérogénéité de l'appareil productif et par l'emploi simultané de techniques différentes par leur productivité et par leur taille. Les producteurs mettant en œuvre les techniques les plus efficaces et performantes au niveau des coûts unitaires de production bénéficient de rentes technologiques. Aussi bien, l'existence de rentes différentielles est associée à la fabrication de produits pétroliers homogènes, tels que l'essence, le fuel et le gaz oil, à partir de sources différentes et selon des procédés différents (Chevalier, 1975). Par ailleurs, Angelier (1976) rappelle que la rente différentielle correspond en réalité à la seule forme de rente foncière décrite dans les travaux de Ricardo. En effet, les caractéristiques particulières d'une terre, telles que sa situation, ses qualités particulières et son étendue, sont les principaux éléments qui permettent la création et l'appropriation d'une rente différentielle.)⁽²¹⁾

2.2.2. Les rentes de monopoles :

L'Etude de la théorie de la rente de monopole, comme l'indique (Chevalier, 1975) touche l'excédent du taux de profit réalisé dans l'industrie pétrolière sur le taux de profit réalisé dans les autres industries. Deux facteurs majeurs créent des rentes de monopole sur le marché pétrolier: les barrières à l'entrée et la propriété de non substituabilité des produits pétroliers)⁽²²⁾

La diminution du coût de production dans l'industrie pétrolière créer une importante rente de monopole. Notamment dans les pays membre de l'OPEP comme les pays du Moyen Orient qui bénéficient des coûts de production les plus faibles dans l'industrie pétrolière. La part de la production de ces pays dans la production mondiale apparait importante, environ 42% en 2006. Aussi bien, dès le début des années 1970, avec la mise en place des quotas de production et la fermeture du secteur amont aux investissements étrangers, la part des gisements à faible coût dans la production mondiale a été réduite.

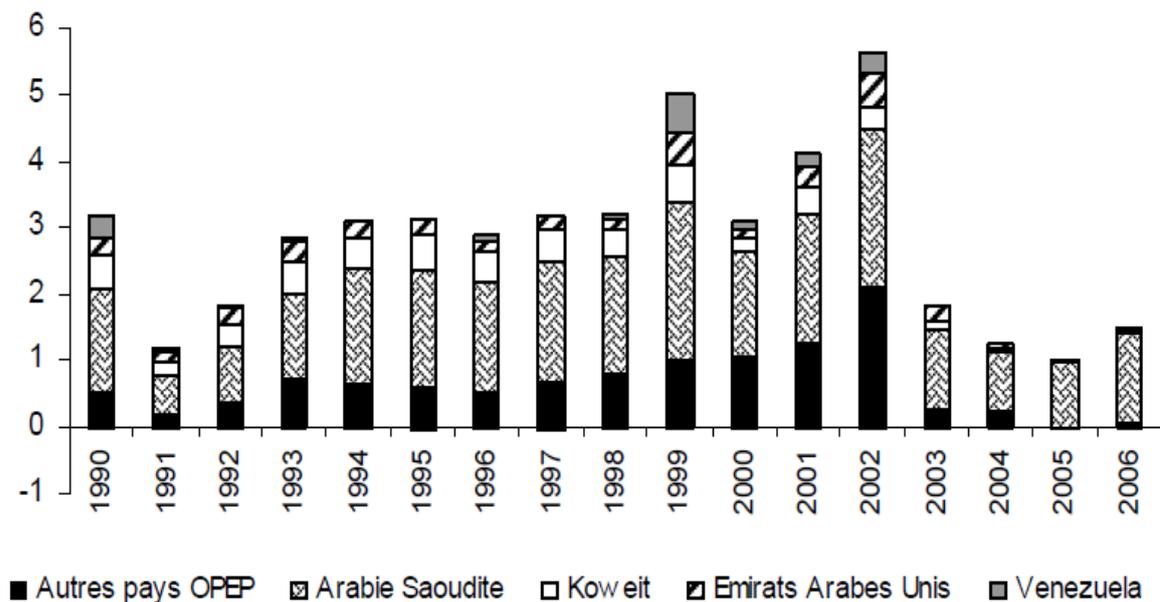
L'augmentation des prix observée sur le marché pétrolier a permis l'exploitation de gisements Qui ont des coûts de production plus élevés. Ainsi, le pétrole déroule au sens inverse de la Théorie de Ricardo, parce que le pays producteur du pétrole (les pays membre

(21) http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 24

(22) http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 24

de l'OPEP) a le monopole de réduire leur production d'une façon structurelle et conjoncturelles. Et cela permet au pays producteur du pétrole d'augmenter le prix à un niveau le plus élevés. Dans ce cas la, Les gisements les plus couteaux ne sont pas exploitées en dernier comme l'indique la théorie de la rente chez Ricardo. Parmi les pays de l'OPEP, on trouve l'Arabie Saoudite, qui représente le premier pays producteur et exportateur du pétrole (environs 11 millions de barils par jour), réalise une rente de monopole. Grâce à la taille de ses réserves, ainsi que leurs flexibilités, ont permet l'Arabie Saoudite d'être un régulateur de marché (swing producer)⁽²³⁾.

Graphique 2.7. Capacités de production résiduelle des pays de l'OPEP (En million de barils par jour).



Source : http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 25.

On conclue d'après ce graphique, que l'Arabie Saoudite est le seul pays qui a le monopole d'augmenter ou de réduire sa production. Son important surplus pétrolier, lui a permis d'infléchir les cours du Brent, durant la décennie 1990, qu'elle souhaite. Le marché du

(23) http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 25

pétrole brut n'est pas un marché de concurrence pure et parfaite. Donc Le marché du pétrole est donc un marché « politiquement régulé » comme le dit chevalier en 2004.⁽²⁴⁾

2.3. Les grandes étapes de l'industrie pétrolière⁽²⁵⁾

Nous pouvons résumer les principales étapes de l'industrie pétrolière dans les périodes suivantes :

- De 1859 à 1870, l'industrie pétrolière était principalement américaine, et marqué par le désordre et les prix de pétrole étaient volatiles à cause des découvertes du pétrole au jour le jour.

- De 1870 à 1911, l'industrie pétrolière reste américaine, et veut devenir monopolistique sous l'influence de la stratégie du D.Rochefeller, créateur du standard Oil. Après, il vient Sherman, Act voté en 1890 par le congrès américain. Et sera déclarée en 3.

- De 1911 à 1928, le marché pétrolier devient international et concurrentiel. Cette période est marquée par l'avènement des compagnies anglo-saxonnes : la standard Oil of New Jersey (future Exxon), la Royal Dutch Shell, l'Anglo-Persian Oil Company (future British Petroleum)...etc. aussi bien, les découvertes en Extrême Orient ou au Proche-Orient, vont permettre au pétrole d'être moins coûteux.

- De 1928 à 1960, plusieurs opérations ont été effectués dans cette période : processus de cartellisation de l'industrie pétrolière sous l'égide des sept sœurs afin d'arrêter la surproduction et la guerre des prix. Le recours à deux outils, la première c'était l'instauration de quotas. Règle des positions acquises à l'extérieur des USA, stratégie de conservation des réserves à l'intérieur des USA. « Accords de la ligne rouge » signés le 31/7/1928 entre Shell, l'Anglo-iranien. « Accords d'Achnacarry » qui s'est effectué en 17 septembre 1928 en Ecosse, et cela pour fixer les prix de cartel avec l'instauration de quotas de production. Le deuxième outil, c'était la fixation de prix communs uniques pour le brut, cette phase même, elle passer par plusieurs étapes :

(24)http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 26.

(25) l'ouvrage de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1ère Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 168-169.

- De 1928 à 1943, cotation unique avec point de base unique, le pétrole du golf du Mexique est vendu au prix FOB.
- De 1943 à 1947, cotation unique avec double point de base (golf du Mexique et golf persique), le prix FOB reste unique et fixé par le Platt's .
- De 1947 à 1959, double cotation avec double point de base, les sept sœurs vont chercher à envahir le marché des USA avec du pétrole produit au Proche-Orient. Avec une baisse du prix FOB du brut extrait dans le golf persique.
- De 1960 à 1970, l'avènement de certaines sociétés publiques européennes comme Elf en France et ENI en Italie. Le coût marginal à long terme du pétrole redevient croissant dans le début des années 1970. Le 15 septembre 1960, création de l'OPEP (Organisation des pays exportateurs de pétrole).
- Après les années 1970, plusieurs étapes sont réalisées : l'augmentation du coût marginal à long terme du pétrole, forte croissance de la demande de brut à l'échelle mondiale, la baisse du ratio réserves/production (crainte d'un épuisement des ressources de pétrole).
- En fin 2007, le pétrole représente 38% environ du bilan primaire mondial.
- L'OPEP, ne représente que 36 % en 2008, et 38% en 2009 de la production mondiale du pétrole, la production du pétrole est en baisse.

2.4. Les caractéristiques de l'industrie pétrolière⁽²⁶⁾:

Une industrie mondiale : le pétrole est considéré comme un facteur principal dans le processus d'internationalisation de l'approvisionnement énergétique. Si on comparant l'industrie du pétrole à l'industrie du charbon, l'industrie du charbon reste une industrie des petites et moyennes entreprises et reste limité dans ses échanges internationaux à cause de l'augmentation de son coût du transport. Par contre le transport du pétrole est moins couteux que le transport du charbon.

L'entré rapide du pétrole dans le bilan énergétique s'explique par la conjonction de trois facteurs majeurs :

(26) l'ouvrage de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1ère Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 168-169.

- une souplesse d'utilisation exceptionnelle au niveau de la plupart des usages potentiels, à laquelle il convient d'ajouter l'existence de nombreux usages spécifiques (marché captifs).

- Une stratégie commerciale offensive des compagnies multinationales présente dans la chaîne pétrolière

- Le coût de production du pétrole est moins élevé par rapport à d'autres énergies, cela permet qu'il devienne concurrent, principalement après la découverte de gisements géants dans des zones faciles d'accès par exemple au Proche-Orient. La diminution du coût du transport par navire de ce produit liquide a favorisé la mise en exploitation de gisement souvent éloignés des lieux de consommation.

2.4.1. Une industrie multi produits

Comme l'indiquent R.Stobaugh et D.Yergin (1983), « l'industrie pétrolière américaine est née au milieu du XIX siècle à l'époque où le kérosène commençait à remplacer l'huile de baleine, combustible cher, comme source d'éclairage domestique ». Le pétrole servit au départ de lubrifiant pour les machines et de combustible pour l'éclairage. Les principaux marchés du pétrole brut ont été, après les opérations de raffinages:

- Le kérosène (ou pétrole lampant) pour les besoins de l'éclairage. Dans ce cas, le pétrole devient concurrent devant le gaz manufacturé mais après il s'est éliminé de cette usage par l'électricité par la découverte de la lampe à incandescence par Edison.

- Les lubrifiants pour le graissage des machines.

- Le fuel-oil (mazout) pour le transport maritime.

- L'essence pour le transport automobile (essentiellement, après la première guerre mondiale) après, le transport aérien (kérosène).

- Le fuel lourd pour la production d'électricité les usages « chaleur » de l'industrie.

- La pétrochimie (principalement, après la deuxième guerre mondiale) pour la production de matières plastiques, de textiles synthétiques, d'engrais, etc.

Donc, l'existence de diversité de produits pétroliers et pluralité de marché a créé une politique de prix par les producteurs adaptée à ces marchés pertinents. L'élasticité-prix de la demande est très variable, donc les prix des produits pétroliers seront plus élevés là où la demande est captive (le transport) et plus faibles là où la concurrence est plus active à cause de nombreux substituts (fuel industriel).

2.4.2. Une industrie fortement capitalistique

L'industrie pétrolière est développée vers une structure oligopolistique, cette opération de concentration est dû aux caractéristiques technico-économiques de cette industrie car elle besoins des capitaux forts pour financer les investissements pendant tout la chaîne pétrolière : dans l'exploitation, du transport ou du raffinage. Aussi bien, l'industrie pétrolière est une activité aléatoire au niveau de l'exploitation-production parce que les risques de forer sans trouver de pétrole apparait élevés(en moyenne, un forage sur quatre est productif). C'est une activité ou les économies d'échelle sont importantes parce que les coûts fixes sont très élevés. Tous cela nous permettent de conclure, d'après cette caractéristique importante, que seul les entreprises ou les firmes qui ont les moyens financiers importants, pourront investir dans l'amont de la chaîne pétrolière. En ce qui concerne le niveau du transport et du raffinage, les risques sont moindre.

2.4.3. Une industrie à forte disparités

Le pétrole brut est considéré comme un produit intermédiaire et non homogène et son coût de production est variable à la fois dans le temps et dans l'espace. Nous allons étudier dans ces caractéristiques deux éléments :

2.4.3.1 .Les différentes catégories de pétrole brut

Les diverses catégories de brut sont classées selon leurs degrés de densités comparés à l'eau. Les bruts sont plus légers que l'eau et ont un degré A.P.I (American Petroleum institute) plus élevé, déterminé par la formule suivante : $d = 141,5 / (131,5 + \text{degré API})$.

Ou d : est la densité physique du brut.

Plus le degré API du brut est élevé, plus le pétrole brut est plus léger. En réalité, il existe plus de 200 bruts, les bruts légers ont plus de valeur que les bruts lourds. On peut citer des exemples sur les bruts légers et lourds, les bruts légers, on trouve : essence, gaz oïl, c'est des produit blancs. Les bruts lourds ou produits noirs : fuel lourd et bitumes. sur le marché, les produits blancs se vendent mieux que les produits noirs, qui entrent en compétition avec d'autres énergies. Principalement le charbon.

Bien que, les bruts légers bénéficient d'une rente différentielle grâce à leurs qualités en par rapport aux bruts lourds. Dans l'opération du raffinage, on peut modifier les proportions de produits blancs et noirs, mais cela ce fait, dans certains limites et devient plus coûteux.

Le *tableau 2.6*, nous montre quelques bruts au raffinage et leurs rendements dans quelques régions du monde :

Tableau 2.6. Rendements au raffinage.

Structure des produits	Brut léger d'Algérie	Brent de mer du Nord	Brut moyen d'Arabie Saoudite
Essence et GPL	38%	30%	18%
Fuel oïl domestique et gaz oïl	39%	45%	27%
Fuel lourd et bitumes	23%	25%	55%
Densité	0,806	0,837	0,893
Degré A.P.I	44	37,5	27

Source : l'ouvrage de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1^{ère} Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 170.

On remarque, d'après ce tableau, que tous les produits du brut léger d'Algérie sont plus élevés de tous les produits de Brent de mer du Nord et Brent moyen d'Arabie Saoudite. Donc, le brut léger de l'Algérie a plus de valeur sur le marché que le brut lourd d'Arabie ou du Venezuela, ce qui donne au processus de raffinage moins de produits blancs et dans ce cas, la demande devient captive et beaucoup de produits noirs, dont le prix de valorisation devient faible.

2.4.3.2. Les disparités du coût technique de production

Le coût brut du pétrole est très variable selon leur nature, par exemple : le brut onshore extrait du Proche-Orient va de 2 à 5 \$ le baril¹ ou le brut offshore profond extrait de mer du Nord ou du golfe de guinée, dont le coût de production atteint les 30 à 40 \$ le baril (chiffre de 2008).

L'entrée du progrès techniques dans l'exploitation du pétrole peut réduire le coût d'accès du brut, et peut améliorer la marge entre le prix de vente moyen du brut et le coût du brut. Cela nous permet de dire qu'il existe une rente de rareté, ou il ya une rente d'oligopole ou de monopole selon les cas. En outre, le pétrole est une ressource épuisable, certains pétroles sont d'accès faciles donc moins coûteux. L'histoire du pétrole nous montre qu'il ya une accessibilité sur la recherche des gisements et cela devient de plus en plus difficiles d'accès. L'entrées de nouvelles technologies dans les gisements va donc réduire les coûts d'accès et nous donne des rentes à certains opérateurs par exemple les rentes technologiques.

Le tableau suivant, nous montre une idée sur le niveau de prix nécessaire pour rentabiliser la production du pétrole :

Tableau 2.7. Les coûts d'accès au pétrole en 2007.

Nature de pétrole	Prix du pétrole requis(en\$/ baril)
Moyen –Orient (onshore)	15(entre 2 et 25)
Offshore profond	35
Offshore très profond	40
Pétrole extra-lourd (Canada,Venezuela)	40
Pétrole de l'Arctique	60
Schistes bitumineux (USA)	70

Source : l'ouvrage de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1^{ère} Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 172.

2.5. Les déterminants du prix de pétrole : (facteurs économiques et géopolitique)

Si on fait rappel à la situation des prix du pétrole, en monnaie courante, le prix du pétrole de référence (Arabian Light, Brent ou WTI selon les périodes) était environ de 2\$ le baril avant le premier choc pétrolier de 1973 à 1974, ensuite, il dépasse les 12\$ lors du premier choc pétrolier, ensuite, il atteint de plus de 40 \$ pendant le deuxième choc pétrolier de 1979 à 1980, après, les prix du pétrole se baissent de moins de 10\$ pour l'année 1986. Depuis 2000, Les prix du pétrole augmentent et dépassent les 40 \$ en mai 2004, et 50 \$ en septembre 2004 et arrive au seuil de 147\$ en 2008. Après, les prix diminuent avec la crise financière de 2008 et au ralentissement de la demande en Asie, les prix s'abaissent jusqu'à 40\$ à la fin 2008. En 2009, les prix se trouvent entrent 70 et 80 \$ le baril. A la fin de l'année de 2014, les prix de pétrole s'abaisse jusqu'à 30 \$ le baril Brent et une autre crise de pétrole commence. En conclus que d'après cette évolution des prix du pétrole pendant différentes période, il deviendra difficile de faire une prévision sur l'évolution des prix du pétrole car les facteurs ou les déterminant sont nombreux et il sera sur long terme, difficile de préciser les

facteurs déterminants du prix, on peut parler de neuf facteurs explicatifs²⁷ : l'épuisement prochain des réserves, le taux d'utilisation des capacités de production, la disponibilité de l'offre de pétrole et son coût d'accès, la capacité d'absorption des économie exportatrices, le rythme de croissance de la demande du pétrole, le pouvoir de marché de certains opérateurs, la spéculation sur les marchés, l'évolution du cours du dollar et les tentions politiques.

2.5.1. L'épuisement des réserves

Le pétrole représente une ressource épuisable et le stock de ressources épuisables en terre est un actif ou le rendement est égal au gain en capital que procure la hausse de sa valeur au cours du temps. Les travaux de Hotelling (1931) ont rejeté les bases de la théorie des ressources épuisables.

En outre, la théorie de Solow, AER, 1974, en présence de marché à terme complets, le taux de croissance de la valeur unitaire du stock est égale au taux de rendement de tout autre actif, principalement, les taux d'intérêts. Le prix de marché de cette ressource doit tenir compte du coût d'extraction et du coût d'option que constitue cette valeur en terre sacrifiée (Gaudet et Hung, 1987), cela nous permet de faire deux conclusions opérationnelles comme l'indique Percebois, 1997. Dans son ouvrage :

- Il existe dans le cas d'une ressource dont la quantité est physiquement limitée une différence entre la recette marginale et le coût marginal, cette différence est appelé « un coût d'usage » (rente de rareté).
- Le profit marginal du propriétaire de cette ressource épuisable doit croître au même rythme du taux d'intérêt pris comme taux d'actualisation. Le propriétaire ne donne pas importance si il transforme un stock de terre en un flux monétaire à la date t avec un profit marginal égal à μ ou bien de faire cette transformation à la date $t+n$ avec un profit marginal qui est égale $(\mu+a)^{t+n}$ ou a est le taux d'actualisation qui est égale au taux d'intérêt.

Hotelling estime le sentier optimal d'évolution du prix de la ressource suivant la structure du marché :

- Dans le cas de la concurrence pure et parfaite, le prix net des coûts d'extraction d'une ressource non renouvelable doit croître au rythme du taux d'actualisation.

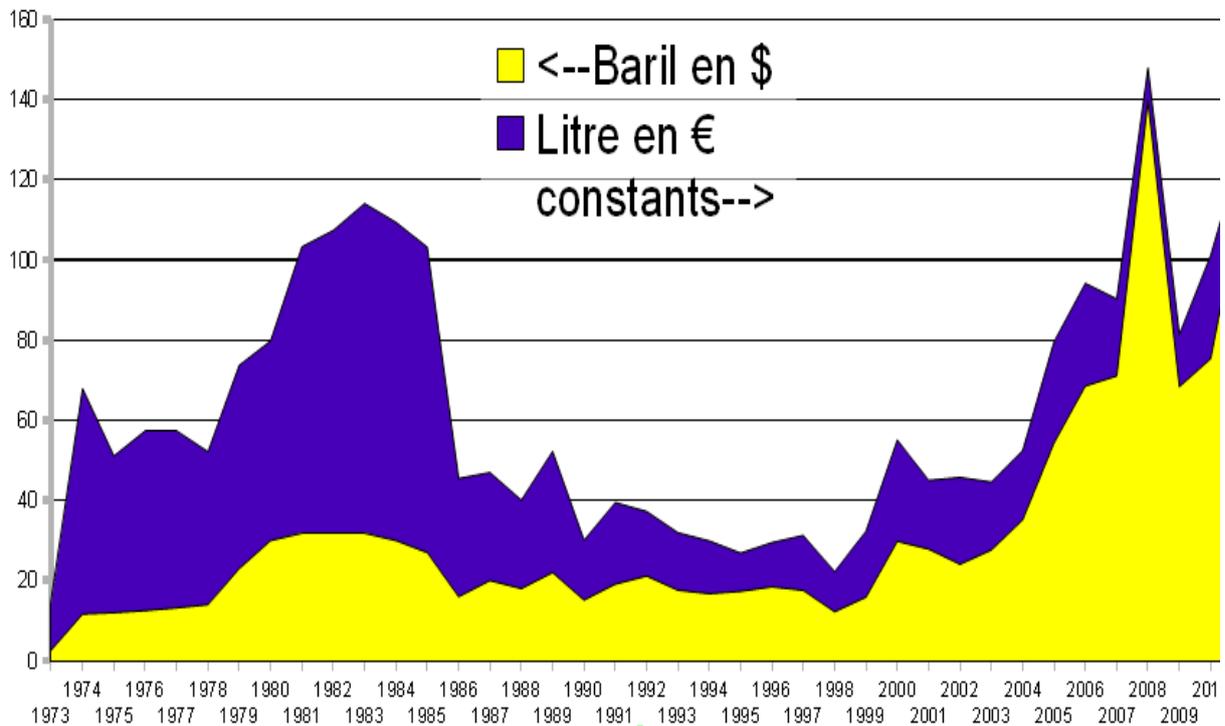
27 Voir ces neuf facteurs explicatifs en détail, dans l'ouvrage de HANSEN.J.P.et J.PERCÉBOIS 'Energie Economie et Politique' 1ère édition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 188-209.

• En situation de monopole, la recette marginale nette des coûts d'extraction d'une ressource non renouvelable doit augmenter au rythme du taux d'actualisation. Le monopoleur fixe dès le début un prix plus élevé d'extraction et accroît ce prix dans une proportion inférieure au taux d'intérêt du marché. L'économiste Pakravan (1981) montre que, sous certaines conditions, le prix d'équilibre du pétrole augmente deux fois moins vite en cas de monopole par rapport à la situation de concurrence. L'explication de ce résultat peut se faire d'une façon spontanée, comme le fait l'économiste Hamilton (2008). La rente de rareté est calculée en faisant la différence entre le prix et le coût marginal de production. La rente doit augmenter au même rythme du taux d'intérêt. En outre, presque tous les théoriciens ont montré qu'il y a une relation inversée entre le montant des réserves et le coût de production du pétrole. La thèse développée par Hotelling dit le contraire et le sentier de prix de pétrole suivra une courbe inversée. Et pour Pakravan, il résume que dans l'étape de l'exploration, il faut introduire l'incertitude sur l'évolution des prix.

2.5.2. Les déterminants liés à l'offre disponible ; structure de la production, taux d'utilisation des capacités disponibles et coût d'accès au brut

Les prix de pétrole peuvent être très volatiles, principalement dans les périodes de crises (crise financière de 2008). Les prix du pétrole ne sont pas exclusivement déterminés par des variables principales de l'offre et demande du pétrole. Le baril peut se définir comme un actif financier qui ne se traite pas uniquement dans le marché à comptants et son prix peut entrer certaine prime sur les fondamentaux. Ainsi, on peut illustrer la décomposition des variations du prix du pétrole durant la période (1973-2011) et montrer l'augmentation des taxes de cette ressource à travers les deux graphes qui suivent :

Figure 2.8 .Décomposition des variations du prix du pétrole (1973-2011).



Source : http://www.vautilmieux.fr/page_energie.html.

Figure 2.9. Le prix du pétrole en % du PIB.



Source :
 Perspectives
 économiques

miques en Afrique 2012.

En outre, la production mondiale de pétrole se réalise avec un taux d'utilisation des capacités de production supérieur à 90% depuis 1991. Ce chiffre était de 88% en 1981 et il avait baissé jusqu'à 81% lors du contre choc de 1986. L'AIE a estimé ce taux environ de 96% en 2007. Certaines études économétriques effectués par les économistes Gately (2004) et Ayouz-Reymondon essayent de montrer que l'élasticité-prix de l'offre est très faible à court terme et ne dépasse pas 0,6 à long terme. Aussi bien, l'OPEP à une difficulté d'augmenter sa production et de capacités disponibles. Le progrès technique à permet la réduction du coût d'accès au brut dans les années précédentes mais à partir de l'année 2000, le coût d'accès au brut s'est augmenté à cause de deux facteurs comme l'indique l'économiste Percevois dans son ouvrage : les coûts directs plus élevés et des entraves environnementale. Selon l'étude de CERA (2008), le coût des projets exploration-production est passé de l'indice 100 en 2000 au niveau mondial à 210 en 2008.

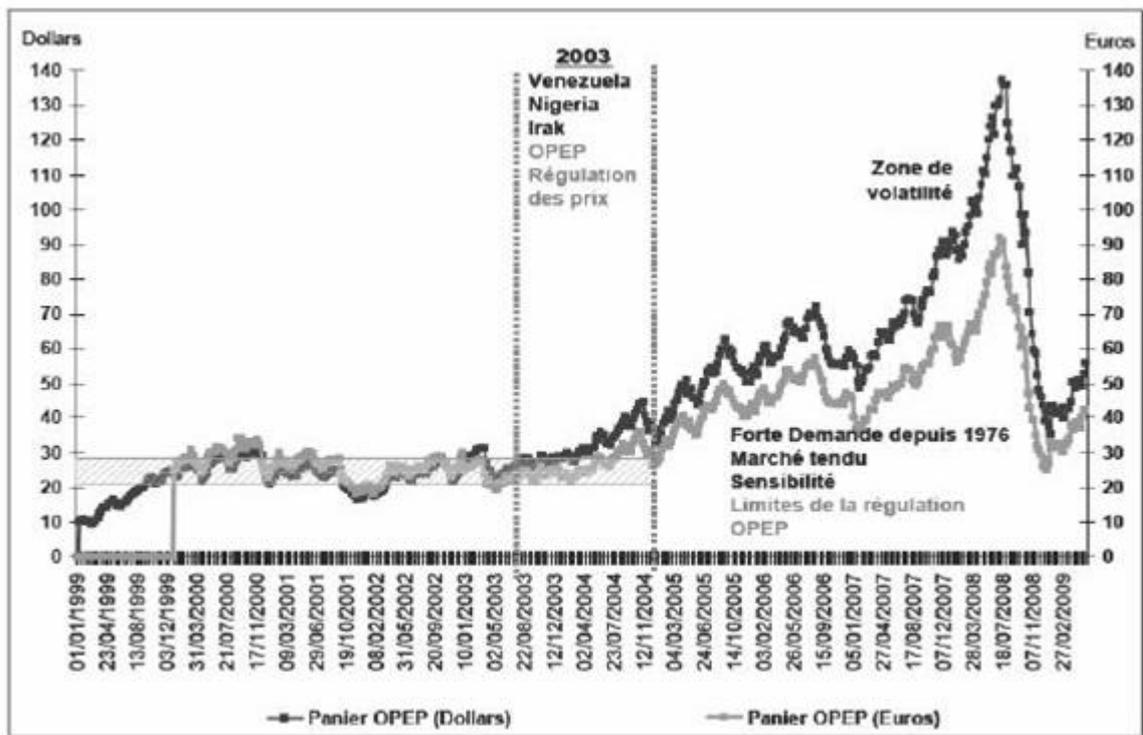
2.5.3. Les déterminants liés à la demande

Plusieurs travaux économétriques ont montré que L'élasticité-prix de la demande de pétrole est faible à court terme, comme l'indique l'économiste Hamilton (2008) et qui l'estime par exemple pour les Etats Unies à -0,26, un chiffre proche des estimations faite par Edelstein et Kilian (2007). Et pour d'autres travaux estiment l'élasticité-prix deviendra plus élevé à long terme comme le mentionne Dahl et Sterner en 1991. Aussi bien, le pétrole est plus demandé dans le secteur des transports, En 2002, Gately et Huntington, estiment l'élasticité-Prix à long terme de la demande de pétrole à -0,3 dans le secteur des transports et à -0,6 dans les autres secteurs. Les études ont montré aussi que l'élasticité-prix du pétrole deviendra plus faible dans les pays émergents que dans les pays industrialisés ou les produits pétroliers utilisés dans le transport dans les pays d'Asie sont souvent subventionnés comme l'indique Krichéne en 2002. Ces prix subventionnés provoquent des effets négatifs. l'élasticité-revenu de la demande apparait plus forte que l'élasticité-prix, en valeur absolus, Gately et Huntington l'estime à 0,55 pour 25 pays de l'OCDE sur la période 1971-1997 et à 1, 17 pour 11 pays en développement sur la même période. La chine a contribué de l'augmentation de la demande mondiale du pétrole.ces besoins ont passé de 4,18 Mb/j en 1997 à 7,86 Mb/j en 2007. Les besoins du pétrole dans ce pays pourraient atteindre 20Mb/j en 2020.dont le secteur des transports contribuant une grande partie de cette demande.

2.5.4. Les déterminants liés au pouvoir des marchés de producteurs

Le pouvoir du marché dépend de plusieurs paramètres, notamment de la part de marché de la firme dominante et aussi de la réactivité des compétiteurs c'est-à-dire de l'élasticité-prix de leur offre et de réactivité de la demande du marché, c'est-à-dire de l'élasticité de la demande du marché. Comme l'indique l'ouvrage de Percebois. La détermination du prix par la firme dominante s'effectue en maximisant son profit, c'est-à-dire faire l'égalisation entre son revenu marginal et son coût marginal. Et si on s'intéresse à l'exploitation d'une ressource épuisable, on ajoutera une rente de rareté. Par exemple si on prend l'exemple de l'OPEP, l'OPEP représente la firme la plus dominante dans le marché pétrolier mondiale, elle a une bonne connaissance de la demande mondiale de pétrole et de l'offre face à compétitif non OPEP. l'OPEP cherche à maximiser son profit comme l'indique Hamilton (2008). Le graphe qui suit nous montre les prix du pétrole dans l'OPEP en euro et en dollars et indique notamment la partie volatile des prix ainsi que la partie de régulation des prix.

Graphique 2 .Le prix du pétrole 1999-2009 (panier de l'OPEP).



Source : Diaporama de Lionel Ragot Les journées de l'économie 12 novembre 2009

Survivre à un pétrole cher et volatil P21.

2.4.5. Les déterminants liés à la spéculation et au cours du dollar

Il ya deux concepts théoriques en contradiction concernant les effets de la spéculation, notamment l'impact des produits dérivés sur l'évolution des prix de pétrole. Le premier concept présume que les produits dérivés peuvent jouer un rôle stabilisateur. Mais Le deuxième concept, au contraire, il prévoit que la spéculation peut augmenter la volatilité des prix du brut. Dans ce cas la, on peut poser plusieurs questions principales : est ce que les prix à terme influencent t'ils les prix aux comptants et est ce que la spéculation explique-t-elle la hausse des prix de l'année 2008 par exemple. L'étude faite par la Commodity Futures Trading commission aux états Unis n'a pas réussie à expliquer influence décisive des marchés à termes sur les marchés au comptant. Aussi bien, l'étude du FMI, en 2006, essayait de montrer que l'augmentation des transactions dans les marchés à terme représentent seulement un motif de précaution et pas un motif de pure spéculation. Cette argument est débordé par Kilian en 2000 qui estime que les opérateurs sont prés à payé une prime de sécurité pour pouvoir prémunir contre les tentions futures potentiels. Une autre étude économétrique faite par Antoshin et Samiei au FMI en 2006, sur la période 1997-2005, montre que les opérations effectuées dans le marché à terme peuvent développer parfois les fluctuations observées dans le marché au comptant. Aussi bien, les travaux de Babusiaux et Banquis en 2007, dans le cas du pétrole, montre que les anticipations sont considérées comme autodestructives. Ainsi, l'augmentation du prix du pétrole pendant le second choc pétrolier, ou le cours du dollar est plus élevé à permit d'investir d'une façon accrus dans le pétrole hors OPEP et favorisé les substitutions interénergétiques.

Concernant la relation entre le cours du dollar et le prix du pétrole est complexe, on trouve des arguments théoriques différentes. L'un des arguments explique comment le prix du dollar influence le prix du pétrole, comme l'indique l'article de Coudert Mignon et Penot (2008) qui explique que avec le change flottants, une dépréciation du dollar réduit le prix réel du pétrole pour les pays importateurs (comme la zone euro), ce qui relance la demande de pétrole. et même temps cette dépréciation du dollar réduit le revenu réel des exportateurs du pétrole. Cela amène à réduire l'investissement dans le domaine d'exploration-production du pétrole et peut réduire l'offre disponible sur le marché. Ce qui incitent aux exportateurs dont les revenues sont ont baisse à réclamer des hausses du prix nominal du brut pour compenser la diminution du prix du dollar. à l'inverse de cette argument, ont peut penser que les fluctuations du prix du pétrole influencent le cours du dollar. une hausse du prix du dollar

induit une hausse de la demande du cours du dollar. et la monnaie des pays importateurs du pétrole tend à se déprécier par rapport au dollar à cause de leurs déficits commerciaux. Cette situation est remarquée pendant le second choc pétrolier. Aussi bien, on peut considérer que l'augmentation du cours du dollar (avec la dépréciation du DM, du yen et la livre sterling) remarquée pendant le second choc pétrolier a favorisé la politique budgétaire et ainsi que la politique monétaire.

En ce qui concerne l'étude économétrique, on y trouve les travaux d'Amano et van Norden (1995) et Banassy-Quéré et Alii (2007) qui montre que le prix du pétrole est une variable explicative de l'évolution à long terme du prix du dollar. aussi bien, l'étude économétrique menée par Coudert sur la période 1974-2004, qui résume un impact de même sens du prix du pétrole sur le cours du dollar. Mais une autre étude publié par Natixis¹ en 2008, faite par

Artus, montre que l'augmentation du prix du pétrole et la baisse du cours de dollar ne sont pas vraiment liées mais sont les deux conséquences d'une cause commune. Par exemple, la crise financière, qui a commencé à la fin de 2007. Cette crise à conduit aux reculs accrus des achats d'actifs financiers aux Etats Unis par les investisseurs non résidents. Ce qui a baissé la demande du dollar et donc fait baisser le prix du dollar. ces investisseurs ont changé leurs achats par d'autres actifs tels que les métaux précieux et les matières premières énergétiques.

Depuis la fin de 2007, déclare l'auteur Artus : « *On n'a donc pas une corrélation directe depuis l'été 2007 entre le prix du pétrole et le taux de change du dollar mais deux effets conjoints du report de la liquidité des actifs financiers risqués vers les matières premières* »⁽²⁸⁾. L'auteur a conclut que la corrélation entre prix du pétrole et cours du dollar est par nature instable.

L'auteur montre aussi l'analyse sur une longue période (1970-2008), il déclare « qu'il ya un lien stable entre cycle économique au Etats Unies et dollar en raison de la réaction de la politique monétaire américaine. Mais il n'ya pas de lien stable entre cycle économique aux Etats Unies et prix pétrole : les récessions aux Etats-Unis ne font plus baisser le prix du

(28) Cette argument de l'auteur ce trouve dans l'ouvrage de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1ère édition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 208.

pétrole en raison du moindre poids des Etats-Unis dans la demande mondiale de pétrole ⁽²⁹⁾ ».

2.4.6. Les déterminants liés à la capacité d'absorption des exportateurs et aux tensions Politiques :

Si en prend l'exemple des pays de l'OPEP, ces pays cherchent à augmenter leurs ressources pétrolières par l'augmentation du prix du pétrole en vendant les hydrocarbures. Ces ressources pétrolières ont permis de créer pour plusieurs pays des fonds souverains, qui leur permettent d'investir aujourd'hui et dans le futur dans le domaine hors hydrocarbures. Ces fonds souverains, étaient estimés en 2008 environ de 2500 milliards de dollars, dont 73% seraient générés par les revenus du pétrole et du gaz, parmi eux, ceux d'Abu Dhabi (875 milliards de dollars), de Norvège (322), d'Arabie Saoudite (300 milliard), du Koweït (250 milliards), de Russie (133 milliards) et de Lybie (50 milliards). Aussi bien, les tensions politiques internationale influence la hausse des prix du brut, par exemple, le cas des deux chocs pétroliers lors des guerres du golfe, principalement en 1990. Des accidents sur l'infrastructure ou des ouragans peuvent influencer sur la hausse des prix, comme l'ouragan de Katrina qui ce fut en 2005, et qui a diminué la capacité de raffinage dans le golfe du Mexique, ces tensions se déroulent essentiellement dans le marché spot (un tiers des échanges). Et puis ensuite elles se transmettent à l'ensemble des transactions.

(29) Aussi bien, Cette argument de l'auteur ce trouve dans l'ouvrage de HANSEN.J.P.et J.PERCENOIS 'Energie Economie et Politique' 1ère édition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 208.

Conclusion :

La composition chimique des différents combustibles fossiles a montré que le pétrole et le gaz naturel contiennent des produits toxiques tels que le soufre et l'azote. Le pétrole brute représente une transformation de la matière organique en kérogène et contient aussi des aromatiques très toxiques comme le benzène, le toluène et le xylène. La toxicité des produits tend à augmenter avec la grosseur des molécules. Le pétrole passe par plusieurs étapes telles que l'extraction et le raffinage, ce dernier passe par plusieurs processus tels que : La distillation, Le craquage thermique et L'hydrocraquage.

En outre, il existe plusieurs types de rente pétrolière, tel que, la rente différentielle, la rente du monopole et la rente technologique. Les statistiques ont indiqué que la grande rente minière mondiale se trouve dans le pétrole.

Cependant, le pétrole représente une grande puissance énergétique mondiale, presque dans tous le temps, le pétrole représente la plus grande partie du bilan primaire mondial énergétique en rapport avec le charbon par exemple.

Les pays de L'OPEP, prennent la part la plus élevée dans la production mondiale du pétrole, mais la production du pétrole est en baisse comme l'indique l'Agence Internationale de l'Energie (EIA).

*Partie II : l'Etude des
capacités énergétiques en
Algérie et le cas pratique
des effets des
Des rejets pétroliers sur
l'environnement et la santé
dans la Zone de Hassi-
Messaoud*

Chapitre 3

l'Etude des capacités énergétiques en Algérie

Introduction :

L'énergie est au centre d'intérêt des autorités publiques algériennes pour un développement durable. L'énergie peut être un bien de consommation intermédiaire lorsqu'elle est utilisée dans le processus de production des biens et services, et elle peut être considérée comme un bien final lorsqu'elle est utilisée par exemple, par les ménages pour se chauffer par exemple ou s'éclairer.

Cependant, il y a plusieurs concepts d'énergie :

L'étude de l'énergie est au centre intérêt du développement durable, dans le domaine énergétique, il important de distinguer trois niveaux de classification ¹des usages énergétique. On trouve premièrement, les énergies primaires, puisées dans la nature. Ces énergies eux même se subdivisent en énergies épuisables comme le Gaz, le charbon, le pétrole, l'uranium. Et en énergies renouvelables (l'hydraulique, la biomasse, le solaire, l'éolien.....). Le deuxième type de classification c'est la conversion assurée principalement par les industries pétrolières et électriques ou bien vouées à la production de vapeur industrielle, le stockage et le transport de l'énergie ainsi que le raffinage² fait partie de ce processus.

Le troisième niveau d'énergie c'est l'énergie finale, c'est-à-dire l'énergie après la transformation des énergies primaires, elle est constituée de l'énergie utilisée pour des besoins tel que le chauffage, le transport (essence), le processus industrielle. Le Commissariat de l'énergie atomique (CEA) en France regroupe trois catégories de ce type d'énergie, l'énergie mécanique : moteurs industriels et ménagers, transports, l'énergie thermique : chauffage, climatisation et traitement métallurgiques et l'énergie rayonnante : éclairage, télécommunications, radars et imagerie médicales. On peut ajouter d'autres niveau de classifications des usages énergétiques c'est l'énergie utile ; qui représente les pertes liées au fonctionnement (mauvais système d'allumage dans une voiture, appareils électriques défectueux, habitat mal isolé, etc.) Cette énergie ne représente que le tiers de l'énergie primaire utilisée, le CEA annonce que « les pertes se décomposent de 24% à la conversion, 4,4% à la distribution, et 34,4% à l'usage finale, soit environ 63% ».

1 Albert.legault 'Pétrole Gaz et les autres énergies' le petit traité Editions TECHNIP, France P(45).

2 Le raffinage : « la production d'hydrogène appelée à devenir à coté de l'électricité un vecteur énergétique majeur » L'adresse : www.cea.fr/fr/publication/clefs44/frgét-clefs44/clefs4412.htm: vous trouvez le schéma du système énergétique fort instructif.

La demande d'énergie augmente de plus en plus, selon une étude économique par EIA(2007), qui déclare que la consommation mondiale de l'énergie devra augmenter dans l'avenir principalement dans les pays en développement à cause de l'augmentation de leurs populations et devrait passer de 46% à 58% entre 2004 et 2030.

EIA(2007), estime que la demande énergétique des pays en développement dépasserait celle des pays industrialisés d'ici 2010, selon le EIA, Il est prévu taux de croissance annuel moyen de consommation d'énergie dans les pays en développement de 3% entre 2004 et 2020. Et dans les pays industrialisés, la demande d'énergie augmente plus lentement que les pays en développement, selon l'EIA, cette augmentation prévisionnelle ne représente que 0,9% par an.

Selon cette étude aussi, le taux de croissance de la demande d'énergie dans les pays asiatiques devrait augmenter de 3,7% par an, l'Asie va donc doubler sa consommation énergétique durant les prochaines années. Donc, d'une façon générale la consommation énergétique augmentera dans toutes les régions du monde durant les prochaines années. Aussi, selon cette étude, la grande majorité de l'énergie mondiale est de type non renouvelable, en particulier, le pétrole, le gaz naturel et le charbon.

L'énergie est le secteur économique primordial en Algérie, Les hydrocarbures représentent, la principale source de revenus à l'exportation du pays. Cependant, l'État algérien commence à adopter des solutions économiques et écologiques en investissant dans les énergies renouvelables. Selon le Programme algérien de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique (PENREE), l'Algérie vise une puissance installée d'origine renouvelable de 22 000 MW d'ici 2030.

L'Algérie est un membre de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole et du Forum des pays exportateurs de gaz, elle est le 3^e producteur de pétrole en Afrique après le Nigeria et l'Angola et le 11^e exportateur de pétrole au niveau mondiale. L'Algérie occupe la 15^e place mondiale en matière de réserves pétrolières (45 milliards de tonnes en équivalent pétrole pour les réserves prouvées en pétrole), et représente le 18^e producteur mondial de pétrole.

La SONATRACH est une grande société pétrolière algérienne qui réalise tout le processus de la chaîne pétrolière et gazière (extraction, forage, production, transport, transformation et commercialisation des hydrocarbures), elle a été classée la 1^{re} société en

Afrique et le 12^e plus grand groupe pétrolier au monde par le Petroleum Intelligence Weekly (Année 2011).

Selon certaines études, les perspectives des réserves de SONATRACH sont en diminutions si ils n ya pas de véritables indicateurs tels que les coûts internes, le vecteur prix international et les énergies alternatifs (ENR), face à la baisse des prix du pétrole qui a commencé depuis la fin de l'année 2014. L'état essaye de s'orienter vers un nouveau modèle de consommation énergétique qui se réalise à l'horizon 2020 au niveau mondial. Aussi bien, La révision répétitive de la loi sur les hydrocarbures, montre que le pays ne dispose pas d'une stratégie énergétique nationale vu l'instabilité de la juridiction pétrolière, qui se verse uniquement dans le sens de l'augmentation de la production des hydrocarbures et le secteur des travaux publics pétroliers TPP par exemple, reste toujours délaissé et occupe uniquement même pas 4% de la valeur ajoutée brute (production intérieure).

Nous commençons ce chapitre par une représentation générale de la société SONATRACH : nous montrons les différentes activités de la société SONATRACH. Ensuite, Nous passons aux développements de la production et l'exportation, ainsi que la consommation des énergies fossiles (le pétrole et le gaz naturel) en Algérie pendant la période (2002-2012). Dans un dernier sous chapitre, nous décrivons L'Importance des ENR dans le développement durable en Algérie : les ENR dans la nouvelle politique énergétique nationale et connaître les réalisations et les projets en cours dans ce nouveau domaine.

3.1. Représentation de la société SONATRACH

3.1.1. Définition³

SONATRACH est une compagnie nationale algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisation, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivées. Elle a pour but de valoriser de façon optimale les ressources nationales d'hydrocarbures et de créer des richesses au service du développement économique et social du pays.

³ Cette définition se trouve dans l'adresse web : <http://www.sonatrach.com/PDF/presentation-sonatrach.pdf> page 2.

La société SONATRACH représente un acteur majeur dans le domaine du pétrole et du gaz. La SONATRACH est aujourd'hui la première compagnie d'hydrocarbures en Afrique et en Méditerranée. Elle effectue ses activités dans quatre principaux domaines l'Amont, l'Aval, le Transport par Canalisation et la Commercialisation.

SONATRACH⁽⁴⁾ est une entreprise publique algérienne, créée en 1963 pour exploiter les

Ressource des hydrocarbures du pays. Ses activités diversifiées touchent toute la chaîne de production ; l'exploration, exploitation, transport, raffinage. Elle s'est diversifiée dans la pétrochimie et le dessalement d'eau de mer. SONATRACH est la première entreprise d'Algérie concernant la taille et en création de ressources. L'entreprise qui emploie environ 50 000 salariés (120 000 avec ses filiales), produit à elle seule 30% du PIB de l'Algérie. Son chiffre d'affaires atteint les 61,2 milliards de dollars, mais dès la fin de 2014, son chiffre commence à diminuer à cause de la baisse des cours brut du pétrole.

Cependant, Sonatrach représente le 12^{ème} groupe au niveau mondial, et le 2^{ème} exportateur de GNL (gaz naturel liquéfié) et de GPL (gaz de pétrole liquéfié) et 3^{ème} exportateur de gaz naturel.

SONATRACH veut aujourd'hui s'afficher sur les cinq continents en relevant les défis de la Mondialisation. La politique de responsabilité sociale et du développement durable de l'entreprise est déjà à l'oeuvre, elle s'accompagne d'une profonde mutation de ses structures et d'une très grande motivation des hommes.

La SONATRACH a réussi d'intégrer les nouvelles technologies, à asseoir une présence prouvée et fiable sur les marchés internationaux des hydrocarbures liquides et gazeux et à capitaliser son expérience du partenariat avec les compagnies internationales de tailles et d'origines géographiques différentes. La société SONATRACH a participé dans plusieurs projets avec différents partenaires en Amérique Latine et en Europe

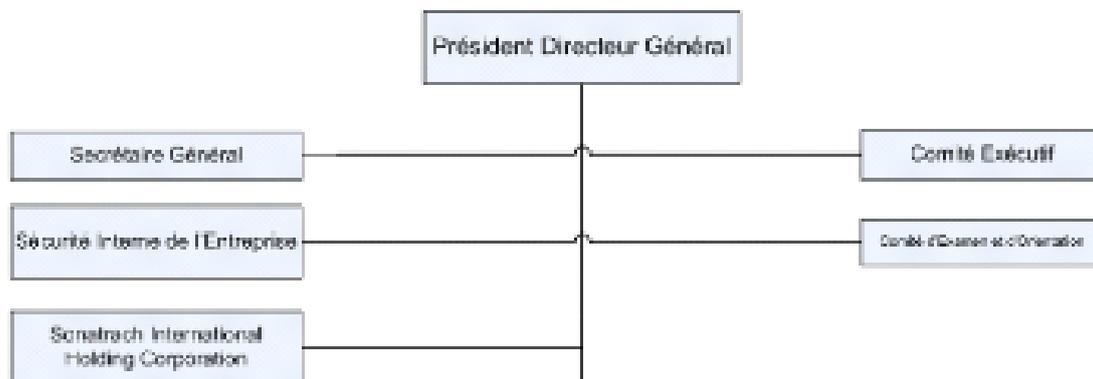
Elle s'est investie dans d'autres domaines économiques notamment les mines, la génération électrique, l'eau, le transport aérien et maritime...etc.

Aujourd'hui, la société SONATRACH s'affirme non seulement comme un Groupe international à vocation pétrolière et gazière, mais comme une compagnie solidaire,

(4) Boualem Aliouat, Chaker Boughanbouz, 'La notion d'entreprise responsable dans les économies Émergentes une analyse empirique exploratoire 'HAL, Archives-ouverte septembre 2009, page 8.

responsable et citoyenne. Elle s'est engagée en faveur du développement économique, social et culturel des populations; elle s'est fixée des priorités incontournables en matière du développement durable en pratiquant la politique de HSE⁵, quand va les détaillé dans le chapitre qui suit et s'est impliquée résolument dans la protection de l'environnement et la préservation des écosystèmes.

Figure 3.1 : l'organigramme de la société Sonatrach



Source : www.memoireonline.com/08/09/2573/Rapport-de-stage-societe-petroliere-SONATRACH.html page 11.

3.1.2 .Les principales activités de la Société⁴

3.1.2.1 .Activité Amont

L'Activité de l'Amont rassemble les métiers de recherche, d'exploration, de développement et de production d'hydrocarbures. SONATRACH effectue son travail dans des grands gisements, principalement dans les régions du Sahara algérien, par exemple Hassi Messaoud, Hassi R'Mel, Hassi Berkine, Ourhoud, Tin Fouyé Tabankort, Rhourde Nouss, In Salah et In Amenas, en partenariat avec des compagnies pétrolières étrangères.

Parmi les réalisations principales, il est primordial de signaler on trouve, les découvertes des gisements, l'amélioration du taux de récupération, et le renforcement des capacités de production pétrolières et gazières, Sonatrach a initié et réalisé des projets de grandes envergures. Ces projets sont accomplis par Sonatrach seule ou en association avec ses partenaires étrangers et nationaux.

Les bassins sédimentaires algériens couvrent plus de 1,5 million de kilomètres carrés avec une épaisseur qui dépasse 3000 mètres dans la plupart des cas.

Le potentiel des hydrocarbures est très important, il se trouve dans le Sahara et dans le nord avec une densité moyenne de forage d'exploration de 15 puits par 10 000 km², le domaine minier algérien reste sous explorée malgré les efforts considérables consentis par SONATRACH seule ou en association pour la recherche et le développement des hydrocarbures.

SONATRACH a permis l'introduction du procédé de sismique 3D pour intensifier l'exploitation du pétrole. Depuis l'an 2000, les efforts en matière de sismique 3D⁵ sont passés de près de 300 Km² à plus de 8 000 Km² en 2011⁶.

106 puits d'exploration ont été réalisés en 2011 contre 28 en 2000.

3.1.2.2 Activité Aval

Cette activité contient le développement et l'exploitation des complexes de liquéfaction de gaz naturel, de séparation de GPL, de raffinage et des gaz industriels. SONATRACH dispose à travers l'activité Aval :

- Trois (3) complexes de GNL, d'une capacité totale de production de 40 millions m³ GNL/an.
- Un (1) méga train à Skikda d'une capacité de 10 millions m³/GNL/an, mis en service en 2013.
- Un (1) méga train à Arzew d'une capacité de 10,6 millions m³/GNL/an, mis en service en 2014 .
- Deux (2) complexes de GPL à Arzew d'une capacité totale de séparation de 10,4 millions de tonnes /an.
- Deux (2) unités d'extraction d'hélium: l'une à Arzew et l'autre à Skikda.

Aussi bien, elle dispose aussi de Cinq (5) Raffineries de brut situées à :

5 : La sismique de puits est utilisée pour faire une meilleure recherche sur les gisements. Pour connaître plus la méthode de sismique 3D, consulter le site web : http://www-ig.unil.ch/cours/pdf/doc_sis/Cours%20PDF2.pdf

6 : Ces données se trouvent dans le PDF du site web : <http://www.sonatrach.com/PDF/presentation-sonatrach.pdf> page 3.

- Alger, d'une capacité de traitement de pétrole brut de 2,7 millions de tonnes /an
 - Skikda, d'une capacité de traitement de pétrole brut de 16,5 millions de tonnes/ an
 - Arzew, d'une capacité de traitement de pétrole brut de 3,75 millions de tonnes/ an
 - Hassi Messaoud, d'une capacité de traitement de pétrole brut de 1,1 millions de tonnes/ an
- Adrar, en partenariat avec une société chinoise d'une capacité de traitement de pétrole brut de 600 000 tonnes an. Cette raffinerie d'Adrar a été acquise en totalité par SONATRACH.
- Skikda, elle dispose d'une ⁷Raffinerie de condensat d'une capacité de traitement de 5 millions de tonnes/an.
 - les installations pétrochimiques (CP1K et CP2K à Skikda et CP1Z à Arzew) qui font partie de l'Aval de SONATRACH : SONATRACH dispose deux complexes pétrochimiques, l'un qui se trouve à Arzew (CP1Z) d'une capacité de 124000 tonnes par an et l'autre se trouve à Skikda (CP2K), d'une capacité de 130000 tonnes par an. En partenariat, Sonatrach dispose de quatre (4) complexes pétrochimiques : AOA, Sorfert et Fertial à Arzew et Fertial à Annaba.

Le graphique qui suit, nous montre les régions se trouvent les installations et les projets en activité aval :

Figure 3.2 .Situation des installations et projets de l'Activité Aval.

7 : Cette explication des activités en Aval ce trouve dans l'adresse web : <http://www.sonatrach.com/aval.html> page 6.



Source : <http://www.sonatrach.com/aval.html>

3.1.2.3. Activité de transport par canalisation) (8)

L'Activité Transport par Canalisation consiste à assurer le transport des hydrocarbures (pétrole brut, gaz naturel, GPL et condensat) et dispose d'un réseau de canalisations de près de 19599 km en 2013 contre 19063 en 2012, soit une augmentation de 536 km suite à la réception du GR4 et répartis comme suit :

- Des gazoducs d'une longueur de 9689 km;
- Des oléoducs d'une longueur de 9910 km.
- Le réseau de canalisation a une capacité de transport de 357 millions Tep à fin 2013
- Les centres de dispatching comptent parmi les installations névralgiques de l'Activité.
- Le Centre de Dispatching d'Hydrocarbures Liquides, le CDHL, se trouve à Hassi

(8) <http://www.sonatrach.com/PDF/presentation-sonatrach.pdf> page 4.

Messaoud Haoud El Hamra.

- Le Centre National de Dispatching Gaz, le CNDG, se situe à Hassi R'mel. C'est le point où se fait la collecte et le dispatching du gaz à travers les gazoducs vers les clients nationaux (Sonelgaz, clients tiers et unités de Sonatrach) et internationaux (livraison aux complexes de liquéfaction et des gazoducs transcontinentaux : PEDRO DURAN FARELL, ENRICO MATTEI et MEDGAZ.

SONATRACH, à travers l'Activité Transport par Canalisation, dispose de 22 systèmes de transport par canalisation (21 en exploitation, 01 en cours de réalisation GR5), avec 82 stations de pompage et de compression. 39 stations de pompage sont destinées au brut. SONATRACH dispose aussi de nombreux postes de chargement à quai de gaz et de pétrole au niveau de trois ports pétroliers de chargement d'hydrocarbures sur les villes côtières Arzew, Bejaia et Skikda.

Les 03 ports sont équipés de 5 bouées de chargement de pétrole en haute mer.

Les quantités évacuées en 2013 sont réparties :

- Pétrole brut : 47,9 Millions Tonnes.
- Gaz naturel : 80,2 Milliards m³,
- Condensat : 8,6 Millions Tonnes.
- GPL : 6,4 Millions Tonnes.

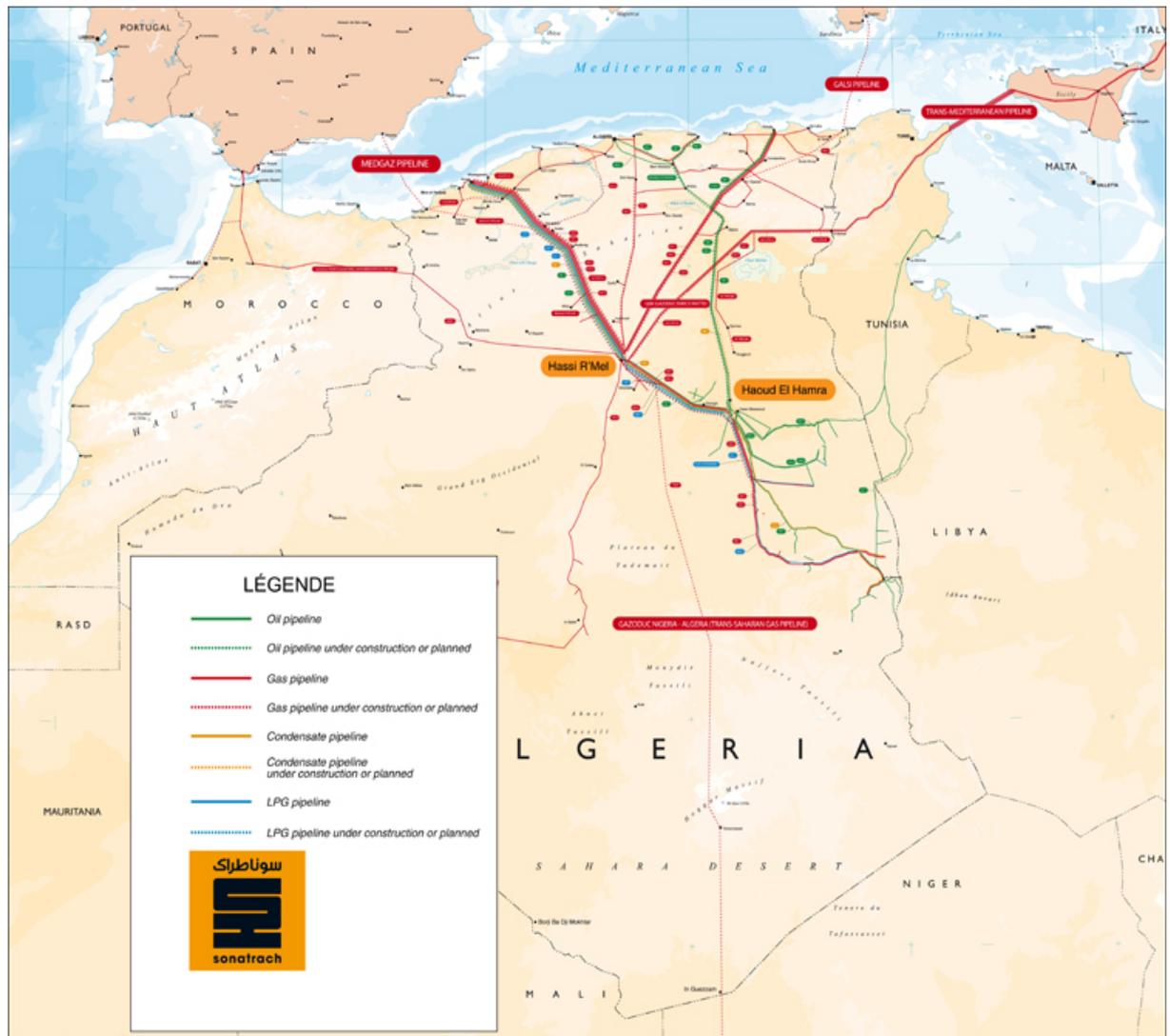
Le réseau de transport par canalisation compte 12 gazoducs d'une longueur totale de 7 459 km, avec une capacité de transport de 131 milliards de m³/an dont 39 milliards de m³ destinés à l'exportation.

Depuis la mise en service des 02 gazoducs transcontinentaux, Enrico Matei (reliant l'Algérie à l'Italie via la Tunisie) et Pedro Duran Farrel (reliant l'Algérie à l'Espagne via le Maroc), de nouveaux projets de construction de gazoducs sont en cours de réalisation afin de répondre notamment à une demande croissante du marché européen.

L'Activité de transport par Canalisation dispose de :

- 79 stations de pompage et de compression équipées de plus de 290 machines principales d'une puissance totale de plus de 02 millions de CV
- Une capacité de stockage de près de 3,4 millions de m³
- Une capacité de chargement portuaire de près de 210 MTA
- Une infrastructure de maintenance et d'entretien articulée autour de 03 bases principales de maintenance et 03 bases régionales d'intervention
- Un centre national de dispatching gaz (CNDG) à Hassi R'mel
- Un centre de dispatching des hydrocarbures liquides (CDHL) à Haoud El Hamra.

Figure 3.3 .Réseau de transport par canalisations.



Source : <http://www.sonatrach.com/transport-par-canalisation.html>

3.1.2.4. L'Activité de commercialisation)⁹

L'Activité de commercialisation a pour missions l'élaboration et l'application de la stratégie de SONATRACH en matière de commercialisation des hydrocarbures sur le marché intérieur et à l'international par les opérations de trading et de shipping.

Ces opérations sont menées en coopération avec les filiales NAFTAL pour l'approvisionnement du marché national en produits pétroliers et gaziers (GPL), HYPROC SC pour le transport maritime de ces produits et COGIZ pour la commercialisation des gaz industriels.

⁹ Cette activité de commercialisation se trouve dans le site web : <http://www.sonatrach.com/PDF/presentation-sonatrach.pdf> page 7.

L'Activité Commercialisation gère les interfaces et les opérations avec les autres opérateurs nationaux pour satisfaire la demande du marché national dans les meilleures conditions économiques et de qualité de service.

La société nationale d'électricité et de gaz « SONELGAZ » est le plus important client de SONATRACH et le principal acteur sur le marché domestique pour la production et la distribution de l'électricité ainsi que la distribution publique du gaz naturel.

L'approvisionnement de SONELGAZ se fait à travers 65 points de livraison répartis sur tout le territoire national.

Quant au GPL, il est essentiellement distribué par la société nationale NAFTAL, filiale de SONATRACH à 100%. NAFTAL intervient dans les domaines de l'enfûtage des GPL, du stockage et de la distribution des carburants, lubrifiants, GPL/carburant, pneumatiques et produits spéciaux.

Hormis l'expansion du marché national (12 millions de tep d'hydrocarbures liquides et près de 30 millions de tep d'hydrocarbures gazeux), le marché international représente près de 73% des ventes d'hydrocarbures liquides et gazeux. En effet, SONATRACH s'est donné les moyens de se positionner en qualité de groupe pétrolier et gazier international. Sa stratégie se traduit par une participation à la promotion de ses produits et à leur commercialisation directe sur les marchés mondiaux.

SONATRACH possède (19) navires de transport (10 GPL) et (09 GNL) et se positionne comme un acteur majeur dans l'exportation du GPL et du GNL dans le bassin euro-méditerranéen. Elle ambitionne de développer sensiblement ses parts de marché aux USA et en Asie, notamment en Chine et en Inde.

Dans le cadre de sa stratégie d'exportation de gaz naturel pour atteindre des pays lointains, SONATRACH possède de la capacité de regazéification.

3.1.3. Les principales filiales de SONATRACH

La société SONATRACH contient 154 filiales et participations à l'échelle nationale et internationale. 105 sociétés se trouvent en Algérie et 49 autres à travers le monde, tel qu'au Pérou, en Angleterre, en Espagne, au Mali, au Niger, etc.

Les principales filiales de SONATRACH⁽¹⁰⁾ sont :

- ENAFOR (Réalisation d'opérations de forage)
- ENAGEO (Réalisation des prospections géophysiques)
- ENSP (Réalisation de services aux puits)
- ENTP (Forage et Work over de puits hydrocarbures)
- ENGTP (Etudes et réalisation d'installations Industrielles)
- GCB (Génie Civil et Bâtiment)
- ENAC (Engineering, Construction & Pose de canalisations)
- SAFIR (Engineering et réalisation d'unités industrielles)
- NAFTAL, (Commercialisation et de Distribution des Produits Pétroliers)
- HYPROC SC (Shipping)
- Tassili Airlines (Transport aérien)

3.2. Productions, Exportations, Réserves du pétrole et du gaz naturel en Algérie

L'Algérie contient de grandes richesses en matière des énergies fossiles, pour la production pétrolière, elle occupe le 17^{ème} rang au niveau mondial et le 3^{ème} rang au niveau de l'Afrique après le Nigéria et l'Angola malgré le triplement de sa production en 50 ans.

La production pétrolière en Algérie atteint les 73 M TEP en 2012¹¹ soit 1,8% de la production mondiale. Dans ces dernières années, le poids dans la production mondiale reste limité.

La production d'hydrocarbures connaît une diversification croissante, l'exploitation du pétrole dans les années 1970 représentait 95,5% de la production d'hydrocarbure, ce taux a été modifié

(10) les principales filiales de sonatrach se trouve dans le site web : : <http://www.sonatrach.com/PDF/presentation-sonatrach.pdf> page 8

11 Ces statistiques se trouvent dans le site web : www.tresor.economie.gouv.fr/File/392576

progressivement par la production du gaz, pendant les années 1990, de ce fait, le pétrole ne représente que 50% de la production en 2012. La production principale d'hydrocarbures de l'année 2013 a atteint 186,9 millions de TEP. Elle est composée de 127,2 milliards m³ de gaz naturel, dont 84% au titre de la production opérés par Sonatrach seule, 49,4 millions de Tonnes de pétrole brut, 8,8 millions de Tonnes de condensat et 6.6 millions de Tonnes de GPL. Les apports des principales régions sont localisés à Hassi-R'Mel, Hassi-Messaoud et Rhourde-Nouss.

Le tableau ci-dessous nous montre la production brute (valeur ajoutée) des hydrocarbures en Algérie en milliards de dinars :

Tableau 3.1 : la production des hydrocarbures en Milliards de DA de 2002-2014

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
valeur ajoutée des hydro	1477	1867	2320	3352	3882	4089	4997	3109	4180	5242	5536	4968	4657

Source : calculer par nous même à l'aide de : <http://www.ons.dz/-Compte-de-production- jour de vue le 6/6/2015>.

D'après Le tableau 3.1, on remarque que la production (VAB) des hydrocarbures commence a diminué à partir de l'année 2013. Observant cette valeur ajoutée des hydrocarbures, était en 2012 les 5536 Md de DA et qui baissé à 4657 Md DA en 2014.

Le tableau qui suit, désigne aussi la production dans le pétrole brut (en milliers de baril par jour) et le gaz naturel (en millions de TEP) en Algérie. Durant la période (2009-2012)

Tableau 3.2 : Production du pétrole et du gaz naturel de 2009-2012

Années	2009	2010	2011	2012
Le pétrole brut (en millions de barils/jour)	1216	1189,8	1161,6	1199,8
Le gaz naturel (en millions de TEP)	71,6	72,4	74,4	73,4

Source : KPMG cutting throught complexity'GUID INVESTIR EN Algérie, édition 2014, kmpg.dz

Observant dans ce simple tableau, que la production dans le pétrole est stable passant de 1216M de TEP par jour en 2009 à 1161,6M de TEP par jour en 2012.

En ce qui concerne le gaz naturel, L'Algérie occupe la cinquième place mondiale en terme d'exportation de cette ressource(gazoducs+GNL) et possède entre 1,3% soit 2000 Mds m³ et 2,4% soit environ 4 500 Mds de m³ des réserves mondiales de gaz, aussi bien, elle a produit en 2012, 73,4 Mds m³ de gaz naturel commercialisable soit 2,4% de la production mondiale, ce qui place l'Algérie au 9^{ème} rang des pays producteurs au niveau mondial, et à la 1^{ère} place au niveau de l'Afrique.

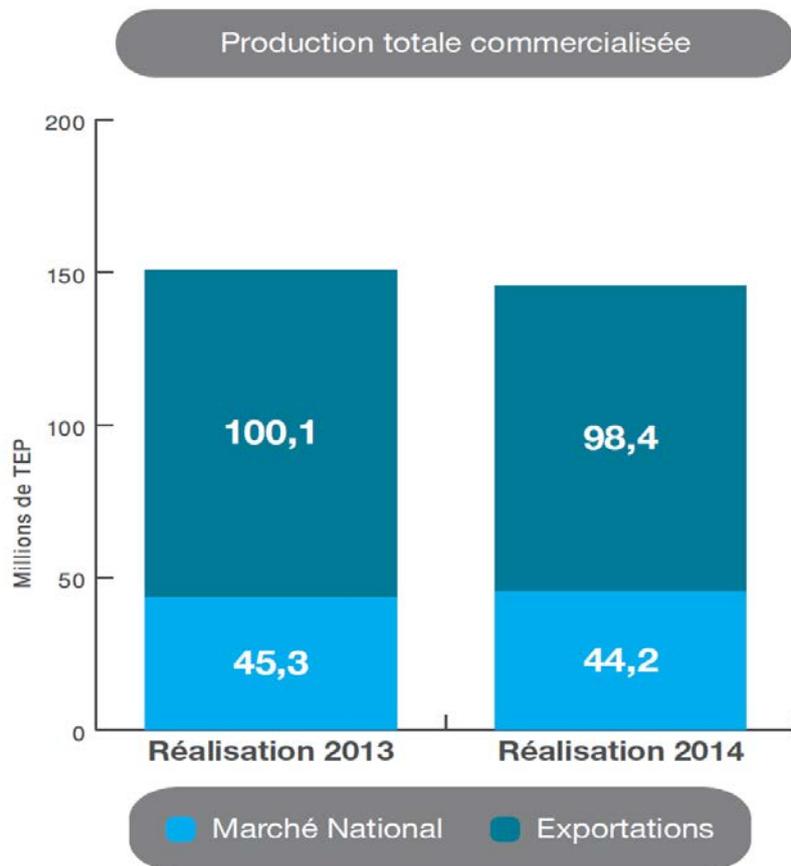
Aussi, les produits raffinés à forte valeur ajoutée, c'est-à-dire les produits pétroliers dérivés du pétrole brut, les condensats et le Gaz de pétrole Liquéfié (GPL)) enregistrent un essor rapide. Leur production a augmenté de 32,5% entre 2000 et 2010 en passant de 430 000 b/j à 570 000 b/j¹².

L'entreprise publique SONATRACH joue un rôle primordial dans le développement du secteur d'hydrocarbures. C'est qu'au début des années 90 que commence l'investissement à progressé et à s'ouvrir aux entreprises étrangères, la plupart des partenariats de la compagnie nationale SONATRACH commencent à faire les contrats de recherche, d'exploitation et de raffinage.

Le graphique qui suit, nous montre la production commercialisée en million de tep de l'année 2013 et 2014 :

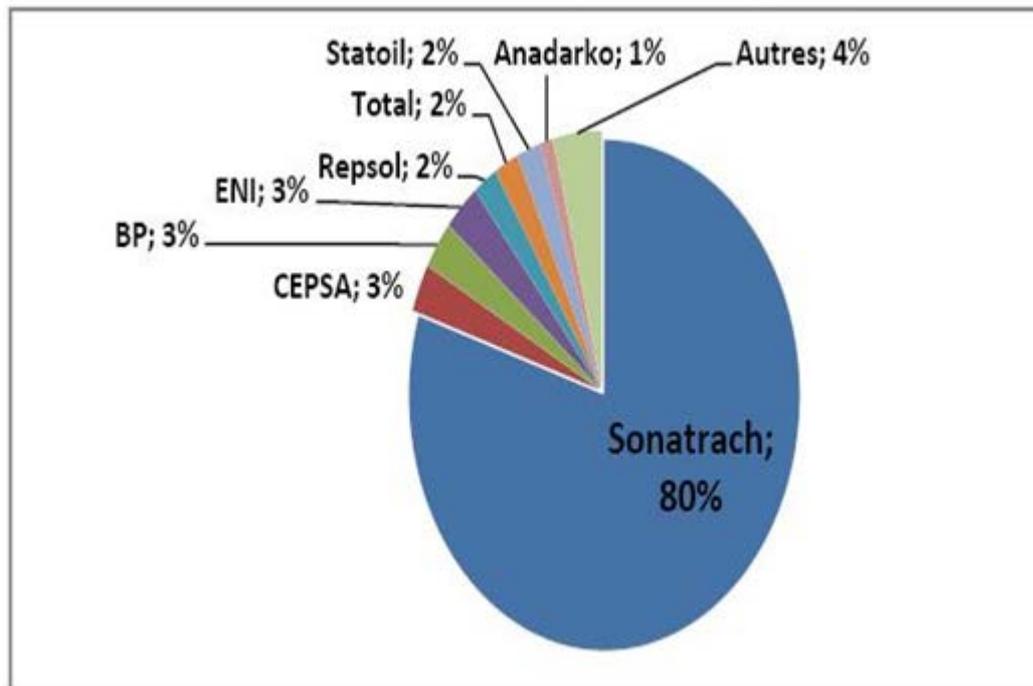
12 Ces statistiques se trouvent dans le site web : www.tresor.economie.gouv.fr/File/392576

Graphique 3.4 : la production totale commercialisé de la SONATRACK (2013-2014)



Source : SONATRACK, une société pétrolière et gazière intégré, ‘des réalisations et Des engagements’, page 13 Année 2015.

Cependant, La SONATRACH continue d’exploiter 80% des actifs de production des hydrocarbures en Algérie. La figure qui suit nous montre la répartition des actifs de production des hydrocarbures par exploitants en 2012 de la société SONATRACH.

Figure 3.5 Répartition des actifs de production des hydrocarbures par exploitants en 2012

Source : <https://www.tresor.economie.gouv.fr/File/392576> jour de vue le 3/4/2015

On remarque que la société SONATRACH possède le plus grand actif de production des hydrocarbures.

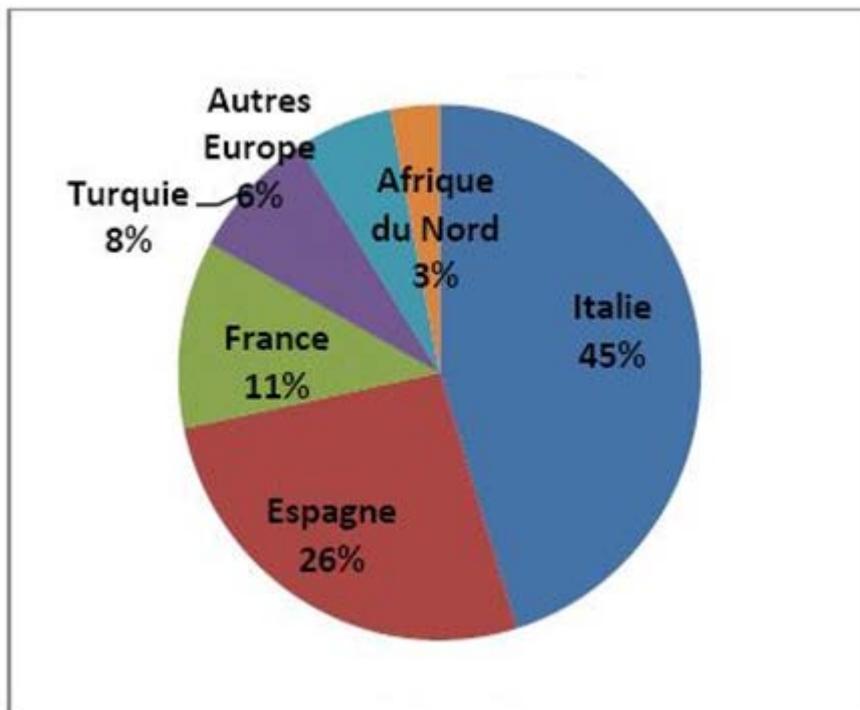
Le cadre des investissements a été modifié par la loi n°13-01 du 20 février 2013 afin d'accroître l'attractivité du secteur pour les investisseurs étrangers. Les modifications apportées concernent l'assouplissement des conditions d'exercice des activités de prospection et de recherche des hydrocarbures, la réforme de la fiscalité, et notamment celle des gisements à plus faible rendement, et l'autorisation de l'exploitation des hydrocarbures non conventionnels en établissant le cadre légal à son exploitation

En ce qui concerne l'exportation des hydrocarbures, l'Algérie est classé le 6ème exportateur mondial de gaz et le 10° de pétrole brut. Le gaz algérien est exporté à 70 % par gazoduc et 30 % sous forme de gaz naturel liquéfié, ce qui place l'Algérie au 7ème rang mondial des exportateurs de GNL. Les exportations d'hydrocarbures et produits dérivés ont généré 72 Mds USD de recettes, soit 97% du total de la valeur des exportations algériennes en

2011. Elles se composent de 13,6 Mds USD pour le gaz, de 28,8 Mds s USD pour le pétrole brut et de 22;7 Mds USD pour les produits dérivés (condensats, produits raffinés et GPL).

L'union européenne représente le principal client du gaz et du pétrole algérien : En absorbant 88,6 % des exportations algériennes de gaz, soit 10 % de son approvisionnement. L'Europe est le principal client en terme gaziers, et à-propos du pétrole, elle reçoit près de 52% des exportations algériennes devant les états unies (29%) et le canada (13%). Les figures qui suivent nous donnent les principales destinations des exportations pétrolières et gazières de l'année 2011 et 2012.

Figure 3.6 .Principales destinations des exportations gazières en 2012.



Source : <https://www.tresor.economie.gouv.fr/File/392576> jour de vue le 3/4/2015

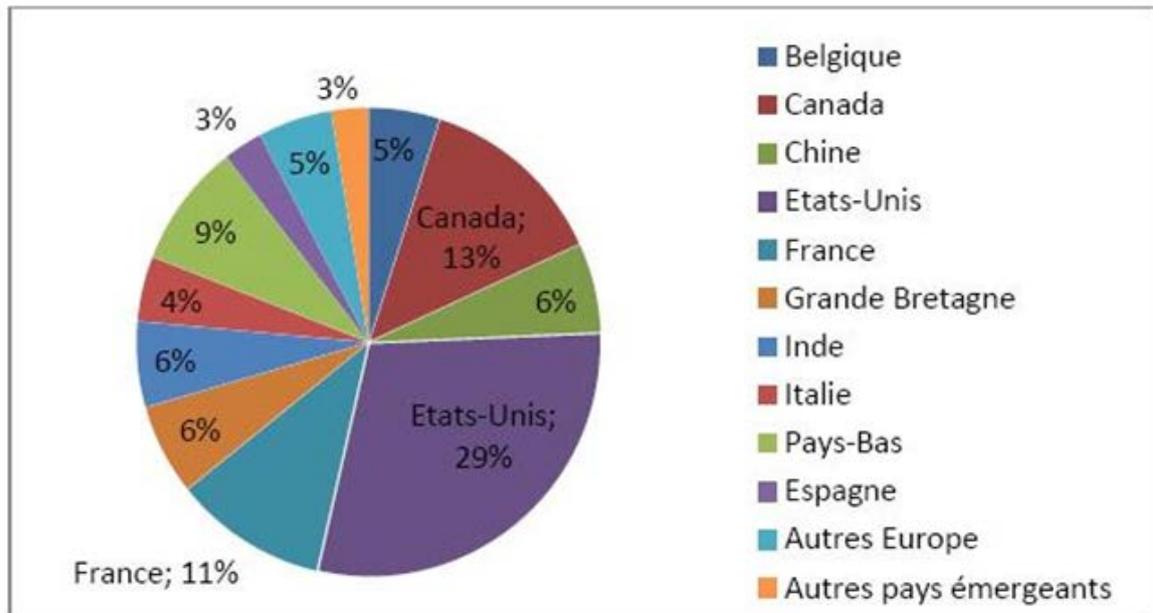


Figure 3.7. Exportations pétrolières par destination en 2011.

Sources : <https://www.tresor.economie.gouv.fr/File/392576> jour de vue le 3/4/2015

Concernant Les réserves des hydrocarbures non conventionnels c'est-à-dire le gaz de Schiste, sont estimés de 700 trillions de m³, ce qui correspond à quatre fois le niveau des réserves gazières actuelles et les troisièmes réserves les plus importantes dans le monde.

Cependant, concernant les réserves du pétrole, on spécifie trois types : les réserves prouvées, qui représentent la quantité raisonnablement certaine d'être extrait (90% de chance de l'être), les réserves probables, qui représentent la quantité qui pourra être extrait (50% de chance de l'être) et les réserves possibles, qui sont les réserves les moins chances à extraire (10% de chance de l'être). Les tableaux (3.3 et 3.4) qui suivent nous donnent les estimations des réserves prouvées du pétrole et du gaz naturel durant la période 2002-2010 en Millions de barils et la production pétrolière selon la période 2002-2010.

Tableau 3.3 : les estimations des réserves prouvées du pétrole en millions de barils

(2002-2010)

Année	2002	2003	2004	2005	2006	2008	2009
Réserves prouvées	13100	13100	11870	12460	11000	14790	13420

Source : http://www.statistiques-mondiales.com/reserves_de_petrole.htm jour de vue le 6/6/2015

D'après le *tableau 3.3*, nous remarquons que les réserves prouvées sont en baisse à partir de l'année 2004. Si on veut comparer les réserves pétrolières et gazières de l'Algérie par rapport à d'autres pays du Maghreb ou du Moyen Orient, le tableau qui suit illustre cette comparaison entre différentes nations (principalement entre le Maghreb et le Moyen Orient) :

Tableau 3.4 .Réserves pétrolières et gazières du Maghreb et du Moyen-Orient en 2011.

Pays	Réserves pétrolière en milliards de barils (mb)	Poids par rapport aux réserves mondiales (%)	Réserves gazières en milliard de m ³	Poids par rapport aux réserves mondiales (%)
Algérie	12,2	0,9	4500	2,4
Égypte	4,5	0,3	2200	1,2
Libye	46,4	3,4	1500	0,8
Total Maghreb		4,6		4,4
Arabie Saoudite	264, 5	19,1	8000	4,3
Émirats arabes unis	97,8	7,1	6000	3,2
Irak	115	8,3	3200	1,7
Iran	137	9,9	29600	15,8

Koweït	101,5	7,3	1800	1
Qatar	25,9	1,9	25300	13,5
Syrie	2,5	0,2	300	0,1
Yémen	2,7	0,2	500	0,3
Total Moyen Orient		54,4		40,5

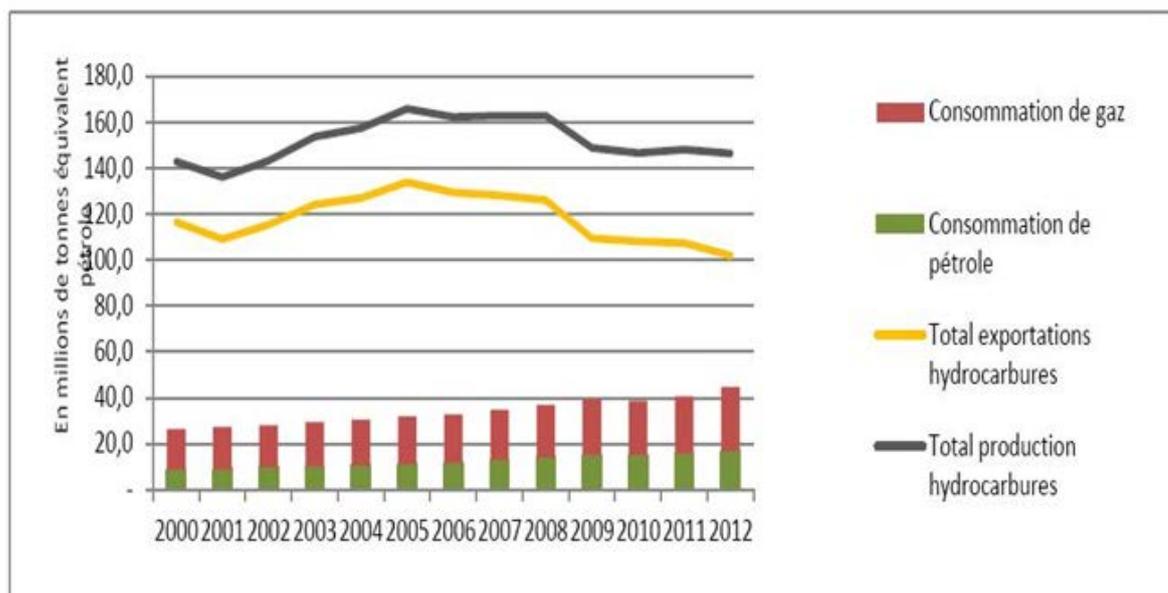
Source : PDF de Panorama 2012_05-VF_Pays-Pétroliers-Gazier-Maghreb.pdf-Abope Reader

Page 2.jour de vue le 3/3/2015.

D'après ce tableau, on remarque que l'Algérie occupe la 2^{ème} place aux Niveaux des pays du Maghreb, après la Libye concernant les réserves pétrolières et qui sont estimés à 12,2 milliards de baril en 2011. Et occupe la 8^{ème} place, si on comparant cette estimation au niveau des pays du moyen Orient. Concernant les réserves gazières, elle se classe la 1^{ère} au niveau du Maghreb, avec une estimation de 4500m³ et prend la 5^{ème} place aux niveaux des pays du moyen orient, un poids par rapport aux réserves mondiale, qui est estimé à 2,4%.

En outre, la figure qui suit indique que la production des hydrocarbures est stable, principalement durant la période 2008-2012

Figure 3.8. Consommation, production, exportation d'hydrocarbures entre 2000 et 2012.



Source : <https://www.tresor.economie.gouv.fr/File/392576>

Cette figure, illustre qu’à partir de l’année 2008, le total de la production des hydrocarbures commence à diminuer, ce qui a probablement réduit l’exportation des hydrocarbures. Et la consommation de cette ressource augmente d’une façon stable.

Comme précité, notre pays est le cinquième exportateur mondial du gaz naturel. Le tableau qui suit nous montre la Production de condensats et de liquides de gaz naturel(LGN) en Algérie par rapport à d’autres pays du Maghreb et du Moyen Orient. Et les prévisions de capacités à produire pour l’année 2016. (Tableau3.5)

Tableau 3.5 .Production de condensats et de liquides de gaz naturel(LGN) au Maghreb et au Moyen-Orient (m³).

Pays	2010	2016
Algérie	0,61	0,73
Libye	0,11	0,2
Arabie saoudite	1,55	1,82
Émirats arabes unis	0,56	1,03

Iran	0,53	0,87
Qatar	0,90	1,26

Source : PDF de Panorama 2012_05-VF_Pays-Pétroliers-Gazier-Maghreb.pdf-Abope Reader

Page 5. Jour de vue 5/5/2015.

Observant, dans ce tableau, que la production de condensats et de (LGN) en Algérie atteindra les 0,73 m³ en 2016. Si on comparant à L'Arabie Saoudite, cette valeur atteindra les 1,82m³ en 2016.

En outre, la Société SONELGAZ est le groupement algérien chargé de la production, le transport et de la distribution de l'électricité et du gaz dans le pays. En 2002, la loi n° 02-01 du 05 février 2002 correspondante à l'électricité et la distribution du gaz par canalisations, débouche les activités de production de l'électricité à la concurrence, suivant à l'article 06 de la dite loi, posant ainsi fin à son monopole dans ce domaine. La société a pu garder uniquement la gestion du réseau de transport de l'électricité conformément à l'article 29 de la même loi. Le tableau qui suit nous montre quelques chiffres sur la production et vente de l'énergie d'électricité durant la période (2009-2011) :

Le tableau 3.6 : la production et vente d'électricité (2009-2011) en GWh

	2009	2010	2011
Production nationale	43099	45615	49257
ProductionSPE (filiale Sonelgaz production électricité)	26772	24245	26847
Production des opérateurs privés	15598	20927	22025

Ventes d'électricité	33817	358031	38900
Hante tension	7035	7220	7816
Moyen tension	9775	102011	10879
Basse tension	17007	183831	20205

Source : www.ons.dz, jour de vue 4/4/2014.

Cependant, Le groupe SONELGAZ s'est engagé dans le domaine des énergies nouvelles et renouvelables. Dans un nouveau programme de développement des énergies renouvelables, la Société envisage la réalisation de 67 projets de centrales électron-solaires, dont 27 centrales photovoltaïques, 27 centrales hybrides, 6 centrales solaires thermiques et 7 centrales éoliennes. Les plus puissantes centrales solaires seront de type solaire thermique, avec une capacité maximale de 400 MW pour l'une d'entre elle. Pour une question d'efficacité optimale, elles seront toutes installées dans les régions du sud, notamment dans les wilayas d'Adrar, d'El Oued et de Béchar.

3.2. l'Importance des ENR dans le développement durable en Algérie

3.3.1. Définition et développement mondiale du concept des énergies renouvelables (ENR)

Une énergie est dite renouvelable lorsqu'elle est prélevée sur un flux naturel et non sur des réserves qui ne se reconstituent pas. Les énergies renouvelables peuvent donc être constamment extraites de l'environnement, ce qui ne veut pas dire en quantités illimitées pour une période ou à un moment donnés¹³.

Les ENR sont inépuisables, donc la notion de réserves n'a aucune relation avec ces énergies dont la principale source est le soleil.

¹³ Définition de l'ouvrage « de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1ère Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 524.

L'agence internationale de l'Energie (world Energy Outlook) de 2009 a publié des rapports sur les données des estimation statistiques des capacités de production électrique en GW au niveau mondial pour les différentes énergies renouvelables et non renouvelables, le tableau 3.7, nous montre ces capacités de production en GW.

Tableau 3.7 .Les capacités en GW de production électrique des ENR et non renouvelable

de 2007-2030.

			Capacité (GW)			Parts	En %	Taux de croissance annuel (%)
	2007	2015	2020	2025	2030	2007	2030	2007- 2030
Capacité totale	4509	5728	6284	7026	7821	100	100	2,4
Charbon	1440	1897	2108	2408	2705	32	35	2,8
Pétrole	445	422	345	300	268	10	3	-2,2
Gaz	1168	1464	1573	1749	1972	26	25	2,3
Nucléaire	371	411	427	459	475	8	6	1,1
Hydro	923	1099	1196	1289	1382	20	18	1,8
Biomasse et déchets	46	71	91	114	146	1	2	5,2
Eolien	96	295	422	522	600	2	8	8,3
Géothermique	11	16	19	22	26	0	0	4
Solaire	9	53	102	162	244	0	3	15,3

Marées et vagues	0	1	1	1	3	0	0	11,5
------------------	---	---	---	---	---	---	---	------

Source : l'ouvrage « de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1^{ère} Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 526.

Plusieurs remarques sont établies à travers ce tableau :

- Les ENR se constituent de plusieurs types : hydraulique, biomasse et déchets, éolien, géothermique, solaire, marées et vagues....etc.
- Les ENR qui ont un taux de croissance plus élevés et un potentiel significatif sont l'énergie éolienne, la biomasse et l'énergie solaire.
- Les ENR doivent être en complément avec les énergies non renouvelables, et pas en opposition avec elles.
- Il est nécessaire d'analyser l'incidence sur les réseaux électriques de la montée en importance des ENR et plus principalement, sur les systèmes énergétiques (gestion de la production, du transport, de la distribution et de la vente).
- En outre, le développement des ENR et les énergies non renouvelables ont des problèmes communs, qui se trouvent dans : le choix des technologies, la sécurité D'approvisionnement ou insertion dans les réseaux.
- Remarquant que le taux de croissance annuel du pétrole présumé par the EIA, entre 2007 et 2030 est estimé d'une valeur négative (-2%).

Cependant, Les économistes Jean-pierre HANSEN et jacques PERCEBOIS dans leurs ouvrages proposent trois illustrations consacrées aux problèmes énergétiques :

- À l'incidence de l'énergie (et de la puissance) éolienne sur les grandes systèmes électriques.
- À la problématique de l'approvisionnement dans l'utilisation de la biomasse.
- Aux choix technologiques dans le secteur de l'énergie photovoltaïque.

À l'échelle mondiale, les ENR ont connues un développement accru principalement dans l'union européenne, aux USA et en Chine. Par exemple, la filière éolienne connaît un développement très important au début des années 1990. La puissance installée a augmenté de 27GWe dureant l'année 2008 pour atteindre un total de 120GWe, ce qui représente une hausse de 28% par rapport à 2007.les tableaux qui suivent, nous renseignent sur les

puissances installées en 2007 et à la fin de l'année 2008 aux Etats Unies et l'Union Européenne ainsi que la Chine et l'Inde.

Tableau 3.8 .Les puissances installées dans différents régions en 2007.

	MW	%
Etats Unies	25170	20,8
Chine	23903	19,8
Inde	16754	13,9
Allemagne	12210	10,1
Espagne	9645	8,0
Italie	3736	3,1
France	3404	2,8
Royaume-Uni	3241	2,7
Portugal	3180	2,6
Canada	2862	2,4
Le reste du monde	16693	13 ,8
Total top 10	104104	86,2
Total mondial	120798	100,0

Source : l'ouvrage « de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1^{ère} Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 524.

Tableau 3.9. Les puissances installées dans différents régions en 2008.

	MW	%
Etats-Unis	8358	30,9
Chine	6300	23,3

Inde	1800	6,7
Allemagne	1665	6,2
Espagne	1609	5,9
Italie	1010	3,7
France	950	3,5
Royaume-Uni	836	3,1
Portugal	712	2,6
Canada	526	1,9
Reste du monde	3285	12,2
Total top 10	23766	87,8
Total monde	27051	100,0

Source : l'ouvrage « de HANSEN.J.P.et J.PERCEBOIS 'Energie Economie et Politique' 1^{ère} Edition De Boeck 2010, Bruxelles, la Belgique ; P 524.

Plusieurs remarques sont établis d'après *le tableau 2.9 et le tableau 2.10* :

- Le taux de croissance de l'énergie éolien est remarquable dans le marché européen et américain et indien, avec une hausse respective de puissance installée de 8,4 GWe, 8,3 GWe et 6,3 GWe. Même si l'Europe reste le premier marché en terme de puissance installée (soit 54% du marché mondial), la croissance aux Etats Unies reste supérieure (+ 49% en 2007) et en chine aussi (+106% en 2007), en comparant à l'Europe (14% de croissance). En 2008, les USA ont devancé l'Allemagne, avec 25,1 GWe, le pays dispose de puissance éolienne installée totale la plus élevée à l'échelle mondiale.

- À l'union européenne, le développement de la filière éolienne est classé en quatre catégories : -l'éolien est très développé en Allemagne, au Danemark , et en Espagne, ex .. Ces pays ont dépassé la phase dite de « repowering » et ont réalisé des projets de meilleurs rendements, en remplaçant les turbines terrestres qui existe par des turbines de meilleures

puissances- ou bien en les supprimant au profit d'éoliennes de plus forte puissance, c'est le cas du Danemark, qui prévoit de dépasser les 2000 turbines onshore installées en 2020 (3,5 GWe), en augmentant sa capacité installée offshore de 400MWe en 2009 à 2500 MWe en 2020.

- France, Portugal, Grèce, Royaume-Uni, ces pays représentant un taux de croissance élevé.
- Le développement de l'énergie éolienne est limité dans les pays bas et difficile à exécuter en Italie.

3.3.2. Les ENR dans la nouvelle politique énergétique nationale, les réalisations et les projets en cours dans le domaine des ENR¹⁴

L'Algérie commence à penser à d'autres énergies telles que les ENR dans une nouvelle politique énergétique, et s'engage dans une nouvelle ère énergétique durable. par le lancement de programme de développement des ENR et l'efficacité énergétique (PENREE). les pouvoirs publics insistent sur cette nouvelle stratégie qui se base sur les ressources inépuisables comme le soleil par exemple et permettre leur utilisation pour diversifier les sources d'énergies. Grace à ce programme, les énergies renouvelables se placent au cœur des politiques énergétiques et économiques faites par l'Algérie. En effet, ce programme ambitieux des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique consiste à installer une puissance d'origine renouvelable de 22 000 MW entre 2011 et 2030 dont 12 000 MW seront destinés à la demande nationale en électricité et 10 000 MW à l'exportation.

L'exportation de l'électricité est bien sûr conditionnée par l'existence d'une garantie d'achat à long terme, de partenaires fiables et de financements extérieurs. Aussi bien l'Algérie prévoit que d'ici 2030, à peu près 40% de la production d'électricité destinée à la consommation nationale sera d'origine renouvelable. L'Algérie s'intéresse à la production d'électricité à partir du solaire photovoltaïque et du solaire thermique qui seront les moteurs d'un développement économique durable et en même temps pour favoriser un nouveau modèle de croissance.

Le potentiel national des ENR est basé sur le solaire, l'Algérie considère cette énergie comme une source de base pour le développement économique et sociale. Et en même temps

¹⁴ Programme_ENR_ et efficacité_ énergétique_fr.pdf de l'année 2011 page 4.

la création des industries productives créatrices de richesses et d'emplois. En Comparant avec le potentiel éolien, et biomasse, ou géothermie et en hydroélectricité, ils sont beaucoup moins importants. Cela ne neutralise pas le lancement de nombreux projets de réalisation de fermes éoliennes ainsi que la mise en œuvre de projets expérimentaux en biomasse.

Le programme de développement des ENR et d'efficacité énergétique contient plusieurs éléments :¹⁵

- les capacités à installer par domaine d'activité énergétique;
- le programme d'efficacité énergétique;
- les capacités industrielles à développer pour accompagner le programme;
- la recherche et développement;
- les mesures incitatives et règlementaires.

Ce programme énergétique ajoute la réalisation, d'ici 2020, d'une soixantaine de centrales solaires photovoltaïques et solaires thermiques, de fermes éoliennes et de centrales hybrides.

Les projets des ENR de production de l'électricité destiné au marché national seront menés en trois étapes :

La première étape, faite entre 2011 et 2013, était consacrée à la réalisation de projets de base pour tester les différentes technologies disponibles.

La seconde étape, en 2014 et 2015, sera marquée par le début du déploiement du programme;

La dernière étape, de 2016 à 2020, sera celle du déploiement à grande échelle.

Ces étapes de nouvelles stratégies énergétiques permettent à l'Algérie de développer une véritable industrie du solaire associée à un programme de formation et de capitalisation qui

¹⁵ Ces cinq parties du programme se trouve dans le Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétiques de 2011 en PDF.

permettra, à long terme, d'employer le génie local algérien et de créer un savoir-faire efficient, notamment en matière d'engineering et de management de projets.

Le programme des ENR, permettra la création de plusieurs milliers d'emplois directs et indirects. Aujourd'hui, les besoins énergétiques de l'Algérie sont satisfaits, presque exclusivement, par les hydrocarbures, notamment le gaz naturel, énergie la plus disponible. Il n'est donc fait appel aux autres formes d'énergie que lorsque le gaz ne peut pas être utilisé. A long terme, la reconduction du modèle national de consommation énergétique actuel peut rendre problématique l'équilibre offre-demande pour cette source d'énergie.

Les niveaux des besoins en gaz naturel du marché national seraient à peu près de 45 milliards de m³ en 2020 et à peu près de 55 milliards de m³ en 2030. A ces besoins s'ajoutent les volumes destinés à l'exportation dont les revenus contribuent au financement de l'économie nationale.

En même temps, la production d'électricité devrait se situer entre 75 à 80 TWh en 2020 et entre 130 à 150 TWh en 2030. L'intégration massive du renouvelable dans le mix énergétique constitue en ce sens un enjeu majeur en vue de préserver les ressources fossiles, de diversifier les filières de production de l'électricité et de contribuer au développement durable.

Aujourd'hui, les énergies renouvelables entrent dans une nouvelle stratégie d'offre énergétique à long terme, en donnant un rôle important aux économies d'énergie et à l'efficacité énergétique. Cela permet, à travers une bonne maîtrise de croissance de la demande, une meilleure planification des investissements nécessaires à la satisfaction des besoins énergétiques. Le programme d'efficacité énergétique consiste, principalement, à réaliser les objectifs suivants :¹⁶

- L'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments;
- Le développement du chauffe-eau solaire;
- La généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation
- La succession de la totalité du parc de lampes à mercure par des lampes à sodium
- Vulgarisation du GPL/C et du GN/C.
- Vulgarisation de la cogénération
- La conversion au cycle combiné des centrales électriques dans les cas possibles.

16 Programme_ENR_ et efficacité_ énergétique_fr.pdf de l'année 2011 page 6.

- La L'exécution de projets de climatisation au solaire.
- Le dessalement des eaux saumâtres.

Le programme de développement des énergies renouvelables espérait toucher plusieurs secteurs d'activités tels que l'industrie. Sa mise en œuvre, placée sous l'égide du ministère de l'énergie et des mines, est destinés aux opérateurs publics et privés.

L'Algérie s'engage avec détermination en termes d'énergies renouvelables pour trouver des solutions globales et durables aux défis environnementaux ainsi que le problème de préservation des énergies épuisables d'origine fossile.

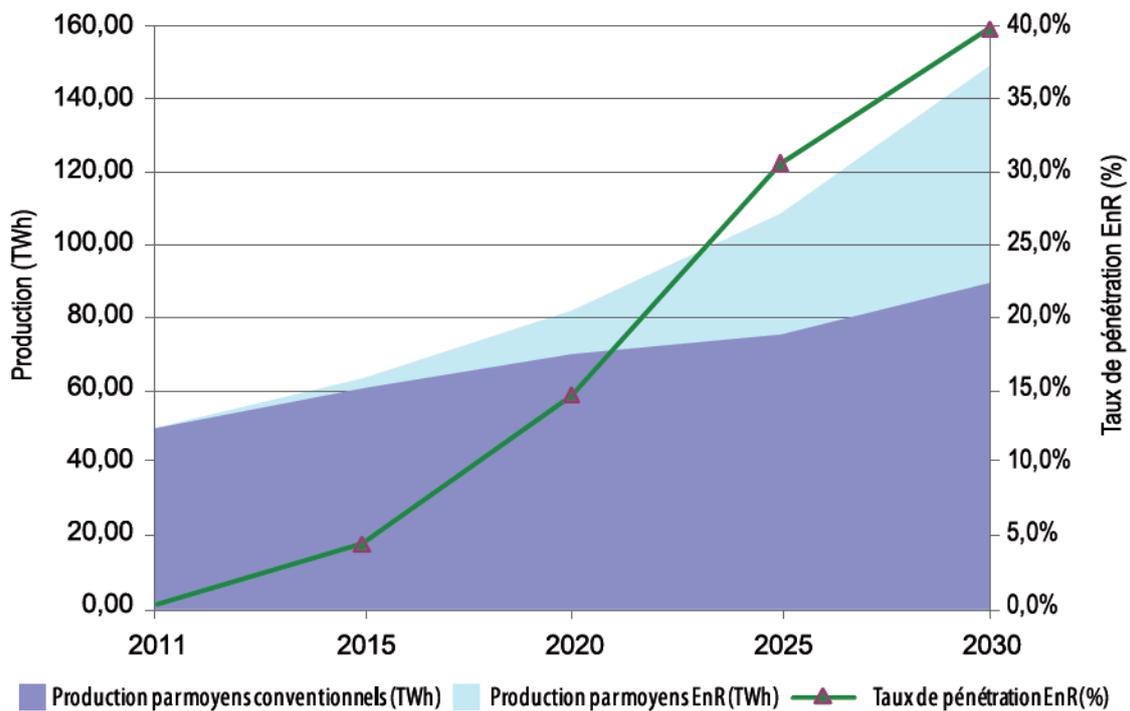
Ce nouveau choix stratégique est basé sur le potentiel en énergie solaire. Cette énergie constitue la colonne vertébrale du programme qui donne une grande importance au solaire thermique et au solaire photovoltaïque. Le solaire devrait atteindre d'ici 2030 plus de 37% de la production nationale d'électricité. Malgré un potentiel assez faible, le programme n'exclut pas l'éolien qui constitue le deuxième axe de développement durable et dont la part devrait atteindre les 3% ¹⁷ de la production d'électricité en 2030.

L'Algérie prévoit aussi l'installation de quelques unités de taille expérimentale afin de tester les différentes technologies en matière de biomasse, de géothermie et de dessalement des eaux saumâtres par les différentes filières d'énergie renouvelable.

La figure 3.9, permet de connaître la pénétration des ENR dans l'économie algérienne.

17 Programme_ENR_ et efficacité_ énergétique_fr.pdf de l'année 2011 page 4.

Figure 3.9 .Pénétration des ENR dans la production nationale en TWh.



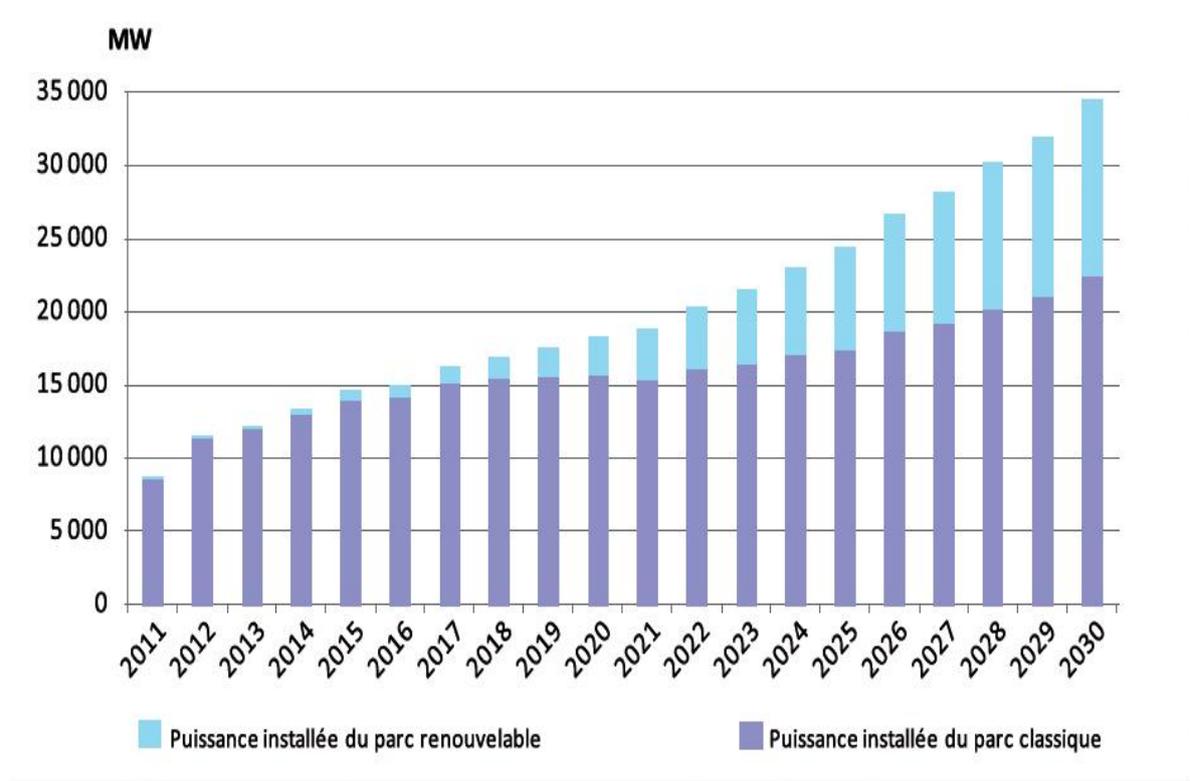
Source : centre de développement des énergies renouvelables, CDER, Said.Nouridine' DIAPORAMA sur Le Potentiel des EnR En Algérie, Page 5, Alger 2013.

Cependant, Le programme des ENR est défini dans les différentes périodes suivantes :

- En 2013, l'installation d'une puissance totale de l'ordre de 110 MW;
- pendant l'année 2015, une puissance totale de près de 650 MW serait installée.
- D'ici 2020, il est attendu l'installation d'une puissance totale d'environ 2 600 MW pour le marché national et une possibilité d'exportation de l'ordre de 2 000 MW.
- D'ici 2030, il est prévu l'installation d'une puissance de près de 12 000 MW pour le marché national ainsi qu'une possibilité d'exportation allant jusqu'à 10 000 MW.

La figure 3.10, nous permet de voir la structure du parc de la production nationale en MW durant la période de 2011 jusqu'à é 2030.

Figure 3.10 .Structure du Parc de la production Nationale en MW.



Source : Programme_ENR_ et efficacité_ énergétique_fr.pdf page 9, année 2011.

On peut résumer le nouveau programme énergétique de l'Algérie, par type de filière de production, sur la base de deux types énergétiques:

Energie solaire photovoltaïque :

L'énergie solaire photovoltaïque est définie comme étant l'énergie récupérée et transformée directement en électricité à partir de la lumière du soleil par des panneaux photovoltaïques. Elle résulte de la conversion directe dans un semi-conducteur d'un photon en électron. En plus des avantages liés au faible coût de maintenance des systèmes photovoltaïques, cette énergie répond parfaitement aux besoins des sites isolés et dont le raccordement au réseau électrique est trop onéreux. Cette méthode de lumière est pratiquée dans les wilayas suivantes : Tamanrasset, Adrar, Illizi et plusieurs d'autres wilayas du sud. Installation Photovoltaïque d'un Village Éloigné situé dans la région de Djanet

Willaya d'Illizi d'une puissance totale de 8kW financé par le Groupe SONATRACH¹⁸ Le grand avantage de l'énergie solaire photovoltaïque est une source d'énergie non polluante. Modulaires, ses composants se prêtent bien à une utilisation innovante et esthétique en architecture.

18 Dr. El Amin KOUADRI BOUDJELTHIA, 'Energies Renouvelables: un moteur principal du Développement durable en Algérie, diaporama, page 42, Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 2014.

La stratégie énergétique de l'Algérie repose sur l'accélération du développement de l'énergie solaire. L'état lancera plusieurs projets solaires photovoltaïques d'une capacité totale d'environ 800 MWc d'ici 2020. Et plusieurs d'autres projets d'une capacité de 200 MWc par an devraient être réalisés sur la période 2021-2030.

Energie solaire thermique :

L'énergie solaire thermique est la transformation du rayonnement solaire en énergie thermique. Cette transformation peut être utilisée directement (pour chauffer un bâtiment par exemple) ou indirectement (comme la production de vapeur d'eau pour entraîner des turboalternateurs et obtenir de l'énergie électrique). En utilisant la chaleur transmise par rayonnement plutôt que le rayonnement lui-même, ces modes de transformation d'énergie se distinguent des autres formes d'énergie solaire comme les cellules photovoltaïques.

La radiation directe du soleil est concentrée par un collecteur sur un échangeur où elle est cédée à un fluide, soit vaporisé directement, soit transportant la chaleur à un générateur de vapeur. Tous les systèmes ont en commun un certain nombre d'organes : un collecteur qui concentre la chaleur, un liquide ou un gaz caloporteur qui la transporte jusqu'à un point d'extraction, un évaporateur, un condenseur, une turbine et un alternateur.¹⁹

On appelle « concentrating solar power » (CSP), le solaire thermique qui peut répondre à la demande en électricité de jour comme de nuit en étant couplé à des moyens de stockage thermique ou hybridé avec d'autres énergies comme le gaz.

Deux projets pilotes de centrales thermiques à concentration avec stockage d'une puissance totale d'environ 150 MW chacune seront lancés sur la période 2011-2013. Ces projets s'ajouteront à la centrale hybride de Hassi R'Mel d'une puissance de 150 MW, dont 25 MW en solaire.

Sur la période 2016-2020, quatre centrales solaires thermiques avec stockage d'une puissance totale d'environ 1 200 MW devraient être mises en service. Le programme de la phase 2021-2030 prévoit l'installation de 500 MW par an jusqu'en 2023, puis 600 MW par an jusqu'en 2030.

Cependant on trouve trois types de solaire thermiques²⁰ :

19 Programme_ENR_ et efficacité_ énergétique_fr.pdf de l'année 2011 page 10.

20 Ministère de l'Energie et des Mines, 'Guide des Energies Renouvelables, Page, 10 et 11. Edition 2007.

a) Les capteurs solaires thermiques :

La chaleur est reprise grâce à un liquide (eau + antigel ou air) caloporteur, qui s'échauffe en roulant dans un absorbeur placé sous un vitrage. Celui-ci laisse entrer la lumière solaire et diminue les pertes par rayonnement infrarouge de l'absorbeur en utilisant l'effet de serre. Ce vitrage permet aussi de limiter les échanges de chaleur avec l'atmosphère.

Le capteur solaire sera d'autant plus adapté que le parement de l'absorbeur aura un coefficient d'absorption élevé et un coefficient d'émission faible. Les matériaux qui présentent ces caractéristiques sont dits «sélectifs». Les performances du capteur sont encore modernisées en isolant la face arrière de la troupe.

b) Le chauffe-eau solaire :

Le chauffe-eau solaire est constitué de trois importants éléments :

- des capteurs thermiques vitrés qui reçoivent le rayonnement solaire,
- un ballon de stockage de l'eau sanitaire,
- un ensemble de régulation.

c) Centrales solaires thermiques :

Dans ce type de cas, il est probable d'utiliser l'énergie du soleil au niveau industrielle pour la production d'électricité. On outre le rayonnement solaire transformé en chaleur. Dans les concentrateurs cylindro-paraboliques et solaires à tour, il est obtenu, par la concentration de la lumière solaire, un niveau de température permettant l'utilisation des turbines raccordées de la centrale. Les systèmes collecteurs concentrant peuvent atteindre des températures utilisables environ près de 1000°C et qui sont obligatoires car les collecteurs plats ou à tubes vides ne peuvent pas atteindre le niveau de température nécessaire sans haute concentration. La transformation ultérieure de l'énergie calorifique en énergie électrique correspond à celle des usines à turbines à vapeur ou à gaz.

Les technologies utilisées dans les centrales photovoltaïques et les centrales thermiques ²¹:

Les Centrales Héliothermiques à Concentration : CSP

- Les centrales Cylindro-paraboliques
- Les centrales à Concentration Linéaire de Fresnel
- Les Centrales à Tour
- Les Centrales Parabole/Stirling

Les Centrales Photovoltaïques : PV

- Silicium Monocristallin
- Silicium Multicristallin
- Couches Minces CdTe
- Silicium Amorphe a-Si

Energie éolienne²² :

Par définition²³, l'énergie éolienne est l'énergie produite par le vent. Les applications de l'énergie éolienne sont variées mais la plus importante consiste à fournir de l'électricité. Ce sont des parcs d'aérogénérateurs ou «fermes» éoliennes. Ils mettent en oeuvre des machines de moyenne et grande puissance (200 à 2 000 kW).

Des systèmes autonomes, de 500 W à quelques dizaines de kW, sont intéressants pour électrifier des sites isolés du réseau électrique (îles, villages...). et on trouve deux production dans cette énergie : la première, celle de La production d'énergie mécanique, qui se fait grâce au vent Les éoliennes mécaniques servent généralement au pompage de l'eau. L'hélice entraîne un piston, qui remonte l'eau du sous-sol. Cette technique est bien adaptée pour satisfaire les besoins en eau (agriculture, alimentation, hygiène) de villages isolés. La deuxième celle de La production d'électricités par aérogénérateurs, c'est grâce à L'énergie du vent prélevée sur les pales entraîne le rotor, couplé à la génératrice, qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique. Celle-ci est ensuite distribuée aux normes sur le réseau, par un transformateur.

21 *Centre de Développement des Énergies Renouvelables, CDER, Said.Nourdine'DIAPORAMA sur Le Potentiel des EnR En Algérie, Page 6, Alger 2013.*

22 Cette définition de l'énergie éolienne se trouve dans le Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétiques de 2011 en PDF P11.

23 Ministère de l'Énergie et des Mines, 'Guide des Energies Renouvelable', Page 14,15, Edition 2007.

Le programme des ENR dans la filière éolienne à réaliser le projet durant la période 2011-2013 : l'installation de la première ferme éolienne d'une puissance de 10 MW à Adrar. Entre 2014 et 2015, deux autres fermes éoliennes de 20MW devraient être réalisées entre les périodes 2014 et 2015. Des recherches et des études seraient menées pour détecter les emplacements favorables et cela pour réaliser d'autres projets sur la période 2016-2030, pour une puissance d'à peu près 1700MW.

En ce qui concerne le programme d'efficacité énergétique, l'Algérie compte exploiter et préserver toutes les ressources épuisables et inépuisables afin de satisfaire les besoins de la consommation à long terme et permettre l'exportation de ces énergies. L'objectif de ce programme consiste à produire les mêmes biens ou services contenus dans le programme des ENR, en utilisant le moins d'énergie possible. Ce programme contient des actions qui privilégient le recours aux formes d'énergie les mieux adaptées aux différents usages et nécessitant la modification des comportements et l'amélioration des équipements.

Le programme d'efficacité énergétique comporte les éléments suivants²⁴ :

Isolation thermique des bâtiments :

Aujourd'hui, la consommation du secteur des bâtiments représente plus de 42% de la consommation finale.

Les actions de maîtrise de l'énergie proposées pour ce secteur portent sur l'introduction de l'isolation thermique des bâtiments qui permettra de réduire d'à peu près 40% la consommation d'énergie liée au chauffage et à la climatisation des logements.

Développement du chauffe-eau solaire :

L'utilisation du chauffe-eau solaire (CES) en Algérie reste limitée mais les capacités sont importantes. Il est prévu, le développement du chauffe-eau solaire en le substituant progressivement au chauffe-eau traditionnel. L'acquisition d'un chauffe-eau solaire est soutenue par le fonds national pour la maîtrise de l'énergie (FNME).

Généralisation de l'utilisation des lampes à basse consommation d'énergie

L'objectif précis de la stratégie d'action sera l'interdiction graduelle de la commercialisation des lampes à incandescence (lampes classiques qui sont utilisées par les

24 Programme_ENR_ et efficacité_ énergétique_fr.pdf de l'année 2011 page 14.

ménages) sur le marché national à l'horizon 2020. En parallèle, il est prévu la mise sur le marché de quelques millions de lampes à basse consommation. Au même temps, la production locale des lampes à basse consommation sera encouragée par le recours au partenariat entre les producteurs locaux et étrangers.

Introduction de la performance énergétique dans l'éclairage public

Le poste éclairage public est l'un des postes les plus énergivores du patrimoine des collectivités locales. Des fois, les responsables de ces collectivités sont mal informés ou bien très peu informés des possibilités d'amélioration, ou de réduction de la consommation énergétique de ce poste.

Le programme de maîtrise de l'énergie destiné aux collectivités locales consiste à substituer la totalité des lampes à mercure (énergivores) par des lampes à sodium (économiques).

Promotion de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel : Le secteur industriel représente environ le quart de la consommation énergétique finale du pays. Il sera prévu dans ce secteur ²⁵:

Le cofinancement des audits énergétiques et des études de faisabilité qui permettront aux entreprises de définir avec précision les solutions technico-économiques les mieux adaptées pour réduire leur consommation énergétique;

Le cofinancement des surcoûts liés à l'introduction de l'efficacité énergétique pour les projets viables techniquement et économiquement.

Promotion du GPL/C

A l'horizon 2020, il est prévu d'augmenter la part de marché du gaz de pétrole liquéfié carburant (GPL/C) dans le parc automobile à hauteur de 20%.

Ce programme prévoit d'accorder une aide financière directe aux bénéficiaires qui souhaiteraient convertir leurs véhicules au GPL/C.

Promotion du GN/C

25 Programme_ENR_ et efficacité_ énergétique_fr.pdf de l'année 2011 page 15.

Un programme d'étude a été initié dans les années 1990, pour la conversion au gaz naturel carburant (GN/C) des véhicules utilitaires roulant au gasoil. Des installations ont été réalisées par SONELGAZ pour la distribution de ce carburant à une flotte expérimentale.

Il est prévu d'ici 2013 de faire fonctionner au GN/C plusieurs dizaines de bus pour la ville d'Alger et d'étendre l'opération aux autres grandes villes d'Algérie d'ici 2020.

Introduction des principales techniques de climatisation solaire :

L'utilisation de l'énergie solaire pour la climatisation est une méthode à appliquer principalement dans le sud du pays, en plus, les besoins en froid coïncident, la plupart du temps, avec la disponibilité du rayonnement solaire (fonctionnement au fil du soleil)

Le champ de capteurs solaires pourrait servir à la production d'eau chaude sanitaire et au chauffage des locaux pendant la saison froide. Le rendement global de l'installation est de ce fait très intéressant.

En 2013, des études étaient lancées pour s'approprier et maîtriser les techniques de rafraîchissement solaire qui permettront de retenir le système le mieux adapté au contexte algérien. Deux projets pilotes de climatisation par machine à absorption et par machine à adsorption porteront sur la climatisation solaire de bâtiments au sud du pays.

Pour permettre le développement réel des ENR, la stratégie énergétique vise à améliorer le secteur industriel et développer la recherche et le développement, plusieurs mesures ont été prises en charge pour l'accélération du développement du tissu industriel. Ce développement sera dans le solaire photovoltaïque et le solaire thermique²⁶ :

Le solaire photovoltaïque :

Grâce à la réalisation d'une usine de fabrication de modules photovoltaïques d'une capacité équivalente à 120 MWc/an par le Groupe SONELGAZ à travers sa filiale Rouïba-Eclairage, en 2013, la stratégie énergétique a permis à l'industrie algérienne d'atteindre un taux d'intégration de 60%, sur la période 2011-2013. Cette période a été marquée par des actions de renforcement de l'activité d'engineering et d'appui au développement de l'industrie photovoltaïque à travers la constitution d'une joint-venture qui regroupera les différents

26 Programme_ENR_ et efficacité_ énergétique_fr.pdf de l'année 2011 page 18-19.

acteurs (Rouiba-Eclairage, SONELGAZ, CREDEG, CDER et UDTS) en partenariat avec des centres de recherche.

Sur la période 2014-2020, l'objectif est d'atteindre un taux d'intégration des capacités algériennes de 80%. Et pour réaliser ce but, il est prévu la construction d'une usine de fabrication de silicium. En même temps, la création d'un réseau de sous-traitance nationale pour la fabrication des onduleurs, des batteries, des transformateurs, des câbles et d'autres équipements entrant dans la construction d'une centrale photovoltaïque.

L'Algérie devrait disposer aussi des capacités de conception, de procurement et de réalisation capables d'atteindre un taux d'intégration de l'ordre de 60% par des entreprises algériennes.

Il est prévu aussi la réalisation d'un centre d'homologation des équipements destinés aux installations des ENR dans la même période.

Sur la période 2021-2030, le but est de permettre d'arriver à un taux d'intégration supérieur à 80%, pour cela la capacité de production des modules photovoltaïques devrait être étendue pour atteindre les 200 MWc/an. Cette période serait marquée par le développement d'un réseau de sous-traitance nationale pour la fabrication des équipements nécessaires à la construction d'une centrale photovoltaïque. Elle devrait également être marquée par la maîtrise totale des activités d'engineering, d'approvisionnement et de construction des centrales et des unités de dessalement des eaux saumâtres.

Dans cette même période, il est prévu l'exportation de l'électricité et les équipements aussi qui entrent dans la production d'électricité à partir des énergies renouvelables.

Solaire thermique :

La période 2011-2013 connaît le lancement des études pour la fabrication locale des équipements de la filière solaire thermique.

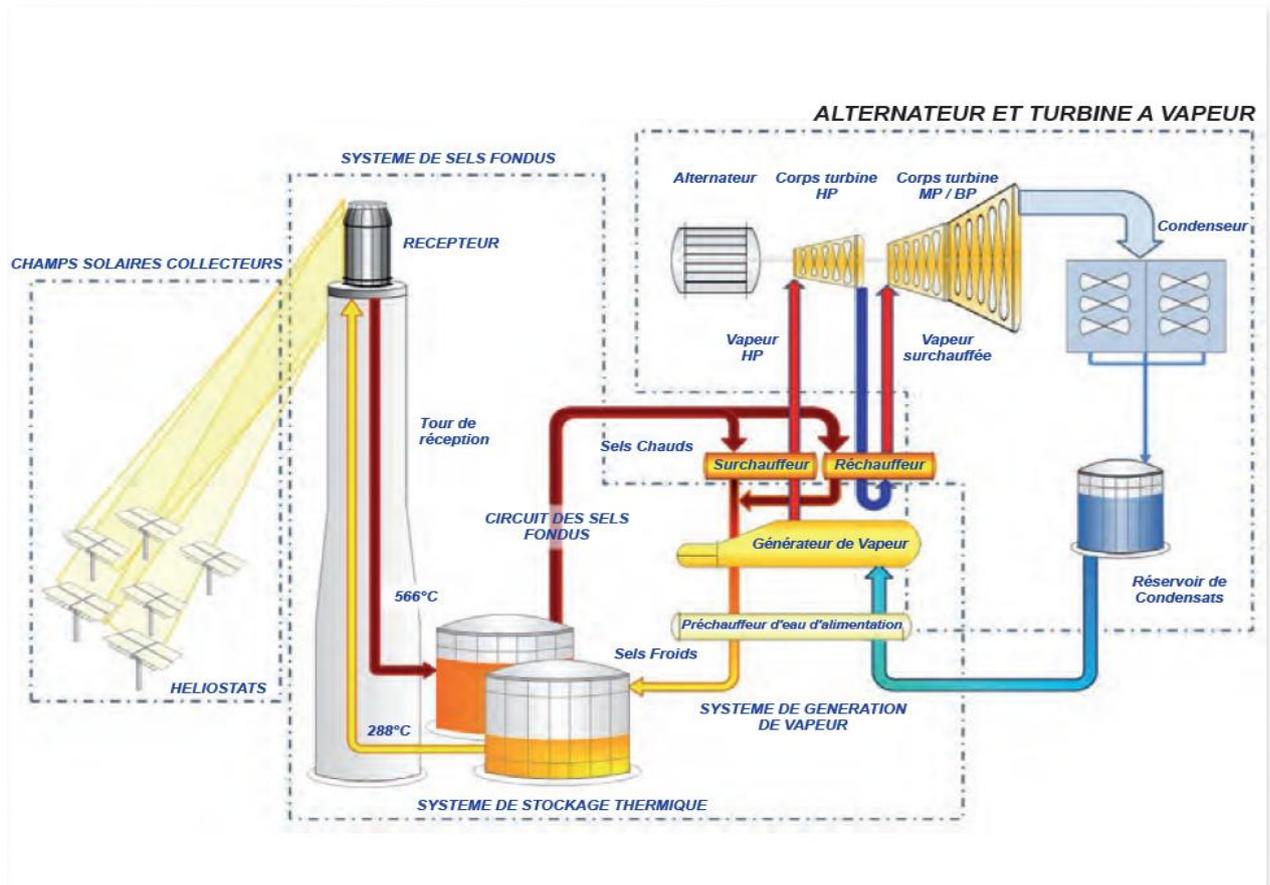
Sur la période 2014-2020, il est prévu un taux d'intégration de 50% à travers la mise en œuvre de trois projets majeurs qui seront menés en parallèle à des actions de renforcement des capacités d'engineering :

- construction d'une usine de fabrication de miroirs;

- construction d'usines de fabrication d'équipements de fluide caloporteur et de stockage d'énergie;
- construction d'une usine pour la fabrication des équipements du bloc de puissance;
- développement de l'activité engineering et capacités de conception, procurement et réalisation.

La figure qui suit nous montre le processus d'une centrale thermique solaire avec stockage :

Figure 3.11. Processus d'une centrale thermique solaire avec stockage.



Source : Programme_ENR_ et efficacité_énergétique_fr.pdf page 20, année 2011.

Sur la période 2021-2030, le taux d'intégration devrait être supérieur à 80% grâce à la concrétisation des projets suivants :

- L'élargissement de la capacité de fabrication des miroirs;
- L'élargissement de la capacité de fabrication d'équipements de fluides caloporteurs et de stockage d'énergie;
- L'élargissement de la capacité de fabrication des équipements du bloc de puissance;
- conception, approvisionnement et réalisation de centrales par des moyens propres

Eolien :

En 2013, le lancement des études pour la mise en place de l'industrie éolienne. Sur la période 2014-2020, le but est d'augmenter le taux d'intégration à 50%. Cette période sera marquée par la réalisation des projets suivants²⁷ :

- La fabrication d'usine de mâts et de rotors d'éoliennes.
- La création d'un réseau de sous-traitance nationale pour la fabrication des équipements de la nacelle.
- L'augmentation des compétences de l'activité engineering et capacités de conception.
- Approvisionnement et réalisation capables d'atteindre un taux d'intégration d'au moins 50% par des entreprises algériennes.
- Le taux d'intégration devrait augmenter à 80% sur la période 2021-2030, grâce à l'élargissement des capacités de fabrication des mâts et des rotors d'éoliennes et le développement d'un réseau de sous-traitance nationale pour la fabrication des équipements de la nacelle. Il est prévu aussi la conception, l'approvisionnement et la réalisation d'éoliennes par des moyens propres ainsi que la maîtrise des activités d'engineering, d'approvisionnement et de construction de centrales et d'unités de dessalement des eaux saumâtres.

Cependant, dans le cadre législatif, Plusieurs textes (Lois) dirigent le domaine des énergies renouvelables en Algérie²⁸:

- La loi n° 02-01 du 05 février 2002 relative à l'électricité et à la distribution du gaz par canalisations et ses textes d'application.
- Loi n° 04-09 du 14 août 2004 relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.
- Ordonnance n° 01-03 du 20 août 2001 relative au développement de l'investissement.

La loi n° 09-09 du 30 décembre 2009 portant loi de finances pour 2010 (création du FBER).

27 Programme_ENR_ et efficacité_ énergétique_fr.pdf de l'année 2011 page 21.

28 Saïd Nourdine diaporama ' Potentiel EnR de l' Algérie, CDER, page 28, Centre de Développement des Energies Renouvelables, Alger, 2013.

Conclusion :

D'après l'étude des capacités énergétiques en Algérie, notre pays contient de grandes richesses en matière de combustibles fossiles tels que le pétrole et le gaz naturel. Mais la production est en baisse à partir de l'année 2007, (le pétrole), sans oublier de dire que les déterminants des prix du pétrole reste dépendante des facteurs exogènes. La société SONATRACH est la société chargée de la production, de la commercialisation et du transport du pétrole, les principales activités de cette société sont les activités en Amont et en Aval : qui représentent la recherche sur les gisements et l'exploitation des hydrocarbures, essentiellement dans les régions de Hassi-Messaoud et Hassi-Rmel. Mais durant la dernière période (la baisse des prix de pétrole), l'Algérie vise à changer de politiques énergétiques et améliorer le potentiel énergétique par les ressources qui durent à long terme (énergie inépuisable). Grâce au solaire qui existe dans le Sahara, l'Algérie compte réaliser différents projets concernant les énergies renouvelables (solaire photovoltaïque, solaire thermique, Eolien). Parmi les projets à réaliser, on a le Programme des ENR et d'efficacité énergétique qui estime réaliser tous ces objectifs d'ici 2050.

Chapitre 4

*L'Etude cas pratique des
effets des rejets pétroliers
sur l'environnement et la
santé dans la zone de
Hassi-Messaoud.*

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

Introduction :

La région de Hassi-messaoud est caractérisée par une industrie pétrolière très forte, ce qui a généré des déchets industriels avec des éléments désastreux. Pendant les opérations de forage et d'exploitation des unités de production des hydrocarbures et de raffinage, se génèrent de grandes quantités de rejets industriels de type liquide et solide. Ces rejets renferment des produits toxiques principalement, les métaux lourds et les polluants organiques qui peut pénétrer dans les aquifères. Ces derniers résultent des problèmes qui menacent l'homme, les animaux et les plantes. Notamment cette pollution qui est due aux différentes compositions chimiques du gaz et du pétrole, qui contiennent des produits toxiques, tels que le soufre et l'azote. Le pétrole brut contient aussi des aromatiques très toxiques, tel que le benzène, le toluène et le xylène que nous avons déjà vue dans le chapitre deux. Cependant, Cette toxicité augmente avec la grosseur des molécules.

À partir de l'année 1990, les autorités Algériennes et la société SONATRACH, cherchent une solution pour éliminer les rejets pétroliers causés principalement par les bourbiers des forages pétroliers. Pour cela, l'Algérie a mis en place des législations nationales pour la protection de son environnement et mobilise des budgets importants pour trouver des solutions envers ces rejets. Mais jusqu'à maintenant, il reste une quantité liquide des rejets qui menace la nappe phréatique. Certains pays, comme Qatar, Angola, ont trouvé des solutions définitives pour ces rejets à travers l'application du principe du forage sans bourbiers (0% décharges). Pour cela les autorités Algériennes envisagent de mettre en œuvre des mécanismes qui réduisent la pollution due à l'industrie pétrolière. Ces mécanismes sont des mécanismes chimiques, thermiques et mécaniques.

Dans ce simple travail pratique, Nous allons subdiviser cette partie en quatre sections, dans une première section, il est nécessaire de faire une représentation générale du champ de Hassi-Messaoud (l'historique, situation géographique et géologique du champ de Hassi-Messaoud, notamment les difficultés géologiques de ce champ), pour préciser après les causes de la contamination des aquifères. Dans une deuxième section, de ce chapitre, nous connaissons les principaux de base sur le forage pétrolier, fluide de forage les bourbiers.... Dans le sous chapitre qui suit, nous dictons les causes de la contamination des différents aquifères dus aux rejets pétroliers et nous donnons quelques photos sur la pollution et la

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

toxicité de l'écosystème causé par les déchets pétroliers. Dans le dernier sous chapitre, nous connaissons les solutions et les mécanismes thermiques et chimiques, créés par l'état Algérien et la société SONATRACH envers cette pollution.

4.1. Représentation du champ de Hassi-Messaoud

4.1.1. Situation géographique du champ de Hassi- Messaoud

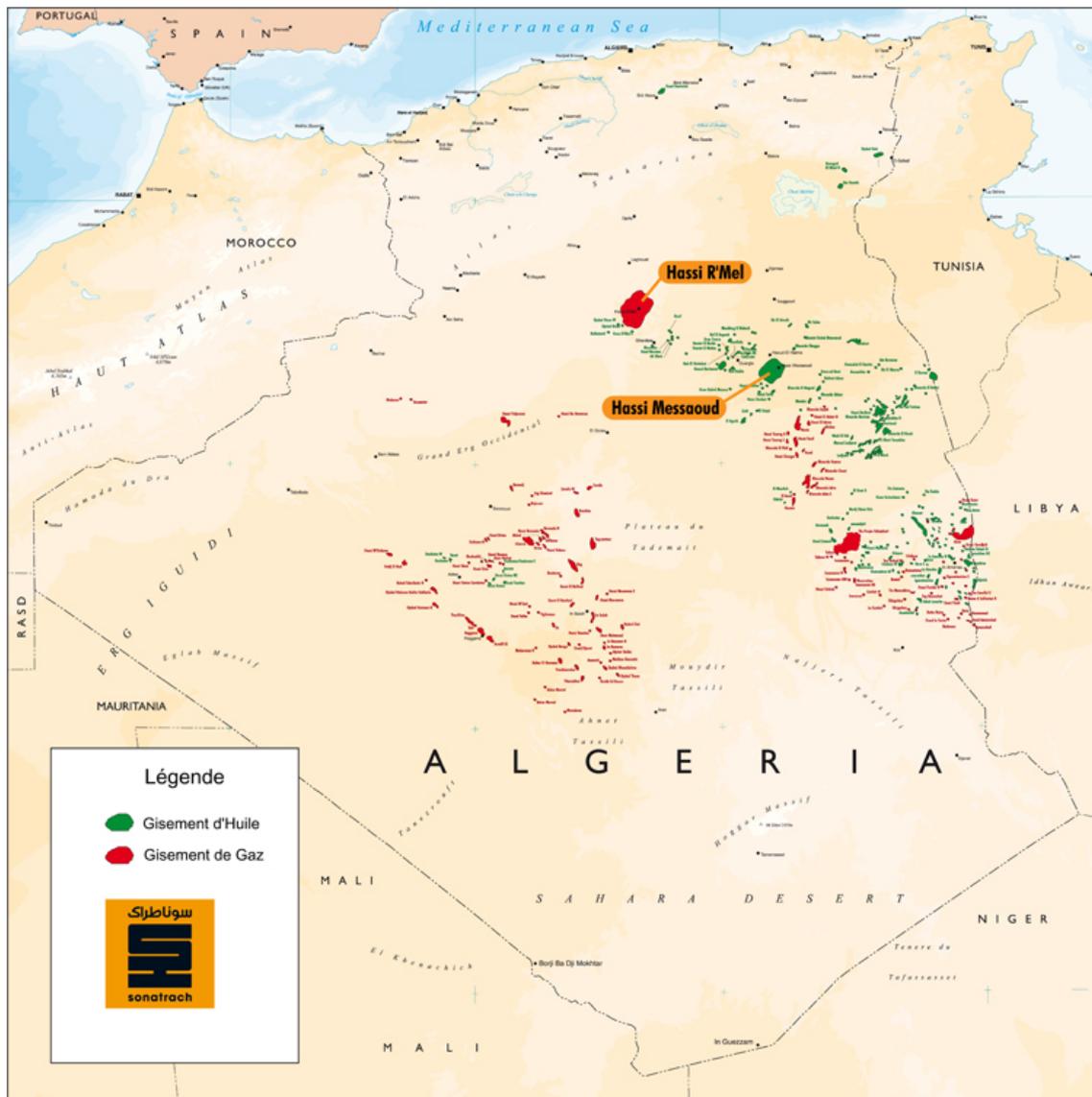
La région de Hassi- Messaoud représente la zone stratégique pour la société SONATRACH, car elle dispose du plus grand gisement de pétrole en Algérie. Elle occupe la partie centrale de la plate forme saharienne.

Le champ de Hassi- Messaoud se situe à environs 850 km au Sud Est d'Alger et à 350km de la frontière tunisienne. Aussi bien, elle se situe environ à 86 km au Sud Est d' Ouargla et à 172 km au Sud de Touggourt (voir la figure qui suit).

La figure qui suit nous montre aussi, que le gisement de pétrole se trouve dans Hassi-Messaoud et le gisement de gaz se situe dans le champ de Hassi-Rmel.

Figure 4.1. La carte géographique du champ de Hassi-Messaoud

CHAPITRE 4. l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.



Source : <http://www.sonatrach.com/nos-activites.html.jour> de vue 6/6/2015

En outre, la zone de Hassi-Messaoud e a pour cordonnées Lambert¹ :

X : 790 000 à 840 000 m

Y : 110 000 à 150 000 m

4.1.2. Situation géologique du champ de Hassi-Messaoud

Le gisement de Hassi-Messaoud est situé dans le nord du Sahara Algérien, et se trouve sur un large dorsal, bordée au nord-ouest et au sud-est par des dépressions². Le champ est un

1 http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363 page 14 du PDF.

2 http://ogst.ifpenergiesnouvelles.fr/articles/ogst/pdf/2002/06/kherfellah_v57n6.pdf page 2 jour du vue 25/06/2015

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

prolongement vers le nord de la dorsale d'Amghid el biod : élément structural majeur qui dépasse les 800 km de longueur, étudié par Heybroek. Ce vaste est limité :

- Au Nord, par la structure Djamaa-Touggourt
- A l'Ouest par la dépression d'Oued Mia
- A l'Est par la dépression de Dahar
- Au sud, par la dépression d'Amguid

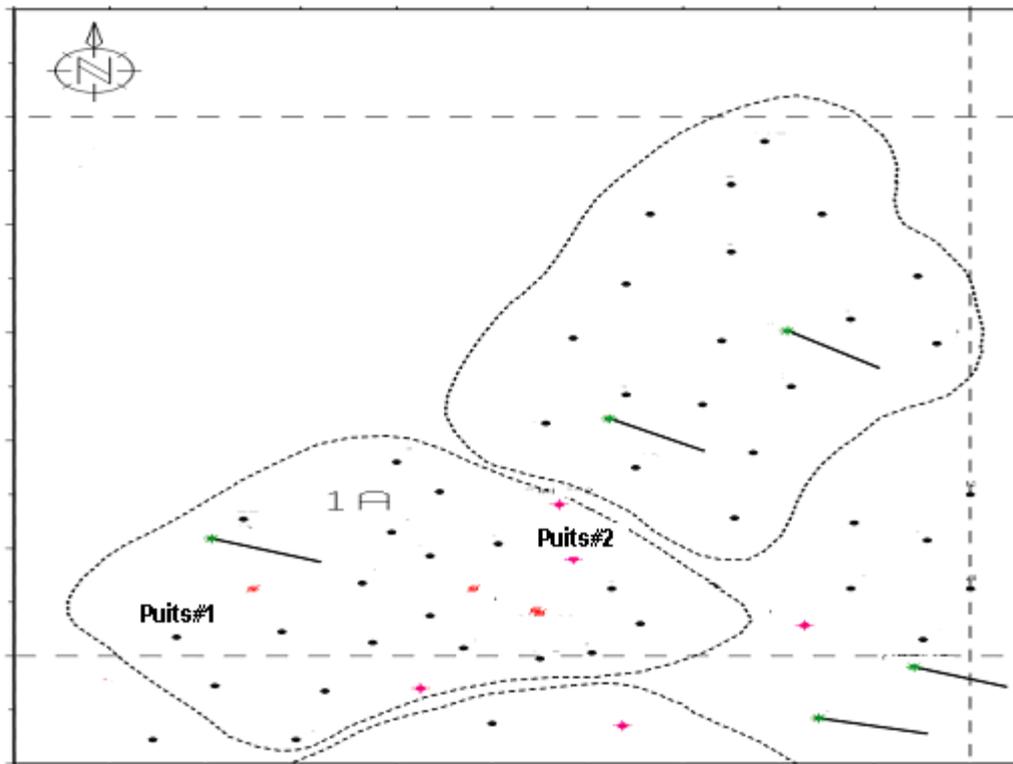
Aussi bien, Le champ de Hassi-Messaoud est caractérisé par ces puits productifs d'huile, essentiellement dans les réservoirs cambriens, qui se trouve à une profondeur de 3400 m. Ces réservoirs se distinguent par une très grande variabilité des propriétés pétrophysiques. La superficie de ce champ est environs de 1600³ km². En outre, le champ de Hassi-Messaoud est subdivisé en deux zones : la zone 1-A qui est située dans la partie sud-ouest du champ de Hassi-Messaoud (*figure 4.2*). Le réservoir principal dans cette zone est le drain D4 qui se caractérise par une variation des faciès mal connus et très hétérogènes par rapport aux autres drains. Les mauvaises caractéristiques des réservoirs sont liées au faciès du drain D4, à la position structurale très basse et à la proximité du plan d'eau.⁴

3 <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/tel-01139127/document> page 25.

4 <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/tel-01139127/document> page 25.

CHAPITRE 4. l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.

Figure 4.2. La situation des puits étudiés dans la zone d'étude 1-A, champ de Hassi Messaoud.



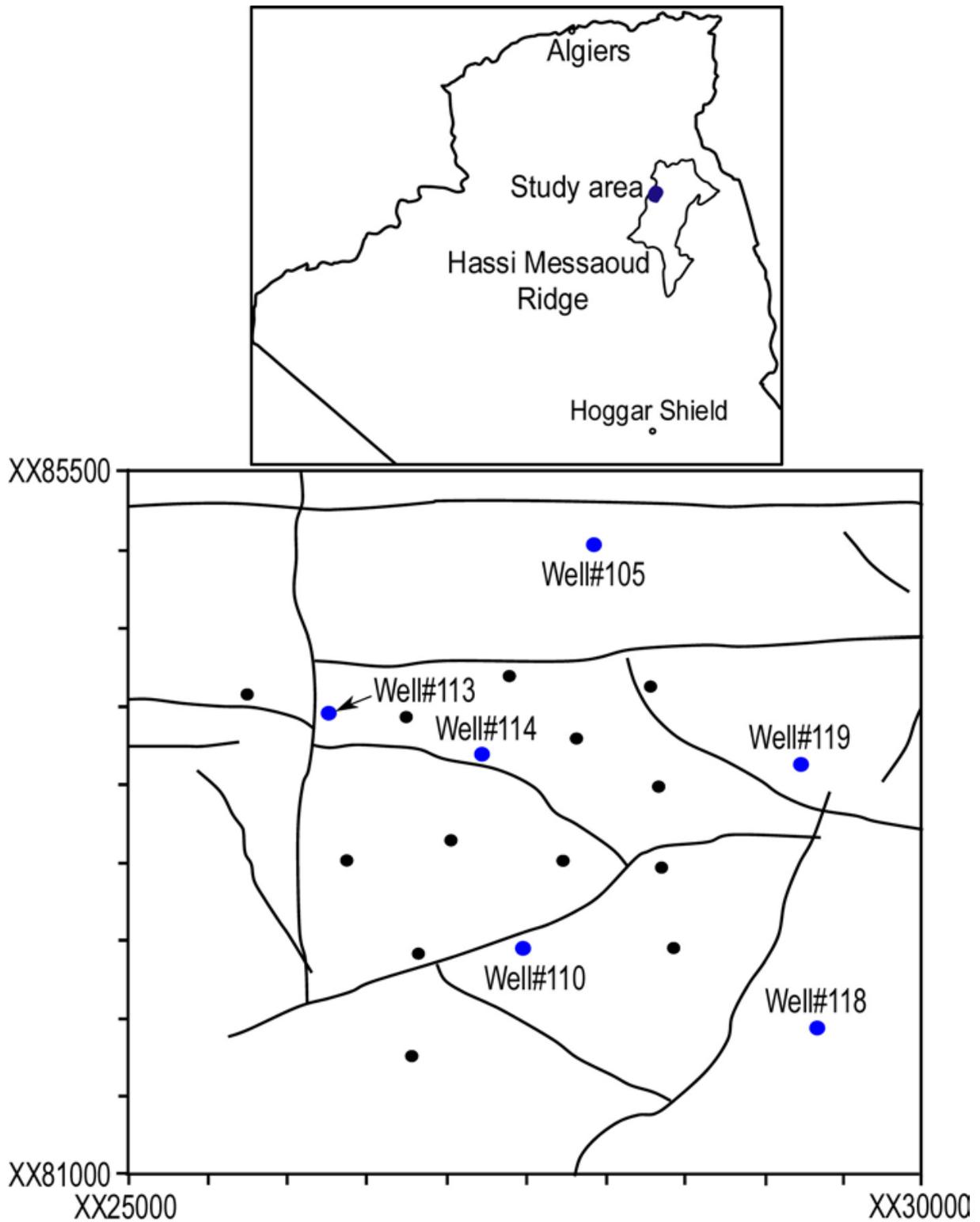
Source : <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/tel-01139127/document> page 26

-On ce qui concerne La zone II, elle se situe aussi dans le sud ouest du champ de Hassi-Messaoud, *figure 4.3* les terrains d'âge paléozoïque traversés par tous les puits forés

Dans cette zone sont presque les mêmes à l'exception des intercalations éruptives qui sont distribuées d'une façon discontinue avec des épaisseurs variables⁵. La colonne stratigraphique type de la région est présentée dans la *figure 4.3*.

⁵ <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/tel-01139127/document> page 26

Figure 4.3. Localisation de la zone II



Source : <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/tel-01139127/document>
page 27.

CHAPITRE 4. l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.

La figure qui suit nous montre aussi que le gisement de Hassi-Messaoud se trouve au milieu de Haoud Berkoui et Rhourde el Baguel à 3000 m sous le sol.

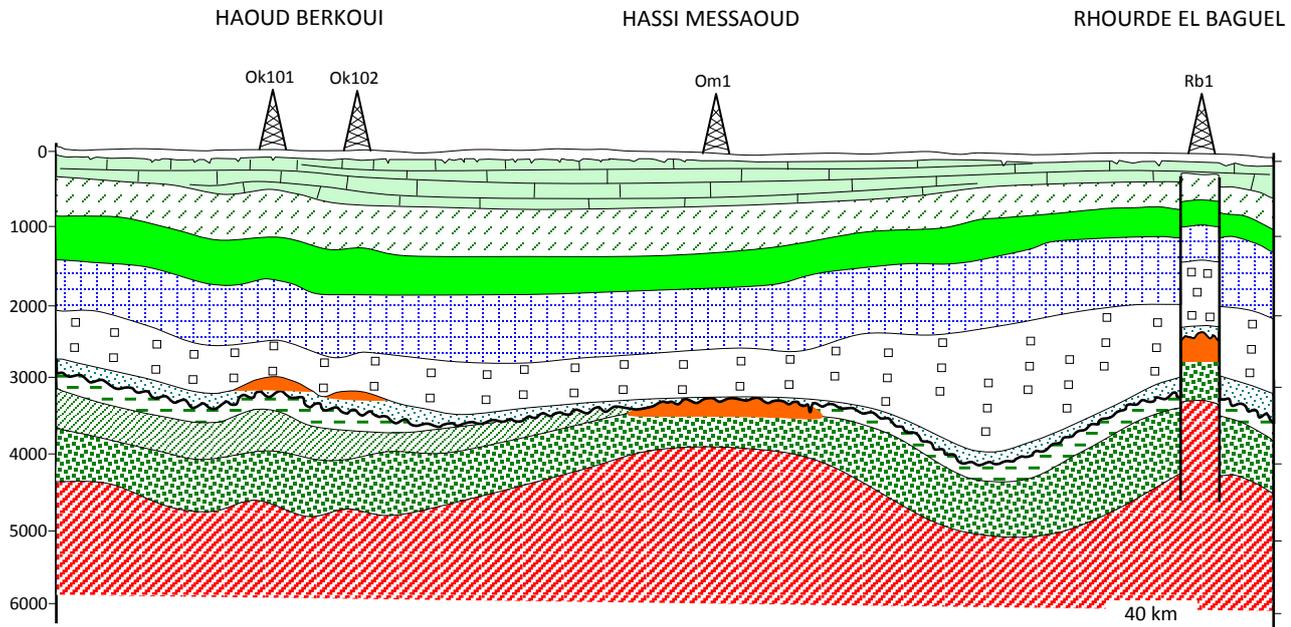


Figure 4.4. Gisement de Hassi-Messaoud.

Source : <http://www.intellego.fr/soutien-scolaire--/aide-scolaire-svt/le-grand-gisement-de-petrole-d-hassi-messaoud-en-algerie-coupe-geologique-et-historique-de-sa-formation-/49563>

Tertiaire	Crétacé inférieur	Trias inférieur	Cambrien
Crétacé supérieur	Jurassique	Silurien	Socle
Trias	Ordovicien	Huile	

Le champ a été subdivisé en deux parties : champ sud et champ nord. Qui sont explorés par les entreprises suivantes : SN. REPAL et CFPA.

4.2. Historique du champ de Hassi-Messaoud

Plusieurs puits ont été réalisés dans la région de Hassi-Messaoud, le premier a été découvert en 1956 par la société française SN Repal, porte le nom de MD1, sur une profondeur de 3338. Un deuxième puits a été foré en 1957 pour terminer le premier gisement. À la fin de l'année 1958, 20 puits ont été réalisés et la mise en exploitation du champ a permis la production d'environ de 0,5 millions de tonnes.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

À la fin de l'année 1964, 153 puits ont été mise en exploitation dont le démarrage des deux premières stations de réinjection de gaz à haute pression. Ensuite sept puis d'injection ont été équipés. Une moyenne de puits à été réalisée entre 1963 à 1967 d'environ 8 puits par année. À la fin de l'année 1975, 262 puits ont été réalisés dont 222 sont exploitables.

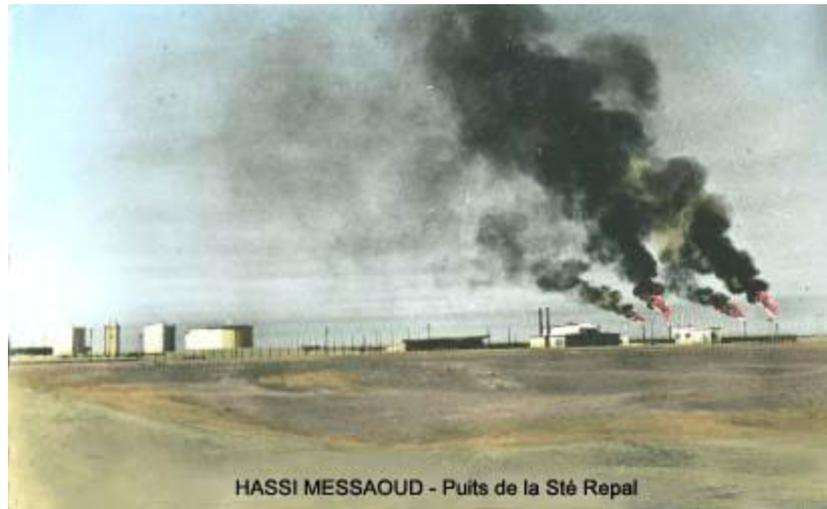
En 2000, le nombre des puits forés atteint les 1096 donc 783 producteurs d'huile, 100 puits injecteurs de gaz et 37 puis injecteurs d'eau. Aussi bien, on a 129 puits secs et 47 producteurs d'eau. Plusieurs études ont été effectuées dans ce domaine pour donner une bonne connaissance sur la structure du champ de Hassi-Messaoud.

Le champ de Hassi-Messaoud représente un grand gisement d'hydrocarbures qui s'étend sur une superficie d'environ 2000 km². La couche productrice gréseuse, d'âge cambrien (réservoir) située à une profondeur moyenne de 3400 m, se caractérise par une très grande variabilité de ses propriétés pétrophysiques (porosité et perméabilité). Et qui sont liées directement à la productivité des puits (porosité, argilosité et perméabilité). Malgré les connaissances géologiques accumulées sur plus de 800 puits au cours des quarante dernières années, les prévisions sur les puits restent difficile. Plusieurs phases orogéniques ont affecté cette région ⁶ :

- Phase néocalédonienne précoce, antétrémadocienne
- Phase calédonienne majeure (≈ 400 Ma) ;
- Phase hercynienne majeure (≈ 225 à 250 Ma) ;
- Phase autrichienne (≈ 110 Ma).

⁶ http://ogst.ifpenergiesnouvelles.fr/articles/ogst/pdf/2002/06/kherfellah_v57n6.pdf page 2 jour du vue 25/06/2015

Photos 4.1. Image des puits forés de la Sté Repal.



Source : Société SONATRACH

4.3. Difficultés géologiques du champ de Hassi-Messaoud

Les difficultés géologiques qui sont rencontrées lors des forages pétroliers touchent les différentes roches. Le problème s'oppose principalement quand il y a des pertes de boue de forage. Ce qui crée de problèmes environnementaux. Les types de roches rencontrés, tels que les grès (barres sableuses d'origine fluviatile), les silts (limons de débordement) et les argiles (plaines d'inondation) à cause d'un problème d'environnement sédimentaire (sédimentologie).

Si on prend un exemple sur les difficultés géologiques décrites dans la phase '8' ½ de la société SONATRACH du champ de Hassi- Messaoud, on trouve les problèmes dans les formations suivantes ⁷:

-Lias dolomitique (LD2) : cette formation se caractérise par la présence d'une eau chlorurée calcique et une pression de gisement très élevée qu'il n'est pas possible d'équilibrer par la pression hydrostatique sans provoquer des pertes au niveau du Trias argilo-gréseux (TAG).

- Trias salifère (TS2) : dans cette formation salifère, des argiles de nature plastique d'une épaisseur de 15 m sont intercalées vers 2900 m. Elles peuvent fluer et refermer le puits dans

⁷ http://ogst.ifpenergiesnouvelles.fr/articles/ogst/pdf/2002/06/kherfellah_v57n6.pdf page 2-3 , jour du vue 25/06/2015.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

un temps très court si la densité de boue est insuffisante. La partie salifère, aussi soumise à cet effet, peut se trouver érodée au cours du forage.

– Trias salifère (TS3) : cette formation est constituée de sel massif avec des traces d'argiles. La traversée en forage 8''1/2 de cette zone à forte concentration en sel provoque un diamètre de trou important.

– Trias argilo-gréseux (TAG) : il est principalement constitué par une succession de passées d'argiles dolomitiques et anhydritiques, voire sableuses et de grès fins, parfois

argileux. Le toit de chaque série constituant le Trias argileux gréseux est repéré par un marqueur (G10, G20, etc.). Le repère G35 est le repère géologique à partir duquel disparaissent totalement les formations salifères et apparaissent les bancs d'argiles silteuses très indurées, peut ce craquer sous la pression hydrostatique de la boue à forte densité nécessaire pour la tenue des eaux chlorurées calciques du LD2 et des argiles fluentes (argiles plastiques du TS2) à taux d'hydratation qui est augmentée d'une façon anormal.

Selon la SONATRACH cette phase 8''1/2 de la région de Hassi-Messaoud est la plus difficile à réaliser en raison de la configuration géologique précédemment décrite et des difficultés rencontrées durant le forage. Celles-ci peuvent être sommairement résumées comme suit :

– Diffusion des eaux chlorurées calciques du Lias dolomitique (LD2). Ce problème dépend en grande partie de la durée de réalisation de la phase :

– Fluage des argiles du Trias salifère (TS2) nécessitant une densité élevée du fluide de forage (2 à 2,20).

– Problèmes de pertes de circulation dans la base du Trias argileux et dans le Trias argilo-gréseux, et principalement si la densité de la boue est supérieure à 1,98.

4.4. Principe général sur le forage pétrolier, fluide de forage et bourbiers

4.4.1. Définition d'un forage pétrolier

Le forage en idiomatique se définit comme une technique pour creuser un trou dans le sol. Il permet notamment de creuser un puits jusqu'à des profondeurs importantes. Il peut être réalisé par plusieurs techniques différentes⁸.

Le dictionnaire Larousse définit le forage comme un ensemble des techniques permettant de creuser un puits jusqu'à des profondeurs parfois très élevées.

On appelle 'forage pétrolier' : un ensemble de processus qui permette d'atteindre les roches poreuses et perméable du sous sol, susceptible de contenir des hydrocarbures liquides ou gazeux. La construction du forage se décide à partir des études géologiques et géophysique effectuées sur un bassin sédimentaire. Cela, nous permet de prendre des probabilités de gisements, le forage donc, nous permet de confirmer les hypothèses faites et maitre en évidence la nature des fluides contenus dans les roches.⁹

Le forage nous permet d'éliminer ou de réduire certaines incertitudes sur le prospect¹⁰(les gisements potentiels d'hydrocarbures), aussi bien, il nous permet de connaître la présence ou non d'hydrocarbures. Notamment sur la nature et les volumes des réserves, mais les interrogations restent sur la rentabilité, sur la forme du gisement et sur l'homogénéité de ses caractéristiques. Il est donc indispensable de forer plusieurs puits en divers emplacements du gisement, pour pouvoir mieux choisir les meilleurs emplacements pour les futurs puits de production. Ces puits complémentaires constituent le programme d'appréciation, au terme duquel on décidera d'exploiter le gisement ou de l'abandonner¹¹.

4.4.2. Définition de fluide du forage

Fluide de forage ou boue de forage, est un système composé de plusieurs constituants liquides tels que, eau, l'huile ou gazeux (air ou gaz naturel). Le premier ouvrage sur les fluides de forage a été publié en 1936 par Evans et Reid. L'American Petroleum Institute (API) définit le fluide de forage comme un fluide en circulation continue durant toute la durée

8 <http://www.futura-sciences.com/magazines/maison/infos/qr/d/bricolage-forage-differentes-techniques-2617/> le jour du vue le 25/06/2015.

9 : http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363 page 28.

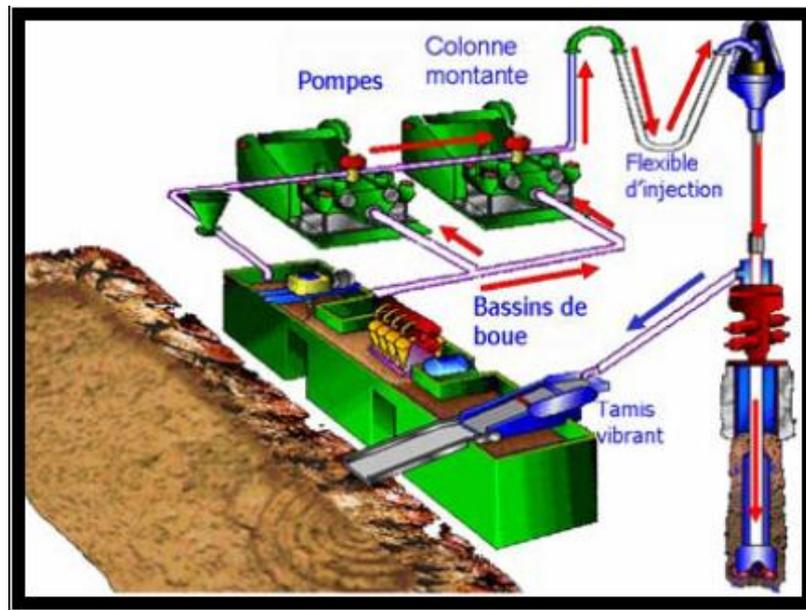
10 http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363 page

11 <http://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/comment-se-deroule-un-forage-d-exploration> jour du vue 25/06/2015 à 14:17.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

du forage, aussi bien dans le sondage qu'en surface. Le fluide est préparé dans des bacs à boues, il est injecté à l'intérieur des tiges jusqu'à l'outil d'où il remonte dans l'annulaire, chargé des déblais formés au front de taille ¹²(la figure 4.5).

Figure 4.5. Cycle du fluide sur le site de forage (Schlumberger, 1997) page 2 du PDF khodja.



4.3. Types de fluide de forage

4.3.1. Les fluides à base d'eau

Ces fluides, sont généralement désignés par "Water-Based Muds" ou WBM. Ils sont constitués par des suspensions de bentonites dans l'eau (30 à 60 g/L), où on trouve les caractéristiques rhéologiques et de filtration souvent ajustées par des polymères.

La nature des électrolytes et leur concentration dans les formulations de boues à l'eau sont choisies en prenant en compte les caractéristiques de la formation (activité de l'eau des formations argileuses, dissolution des formations salines).

On trouve Parmi les additifs, des viscosifiants: argiles naturelles (souvent des bentonites), polymères synthétiques ou biopolymères. Aussi bien, on peut trouver des réducteurs de filtrat qui sert à consolider le cake de filtration pour limiter l'invasion par le fluide: amidons, carboxyméthylcelluloses ou CMC, celluloses polyanioniques (PAC), des inhibiteurs de

¹² <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000673/01/khodja.pdf> page 2.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

gonflement et de dispersion des argiles: KCl, glycérol, silicates ou divers polymères comme le polyacrylamide partiellement hydrolysé (PHPA), les polyalkylèneglycols (PAG).¹³

4.3.2 .Les fluides à base d'huile

Les fluides à base d'huile sont des fluides dont la phase continue est une huile minérale (pétrole brut, fuel, gazole, ...) et la phase dispersée est de l'eau.

Par définition les fluides de forage à base d'huile contenant plus de 5% d'eau sont appelés boues de forage en émulsion inverse ; avec moins de 5% d'eau, on a les boues à l'huile

(IDF, 1988). Ces fluides sont souvent désignés par "Oil-Based Muds" ou OBM.

La phase continue la plus utilisée jusqu'à ces dernières années était le gazole, mais actuellement la législation relative à la protection de l'environnement impose l'utilisation d'huiles minérales ou "synthétiques", ne contenant plus de composés aromatiques. Des agents émulsifiants et mouillants sont utilisés pour favoriser la stabilité de l'émulsion¹⁴.

4.3.3 .Les fluides de forage gazeux

Ce sont des fluides dont la phase continue est du gaz mélangé avec de l'eau en proportions variables provenant de la formation traversée (inévitablement) ou ajoutée avec prudence. Le gaz peut être de l'air ou du gaz naturel, et peut appartenir à une mousse ou à un brouillard. Dans les fluides gazeux utilisés, on trouve: forage à l'air, forage à la boue aéré, forage à la mousse¹⁵.

4.4. Définition des bourbiers

Le dictionnaire français Larousse, définit un bourbier comme une dépression du sol remplie d'une boue épaisse. C'est une situation difficile.

Dans l'activité de l'exploitation pétrolière, un ensemble des produits chimiques est utilisés dans la composition des boues de forage. Ces composés de natures différentes et dont la toxicité et la biodégradabilité sont des paramètres mal définis et déversés dans la nature. Les hydrocarbures constituent un majeur des boues à base d'huile. Bien sur, d'autres produits

13 <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000673/01/khodja.pdf> page 4.

14 <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000673/01/khodja.pdf> page 5.

15 <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000673/01/khodja.pdf> page 5.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

spéciaux (tensioactif, polymère) sont ajoutés pendant l'opération de forage. Ces rejets sont généralement stockés dans des endroits, appelés 'bourbiers'¹⁶.

La composition de la boue qui permet le forage, est modifiée selon les roches traversées et la pression du sous sol, on peut résumer les fonctions de la boue de forage¹⁷ :

- Elle refroidit l'outil de forage et évite sa surchauffe en circulant en permanence dans le trou.
- Elle contribue à attaquer la roche et à nettoyer le fond du puits des débris qui s'y accumuleraient.
- Elle ramène à la surface les fragments de roche (déblais) qui sont examinés afin de déterminer la nature des roches et d'y déceler d'éventuelles traces d'hydrocarbures.
- Elle fournit une contre-pression qui stabilise les parois du trou.
- Elle permet d'équilibrer la pression dans le trou avec celle dans les roches réservoirs traversées, prévenant ainsi des venues ou de dangereuses éruptions d'eau, de pétrole ou de gaz provenant de ces réservoirs.

4.5. La composition de boue de forage

La boue de forage fait partie d'un fluide de forage, son rôle technique principal, c'est la réussite d'un forage. Aussi bien, Plusieurs produits entrent dans la composition et des traitements des fluides de forage. Selon Khodja (2008), plusieurs composants peuvent entrer dans la composition des boues de forage, entre 500 et 600 produits. Le tableau qui suit nous montre les principaux additifs utilisés dans les fluides de forages.

Tableau 4.1 .Les principaux additifs utilisés dans les fluides de forage.

-1-	Contrôleurs d'alcalinité
-2-	Bactéricides
-3-	Anti-Calcium
-4-	Inhibiteur de corrosion

16 Khodja.M 'Etude des Performance et considérations environnementales ' Université Louis Pasteurs Strasbourg France.

17 <http://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/comment-se-deroule-un-forage-d-exploration> , jour de Vue le 25/06/2015 à 14 :35

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

-5-	Anti-mousses
-6-	Agent moussant
-7-	Emulsifiant
-8-	Réducteur de filtrat
-9-	Floculant
-10-	Colmatants
-11-	Lubrifiants
-12-	Décoiçant
-13-	Inhibiteur de gonflement des argiles
-14-	Produit facilitant la séparation
-15-	Stabilisant haut température
-16-	Défloculants
-17-	Viscosifiants
-18-	Alourdissant
-19-	Saumure
-20-	Huile minérale ou organique

Source :

<http://oeilvert.free.fr/images/diaporama%20boues%20de%20forage%202012.pdf> page 3.

-Les causes de la contamination des différents aquifères par les activités des forages pétroliers et aux différents traitements des hydrocarbures :

Contaminations des différents aquifères par les activités des forages pétroliers (les bourbiers)

Les deux figures qui suivent nous donnent les images sur les bourbiers avant et après l'opération de forage sur la zone de Hassi-Messaoud :

Photo 4.2 .Bourbiers avant l'opération de forage.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*



Source : http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363 p37 du PDF

Photo 4.3. *Bourbiers après l'opération de forage.*

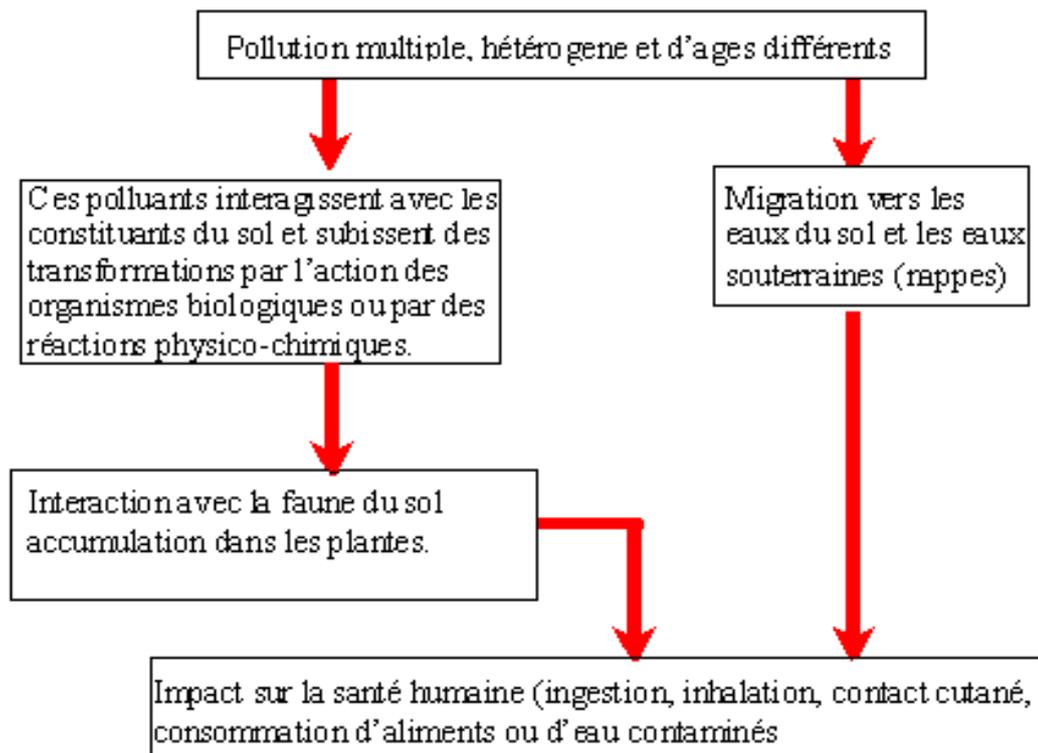


Sources : http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363 p37 du PDF

CHAPITRE 4. l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.

Les bourbiers sont essentiellement pollués par les hydrocarbures (gasoil ou pétrole, provenant de la boue à base d'huile) et des métaux lourds (provenant principalement des additifs de la boue). Les bourbiers risquent de polluer le sol et le sous-sol par les actions suivantes présentés dans la figure qui suit :

Figure 4.6. Action des polluants dans le sol.



S
our
ce :
[http](http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363)

[://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363](http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363) p38 du PDF

Les différents aquifères risquent de se polluer par infiltration des fluides de forage, ils sont :

- A partir de la surface par les rejets et liquides de forage (boue de forage) déversés directement dans le sol, sans protection. Aussi bien, les rejets solides et liquides domestiques déversent dans des fosses non conformes et non protégées.
- Pendant l'activité du forage, la pollution risque de se traduire à partir du contact de deux fluides de caractéristiques rhéologiques différentes (mélange d'un fluide de formation traversé et la boue de forage en question).

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

- Une mal cimentation peut provoquer des pertes du laitier de ciment dans les formations et une venue de fluide de formation.
- Par infiltration des hydrocarbures en développement.
- Le stockage qui est non conforme à des produits chimiques utilisés pour les fluides peut polluer le sol et donc contaminer les aquifères de surfaces.

-La contamination des différents aquifères due aux extractions des hydrocarbures et leurs acheminements vers les centres de production et aux traitements des hydrocarbures :

- Lors du dégorgeement des puits, c'est-à-dire, des déversements des hydrocarbures volontaires en surface.
- Des résidus de pertes de fracturation, d'acidification, pendant les opérations spéciales.
- Des fuites d'hydrocarbures dues aux détériorations et la corrosion des tubages et casing.
- Des rejets des produits utilisés pour l'entretien des puits et des installations de production. Aussi bien, les rejets de produits de pertes issus de l'opération d'évaluation du réservoir.
- Les hydrocarbures produits passant par des étapes, premièrement, passant par des séparateurs (l'huile / gaz) et sont débarrassés des eaux résiduels pour être acheminer vers des bacs de stockage.

Aussi bien, Le traitement des hydrocarbures consiste à transformer le pétrole brut et le gaz en produits finis, en faisant subir à ses derniers des traitements physiques et chimiques et cela induit des rejets qui peuvent contaminer les aquifères et le sol :

- Rejets des produits de traitement.
- La fuite des hydrocarbures sur la surface
- L'opération du torchage du gaz provoque une importance pollution atmosphérique et des nuisances sur la santé.

4.6. La toxicité

- Les métaux représentent des produits toxiques de façon immédiate envers l'être humain, à cause de leurs propriétés chimiques (solvabilité, état d'oxydation). La

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

présence simultanée des métaux permet de réaliser une toxicité supérieure. Exemple sur les métaux : le zinc, le cadmium, le cuivre....

Les effets sur la santé humaine de l'exposition d'une longue durée aux métaux permettent d'attraper plusieurs maladies graves : insuffisance rénale et hépatique, gastro-entérite, irritation pulmonaire.

- Les hydrocarbures sont un ensemble de produits pétroliers : (pétrole brut, pétrole raffiné, kérosène, essence, fuel, lubrifiant, huile à moteurs), ces hydrocarbures contiennent plusieurs atomes de carbones, caractérisées par un point d'ébullition entre l'intervalle 35-490C⁰. La stabilité des hydrocarbures aliphatiques (les alcanes) est très élevée, leurs dégradations dans l'environnement se fait d'une façon très lente, sous l'effet de la lumière ou des bactéries. Et dans le cas des hydrocarbures plus légers que l'eau, la pollution peut se manifester sous forme de gouttelettes d'huile piégées. Dans les ports constituant autant de micro-sources de pollution, par relâchement dans la phase eau de composants solubles.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

Des images sur la contamination de l'écosystème dans la région de Hassi-Messaoud :

Photo 4.4. Les rejets de forage après le traitement thermique



. Source : http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363 p94 du pdf

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

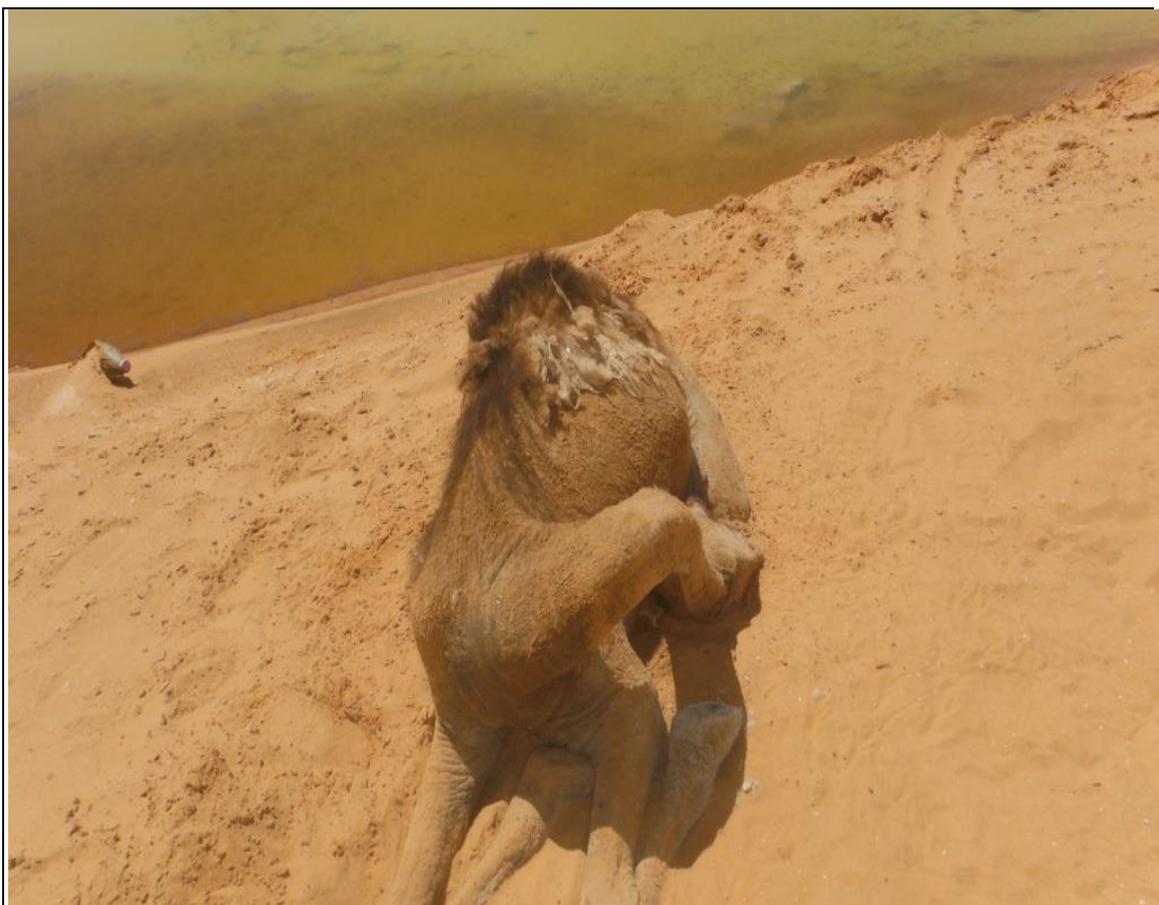
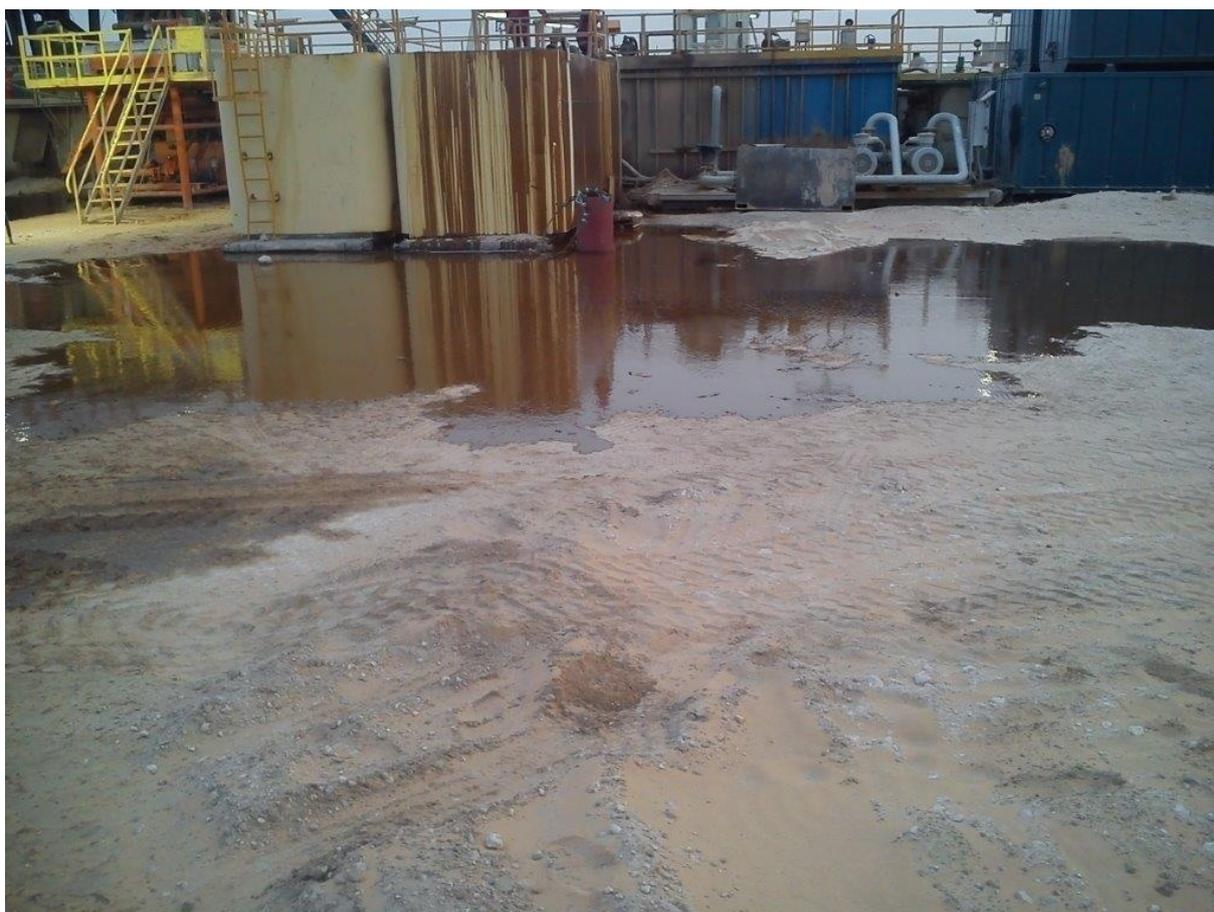


Photo 4.5. Chameaux mort à cause de la contamination de la nappe phréatique

Source : la société Sonatrach de la région de Hassi- Messaoud

Photo 4.6. Pollution par infiltration de fluide de forage.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*



CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*



CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*



Source : la société SONATRACH de la région de Hassi-Messaoud.

Photo 4.7 .Pollution des sables de la région de Hassi-Messaoud du à cause des bourbiers.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*



Source : Représentation par diaporama, MI SWAKO, A Schlumberger Company 'TPS Project', SOFITEL Hotel Algérie 2/1/2011.

Les solutions et les mécanismes de l'Etat Algérien et la société SONATRACH pour la protection de l'environnement envers les rejets pétroliers :

4.7. Le développement de législations sur l'environnement

L'Etat Algérien et la société SONATRACH soulignent une stratégie pour la protection de l'environnement et cela à travers les législations nationales, le tableau qui suit, nous montre quelques décrets concernant la protection de l'environnement :

Tableau 4.2 .Les législations sur l'environnement en Algérie.

Loi n°01- 19	Relatif à la gestion et au contrôle et l'élimination des déchets	12 /12/2001	A.BOUTEFLIKA
Décret exécutif n° 05-127	déclarant Hassi-Messaoud zone à risques	24/04/2005	A.Ouyahia

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

	majeurs		
Décrets exécutif n° 05-314	Fixant les modalités d'agrément des groupements de générateurs ou des déchets spéciaux	10/09/2005	A.Ouyahia
Décrets exécutif n° 05-315	Fixant les modalités de déclaration de déchets spéciaux dangereux	10 /9/2005	A.Ouyahia
Décrets exécutif n° 07-144	Fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement	19/05/2007	A.Belkhadem
Décrets exécutif n° 07-145	Déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impacts sur l'environnement	19/05/2007	A.Belkhadem
Décret exécutif n° 13-400	définissant les conditions d'octroi par l'agence nationale pour la valorisation des ressources en hydrocarbures (ALNAFT), d'une autorisation exceptionnelle de torchage de gaz, les seuils admissibles ainsi que les conditions de tarification spécifiques dans les zones éloignées ou isolées.	correspondant au 27 novembre 2013 de 23 Moharram	Abdelmalek SELLAL

Source : à l'aide de : http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadi_Abass.pdf?idthese=363, p47. et le Journal officiel N° 29 du dimanche 15 Rabie EL Aouel 1426, correspondant au 24 Avril 2005. CONVENTIONS ET ACCORDS INTERNATIONAUX - LOIS ET DECRETS ARRETES, DECISIONS, AVIS, COMMUNICATIONS ET ANNONCES.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

D'après ce tableau, on déclare que certaine loi intéresse directement l'activité du forage pétrolier dans le sud :

La loi 01-19, du 12/12/2001 à été publié pour fixer les modalités de gestion, de contrôle et de traitement des déchets. L'article 6 de cette loi déclare que ' tout générateur ou détenteur de déchets doit prendre des mesures nécessaires, pour éviter, autant que faire se peut, la production des déchets, notamment par :

- L'adoption et l'utilisation de techniques de production plus propres, moins génératrice de déchets.
- L'abstention de mettre sur le marché des produits générant des déchets non biodégradables.
- L'abstention d'utilisation de matières qui peuvent créer des risques pour les personnes, notamment pour la fabrication des emballages.
- Cette loi définit 'les déchets spéciaux dangereux (déchets issus de l'activité industrielle, agricole, etc. .), qui par les caractéristiques de leurs matières nocives à la santé publique ou à l'environnement.
- L'article 20 de cette même loi, précise que 'le dépôt, l'enfouissement et l'immersion des déchets spéciaux dangereux dans des lieux autres que les sites et les installations qui leurs sont réservés, sont interdits'
- Les déchets spéciaux est élaboré par le ministère chargé de l'environnement en coordination avec les ministères chargés de l'industrie, de l'énergie, de la santé, de l'agriculture, du transport, du commerce, des collectivités locales...etc.

Le Décret exécutif n° 05-127)⁽¹⁸⁾ :

L'article 2 de ce décret indique que la zone de Hassi-Messaoud est une zone à risques majeurs : une zone exposée à un risque majeur, Entraînant des conséquences immédiates et graves aux personnes,

Aux biens et à l'environnement :

⁽¹⁸⁾ Journal officiel N° 29 du dimanche 15 Rabie EL Aouel 1426, correspondant au 24 Avril 2005. CONVENTIONS ET ACCORDS INTERNATIONAUX - LOIS ET DECRETS ARRETES, DECISIONS, AVIS, COMMUNICATIONS ET ANNONCES, Décret exécutif n° 05-127 du 15 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 24 avril 2005 déclarant Hassi-Messaoud zone à risques majeurs. Page 12,13.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

- Périmètre d'exploitation du gisement de Hassi-Messaoud : l'étendue du périmètre défini et délimité par le titre minier d'exploitation attribué à "Sonatrach" et dont les coordonnées géographiques sont jointes en annexe au présent décret.
- Industrie des hydrocarbures : l'ensemble des activités industrielles pétrolières liées directement à la recherche, à la production, au transport, au raffinage et au développement des hydrocarbures.

L'article 2 de ce même décret indique que toute activité doit strictement se conformer à la législation et à la réglementation en vigueur relatives à la protection de l'environnement.

L'article 2 du décret exécutif n° 07/144 spécifie que : 'les nomenclatures des installations classées pour la protection de l'environnement est une classification qui contient :

- L'attribution d'un numéro de rubrique à quatre chiffres, structuré comme suit :
 - Le premier chiffre représente la substance utilisée ou l'activité.
 - Le second chiffre représente la catégorie danger (très toxique, toxique, inflammable, comburante, explosible, corrosive et combustible) ou la branche d'activité.
- La désignation de l'activité de l'installation classée.
- L'identification du régime d'autorisation ou de déclaration, conformément aux dispositions du décret exécutif n° 06-198 du 31 mai 2006.
- La détermination du rayon d'affichage de l'installation classée.
- Les documents à joindre à la demande d'autorisation, d'exploitation des établissements classés selon le cas, l'étude d'impact sur l'environnement, l'étude de danger, la notice d'impact sur l'environnement et le rapport sur le produit dangereux¹⁹.

Art. 8²⁰. Du Décret exécutif n° 13-400 implique L'octroi de l'autorisation exceptionnelle de torchage de gaz durant la période de recherche est subordonné, notamment, aux conditions ci-après : l'opération de torchage doit concerner un programme de test de puits d'exploration et/ou de délinéation ; dans le cas d'un programme de test d'un puits d'exploration et/ou de délinéation qui a déjà fait l'objet d'un abandon provisoire, ce programme doit contenir obligatoirement les volumes de gaz estimés à torcher ainsi que la durée de l'opération de

19 L'article 3 de cette même loi, contient une annexe qui donne des définitions des concepts (substances, préparations, catégories de danger, abréviations utilisés, etc....), voir aussi le journal officiel des décrets concernant impact sur l'environnement de 22/05/2007.

20 JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 63, 12 Safar 1435 correspond au 15 décembre 2013, Décret présidentiel n° 13-414 du 12 Safar 1435 correspondant au 15 décembre 2013 relatif à la publication de la composition nominative du Conseil Constitutionnel, page 2.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

torchage. Dans ce cas, l'opérateur doit fournir une copie de l'autorisation d'abandon au cas où cette opération a été faite après la promulgation de la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005, susvisée ainsi qu'une copie de l'autorisation de reprise du puits abandonné :

- . transmettre à l'agence nationale pour la valorisation des ressources en hydrocarbures (ALNAFT) le programme relatif au test de puits.
- . préciser les mesures de sécurité prises pour le déroulement de l'opération de torchage.
- . formuler une demande d'autorisation de torchage de gaz. Cette demande doit respecter le principe d'une demande par puits.

Art. 10²¹. De cette même loi qui implique que Les seuils admissibles pour l'octroi d'une autorisation de torchage de gaz durant la période de recherche, lors des opérations de tests de puits d'exploration et/ou de délimitation, sont fixés comme suit : pour une opération de dégorgement : six (6) heures,

à compter de l'ouverture du puits ; pour une opération de test douze (12) heures pour toute Duse de diamètre donné.

L'élément e) de l'article 11²² de cette même loi concernant le torchage au niveau des installations de production et de traitement des hydrocarbures ainsi que des stations de compression de gaz : pour une période donnée, le seuil admissible pour le torchage de gaz d'une unité de production ou d'une station de compression, exprimé en pourcentage (%), est évalué sur la base de la quantité de gaz torchée ramenée à la quantité totale produite (installations de production et de traitement) ou à la quantité totale réinjectée (station de compression) ;

- . dans l'estimation des quantités torchées mensuellement au niveau des installations de production et de traitement des hydrocarbures ainsi que des stations de compression, sont inclus les volumes mis à la torche pour raisons de sécurité ou pour purge des installations à l'effet de réaliser des opérations de maintenance, le volume de gaz consommé pour le

21 JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 63, 12 Safar 1435 correspond au 15 décembre 2013, Décret présidentiel n° 13-414 du 12 Safar 1435 correspondant au 15 décembre 2013 relatif à la publication de la composition nominative du Conseil Constitutionnel, page 3.

22 JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 63, 12 Safar 1435 correspond au 15 décembre 2013, Décret présidentiel n° 13-414 du 12 Safar 1435 correspondant au 15 décembre 2013 relatif à la publication de la composition nominative du Conseil Constitutionnel, page 3.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

maintien de la flamme de torche ainsi que les volumes torchés pendant les phases des déclenchements imprévus des installations de production et de traitement des hydrocarbures ou des stations de compression.

- . dans le fonctionnement normal des installations, le torchage est réduit au seul volume de gaz torché pour maintenir les torches allumées en prévision d'éventuels arrêts d'urgence ou de déclenchements. Ce taux de torchage minimum représente le seuil de torchage de design de l'unité.

- . pour toutes les installations de production et de traitement des hydrocarbures et toutes les stations de compression, le seuil admissible de torchage du gaz, dans les conditions normales d'exploitation, est fixé à un taux égal à un pour cent (1 %) ;

- . pour toute unité de production et de traitement d'hydrocarbures ou station de compression, lorsque le taux de torchage mensuel minimum réalisé sur une période de douze (12) mois consécutifs est inférieur à un pour cent (1 %), il est alors pris comme seuil admissible de torchage de gaz de l'unité ou de la station. Tous ces articles, qui correspond au Décret exécutif n° 13-400, nous permet dire que il n'ya pas l'élimination du gaz torchés à partir de l'année 2013, mais il ya une minimisation et appliqués des conditions décrites au dessous pour minimiser la pollution issues du gaz torchés.

4.8. La nouvelle politique de la Société SONATRACH pour préserver son environnement

Aujourd'hui, la société *SONATRACH* veut entrer dans le défi de la mondialisation. Et Ajoute une politique de responsabilité sociale et du développement durable. Depuis 2005, la Société *SONATRACH* ajoute une nouvelle politique, qui concerne santé, sécurité, environnement. Appelé la politique HSE²³. Et cela pour préserver l'environnement, protéger son patrimoine et assurer la sécurité de ses personnels. À travers l'utilisation de nouveaux instruments de prévention et de contrôle. La nouvelle politique HSE permet d'améliorer les ressource humaines, aussi bien donner l'importante aux qualifications et formation des personnels. Cette nouvelle politique veut réaliser certains objectifs, tels que :

- L'application des exigences de santé de sécurité et de protection de l'environnement dans le processus de gestion et de décision.

23 HSE (hygiène, Sécurité, Environnement), en anglais (health, safety, environnement)

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

- La préservation de la sécurité des personnes et des biens, de la santé des employés et des populations riveraines et des installations industrielles.
- La protection de l'environnement et des ressources naturelles.
- La contribution financière à diverses actions publiques d'éradication de la pauvreté, de préservation du patrimoine culturel et de la promotion de l'agriculture²⁴.

En même temps, la société SONATRACH donne une grande importance aux traitements des rejets. Concernant les rejets liquides au niveau des champs pétroliers, l'entreprise vise à²⁵:

- Récupérer l'eau traitée pour sa réinjection,
- Récupérer près de 25 000 barils de pétrole/an,
- Eviter la formation de bourbiers, sources de pollution de l'environnement et surtout de contamination des nappes phréatiques. En même temps, Plusieurs projets de construction de stations de traitement des eaux huileuses et de stations d'épuration des eaux usées ont été réalisés ou sont en voie de l'être au niveau des différents champs de production. A cause de la rareté et du caractère stratégique des ressources en eau, la protection des nappes souterraines et des barrages requiert de Sonatrach un plan d'actions particulier qui est en voie de réalisation portant sur :
 - La poursuite des projets de réhabilitation et de rénovation des ouvrages de transport et des installations de stockage des hydrocarbures liquides,
 - L'acquisition d'équipements de traitement des boues de pétrole,
 - Le lancement d'études sur le traitement des boues de forage,
 - L'élaboration d'une procédure pour la protection de l'environnement sur les chantiers de forage.

Des mesures sont également prises pour l'imperméabilisation des bourbiers de forage et la mises-en œuvre d'un traitement des fluides et des nettoyages de forage ainsi que pour la réévaluation indéterminé des déblais de forage en tant que matériaux de construction. Aussi, observons-nous une adéquation légitime entre les discours et les actes engagés par des Investissements conséquents. Une action de légitimation est aperçue comme une stratégie de Fixation d'une relation durable entre SONATRACH et ses parties prenantes. En outre,

²⁴ <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00419206/document> page 10.

²⁵ <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00419206/document> page 11.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

Sonatrach participe à la promotion des énergies renouvelables et particulièrement de l'énergie solaire dont le gisement en Algérie est considérable. C'est ainsi qu'elle a créé récemment avec SONEGAS et une entreprise privée, la SIM, une société spécialement chargée de la conception et de la promotion de centrales de production d'énergie utilisant des sources d'énergie renouvelables et notamment le solaire. En plus de l'environnement, on rappelle aussi dans les rapports les thèmes suivants : ressources humaines, formation et la responsabilité sociale de l'entreprise²⁶.

4.9. Les méthodes des traitements des déchets effectuées par la SONATRACH ²⁷

Pour sélectionner la méthode de traitement la plus efficace et la plus adaptée, la société SONATRACH a élaboré des critères de sélection qui sont basés sur :

- Cout / évaluation économique.
- Site géographique (vulnérabilité/ sensibilité).
- Maitrises et accès à la technologie.
- Efficacité du traitement (Qualité).
- Durée du traitement.
- La réglementation.
- Politique HSE.

Une matrice des évaluations a été élaborée afin de comparer entre les méthodes de traitement.

Les résultats sont récapitulés dans les tableaux suivants :

²⁶ https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00419206/document_page_12.

²⁷ Document SONATRACH' chapitre 6, FHC 2011, TSI/02, page 55.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

Tableau 4.3. Matrice d'évaluation de traitement par Inertage (Stabilisation/Solidification).

Traitement par Inertage (Stabilisation/Solidification)				
Efficacité Critères	-	- /+	+	Remarques
	Coût		✓	
Site géographique (position du forage)		✓		+) applicable dans les régions arides (sud Algerien) -) non utilisé dans les régions du nord Algerien (précipitation importante)
Maitrise technologique			✓	<ul style="list-style-type: none"> C'est un procédé simple qui nécessite pas beaucoup d'équipements donc facile a maitrisé par les operateurs
Qualité		✓		+) d'une part l'Inertage consiste à encapsulé les polluants dans une matrice solide afin que les contaminants soit inerte ; -) d'autre part ce procédé est garantie à court terme (5 ans)
Durée du traitement			✓	<ul style="list-style-type: none"> La capacité de traitement est de 90 m³/jour pendant une durée moyenne (40 jours pour un bourbier).
Réglementation			✓	<ul style="list-style-type: none"> D'après les analyses les déblais produite après traitement sont nettement inferieur a 5% de teneur en HC
Politique HSE			✓	<ul style="list-style-type: none"> Conforme à la politique de la sonatrach

Source : Société SONATRACH Année 2015.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

Tableau 4.4 .Matrice d'évaluation de Traitement par Désorption thermique.

Traitement par Désorption thermique				
Efficacité				
Critères	-	-/+	+	Remarques
Coût	✓		✓	<ul style="list-style-type: none"> Le cout de ce type de traitement est onéreux peut atteindre 18000DA/m³
Site géographique (position du forage)		✓		<p>+) peut être appliqué sur tous le territoire nationale</p> <p>-) instastallation fixe basée à HMD (risque de transport)</p>
Maitrise technologique			✓ ✓	<ul style="list-style-type: none"> Technologie maitrisée (main d'œuvre ; appareillage)
Qualité			✓	<ul style="list-style-type: none"> Elimination quasi-totalité des HC <ul style="list-style-type: none"> Récupération des HC Réutilisation des HC
Durée du traitement			✓	<ul style="list-style-type: none"> La capacité de traitement de cette unité est de 80 à 90 m³/jour <ul style="list-style-type: none"> 40 jours
Réglementation			✓	<ul style="list-style-type: none"> D'après les analyses les déblais produite après traitement sont nettement inferieur a 5% de teneur en HC
Politique HSE			✓	<ul style="list-style-type: none"> Conforme à la politique de la sonatrach

Source : Document SONATRACH' chapitre 6, FHC 2011, TSI/02, page 55

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

Tableau 4.5 .Matrice d'évaluation de Traitement par biorémédiation.

Traitement par biorémédiation				
Effacité	-	- /+	+	Remarques
Critères				
Coût			✓	<ul style="list-style-type: none"> Le traitement biologique offre une bonne combinaison entre les aspects économique et la protection de l'environnement ; Le cout du traitement biologique est faible (12240DA/m3).
Site géographique (position du forage)			✓	<ul style="list-style-type: none"> En peut l'appliqué par tous a condition de réalisé le milieu néssiçaire.
Maitrise technologique			✓	<ul style="list-style-type: none"> Phase experimentale en Algerie
Qualité			✓	<ul style="list-style-type: none"> Cette méthode est très efficace, le rendement du procédé peut atteindre 90% ; Faible production des déchets et d'effluents.
Durée du traitement	✓			<ul style="list-style-type: none"> Le traitement par biorémédiation nécessite une longue durée (la croissance des bactéries), elle nécessite plusieurs mois.
Réglementation			✓	<ul style="list-style-type: none"> D'après les analyses les déblais produite après traitement sont nettement inferieur a 5% de teneur en HC
Politique HSE			✓	<ul style="list-style-type: none"> Conforme à la politique de la sonatrach

CHAPITRE4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

Source : Document SONATRACH' chapitre 6, FHC 2011, TSI/02, page 56

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

Tableau 4.6. Matrice d'évaluation de Traitement par incinération.

Traitement par incinération				
Efficacité	-	- /+	+	Remarques
Critères				
Coût	✓			<ul style="list-style-type: none"> Le cout est important.
Site géographique (position du forage)	✓			<ul style="list-style-type: none"> Transformation de la pollution solide en pollution gazeuse Impact sur la santé des riverains
Maitrise technologique	✓		✓	<ul style="list-style-type: none"> -) Non appliquée
Qualité		✓		<p>+) Réduction de 90% de volume avec une possibilité de récupérer les métaux et une garantie pour un long terme ;</p> <p>-) elle résulte de la cendre, résidus polluant.</p>
Durée du traitement			✓	<ul style="list-style-type: none"> L'Incinération est un traitement rapide qui ne nécessite pas un pré traitement.
Réglementation	✓			<ul style="list-style-type: none"> D'après les analyses après traitement en distinguent que cette méthode de traitement est mauvais pour l'envérennement.
Politique HSE	✓			<ul style="list-style-type: none"> Empêche toute inflexion de déchets et elle est non recomandé à l'algerie.

Source : Document SONATRACH' chapitre 6, FHC 2011, TSI/02, page 57

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

Tableau 4.7 .Comparaison entre les types de traitements.

Critères Type de traitement	C oût	Site géographique (position du forage)	Maitrise technologique	Qu alité	Durée du traitement	Réglementation	P olitique HSE
Inertage (stabilisation/solidification)	+	-/+	+	-/+	+	+	+
Traitement par Désorption thermique	-	-/+	+	+	+	+	+
Traitement par bioremédiation	/	-/+	-/+	-/+	-	-/+	+
Traitement par incinération	-	-/+	-/+	-/+	+	-/+	-

Source : Document SONATRACH' chapitre 6, FHC 2011, TSI/02, page 58.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

Analyse des différents tableaux :

- Le traitement par Inertage/solidification est environ 03 fois moins coûteux que le traitement par Désorption thermique

- Le traitement par incinération est très coûteux

- Pas d'information sur le coût du traitement par bioremédiation

- Le traitement par Inertage/solidification est efficace dans des régions du sud d'Algérie car la moyenne annuelle de précipitation est très faible

- Le traitement par Désorption thermique peut être utilisé à travers tout le territoire national

- Le traitement par bioremédiation exige des conditions favorables pour la survie des bactéries, à savoir : Température : 25 et 35 °C, Oxygène, Humidité...etc., ce qui implique un choix du site adapté pour la croissance des bactéries

- L'incinération est une méthode de traitement efficace (élimine 90% du polluant), mais il faut prendre en considération le choix du site (étude de danger)

- Les deux technologies de traitement (solidification/TDU) sont parfaitement maîtrisées.

- Pour le traitement par incinération, il s'adapte aux gros gisements et qui pourra avoir un Problème de rentabilité pour les petites unités.

- Pour le traitement par bioremédiation, le produit peut être recyclé :

Utilisation des sous produits comme amendement agricole (engrais) ;

Par contre l'effet négatif peut se traduire en Risque de contamination de la chaîne alimentaire.

- à court et long terme, Le traitement par Inertage/solidification n'est pas efficace pour cause de libération des produits polluants à terme

- Par contre, le traitement par Désorption thermique élimine totalement les polluants ;

- Les deux méthodes à savoir : bioremédiation et incinération sont efficaces.

- Les deux types de traitement (solidification/TDU) répondent aux exigences des critères de sélection ;

- Les deux types de traitement à savoir : incinération et bioremédiation répondent aux exigences de la réglementation.

- Parmi les trois méthodes de traitement, incinération est la méthode la plus rapide ;

- Par contre la bioremédiation nécessite une longue durée (3 mois).

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

A la lumière des résultats trouvés, il apparaît que les traitements par Solidification s'adaptent beaucoup plus dans les régions sud du pays qui présentent un degré de sensibilité très bas voir nul. ces conditions doivent être confirmées par une étude de risque de pollution exhaustive.

Cependant, dans des zones plus sensibles, connues par la présence de sources d'eau souterraines, et d'un sol et sous sol à perméabilité croissantes, il est plus approprié de se tourner vers le traitement par désorption thermique.

Pourtant, seule une étude de risque de pollution exhaustive et détaillée peut départager les deux types de traitement. Le rapport coût / rendement du traitement constitue également un paramètre essentiel dans l'équation de sélection.

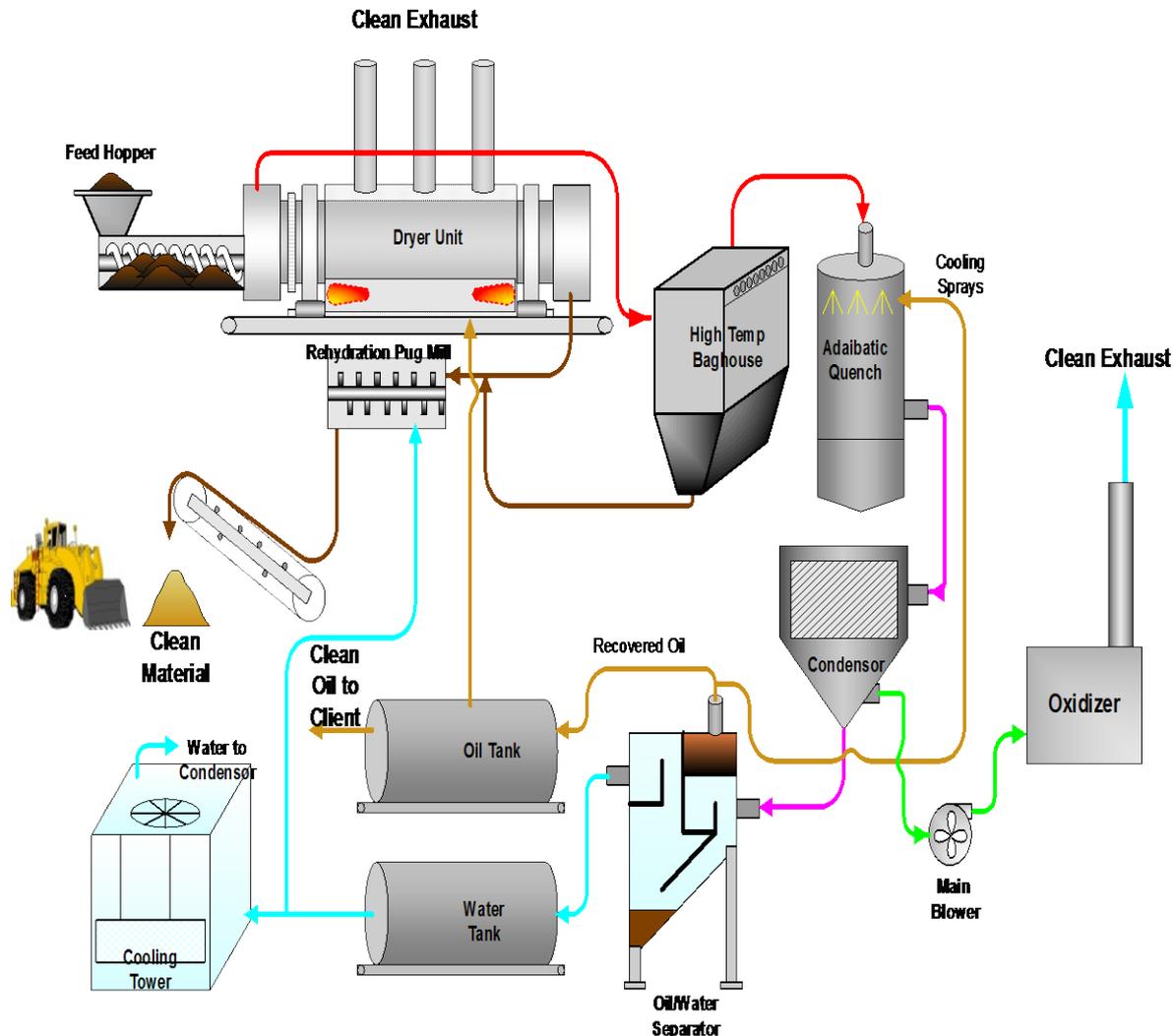
4.10. Les solutions environnementales appliquées par la société SONATRACH

La méthode Indirecte désorption thermique applique de la chaleur à la boue Foré boutures à base d'huile tout en isolant la flamme à partir des boutures. La vapeur d'huile est isolé, donc il peut être récupéré, condensé et recyclé, éliminant passif à long terme.

Les boutures sont chauffées indirectement à un grand diamètre, sèche rotation, avec les contaminants étant vaporisés, que les boutures avancer à travers le séchoir à décharger. Un séparateur haute température filtre vapeurs, enlever la poussière, laissant l'huile récupérée propre. Les vapeurs sont ensuite condensés à une phase liquide et sont traitées par un / système de séparation huile-eau. L'eau récupérée est utilisée pour réhydrater les boutures nettoyées tandis que le pétrole récupéré est utilisé dans la nouvelle boue ou de carburant dans les brûleurs. La figure 4.7, explique la méthode indirecte thermique :

CHAPITRE 4. l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.

Figure 4.7. TDU flow diagramme (diaporama page 6) (thermal présentation).



Source : Diaporama page 6 'solution environnementale' Activité Amont Division Forage, La Société Sonatrach année 2014.

Aussi bien, parmi les avantages de la technologie thermique, on trouve ²⁸:

- Seul, le système sur le marché spécialement conçu pour le traitement des boutures à base d'huile. La Capacité à traiter tonnage élevé dans un encombrement compact.
- Génération <0,5% TPH en boutures transformés.
- Génératrices <1% de matières solides dans l'huile récupérée.
- L'eau recyclée pour décharger boutures.
- Poussière ou de vapeur rejets minimes.

28 Représentation par Diaporama 'Solution Environnementale' Activité Amont Division Forage, page 7-8, La Société SONATRACH, année 2014.

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

- Qualité de l'air dépasse EPA 1990 Clean Air Act Amendments.

Parmi les Avantages de désorption thermique²⁹ :

- Assainissement complet et le recyclage des boutures.
- élimine la responsabilité future de propriétaire.
- satisfait ou dépasse tous les critères de décharge.
- Les phases fluides peuvent être récupérées, aucune dégradation mesurable.
- recycler pour produire des fluides de forage ou, combustible dans des procédés thermiques ou autres.
- Les unités mobiles peuvent être commandées sur place.
- la réduction du volume de stockage des déblais et la réduction des coûts de transport et les risques.
- Permet aux opérateurs de forage avec le fluide de forage à base d'huile dans les zones écologiquement sensibles.

En outre, On peut résumer Les émissions des cheminées à travers les deux tableaux suivants:

Tableau 4.8. Les émissions des gaz polluants.

Pollutant	Combined Emissions Estimates ⁴		
	lb/hr	lb/day	ton/yr
SO ₂	5.07	121.7	17.65
SO ₃	0.07	1.71	0.25
NO _x	1.43	34.29	4.97
CO	0.36	8.57	1.24
Filterable PM	0.14	3.43	0.50
Condensable PM	0.09	2.23	0.32
Total PM ³	0.24	5.66	0.82
PM ₁₀	0.08	1.85	0.27
NMTOC	0.024	0.58	0.08

²⁹ Représentation par Diaporama ' Solution Environnementale' Activité Amont Division Forage, page 7-8, La Société SONATRACH, année 2014

CHAPITRE 4. l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.

Source : Diaporama ' solution environnementale' Activité Amont Division Forage, La Société SONATRACH année 2014.

Tableau 4.9 .Les gaz stockés.

Pollutant	Emissions Estimées ⁷		
	lb/hr	lb/day	ton/yr
SO ₂	0.51	12.17	1.76
SO ₃	0.007	0.17	0.02
NO _x	0.14	3.43	0.50
CO	0.04	0.86	0.12
Filterable PM	0.014	0.34	0.05
Condensable PM	0.009	0.22	0.03
Total PM	0.88	21.14	3.06
PM ₁₀	0.86	20.76	3.01
NMTOC	0.22	5.34	0.77

Diaporama ' solution environnementale' Activité Amont Division Forage, La Société SONATRACH année 2014.

Analyse des deux tableaux :

- Affublé UNIE en seulement 12 jours.
- Atteint le taux de production visé à la deuxième journée de production.
- Traité premier puits (MDZ - 550) en 26 jours.
- Le volume total traité produit 3690 tonnes.
- Nombre de jours de production 23 jours.
- Taux de production quotidienne moyenne de 160,4 tonnes / jour.
- Huile moyenne en % en boutures avant le traitement est de 12%.
- Huile moyenne en % dans les boutures traitées de 0,2%.
- 77 m³ de pétrole ont été récupérés.
- Le traitement actuellement le deuxième puits.
- Le volume total traité en tonnes Jours sur le bien

CHAPITRE 4. *l'Etude cas pratique des effets des rejets pétroliers sur l'environnement et la santé dans la zone de Hassi-messaoud.*

- La production moyenne quotidienne
Augmentation du taux de production quotidienne de 217 tonnes au maximum.
Huile moyenne% dans les boutures traitées de 0,2% 4 jours avaient fermé pour l'entretien.

Conclusion :

La région de Hassi-messaoud est caractérisée par l'activité industrielle, et principalement, le forage pétrolier, bourbiers, exploration des unités de productions, raffinages...etc. Ce développement de l'activité pétrolière dans cette région a permis de créer des rejets qui ont des effets graves sur l'écosystème (personne, animaux, la nature). Les bourbiers des forages pétroliers ainsi que l'extraction et le traitement des hydrocarbures ont permis la pollution des différents aquifères. Le traitement des hydrocarbures a permis aussi l'apparition d'une importance toxicité envers l'environnement écologique et la santé. Pour cela, les autorités publiques ont permis de créer des nouveaux législatifs et loi qui permet la protection de l'environnement, ces décrets concernent généralement l'impact des rejets pétroliers sur l'environnement. Afin de diminuer la pollution causés par ces rejets qui sont dangereux pour l'écosystème, la société SONATRACH a créé des traitements thermiques et chimiques. Mais, jusqu'à maintenant, il reste toujours une petite quantité liquide des rejets qui pénètre dans la nappe phréatique. Malgré les traitements thermiques et chimiques qui ont été effectués dans les opérations des forages.

Conclusion générale

Le développement durable doit réaliser certains objectifs à long terme qui nécessite beaucoup d'intégration et coopération internationale entre les nations, et cela pour éviter l'augmentation du réchauffement climatique de la terre qui pourra causer des catastrophes naturelles dangereuses sur le long terme et qui influencent négativement sur la croissance économique. Le principal objectif du DD d'après le Sommet de rio 1992 :

- Eviter la pollution industrielle (industrie pétrolière) et le changement climatique, notamment, la réduction des gaz à effets de serre (CO₂) dans tous les secteurs d'activités de l'économie et utiliser les énergies saines. Comme l'insiste l'Agenda 21 lors du sommet du Rio 1992, sur la lutte contre le changement climatique, la protection de l'atmosphère ainsi que épanouissement de tous les êtres humains.

La composition chimique des différents combustibles fossiles a montré que le pétrole et le gaz naturel contiennent des produits toxiques tels que le soufre et l'azote qui pourra contribuer à augmenter le réchauffement climatique dans ses différentes utilisations dans l'industrie pétrolières.

Cependant, dans le secteur énergétique, Le pétrole reste et représente un grand potentiel énergétique mondial, il représente la plus grande partie du bilan énergétique primaire mondial. Les statistiques de l'Agence internationale sur l'Energie (EIA), nous indiquent que la grande rente minière mondiale se trouve dans le pétrole, mais la production du pétrole est en baisse ou reste limitée pour les prévisions à long terme, car cette ressource est épuisable.

L'Algérie contient de grandes richesses en matière de combustibles fossiles tels que le pétrole et le gaz naturel. Mais la production est en baisse à partir de l'année 2007.

L'Algérie, et à travers le discours officiel, est engagée dans la voie du développement durable et vise à changer sa politique énergétique et améliorer son potentiel énergétique par les ressources qui durent à long terme (énergie inépuisable) durant la période 2010-2050. Grace au Programme des Énergies Renouvelables et d'efficacité énergétique(PEREE).

Concernant l'étude pratique des effets de l'industrie pétrolière sur l'environnement de la zone de Hassi-messaoud. On conclue que : Les bourbiers des forages pétroliers ainsi que l'extraction et le traitement des hydrocarbures ont occasionné la pollution de certaines aquifères, et même le cheptel n'a pas été épargné comme le cas de certains animaux (chameaux). Le traitement des hydrocarbures a permet aussi l'apparition d'une importance toxicité envers l'environnement écologique et la santé. Pour cela, les autorités publiques ont promulgué une nouvelle législation et des lois qui ont pour objectif la protection de l'environnement, ces décrets concernent généralement l'impact des rejets pétroliers sur l'environnement. Afin de diminuer la pollution causée par ces rejets qui sont dangereux pour l'écosystème, la société SONATRACH a réalisé des traitements thermiques et chimiques. Mais, jusqu'à maintenant, il reste toujours une petite quantité liquide des rejets qui pénètre dans la nappe phréatique. Malgré les traitements thermiques et chimiques qui ont été effectués dans les opérations des forages.

La Société SONATRACH ouvre une nouvelle politique HSE (hygiène, Sécurité, Environnement), qui veut réaliser la protection de l'environnement et des ressources naturelles. Elle donne une grande importance aux traitements des rejets. Principalement, les rejets liquides au niveau des champs pétroliers, l'entreprise vise à :

- Récupérer l'eau traitée pour sa réinjection,
- Récupérer près de 25 000 barils de pétrole/an,
- Eviter la formation de bourbiers, sources de pollution de l'environnement et surtout de contamination des nappes phréatiques. En même temps, Plusieurs projets de construction de stations de traitement des eaux huileuses et de stations d'épuration des eaux usées ont été réalisés ou sont en voie de l'être au niveau des différents champs de production. A cause de la rareté et du caractère stratégique des ressources en eau, la protection des nappes souterraines et des barrages requiert de Sonatrach un plan d'actions particulier qui est en voie de réalisation portant sur :

- La poursuite des projets de réhabilitation et de rénovation des ouvrages de transport et des installations de stockage des hydrocarbures liquides,
- L'acquisition d'équipements de traitement des boues de pétrole,
- Le lancement d'études sur le traitement des boues de forage,
- L'élaboration d'une procédure pour la protection de l'environnement sur les chantiers de forage.

Cependant, Les limites et les perspectives de notre recherche :

Difficulté d'obtenir tous les documents concernant les traitements concernant les déchets des bourbiers, notamment les traitements chimiques.

On outre, si on veut construire un modèle économétrique concernant l'impact de l'industrie pétrolière sur l'environnement notre travail a eu des difficultés pour obtenir tout les documents importants concernant la pollution due à cette industrie sur l'environnement (écosystème). J'ai obtenue les séries annuels concernant le nombre des puits forés entre (x) comme variable explicatif) entre 2000-2010...mais les limites de mon travail, qui se pose est le manque des données concernant la série de la variable à expliquer (y) (par exemple: indice de la pollution). Les perspectives de notre recherche concernant notre thème, quels sera les autres solutions environnementales à long terme pour la Société SONATRACH et l'état Algérien, pour éliminer à 0% des déchets des bourbiers. Pour ne pas contaminer les aquifères qui pourra causer la pollution de l'écosystème (l'eau, animal, l'être humain) dans la région de Hassi-Messahoud et d'autres régions (Hassi-Rmel, Berkine...), ou se trouve le forage et les traitements des hydrocarbures (le pétrole et le gaz naturel).

Références bibliographiques

Les Ouvrages :

-Loïc CHAUVEAU « le Développement Durable » produire pour tous, protéger la planète 3^{ème} Edition LAROUSSE, France 2009.

-Bruno Riondet 'Clés pour une éducation au développement durable' Paris, Edition Hachette Livre, Collection « Ressources Formation » 2004, Préface de Michel Mousel, partie I.

- Arnaud, BERGER ' Le développement durable' Retenir l'essentiel, Paris, Nathan, 2014.

- Arnaud, Berger, Christian de Perthuis, Le développement durable Edition Nathan, Paris 2011.

- L'ouvrage de HANSEN.J .Pet Jacques PERCEBOIS 'Energie' 'Economie et Politique',1^{er} Édition de Boeck, la Belgique 2010.

- Albert.LEGAULT, Pétrole, Gaz et les autres énergies, le petit traité Edition TECHNIP Année 2007.

- Christian. BRODHAG ; Florent. BREUIL ; Natasha.Gondran' Dictionnaire du développement durable : plus de 1000 définitions, équivalents anglais, sources documentaires officielles Paris : AFNOR, 2004.

- Sylvie. BRUNEL,' Le développement durable' Paris. Nouvelle édition PUF, 2012.

- Catherine. AUBERTIN ; Franck. VIVIEN ; Dominique.DIR 'Le développement durable : enjeux politiques, économiques et sociaux' Paris : La Documentation française, 2010. Nouvelle édition.

- Aurélien. BOUTAND ; Natasha. GONDRAN' L'empreinte écologique ' Edition La Découverte, 2009.

-François. MANCEBO' Développement durable' Paris, Edition A. Colin, 2008.

- Lahsen.ABDELMALKI ; Patrick.MUNDLER 'Économie de l'environnement et du développement durable' Edition Bruxelles : De Boeck, 2010.

-Claudine. OFFREDI 'La dynamique de l'évaluation face au développement durable' Edition L'Harmattan, 2011.

- OCDE, A.BAYLET ; T.STRANGE 'Le développement durable. à la croisée de l'économie, de la société et de l'environnement'. Paris, 2008.

Les Articles :

-Rapport Brundtland « Notre avenir à tous » (Our Common Future)/ par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies, présidée par la Norvégienne Gro Harlem Brundtland, 1987.

- INSTITUT DE L'ÉNERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT DE LA FRANCOPHONIE NUMÉROS 66-67 – 1^{er} ET 2^e TRIMESTRES 2005, France, '

- le PDF : ENA – le Centre de documentation – Bibliographie - Février 2015 France

-Institue de formation de l'environnement IFOR' en France,' Une introduction au développement durable', Présent pour l'Avenir. Document pédagogique – 2010

- *Institue de L'Energie et de L'Environnement de la Francophonie NUMÉROS 66-67 – 1er et 2emes Tri 2005, France.*

- *Kindledberger, Charle, « International public goods Without international governement », American Economic Review, n° 76, 1, 1986.*

- *BENABBOU.Senouci 'Développement, Développement durable « Concepts et Indicateurs de mesures ».Publication de la fondation Temimi pour la recherche scientifique et l'information § la Délégation Wallonie-Bruxelles, Tunis, Juin 2010*

- *Diaporama 'les Biens Publics Mondiaux' La coopération Internationale, une offre de biens publics mondiaux Année 2014.*

- *la lettre de la régulation N°48, ' les biens publics mondiaux et le niveau transnational de la régulation ' France 2004.*

- *Diaporama de Lionel Ragot Les journées de l'économie 12 novembre 2009, Survivre à un pétrole cher et volatil.*

- *Joseph E.STIGLITZ, Amartya SEN, Jean-Paul. FITOUSSI 'Rapport de la Commission sur la mesure des performances économiques et du progrès social' Année 2009.*

- *Document SONATRACH' chapitre 5, chapitre 6, FHC 2011, TSI/02.*

- *Programme_ENR_ et efficacité_ énergétique_fr.pdf, année 2011.*

- *Ministère de l'Energie et des Mines, 'Guide des Energies Renouvelables, Algérie, Edition 2007.*

-: *El Amin KOUADRI BOUDJELTHIA, 'Energies Renouvelables: un moteur principal du Développement durable en Algérie, diaporama, Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 2014.*

- *Centre de Développement des Énergies Renouvelables, CDER, Said.Nourdine'DIAPORAMA sur Le Potentiel des EnR En Algérie, Alger 2013.*

- *H.Askri 'géologie de l'Algérie', contribution de Sonatrach, Division Exploration, Centre de Recherche et de développement et division Petroleum Engineering and développement, 2003.*

- *Khodja.M 'Etude des Performance et considérations environnementales ' Université Louis Pasteurs Strasbourg France2012.*

- *Journal officiel N° 29 du dimanche 15 Rabie EL Aouel 1426, correspondant au 24 Avril 2005.CONVENTIONS ET ACCORDS INTERNATIONAUX - LOIS ET DECRETS ARRETES, DECISIONS, AVIS, COMMUNICATIONS ET ANNONCES, Décret exécutif n° 05-127 du 15 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 24 avril 2005 déclarant Hassi-Messaoud zone à risques majeurs.*

Webographie :

- http://www.diplomatie.gouv.fr/fr/sites/odysseedeveloppementdurable/files/5/rapport_b_rundtland.pdf
- http://www.poitou-charentes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Des_enjeux_de_developpement_durable_en_PC_synthese_r_encontres_octobre_2013_cle5b9952.pdf
- https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9veloppement_durable
- http://www.bourgogne.gouv.fr/assets/bourgogne/files/dvlppt_durable/Historique%20du%20DD.pdf
- <http://www.ifdd.francophonie.org/docs/lef/LEF66-67.pdf>

- http://www.toupie.org/Dictionnaire/Developpement_durable.htm
- <http://rse-pro.com/piliers-du-developpement-durable-1066>
- [:http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Temis/0068/Temis-0068921/19056.pdf](http://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/documents/Temis/0068/Temis-0068921/19056.pdf)
- http://stockage.univvalenciennes.fr/MenetACVBAT20120704/acvbat/chap01/co/ch01_020_1-2.html
- <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-enjeux-du-developpement,15068.html>
- <http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2012/12/Cadre-du-d%C3%A9veloppement-durable-%C3%A0-l%E2%80%99horizon-2030.pdf>
- <http://www.ifdd.francophonie.org/docs/lef/LEF66-67.pdf>
- <http://www.senat.fr/rap/r03-233/r03-23320.html>
- http://www.humandee.org/spip.php?page=imprimer&id_article=181
- <http://www.melchior.fr/Les-externalites-economiques.5443.0.html>
- http://www.esige.ensmp.fr/cms/libre/edd/module2/module_2.2_enjeux_economiques/cours/m2_part3_cours_p5.php
- <http://annotations.blog.free.fr/index.php?post/2013/06/17/La-Chine-et-la-courbe-de-Kuznets-environnementale>
- <http://www.agoravox.fr/actualites/economie/article/courbe-de-kuznets-des-inegalites-27156>
- [Australian-English/PA/Files/publication_2006_Simple_Guide_Refining.pdf](#)
- [Raffinage-UNCTAD.org](#)
- [PDF de Panorama 2012_05-VF_Pays-Pétroliers-Gazier-Maghreb.pdf-Abope Reader](#)
- <http://www.industrie.gouv.fr/energie/statisti/methodef.htm>
- http://www.iamm.fr/ressources/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2381
- http://edden.upmf-grenoble.fr/IMG/pdf/Aoun_these_2008.pdf page 20
- www.ons.dz
- <http://www.sonatrach.com/PDF/presentation-sonatrach.pdf>
- <http://www.sonatrach.com/aval.html>
- <http://www.sonatrach.com/transport-par-canalisation.html>
- <https://www.tresor.economie.gouv.fr/File/392576>
- http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89nergie_en_Alg%C3%A9rie
- <http://www.sonatrach.com/nos-activites.html>
- http://bu.univ-ouargla.dz/Abass_Hadj_Abass.pdf?idthese=363
- http://ogst.ifpenergiesnouvelles.fr/articles/ogst/pdf/2002/06/kherfellah_v57n6.pdf
- <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/tel-01139127/document>
- <http://www.intellego.fr/soutien-scolaire--/aide-scolaire-svt/le-grand-gisement-de-petrole-d-hassi-messaoud-en-algerie-coupe-geologique-et-historique-de-sa-formation-/49563>
- <http://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/comment-se-deroule-un-forage-d-exploration>
- <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000673/01/khodja.pdf>
- <http://loeilvert.free.fr/images/diaporama%20boues%20de%20forage%202012.pdf>

	Compte-rendu d'accident / incident	1. Référence : FOR/DDO/SWCS#4/BBKPSW-2
2. Site : SH	3. Lieu de l'accident/incident : BBKPSW-2	
4. Date de l'accident/incident : 26/06/2015	5. Heure de l'accident/incident : 08h00	
6. Description du lieu et des installations impliquées : WET PIT (BBKPSW-2)		
7. Brève description de l'événement : En date du 26/06/2015 lors d'une visite à l'ancienne plateforme BBKPSW-2 pour la nettoyer, les ouvriers de Sahara#04 ont trouvés un Chameau coincé dans le borbier (WetPit), ils ont le faire sorti et le mettre à l'abri. Le 27/06/2015, en retournant pour compléter le nettoyage, ils l'ont trouvé mort.		
8. Description des dommages avérés et potentiels		
Aux personnes Néant	A l'environnement : Décès d'animal (Chameau)	Aux biens Néant
10. Etablissement du CR (Nom, date, visa)	11. Validation du CR (Nom, date, visa)	

Voir la description de chaque rubrique ci dessous

Type de forage	Maitre d'œuvre	Entrepreneur	Appareil	Année	date début forage	date fin de forage	Type de puits	Extension du sigle
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 32	2014	15/05/2014	12/03/2014	VERTICAL	GASSI TOUIL
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 20	2014	04/01/2014	03/04/2014	VERTICAL	TINHERT
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	JHON ENERGY	JE 16	2014	21/01/2014	10/04/2014	VERTICAL	TINHERT
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENAFOR	ENF5	2014	21/01/2014	12/04/2014	VERTICAL	AKABLI
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 185	2014	10/01/2014	16/04/2014	VERTICAL	
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 19	2014	13/01/2014	18/04/2014	VERTICAL	GUERN EL GUESSA
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENAFOR	ENF 35	2014	09/03/2014	19/04/2014	VERTICAL	
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 204	2014	27/02/2014	30/04/2014	VERTICAL	MEKERAN
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	NABORS	NDI L284	2014	06/01/2014	06/05/2014	VERTICAL	
	SH/DDO	NDIL	NDIL F27	2014	17/01/2014	07/05/2014	VERTICAL	
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENAFOR	ENF 29	2014	30/01/2014	10/05/2014	VERTICAL	
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENTP	TP 127	2014	03/01/2014	13/05/2014	VERTICAL	
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENTP	TP 207	2014	31/01/2014	15/05/2014	VERTICAL	IN ADAOUI
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENTP	TP 184	2014	13/03/2014	15/05/2014	VERTICAL	
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 200	2014	03/02/2014	20/05/2014	VERTICAL	
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 7	2014	29/01/2014	21/05/2014	VERTICAL	ZEMOUL EL KBAR
PUITS D'EAU	SH/DDO	ENTP	TP 170	2014	06/05/2014	23/05/2014	VERTICAL	
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	JHON ENERGY	JE 16	2014	19/04/2014	27/05/2014	VERTICAL	TINHERT
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	JHON ENERGY	JE 17	2014	10/02/2014	28/05/2014	VERTICAL	TINHERT
EXPLORATION	SH/DDO	SINOPEC	SINOPEC 151	2014	27/02/2014	29/05/2014	VERTICAL	EL M'ZAID SUD
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 8	2014	01/03/2014	02/06/2014	VERTICAL	BOTTENA
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 213	2014	26/02/2014	03/06/2014	VERTICAL	BORDJ OMAR DRISS
EXPLORATION	SH/DDO	SWCS	SAHARA 4	2014	08/02/2014	09/06/2014	VERTICAL	
EXPLORATION	SH/DDO	SINOPEC	SPEC 118	2014	15/03/2014	18/06/2014	VERTICAL	OUED EL MERAA
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 18	2014	12/03/2014	23/06/2014	VERTICAL	HASSI D'ZABAT
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 39	2014	05/03/2014	26/06/2014	VERTICAL	MENZEL LEDJMET
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENTP	TP 212	2014	21/02/2014	27/06/2014	VERTICAL	BERKINE EST
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	NABORS	F 28	2014	15/03/2014	03/07/2014	VERTICAL	TINHERT

EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 130	2014	05/04/2014	05/07/2014	VERTICAL	DAOURA
	SH/DDO	ENTP	TP 218	2014	01/05/2014	15/07/2014	VERTICAL	
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 16	2014	11/03/2014	20/07/2014	VERTICAL	OURHOURD
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 161	2014	02/03/2014	25/07/2014	VERTICAL	M'SARI AKABLI
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	NDIL	F 22	2014	04/04/2014	25/07/2014	VERTICAL	
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENAFOR	ENF 35	2014	02/05/2014	29/07/2014	VERTICAL	TINHERT
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 5	2014	20/05/2014	31/07/2014	VERTICAL	AKABLI
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 20	2014	04/04/2014	08/08/2014	VERTICAL	
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 219	2014	10/01/2014	15/08/2014	VERTICAL	OUDOUMÉ OUEST
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENAFOR	ENF 10	2014	27/03/2014	15/08/2014	VERTICAL	
	SH/DDO	ENTP	TP 204	2014	23/05/2014	16/08/2014	VERTICAL	TIDIKELT SUD
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 160	2014	23/05/2014	18/08/2014	VERTICAL	
EXPLORATION	SH/DDO	GREAT WALL DRILLING COMPANY	GWDC 133	2014	30/04/2014	19/08/2014	VERTICAL	HASSI D'ZABAT
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	NDIL	F 21	2014	30/05/2014	21/08/2014	HORIZONTAL	
EXPLORATION	SH/DDO	NABORS	NDIL 677	2014	16/02/2014	29/08/2014	VERTICAL	RHOUE EL LOUH
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 158	2014	02/05/2014	29/08/2014	VERTICAL	SIDI NADJI
	SH/DDO	ENTP	TP 129	2014	01/05/2014	31/08/2014	VERTICAL	
	SH/DDO	ENTP	TP 211	2014	16/03/2014	01/09/2014	VERTICAL	OHANET
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 40	2014	25/06/2014	20/09/2014	VERTICAL	KERZAZ
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 41	2014	09/04/2014	25/09/2014	VERTICAL	CHÉNACHENE
EXPLORATION	SH/DDO	SWCS	SAHARA 3	2014	24/04/2014	27/09/2014	VERTICAL	ZEMOUL EL KBAR II
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 180	2014	28/03/2014	02/10/2014	VERTICAL	
PUITS D'EAU	SH/DDO	ENTP	TP 170	2014	15/09/2014	09/10/2014	VERTICAL	
	SH/DDO	NDIL	NDIL 27	2014	23/07/2014	11/10/2014	VERTICAL	
	SH/DDO	GREAT WALL DRILLING COMPANY	GWDC 157	2014	04/06/2014	14/10/2014	VERTICAL	TINRHERT SPARSE 3D 2005
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 21	2014	31/05/2014	16/10/2014	VERTICAL	TINRHERT
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 200	2014	15/06/2014	17/10/2014	VERTICAL	IN AMENAS
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	NABORS	NDI L 283	2014	22/07/2014	18/10/2014	VERTICAL	HASSI D'ZABAT

DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	NDIL	F 28	2014	12/07/2014	22/10/2014	VERTICAL	TINHERT
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENAFOR	ENF 45	2014	11/08/2014	03/11/2014	HORIZONTAL	
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENAFOR	ENF 5	2014	16/09/2014	05/11/2014	VERTICAL	AKABLI
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENTP	TP 212	2014	08/08/2014	07/11/2014	VERTICAL	
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	NABORS	F 22	2014	08/08/2014	19/11/2014	VERTICAL	
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	NABORS	F28	2014	05/09/2014	27/11/2014	VERTICAL	
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENTP	TP 213	2014	23/07/2014	02/12/2014	VERTICAL	
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 8	2014	01/07/2014	05/12/2014	VERTICAL	BOTTENA
PUITS D'EAU	SH/DDO	ENTP	TP 217	2014	09/10/2014	06/12/2014	VERTICAL	
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENAFOR	ENF 35	2014	17/08/2014	07/12/2014	VERTICAL	TINHERT
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 185	2014	13/06/2014	14/12/2014	VERTICAL	RHOURE NOUSS-IN AMÉDJANE
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	JHON ENERGY	JE 17	2014	26/09/2014	21/12/2014	VERTICAL	TINHERT
EXPLORATION	SH/DDO	SWCS	SWCS 1	2014	27/06/2014	23/12/2014	VERTICAL	ZEMLET EN NAGA
EXPLORATION	SH/DDO	GREAT WALL DRILLING COMPANY	GWDC 112	2014	03/06/2014	25/12/2014	VERTICAL	TOUGGOURT EST
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 210	2014	10/06/2014	31/12/2014	VERTICAL	ZERAFA
EXPLORATION	SH/DDO	SINOPEC	SPEC 151	2014	23/10/2014	12/01/2015	VERTICAL	NECHOU
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 172	2014	21/09/2014	19/01/2015	VERTICAL	GHARDAÏA II
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENAFOR	ENF 5	2014	07/12/2014	31/01/2015	VERTICAL	AKABLI
EXPLORATION	SH/DDO	SWCS	SWCS 3	2014	15/10/2014	02/02/2015	VERTICAL	ZEMLET EL ARBI
EXPLORATION	SH/DDO	SEPEC	SPEC 118	2014	19/07/2014	10/02/2015	VERTICAL	HASSI D'ZABAT
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 194	2014	17/05/2014	13/02/2015	VERTICAL	EL OUAR II
DÉVELOPPEMENT	SH/DDO	ENAFOR	ENF 10	2014	14/09/2014	16/02/2015	VERTICAL	
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 209	2014	04/10/2014	16/02/2015	VERTICAL	OHANET
EXPLORATION			NABORS F21	2014	21/12/2014	19/02/2015	HORIZONTAL	ILLIZI
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 41	2014	15/11/2014	23/02/2015	VERTICAL	CHÉNACHENE
EXPLORATION	SH/DDO	ENAFOR	ENF 15	2014	12/06/2014	28/03/2015	VERTICAL	RHOURE NOUSS-IN AMÉDJANE
EXPLORATION	SH/DDO	ENTP	TP 139	2014	13/08/2014	11/04/2015	VERTICAL	MENZEL LEDJMET

DÉVELOPPEMENT	GROUPEMENT BERKINE			2014			VERTICAL	
PUITS D'EAU	GROUPEMENT BERKINE			2014			VERTICAL	
STRATIGRAPHIQUE	SH/DDO	ENTP	TP 180	2014			VERTICAL	GUELMA
				2014			VERTICAL	
	SH/DDO	GREAT WALL DRILLING COMPANY	GWDC 112	2014				